



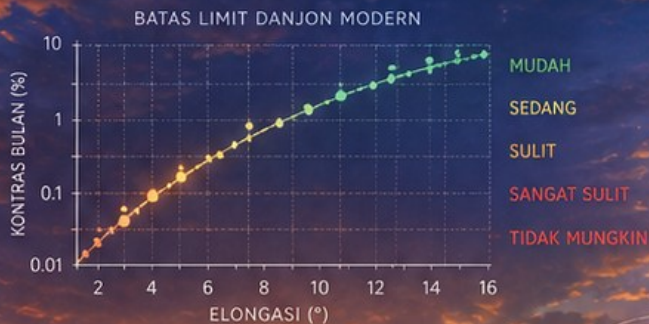
وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ  
يَحْسِبَانِ

(QS. AR-RAHMÂN: 5)

# REKAM JEJAK OBSERVASI

## (BATAS LIMIT DANJON MODERN)

KAJIAN ILMIAH KRITERIA HILAL DAN  
IMPLEMENTASINYA DALAM PENENTUAN  
KALENDER HIJRI



Elongasi  
8.0°

HORIZON

KASMUI



وَالشَّمْسُ وَالْقَمَرُ  
بِحُسْبَانٍ  
(QS. AR-RAHMAN: 5)

# REKAM JEJAK OBSERVASI

(BATAS LIMIT DANJON MODERN)

KAJIAN ILMIAH KRITERIA HILAL DAN  
IMPLEMENTASINYA DALAM PENENTUAN  
KALENDER HIJRI

BATAS LIMIT DANJON MODERN

KONTRAS BULAN (%)

ELONGASI (°)

MUDAH  
SEDANG  
SULIT  
SANGAT SULIT  
TIDAK MUNGKIN

Diagram illustrating the criteria for Hilal observation:

- CERAH LANGIT (Bright Sky)
- KONDISI ATMOSFER (Atmospheric Conditions)
- KRITERIA HILAL (Hilal Criteria)
- ELONGASI (Elongation)
- TINGGI BULAN (Moon Height)

Diagram illustrating the Hijri Calendar (KALENDER HIJRI) with months:

- صَفَر (Safar)
- رَبِيعُ الْأَوَّل (Rabi'ul Awwal)
- رَبِيعُ الْآخِر (Rabi'ul Aakhir)
- جُمَادَى الْأُولَى (Jumadil Awwal)
- رَجَب (Rajab)
- شَعْبَانَ (Sha'ban)
- ذُو الْقَعْدَةِ (Dhu'l-Qa'dah)
- شَوَّال (Shawwal)
- ذُو الْحِجَّة (Dhu'l-Hijjah)
- مُحَرَّم (Muharram)
- ذُو الْقَعْدَةِ (Dhu'l-Qa'dah)

KASMI



Buku ini bebas  
didownload untuk dibaca  
tetapi **haram hukumnya**  
untuk diperjualbelikan  
oleh orang bukan penyusun  
buku ini.



# REKAM JEJAK OBSERVASI

(BATAS LIMIT DANJON MODERN)

Penulis:  
**KASMUI**

Desain Sampul & Penata Letak:  
**KASMUI / Tim Artistik Penerbit**

Penerbit:  
**Jaten & Siblings**  
Patemon, Gunungpati, Semarang

Cetakan I, Edisi Tahun 2026

Hak Cipta 2026 pada Penulis. Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang. Dilarang mengutip, memperbanyak, atau menerjemahkan sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit, kecuali untuk kepentingan tinjauan pustaka atau resensi.

---

## Perpustakaan Nasional RI: Katalog Dalam Terbitan (KDT)

KASMUI  
**Rekam Jejak Observasi (Batas Limit Danjon Modern) (Edisi I)**  
Semarang: Jaten & Siblings, 2026.

454 hlm.; 21 x 29,7 cm.

ISBN: **978-623-XXXX-XX-X**

Subjek:

1. Kalender Hijriah
2. Hilal—Observasi
3. Astronomi Islam

Nomor Klasifikasi DDC: **529.32**

---

Dicetak oleh **Jaten Press**



# KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Swt., Tuhan semesta alam, yang telah menciptakan Matahari dan Bulan dengan perhitungan yang tertib, terukur, dan penuh hikmah. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad saw., keluarga, sahabat, serta seluruh umat yang terus berikhtiar memahami tanda-tanda kebesaran Allah di langit dan di bumi. Dengan rahmat dan pertolongan-Nya, buku berjudul ***Rekam Jejak Observasi (Batas Limit Danjon Modern)*** ini dapat disusun sebagai ikhtiar akademik untuk mempertemukan data observasi hilal, teori visibilitas sabit Bulan, hisab astronomis modern, dan kebutuhan penyatuan Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT).

Buku ini lahir dari kegelisahan ilmiah dan keagamaan yang telah lama mengiringi penentuan awal bulan Hijriah. Di satu sisi, umat Islam memiliki tradisi rukyat yang kuat, hidup, dan memiliki akar normatif dalam sejarah penetapan waktu ibadah. Di sisi lain, perkembangan ilmu astronomi modern telah memungkinkan posisi Bulan dan Matahari dihitung dengan tingkat presisi yang sangat tinggi, sehingga kalender dapat disusun secara lebih prediktif, terbuka, dan dapat diverifikasi. Di antara dua kutub tersebut, diperlukan suatu jalan ilmiah yang tidak meniadakan tradisi observasi, tetapi juga tidak membiarkan kalender terus terfragmentasi oleh cuaca lokal, horizon setempat, atau perbedaan laporan yang tidak selalu memiliki metadata memadai.

Tema utama buku ini adalah pembelaan ilmiah terhadap penerapan kriteria KHGT berupa **tinggi hilal geosentris minimal  $5^\circ$**  dan **elongasi geosentris minimal  $8^\circ$** . Kedua angka ini tidak diperlakukan sebagai angka administratif semata, melainkan sebagai rumusan kalender yang perlu dijelaskan melalui data observasi, teori visibilitas, dan kebutuhan sistem kalender global. Elongasi  $8^\circ$  dibaca sebagai ambang yang berada di atas batas ekstrem visibilitas hilal modern, terutama batas optik sekitar  $6,4^\circ$  dan batas mata telanjang sekitar  $7,7^\circ$ . Sementara itu, tinggi  $5^\circ$  dipahami sebagai buffer terhadap problem horizon, atmosfer rendah, cahaya senja, refraksi, aerosol, kabut, dan variasi lokal yang sangat memengaruhi rukyat.

Buku ini tidak dimaksudkan untuk mempertentangkan hisab dan rukyat. Sebaliknya, buku ini berupaya menunjukkan bahwa keduanya dapat ditempatkan dalam relasi yang lebih produktif. Hisab geosentris berfungsi sebagai dasar penetapan kalender global yang stabil, sedangkan rukyat toposentris berfungsi sebagai validasi empiris, dokumentasi ilmiah, edukasi publik, dan evaluasi jangka panjang. Dengan demikian, rukyat tidak dihapus dalam KHGT, tetapi ditata ulang dari fungsi pemutus lokal bulanan menjadi fungsi validatif yang lebih ilmiah dan berkelanjutan.

Dalam **Bab 1**, buku ini membuka pembahasan dengan menjelaskan problem dasar penentuan awal bulan Hijriah. Bab ini menempatkan hilal sebagai fenomena astronomis, optis, dan keagamaan sekaligus. Hilal bukan sekadar keberadaan Bulan setelah konjungsi, melainkan sabit muda yang berada pada batas penglihatan manusia. Karena itu, kalender berbasis hilal tidak cukup hanya bertumpu pada prinsip “Bulan sudah wujud”, umur Bulan, atau selisih waktu terbenam Bulan dan Matahari. Bab ini juga mengantar pembaca pada urgensi KHGT sebagai sistem kalender yang berupaya menjawab kebutuhan umat Islam modern akan keseragaman, prediktabilitas, dan tertib waktu ibadah.



Dalam **Bab 2**, pembahasan diarahkan pada konsep **Limit Danjon** sebagai batas visibilitas hilal. Bab ini menelaah bagaimana batas keterlihatan sabit Bulan dipahami dalam tradisi astronomi modern, termasuk perkembangan dari konsep limit klasik menuju pembacaan yang lebih empiris dan kontekstual. Limit Danjon tidak dipahami sebagai angka tunggal yang kaku, tetapi sebagai wilayah batas yang dipengaruhi oleh elongasi, ketebalan sabit, kondisi atmosfer, alat bantu, dan kemampuan pengamat. Bab ini menjadi fondasi penting untuk memahami mengapa kalender global tidak seharusnya berdiri tepat pada batas ekstrem observasi.

Dalam **Bab 3**, buku ini menelusuri **rekam jejak observasi hilal modern**. Data ekstrem seperti deteksi optik sekitar  $6,4^\circ$  dan pengamatan mata telanjang sekitar  $7,7^\circ$  ditempatkan sebagai bagian penting dari sejarah ilmiah visibilitas hilal. Namun bab ini juga menekankan bahwa rekor ekstrem tidak boleh langsung diubah menjadi kriteria kalender. Rekor observasi berguna untuk mengetahui batas bawah kemungkinan visibilitas, tetapi kalender membutuhkan ambang yang lebih stabil, komunikatif, dan memiliki margin dari wilayah ekstrem. Dari sinilah elongasi  $8^\circ$  mulai memperoleh kekuatan argumentatifnya.

Dalam **Bab 4**, pembahasan diperdalam melalui analisis parameter visibilitas hilal. Parameter seperti elongasi, tinggi hilal, ARCV, DAZ, crescent width, umur Bulan, lag, atmosfer, dan horizon dibahas sebagai unsur yang saling berkaitan. Bab ini menunjukkan bahwa visibilitas hilal tidak dapat dijelaskan secara andal dengan satu parameter saja. Umur Bulan dan lag dapat membantu, tetapi keduanya lemah jika dijadikan kriteria utama. Elongasi lebih dekat dengan perkembangan sabit, sedangkan tinggi berhubungan dengan problem horizon. Dengan demikian, bab ini mempersiapkan dasar metodologis bagi kriteria gabungan  $5^\circ$ – $8^\circ$ .

Dalam **Bab 5**, buku ini membahas perbedaan dan sintesis antara pendekatan **geosentris** dan **toposentris**. Toposentris sangat penting untuk observasi lokal karena pengamat melihat Bulan dari permukaan Bumi, dengan kondisi horizon dan atmosfer tertentu. Namun KHGT sebagai kalender global membutuhkan acuan yang lebih seragam dan tidak bergantung pada lokasi tertentu. Karena itu, kriteria tinggi  $5^\circ$  dan elongasi  $8^\circ$  dirumuskan secara geosentris. Bab ini menegaskan bahwa geosentris dan toposentris bukan dua pendekatan yang saling meniadakan, tetapi dua acuan dengan fungsi berbeda: geosentris untuk kalender global, toposentris untuk validasi lokal.

Dalam **Bab 6**, buku ini memasuki inti pembelaan ilmiah terhadap kriteria KHGT  $5^\circ$ – $8^\circ$ . Elongasi  $8^\circ$  dibela sebagai ambang yang berada di atas batas optik  $6,4^\circ$  dan batas mata telanjang  $7,7^\circ$ . Tinggi  $5^\circ$  dibela sebagai buffer terhadap horizon. Keduanya dibaca sebagai ambang gabungan: elongasi mewakili dimensi perkembangan sabit, sedangkan tinggi mewakili dimensi posisi terhadap horizon. Bab ini juga menegaskan bahwa kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  bukan angka arbitrer, bukan kriteria minimalis, dan bukan pula model visibilitas lokal yang terlalu kompleks. Ia adalah sintesis kalender-global yang sederhana, stabil, dan berbasis data.

Dalam **Bab 7**, pembahasan diarahkan pada implementasi KHGT. Kriteria ilmiah yang kuat tidak akan cukup apabila tidak diterjemahkan ke dalam standar operasional hisab, protokol observasi, database rukyat, edukasi publik, perangkat lunak, dan konsensus kelembagaan. Bab ini menyusun strategi agar KHGT tidak berhenti sebagai gagasan akademik, tetapi dapat bergerak menuju sistem kalender yang dapat diaudit, divalidasi, dan diterima secara luas. Rukyat validatif, database

observasi positif-negatif, laporan tahunan, serta evaluasi periodik menjadi bagian penting dari ekosistem implementasi KHGT.

Buku ini juga dilengkapi dengan glosarium dan lampiran teknis. Glosarium disusun untuk membantu pembaca memahami istilah-istilah kunci seperti geosentris, toposentris, elongasi, tinggi hilal, ARCV, DAZ, Limit Danjon, crescent width, validasi observasional, dan rukyat validatif. Lampiran gambar dan grafik disiapkan untuk memperkuat pemahaman visual terhadap konsep  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ , sedangkan lampiran protokol observasi dan template laporan rukyat KHGT disusun agar gagasan dalam buku ini dapat diterapkan dalam kerja observasi yang nyata, tertib, dan terdokumentasi.

Harapan utama dari buku ini adalah memberikan kontribusi bagi penguatan argumentasi ilmiah KHGT. Penyatuan kalender Hijriah bukan hanya persoalan teknis astronomi, tetapi juga persoalan kemaslahatan umat. Kalender yang prediktif dan seragam dapat membantu penyelenggaraan ibadah, pendidikan, administrasi, dakwah, perjalanan, kegiatan internasional, dan kehidupan sosial umat Islam. Namun kemaslahatan tersebut harus berdiri di atas dasar ilmiah yang kuat. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  menawarkan jalan tengah: tidak terlalu minimalis, tidak bergantung pada rekor ekstrem, tidak menghapus rukyat, dan tetap memberi kepastian kalender global.

Penulis menyadari bahwa buku ini bukan akhir dari diskursus. Ilmu falak, astronomi observasional, teknologi pencitraan, model atmosfer, dan kajian fikih kalender terus berkembang. Karena itu, kriteria KHGT  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  perlu terus diuji melalui database observasi yang luas, audit perangkat hisab, perbandingan model visibilitas, dialog ulama-astronom, serta evaluasi periodik yang jujur dan terbuka. Kalender global membutuhkan stabilitas, tetapi stabilitas itu harus selalu dikawal oleh integritas ilmiah.

Akhirnya, penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam pengembangan kajian hisab, rukyat, visibilitas hilal, dan Kalender Hijriah Global Tunggal. Semoga buku ini menjadi bagian kecil dari ikhtiar besar membangun peradaban waktu Islam yang lebih tertib, ilmiah, dan membawa kemaslahatan bagi umat. Semoga Allah Swt. memberikan petunjuk, keberkahan, dan kemanfaatan atas setiap usaha ilmiah yang dilakukan untuk memahami tanda-tanda-Nya di langit.

Semarang, 2026

**KASMUI**

**KAS  
MUI**

Digitally signed by KASMUI  
DN: cn=KASMUI  
gn=KASMUI c=Indonesia  
l=ID o=Muhammadiyah  
ou=PCM Gunungpati 2  
e=kasmui@mail.unnes.ac.id  
Reason: I am the author of  
this document  
Location:  
Date: 2026-06-09  
08:11+07:00



# DAFTAR ISI

|                                                                                     |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>REKAM JEJAK OBSERVASI.....</b>                                                   | <b>3</b> |
| KATA PENGANTAR.....                                                                 | 4        |
| DAFTAR ISI.....                                                                     | 7        |
| BAB 1 — Problem Kalender Hijriah dan Kebutuhan Kriteria Global .....                | 30       |
| 1.1 Kalender Hijriah antara Rukyat Lokal, Hisab Regional, dan Kalender Global ..... | 30       |
| A. Rukyat Lokal dan Karakter Empirisnya .....                                       | 30       |
| B. Hisab Regional dan Upaya Menjembatani Observasi dengan Kalender.....             | 31       |
| C. Kalender Global dan Perubahan Orientasi Kriteria.....                            | 32       |
| D. Problem Rukyat Lokal dalam Dunia yang Terhubung Global .....                     | 33       |
| E. Dari Data Observasi ke Kriteria KHGT 5°–8° .....                                 | 33       |
| F. Rukyat, Hisab, dan Kalender sebagai Tiga Lapisan Epistemik .....                 | 34       |
| G. Implikasi bagi Pembahasan Selanjutnya .....                                      | 35       |
| 1.2 Problem Perbedaan Awal Bulan dalam Dunia Islam Modern.....                      | 35       |
| A. Perbedaan Awal Bulan sebagai Problem Astronomi dan Problem Sosial .....          | 36       |
| B. Akar Perbedaan: Metode, Kriteria, dan Otoritas.....                              | 36       |
| C. Kelemahan Kriteria Sederhana dalam Menyatukan Kalender.....                      | 37       |
| D. Perbedaan Kalender sebagai Akibat Ketidakseragaman Parameter .....               | 38       |
| E. Mengapa Perbedaan Awal Bulan Terus Berulang? .....                               | 39       |
| F. Perbedaan Awal Bulan dan Kebutuhan Prediktabilitas .....                         | 39       |
| G. Posisi Kriteria 5°–8° dalam Mengatasi Perbedaan .....                            | 40       |
| H. Perbedaan Awal Bulan sebagai Problem Epistemologi Umat .....                     | 41       |
| I. Implikasi bagi KHGT.....                                                         | 41       |
| 1.3 Dari Imkan Rukyat Lokal menuju KHGT .....                                       | 42       |
| A. Imkan Rukyat Lokal: Fungsi, Kekuatan, dan Batasnya .....                         | 42       |
| B. KHGT: Dari Peluang Lokal ke Keputusan Global .....                               | 43       |
| C. Mengapa Tidak Cukup Menggunakan Rukyat Global Aktual? .....                      | 44       |
| D. Kriteria Lokal dan Kriteria Global: Dua Fungsi yang Berbeda .....                | 45       |
| E. Transformasi Data Observasi menjadi Ambang Kalender .....                        | 45       |
| F. Dari “Mungkin Terlihat” ke “Layak Menjadi Tanggal Global” .....                  | 46       |
| G. KHGT sebagai Sistem Berbasis Hisab yang Terkontrol Observasi .....               | 47       |

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| H. Keunggulan Paradigma KHGT bagi Umat Islam Modern .....                     | 48 |
| I. Risiko Jika Tetap Berhenti pada Imkan Rukyat Lokal .....                   | 48 |
| J. Implikasi bagi Pembelaan Kriteria 5°–8° .....                              | 49 |
| 1.4 Mengapa Kriteria Kalender Harus Berbasis Data Observasi .....             | 49 |
| A. Observasi sebagai Dasar Koreksi terhadap Kriteria Spekulatif .....         | 50 |
| B. Observasi Hilal sebagai Laboratorium Alam .....                            | 51 |
| C. Dari Data Ekstrem ke Kriteria Aman .....                                   | 52 |
| D. Observasi sebagai Dasar Menilai Parameter yang Relevan .....               | 52 |
| E. Menghindari Kriteria Arbitrer .....                                        | 53 |
| F. Peran Data Negatif: Hilal yang Tidak Terlihat .....                        | 54 |
| G. Observasi, Teori, dan Kriteria: Hubungan Tiga Arah .....                   | 54 |
| H. Kriteria Berbasis Data dan Legitimasi Publik .....                         | 55 |
| I. Relevansi bagi KHGT dan Kriteria 5°–8° .....                               | 55 |
| 1.5 Posisi Kriteria 5°–8° dalam Diskursus Kalender Global .....               | 56 |
| A. Kriteria 5°–8° sebagai Titik Temu Data dan Kebutuhan Kalender .....        | 57 |
| B. Elongasi 8° dan Rekam Jejak Limit Danjon Modern .....                      | 57 |
| C. Tinggi 5° dan Problem Horizon .....                                        | 58 |
| D. Geosentris sebagai Bahasa Kalender Global .....                            | 59 |
| E. Perbandingan dengan Kriteria Regional .....                                | 59 |
| F. 5°–8° sebagai Kriteria Moderat .....                                       | 60 |
| G. Fungsi Unifikatif Kriteria 5°–8° .....                                     | 60 |
| H. Menjawab Kritik terhadap Kriteria 5°–8° .....                              | 61 |
| I. Posisi 5°–8° dalam Epistemologi Kalender Islam .....                       | 62 |
| J. Implikasi untuk Bab-Bab Berikutnya .....                                   | 62 |
| 1.6 Kerangka Argumentasi Buku .....                                           | 63 |
| A. Titik Berangkat: Kalender sebagai Masalah Ilmiah dan Sosial .....          | 64 |
| B. Rukyat sebagai Data, Hisab sebagai Model, Kalender sebagai Sistem .....    | 64 |
| C. Problem Parameter: Mengapa Umur Bulan dan Lag Tidak Cukup .....            | 65 |
| D. Limit Danjon sebagai Jembatan antara Observasi dan Kriteria Kalender ..... | 66 |
| E. Prinsip Buffer Ilmiah dalam Kalender Global .....                          | 66 |
| F. Geosentris dan Toposentris dalam Struktur Argumentasi .....                | 67 |
| G. Dari Kriteria Imkan Rukyat ke Kriteria Kalender .....                      | 68 |
| H. Argumentasi Saintifik dan Argumentasi Kemaslahatan .....                   | 68 |



|                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>I. Struktur Gerak Argumentasi dari Bab ke Bab .....</b>                  | <b>69</b> |
| <b>J. Arah Akhir Argumentasi Buku .....</b>                                 | <b>69</b> |
| <b>Simpulan Bab 1 .....</b>                                                 | <b>70</b> |
| <b>Daftar Pustaka Bab 1 .....</b>                                           | <b>71</b> |
| <b>BAB 2 — Limit Danjon: Sejarah, Konsep, dan Perkembangan Modern .....</b> | <b>72</b> |
| <b>2.1 Apa Itu Limit Danjon? .....</b>                                      | <b>72</b> |
| A. Pengertian Dasar: Elongasi dan Pembentukan Sabit .....                   | 72        |
| B. Limit Danjon sebagai Konsep Batas, Bukan Sekadar Angka .....             | 73        |
| C. Limit Danjon dan Rekam Jejak Angka $6,4^\circ$ serta $7,7^\circ$ .....   | 74        |
| D. Mengapa Limit Danjon Penting bagi Kalender Hijriah? .....                | 74        |
| E. Limit Danjon, Crescent Width, dan Kecerlangan Sabit .....                | 75        |
| F. Limit Danjon dan Perbedaan Mata Telanjang serta Alat Optik .....         | 76        |
| G. Limit Danjon dan Prinsip Kehati-hatian Kalender .....                    | 76        |
| H. Limit Danjon dalam Perspektif KHGT .....                                 | 77        |
| I. Kesalahan Umum dalam Memahami Limit Danjon .....                         | 78        |
| J. Implikasi Konseptual untuk Pembahasan Berikutnya .....                   | 78        |
| <b>2.2 Danjon 1936 dan Problem Panjang Busur Sabit .....</b>                | <b>79</b> |
| A. Sabit Bulan sebagai Fenomena Geometri Cahaya .....                       | 79        |
| B. Panjang Busur Sabit dan Ambang Deteksi Visual .....                      | 80        |
| C. Dari Busur Sabit ke Limit Elongasi .....                                 | 81        |
| D. Danjon dan Kritik terhadap Prinsip “Asal Wujud” .....                    | 81        |
| E. Danjon dan Kritik terhadap Umur Bulan sebagai Parameter Tunggal .....    | 82        |
| F. Problem Atmosfer dalam Pembacaan Busur Sabit .....                       | 82        |
| G. Dari Danjon ke Model Modern: Perluasan Kerangka .....                    | 83        |
| H. Mengapa $8^\circ$ Lebih Tepat daripada Angka Limit Ekstrem? .....        | 84        |
| I. Implikasi Fikih-Kalender dari Problem Panjang Busur Sabit .....          | 84        |
| J. Transisi ke Pembahasan Reinterpretasi Modern .....                       | 85        |
| <b>2.3 McNally, Schaefer, dan Reinterpretasi Fisik Limit Danjon .....</b>   | <b>85</b> |
| A. Reinterpretasi Fisik: Dari Busur Sabit ke Kontras Cahaya .....           | 86        |
| B. McNally dan Kritik terhadap Penjelasan Geometri Tunggal .....            | 86        |
| C. Schaefer dan Model Teoretis Modern .....                                 | 87        |
| D. Data Observasi sebagai Ujian terhadap Teori Limit .....                  | 88        |
| E. Pengaruh Atmosfer terhadap Batas Visibilitas .....                       | 88        |

|                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| F. Fisiologi Penglihatan dan Ambang Deteksi .....                              | 89  |
| G. Alat Optik dan Pergeseran Limit.....                                        | 89  |
| H. Reinterpretasi Limit Danjon dan Kriteria 8° .....                           | 90  |
| I. Relevansi Tinggi 5° dalam Kerangka Reinterpretasi.....                      | 91  |
| Modern .....                                                                   | 91  |
| J. Transisi: Dari Reinterpretasi Fisik ke Batas Fisik dan Statistik .....      | 91  |
| 2.4 Limit Danjon sebagai Batas Fisik, Bukan Sekadar Batas Statistik.....       | 92  |
| A. Batas Statistik dan Batas Fisik: Dua Pengertian yang Berbeda.....           | 92  |
| B. Mengapa Sabit Memiliki Batas Fisik?.....                                    | 93  |
| C. Peran Crescent Width dalam Memahami Batas Fisik .....                       | 94  |
| D. Atmosfer sebagai Pembentuk Batas Praktis.....                               | 94  |
| E. Limit Danjon dan Validitas Laporan Ekstrem .....                            | 95  |
| F. “Pernah Terlihat” Tidak Sama dengan “Layak Menjadi Kriteria” .....          | 95  |
| G. Batas Fisik dan Zona Transisi .....                                         | 96  |
| H. Implikasi bagi Kriteria Geosentris 5°–8° .....                              | 96  |
| I. Dari Batas Fisik ke Kepastian Kalender .....                                | 97  |
| J. Transisi ke Rekam Jejak 6,4° dan 7,7° .....                                 | 97  |
| 2.5 Batas 6,4° dan 7,7° dalam Rekam Jejak Observasi Modern.....                | 98  |
| A. Mengapa Angka 6,4° Menjadi Penting? .....                                   | 98  |
| B. Jim Stamm dan Pengamatan Optik Ekstrem.....                                 | 99  |
| C. Makna Angka 7,7° dalam Pengamatan Mata Telanjang .....                      | 100 |
| D. John Pierce dan Pentingnya Validasi Rekor Mata Telanjang.....               | 100 |
| E. 6,4° dan 7,7° sebagai Batas, Bukan Standar Kalender .....                   | 101 |
| F. Hubungan 6,4°–7,7° dengan Limit Danjon Modern .....                         | 101 |
| G. Kriteria 8° sebagai Buffer terhadap Dua Batas Ekstrem.....                  | 102 |
| H. Mengapa Data 6,4° Tidak Cukup untuk Kalender Global? .....                  | 102 |
| I. Mengapa Data 7,7° Tidak Langsung Menjadi Kriteria 7,7°?.....                | 103 |
| J. Implikasi bagi Tinggi 5° dalam KHGT.....                                    | 104 |
| K. Nilai Strategis 6,4° dan 7,7° bagi Pembelaan KHGT .....                     | 104 |
| L. Transisi ke Pembahasan Kriteria Kalender dan Rekor Ekstrem.....             | 105 |
| 2.6 Mengapa Limit Ekstrem Tidak Otomatis Layak Menjadi Kriteria Kalender ..... | 105 |
| A. Rekor Ekstrem adalah Data Ilmiah, Bukan Norma Kalender .....                | 106 |
| B. Wilayah Dekat Limit adalah Wilayah Ketidakpastian Tinggi.....               | 106 |

|                                                                                             |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>C. Kriteria Kalender Memerlukan Faktor Keamanan .....</b>                                | <b>107</b> |
| <b>D. Rekor Ekstrem Sulit Direplikasi.....</b>                                              | <b>108</b> |
| <b>E. Penggunaan Alat Optik dan Masalah Representasi Kalender.....</b>                      | <b>108</b> |
| <b>F. Limit Ekstrem dan Problem Klaim Lemah .....</b>                                       | <b>109</b> |
| <b>G. Kriteria Global Berbeda dari Kompetisi Hilal Termuda.....</b>                         | <b>109</b> |
| <b>H. Kalender Global Memerlukan Komunikasi Publik yang Sederhana .....</b>                 | <b>110</b> |
| <b>I. Stabilitas Kalender dan Evaluasi Ilmiah.....</b>                                      | <b>110</b> |
| <b>J. Mengapa 8° Lebih Layak daripada 6,4° atau 7,7° sebagai Ambang Kalender.....</b>       | <b>111</b> |
| <b>K. Tinggi 5° sebagai Pasangan Metodologis Elongasi 8°.....</b>                           | <b>111</b> |
| <b>L. Penutup Subbab: Dari Limit Danjon menuju Rekam Observasi Modern .....</b>             | <b>112</b> |
| <b>Simpulan Bab 2 .....</b>                                                                 | <b>112</b> |
| <b>Daftar Pustaka Bab 2.....</b>                                                            | <b>113</b> |
| <b>BAB 3 — Rekor Observasi Hilal Modern: Dari Pierce, Stamm, Schaefer hingga ICOP .....</b> | <b>114</b> |
| <b>3.1 Tradisi Observasi Hilal dan Kelahiran Data Modern .....</b>                          | <b>114</b> |
| A. Observasi Hilal sebagai Praktik Empiris .....                                            | 114        |
| B. Keterbatasan Laporan Historis.....                                                       | 115        |
| C. Moonwatch dan Sistematisasi Data Observasi.....                                          | 116        |
| D. Data Negatif dan Arti Penting Gagal Melihat Hilal .....                                  | 116        |
| E. ICOP dan Globalisasi Data Hilal .....                                                    | 117        |
| F. Dari Data Lokal ke Model Global.....                                                     | 118        |
| G. Rekor Modern sebagai Batas Bawah, Bukan Norma Umum .....                                 | 118        |
| H. Standar Metadata dalam Observasi Modern .....                                            | 119        |
| I. Observasi Modern dan Kebutuhan Kalender Global .....                                     | 119        |
| J. Transisi ke Pembahasan John Pierce .....                                                 | 120        |
| <b>3.2 John Pierce 1990: Rekor Hilal Muda Mata Telanjang .....</b>                          | <b>120</b> |
| A. Posisi John Pierce dalam Sejarah Observasi Hilal Modern .....                            | 121        |
| B. Kondisi Pengamatan Pierce: Pengalaman, Persiapan, dan Konfirmasi .....                   | 121        |
| C. Angka 7,7° dan Hubungannya dengan Mata Telanjang.....                                    | 122        |
| D. Pierce sebagai Bukti bahwa 8° Tidak Terlalu Tinggi.....                                  | 123        |
| E. Pierce sebagai Bukti bahwa 7,7° Tetap Bukan Kriteria Kalender .....                      | 123        |
| F. Rekor Mata Telanjang dan Legitimasi Hilal dalam Tradisi Rukyat .....                     | 124        |
| G. Keterbatasan Rekor Pierce sebagai Dasar Tunggal .....                                    | 124        |
| H. Pierce, Schaefer, dan Standar Keandalan Laporan Hilal.....                               | 125        |



|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| I. Konsekuensi bagi Kriteria $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ .....           | 125 |
| J. Pelajaran Metodologis dari Rekor Pierce .....                       | 126 |
| K. Transisi ke Rekor Jim Stamm.....                                    | 126 |
| 3.3 Jim Stamm 1996: Rekor Optik dan Tantangan Ambang Ekstrem .....     | 126 |
| A. Posisi Jim Stamm dalam Rekam Jejak Observasi Modern .....           | 127 |
| B. Batas Optik $6,4^{\circ}$ dan Makna Ilmiahnya.....                  | 128 |
| C. Mengapa Pengamatan Optik Tidak Sama dengan Kriteria Kalender? ..... | 128 |
| D. Stamm dan Problem Replikasi Observasi Ekstrem .....                 | 129 |
| E. Antara Optik, Mata Telanjang, dan Legitimasi Hilal.....             | 129 |
| F. Peran Stamm dalam Menegaskan Buffer $8^{\circ}$ .....               | 130 |
| G. Kelemahan Menggunakan $6,4^{\circ}$ sebagai Kriteria Kalender ..... | 130 |
| H. Stamm, Odeh, dan Perubahan Konsep Limit Danjon .....                | 131 |
| I. Tinggi $5^{\circ}$ sebagai Penyeimbang Data Optik .....             | 132 |
| J. Implikasi Metodologis untuk KHGT .....                              | 132 |
| K. Transisi ke Data Schaefer yang Lebih Luas.....                      | 133 |
| 3.4 Data Schaefer: 294 Observasi Individual dan 1490 Moonwatch .....   | 133 |
| A. Schaefer dan Perubahan Cara Membaca Data Hilal.....                 | 134 |
| B. 294 Observasi Individual: Fungsi dan Maknanya.....                  | 134 |
| C. 1490 Moonwatch: Pentingnya Data Kolektif dan Sistematis.....        | 135 |
| D. Kritik Schaefer terhadap Kriteria Umur Bulan .....                  | 135 |
| E. Kritik Schaefer terhadap Moonset-Lag .....                          | 136 |
| F. Relasi Tinggi–Azimut dan Batas Prediksi .....                       | 137 |
| G. Model Teoretis Modern sebagai Pembanding .....                      | 137 |
| H. Data Schaefer dan Pembelaan Elongasi $8^{\circ}$ .....              | 138 |
| I. Data Schaefer dan Pembelaan Tinggi $5^{\circ}$ .....                | 138 |
| J. Schaefer sebagai Jembatan menuju Odeh dan ICOP.....                 | 139 |
| 3.5 Data Odeh: 737 Observasi dan Peran ICOP .....                      | 139 |
| A. Kedudukan Odeh dalam Rangkaian Schaefer–ICOP .....                  | 140 |
| B. ICOP sebagai Infrastruktur Data Global.....                         | 140 |
| C. Mengapa 737 Observasi Penting? .....                                | 141 |
| D. Dua Variabel Utama Odeh: ARCV dan Crescent Width .....              | 141 |
| E. Mengapa Odeh Mengkritik Umur Bulan? .....                           | 142 |
| F. Limit $6,4^{\circ}$ dalam Kriteria Odeh .....                       | 143 |

|                                                                                                  |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| G. Batas Mata Telanjang 7,7° dalam Data Odeh.....                                                | 143        |
| H. Peran Odeh dalam Menjelaskan Kriteria Dua Parameter .....                                     | 144        |
| I. Data Odeh dan Kritik terhadap Kriteria Terlalu Rendah .....                                   | 144        |
| J. Data Odeh dan Kritik terhadap Kriteria Terlalu Tinggi.....                                    | 145        |
| K. Relevansi Data Odeh bagi KHGT .....                                                           | 145        |
| L. Transisi ke Validitas Laporan Observasi .....                                                 | 146        |
| <b>3.6 Validitas Laporan Observasi: Pengamat, Alat, Atmosfer, dan Konsistensi Hitungan .....</b> | <b>146</b> |
| A. Mengapa Validitas Laporan Hilal Sangat Penting? .....                                         | 146        |
| B. Pengalaman Pengamat sebagai Faktor Validitas .....                                            | 147        |
| C. Persiapan Observasi dan Pengetahuan Posisi Hilal .....                                        | 148        |
| D. Alat Optik: Memperkuat atau Memperumit Validitas?.....                                        | 148        |
| E. Atmosfer dan Horizon sebagai Penentu Validitas.....                                           | 149        |
| F. Konsistensi Hitungan sebagai Uji Laporan .....                                                | 149        |
| G. Metadata sebagai Syarat Ilmiah Observasi Hilal .....                                          | 150        |
| H. Klasifikasi Laporan: Terlihat, Tidak Terlihat, Optik, dan Mata Telanjang .....                | 151        |
| I. Laporan Gagal Melihat Hilal sebagai Data Valid .....                                          | 151        |
| J. Validitas dan Risiko Kriteria yang Terlalu Rendah .....                                       | 152        |
| K. Validitas Observasi dan Pembelaan KHGT .....                                                  | 152        |
| L. Transisi ke Pelajaran Kalender dari Rekor Ekstrem .....                                       | 153        |
| <b>3.7 Pelajaran Kalender dari Rekor Ekstrem.....</b>                                            | <b>153</b> |
| <b>A. Rekor Ekstrem sebagai Penanda Batas, Bukan Standar Umum.....</b>                           | <b>154</b> |
| <b>B. Dari Rekor Pierce ke Elongasi 8°.....</b>                                                  | <b>154</b> |
| <b>C. Dari Rekor Stamm ke Kritik terhadap Ambang 6,4° .....</b>                                  | <b>155</b> |
| <b>D. Data Schaefer: Kritik terhadap Parameter Sederhana .....</b>                               | <b>155</b> |
| <b>E. Data Odeh: Pelajaran tentang Dua Parameter .....</b>                                       | <b>156</b> |
| <b>F. Rekor Ekstrem dan Prinsip Buffer Kalender .....</b>                                        | <b>156</b> |
| <b>G. Rekor Ekstrem Tidak Boleh Mengendalikan Kalender Bulanan .....</b>                         | <b>157</b> |
| <b>H. Pelajaran tentang Data Positif dan Data Negatif.....</b>                                   | <b>157</b> |
| <b>I. Pelajaran untuk Edukasi Publik.....</b>                                                    | <b>158</b> |
| <b>J. Pelajaran untuk Desain Kalender Global.....</b>                                            | <b>158</b> |
| <b>K. Kesimpulan Subbab.....</b>                                                                 | <b>159</b> |
| <b>Simpulan Bab 3 .....</b>                                                                      | <b>159</b> |
| <b>Daftar Pustaka Bab 3.....</b>                                                                 | <b>160</b> |

|                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| BAB 4 — Parameter Astronomis Visibilitas Hilal: Umur Bulan, Lag, Tinggi, Elongasi, ARCV, DAZ, dan Crescent Width ..... | 161 |
| 4.1 Mengapa Hilal Sulit Diprediksi? .....                                                                              | 161 |
| A. Hilal sebagai Fenomena Ambang .....                                                                                 | 161 |
| B. Perbedaan antara “Bulan Ada” dan “Hilal Terlihat” .....                                                             | 162 |
| C. Kompleksitas Geometri Bulan–Matahari.....                                                                           | 163 |
| D. Kompleksitas Atmosfer.....                                                                                          | 163 |
| E. Kompleksitas Cahaya Senja dan Kontras .....                                                                         | 164 |
| F. Kompleksitas Fisiologi Penglihatan .....                                                                            | 165 |
| G. Kompleksitas Instrumen Optik .....                                                                                  | 165 |
| H. Variasi Lokasi dan Masalah Globalisasi Kalender .....                                                               | 166 |
| I. Zona Ketidakpastian dalam Visibilitas Hilal.....                                                                    | 166 |
| J. Mengapa Parameter Sederhana Sering Menyesatkan? .....                                                               | 167 |
| K. Implikasi bagi Kriteria KHGT 5°–8° .....                                                                            | 167 |
| L. Transisi ke Kritik terhadap Umur Bulan.....                                                                         | 168 |
| 4.2 Umur Bulan: Parameter Populer tetapi Lemah .....                                                                   | 168 |
| A. Mengapa Umur Bulan Tampak Menarik?.....                                                                             | 169 |
| B. Kelemahan Fisik Umur Bulan .....                                                                                    | 170 |
| C. Bukti Schaefer: Umur Bulan sebagai Prediktor Buruk .....                                                            | 170 |
| D. Kritik Odeh terhadap Umur Bulan .....                                                                               | 171 |
| E. Umur Bulan dan Ilusi Kepastian .....                                                                                | 171 |
| F. Umur Bulan, Elongasi, dan Gerak Bulan yang Tidak Seragam .....                                                      | 172 |
| G. Umur Bulan dan Problem Lokasi .....                                                                                 | 172 |
| H. Umur Bulan dan Kriteria Babilonia: Pelajaran Sejarah .....                                                          | 173 |
| I. Mengapa Umur Bulan Tetap Berguna sebagai Informasi Tambahan? .....                                                  | 173 |
| J. Implikasi bagi KHGT: Mengapa Tidak Berbasis Umur? .....                                                             | 174 |
| K. Hubungan Umur Bulan dengan Argumen 5°–8° .....                                                                      | 175 |
| L. Transisi ke Moonset-Lag.....                                                                                        | 175 |
| 4.3 Moonset Lag: Sederhana tetapi Tidak Cukup Andal .....                                                              | 175 |
| A. Pengertian Moonset Lag dan Daya Tariknya .....                                                                      | 176 |
| B. Mengapa Lag Tampak Logis tetapi Lemah secara Fisik?.....                                                            | 176 |
| C. Kritik Schaefer terhadap Moonset Lag .....                                                                          | 177 |
| D. Perbedaan antara Durasi Observasi dan Kualitas Observasi.....                                                       | 178 |



|                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| E. Lag dan Pengaruh Lintang serta Musim.....                                         | 178 |
| F. Lag, Waktu Terbaik Pengamatan, dan Keterbatasannya .....                          | 179 |
| G. Lag dan Zona Ketidakpastian .....                                                 | 179 |
| H. Lag dan Perbedaan antara Imkan Rukyat Lokal dan KHGT.....                         | 180 |
| I. Mengapa Lag Tidak Cukup untuk Mendukung KHGT? .....                               | 180 |
| J. Kriteria $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ sebagai Koreksi terhadap Kelemahan Lag.....    | 181 |
| K. Lag sebagai Informasi Pendukung, Bukan Syarat Utama.....                          | 181 |
| L. Transisi ke Parameter Tinggi Hilal .....                                          | 181 |
| 4.4 Tinggi Hilal: Antara Horizon Lokal dan Kebutuhan Kriteria Global .....           | 182 |
| A. Pengertian Tinggi Hilal .....                                                     | 182 |
| B. Tinggi Toposentris dalam Observasi Lokal.....                                     | 183 |
| C. Tinggi Geosentris dalam Kriteria Kalender Global .....                            | 184 |
| D. Mengapa Horizon Menjadi Problem Besar?.....                                       | 184 |
| E. Tinggi Hilal dan Cahaya Senja.....                                                | 185 |
| F. Tinggi Hilal Tidak Cukup Tanpa Elongasi .....                                     | 185 |
| G. Mengapa Tinggi $5^{\circ}$ Lebih Kuat daripada Sekadar Positif di Atas Ufuk?..... | 186 |
| H. Tinggi Hilal dan Perbedaan Toposentris–Geosentris dalam Praktik.....              | 186 |
| I. Tinggi $5^{\circ}$ dan Stabilitas Kalender Global .....                           | 187 |
| J. Hubungan Tinggi $5^{\circ}$ dengan Elongasi $8^{\circ}$ dalam KHGT .....          | 187 |
| K. Implikasi bagi Kalender Hijriah Global Tunggal.....                               | 188 |
| L. Transisi ke Elongasi atau Arc of Light .....                                      | 188 |
| 4.5 Elongasi atau Arc of Light: Parameter Ketebalan Sabit .....                      | 189 |
| A. Pengertian Elongasi dalam Visibilitas Hilal .....                                 | 189 |
| B. Elongasi dan Ketebalan Sabit.....                                                 | 190 |
| C. Elongasi Geosentris dan Stabilitas Kalender Global .....                          | 191 |
| D. Mengapa Elongasi Lebih Kuat daripada Umur Bulan? .....                            | 191 |
| E. Mengapa Elongasi Lebih Kuat daripada Lag?.....                                    | 192 |
| F. Elongasi dan Limit Danjon Modern .....                                            | 192 |
| G. Elongasi $8^{\circ}$ sebagai Buffer Ilmiah .....                                  | 193 |
| H. Elongasi Tidak Cukup Tanpa Tinggi.....                                            | 193 |
| I. Elongasi dan Kriteria Kalender, Bukan Jaminan Rukyat Lokal .....                  | 194 |
| J. Elongasi dan Komunikasi Publik KHGT.....                                          | 194 |
| K. Implikasi Elongasi bagi Pembelaan KHGT .....                                      | 195 |

|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| L. Transisi ke ARCV dan DAZ.....                                              | 195 |
| 4.6 Arc of Vision dan Relative Azimuth.....                                   | 195 |
| A. Pengertian Arc of Vision .....                                             | 196 |
| B. Pengertian Relative Azimuth .....                                          | 197 |
| C. Hubungan antara Elongasi, ARCV, dan DAZ.....                               | 198 |
| D. Mengapa ARCV Penting dalam Model Odeh? .....                               | 198 |
| E. Mengapa DAZ Penting dalam Kriteria Historis dan Modern? .....              | 199 |
| F. ARCV, DAZ, dan Kritik terhadap Parameter Tunggal.....                      | 199 |
| G. ARCV dan Tinggi Hilal: Serupa tetapi Tidak Identik .....                   | 200 |
| H. DAZ dan Keterbatasan Kriteria $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ .....              | 200 |
| I. Relevansi ARCV dan DAZ bagi Kriteria $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ .....       | 201 |
| J. ARCV, DAZ, dan Prinsip Dua-Lapis Kriteria .....                            | 201 |
| K. Implikasi bagi Pengamatan Lokal dan Validasi KHGT.....                     | 202 |
| L. Transisi ke Crescent Width .....                                           | 202 |
| 4.7 Crescent Width sebagai Representasi Kecerlangan Intrinsik Sabit.....      | 202 |
| A. Pengertian Crescent Width.....                                             | 203 |
| B. Crescent Width dan Kecerlangan Sabit.....                                  | 203 |
| C. Mengapa Crescent Width Lebih Baik daripada Umur Bulan?.....                | 204 |
| D. Mengapa Crescent Width Lebih Langsung daripada Elongasi? .....             | 205 |
| E. Crescent Width dalam Kriteria Odeh .....                                   | 205 |
| F. Crescent Width dan Limit Danjon .....                                      | 206 |
| G. Mengapa KHGT Tidak Menggunakan Crescent Width sebagai Kriteria Utama?..... | 206 |
| H. Crescent Width, Alat Optik, dan Mata Telanjang.....                        | 207 |
| I. Crescent Width dan Kebutuhan Dua Parameter .....                           | 207 |
| J. Crescent Width dan Edukasi Publik tentang Hilal.....                       | 208 |
| K. Implikasi Crescent Width bagi Pembelaan KHGT.....                          | 208 |
| L. Transisi ke Parameter Tunggal dan Kebutuhan Kombinasi .....                | 209 |
| 4.8 Mengapa Parameter Tunggal Tidak Cukup .....                               | 209 |
| A. Kelemahan Parameter Tunggal dalam Prediksi Hilal.....                      | 210 |
| B. Umur Bulan Tidak Cukup .....                                               | 210 |
| C. Lag Tidak Cukup .....                                                      | 211 |
| D. Tinggi Saja Tidak Cukup .....                                              | 211 |
| E. Elongasi Saja Tidak Cukup .....                                            | 212 |

|                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| F. Crescent Width Saja Tidak Cukup .....                                                             | 212 |
| G. ARCV dan DAZ Saja Tidak Cukup sebagai Kriteria Global .....                                       | 213 |
| H. Prinsip Dua Dimensi: Sabit dan Horizon .....                                                      | 213 |
| I. Kriteria $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ sebagai Penyederhanaan Ilmiah.....                             | 214 |
| J. Parameter Tunggal dan Risiko Kalender Global .....                                                | 214 |
| K. Implikasi bagi KHGT.....                                                                          | 215 |
| Simpulan Bab 4 .....                                                                                 | 215 |
| Daftar Pustaka Bab 4.....                                                                            | 216 |
| BAB 5 — Dari Visibilitas Lokal ke Kriteria Kalender Global: Problem Geosentris dan Toposentris ..... | 217 |
| 5.1 Definisi Geosentris dan Toposentris dalam Hisab Hilal .....                                      | 217 |
| A. Makna Geosentris dalam Hisab Hilal.....                                                           | 218 |
| B. Makna Toposentris dalam Hisab Hilal .....                                                         | 218 |
| C. Paralaks Bulan dan Perbedaan Geosentris–Toposentris .....                                         | 219 |
| D. Geosentris sebagai Bahasa Konfigurasi Global.....                                                 | 219 |
| E. Toposentris sebagai Bahasa Observasi Lokal.....                                                   | 220 |
| F. Mengapa Pembedaan Ini Sering Menimbulkan Perdebatan? .....                                        | 221 |
| G. Hubungan Geosentris–Toposentris dengan Kriteria $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ .....                   | 221 |
| H. Relasi dengan Data Observasi Modern .....                                                         | 222 |
| I. Geosentris–Toposentris dan Prinsip Fungsi Ganda Rukyat .....                                      | 222 |
| J. Keunggulan Definisi yang Tegas dalam Kalender Global .....                                        | 222 |
| K. Implikasi bagi Bab-Bab Berikutnya.....                                                            | 223 |
| L. Transisi ke Elongasi Geosentris .....                                                             | 223 |
| 5.2 Mengapa Elongasi Lebih Tepat Ditetapkan secara Geosentris.....                                   | 224 |
| A. Elongasi sebagai Parameter Konfigurasi Bulan–Matahari.....                                        | 224 |
| B. Menghindari Variasi Lokal pada Parameter Kalender .....                                           | 225 |
| C. Elongasi Geosentris dan Limit Danjon Modern .....                                                 | 225 |
| D. Elongasi Geosentris sebagai Ukuran Fase dan Ketebalan Sabit .....                                 | 226 |
| E. Perbedaan Fungsi: Model Visibilitas Lokal dan Kriteria Kalender Global .....                      | 226 |
| F. Mengapa Bukan Elongasi Toposentris? .....                                                         | 227 |
| G. Elongasi Geosentris dan Keseragaman Perangkat Hisab .....                                         | 227 |
| H. Hubungan Elongasi Geosentris dengan Prinsip Kemaslahatan Kalender .....                           | 228 |
| I. Elongasi Geosentris dan Kritik Potensial.....                                                     | 228 |
| J. Elongasi Geosentris dalam Struktur Kriteria $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ .....                       | 229 |

|                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| K. Implikasi bagi Validasi Observasi .....                                        | 229 |
| L. Transisi ke Tinggi Toposentris .....                                           | 230 |
| 5.3 Tinggi Toposentris dan Problem Observasi Lokal .....                          | 230 |
| A. Makna Tinggi Toposentris .....                                                 | 231 |
| B. Mengapa Tinggi Toposentris Sangat Penting untuk Rukyat? .....                  | 231 |
| C. Horizon Lokal dan Variasi Medan Pengamatan .....                               | 232 |
| D. Refraksi Atmosfer dan Tinggi Tampak .....                                      | 232 |
| E. Tinggi Toposentris dan Imkan Rukyat Lokal .....                                | 233 |
| F. Problem Jika Tinggi Toposentris Dijadikan Kriteria Global .....                | 233 |
| G. Tinggi Toposentris dan Ketidakpastian Atmosfer .....                           | 234 |
| H. Hubungan Tinggi Toposentris dengan Tinggi Geosentris $5^\circ$ .....           | 234 |
| I. Tinggi Toposentris sebagai Alat Validasi KHGT .....                            | 235 |
| J. Mengapa Kriteria Global Tidak Boleh Mengabaikan Pelajaran Toposentris? .....   | 235 |
| K. Implikasi bagi Desain Kalender Hijriah Global Tunggal .....                    | 236 |
| L. Transisi ke Tinggi Geosentris $5^\circ$ sebagai Syarat Kalender .....          | 236 |
| 5.4 Tinggi Geosentris $5^\circ$ sebagai Syarat Kalender .....                     | 237 |
| A. Tinggi $5^\circ$ sebagai Ambang Geometri Global .....                          | 237 |
| B. Mengapa Tidak Cukup Sekadar Positif di Atas Ufuk? .....                        | 238 |
| C. Tinggi $5^\circ$ dan Problem Atmosfer Rendah .....                             | 238 |
| D. Tinggi $5^\circ$ dan Cahaya Senja .....                                        | 239 |
| E. Tinggi Geosentris $5^\circ$ dan Perbedaan Fungsi dari Tinggi Toposentris ..... | 239 |
| F. Mengapa Angka $5^\circ$ ? .....                                                | 240 |
| G. Tinggi $5^\circ$ sebagai Koreksi terhadap Kriteria yang Terlalu Rendah .....   | 240 |
| H. Tinggi $5^\circ$ sebagai Syarat yang Tidak Berdiri Sendiri .....               | 241 |
| I. Tinggi $5^\circ$ dan Kriteria Kalender, Bukan Jaminan Rukyat Lokal .....       | 241 |
| J. Tinggi $5^\circ$ dan Stabilitas Kalender Dunia .....                           | 242 |
| K. Relasi Tinggi $5^\circ$ dengan Data Observasi Modern .....                     | 242 |
| L. Transisi ke Transformasi Data Lokal menuju Kriteria Global .....               | 242 |
| 5.5 Transformasi Data Visibilitas Lokal menjadi Kriteria Kalender Global .....    | 243 |
| A. Data Visibilitas Lokal: Sifat dan Keterbatasannya .....                        | 243 |
| B. Dari Laporan Tunggal ke Basis Data .....                                       | 244 |
| C. Dari Data Toposentris ke Prinsip Geometri .....                                | 244 |
| D. Dari Model Prediksi Lokal ke Kriteria Kalender .....                           | 245 |



|                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| E. Prinsip Reduksi Kompleksitas.....                                               | 245 |
| F. Dari Limit Ekstrem ke Ambang Kalender.....                                      | 246 |
| G. Dari Horizon Lokal ke Tinggi Geosentris 5°.....                                 | 246 |
| H. Dari Kriteria Observasional ke Kriteria Sistemik.....                           | 247 |
| I. Mengapa Transformasi Ini Sah secara Ilmiah? .....                               | 247 |
| J. Risiko Jika Transformasi Tidak Dilakukan.....                                   | 248 |
| K. Implikasi bagi KHGT.....                                                        | 248 |
| L. Transisi ke Sintesis Geosentris–Toposentris .....                               | 249 |
| 5.6 Sintesis Geosentris–Toposentris: Fungsi Berbeda, Tujuan Saling Melengkapi..... | 249 |
| A. Mengapa Geosentris dan Toposentris Tidak Perlu Dipertentangkan?.....            | 250 |
| B. Fungsi Geosentris: Stabilitas Kalender Global .....                             | 250 |
| C. Fungsi Toposentris: Validasi Observasi dan Peta Visibilitas .....               | 251 |
| D. Rukyat sebagai Data, Bukan Lawan Hisab .....                                    | 251 |
| E. Data Toposentris sebagai Dasar Evaluasi Kriteria Geosentris.....                | 252 |
| F. Sintesis dalam Pembacaan Elongasi 8° .....                                      | 252 |
| G. Sintesis dalam Pembacaan Tinggi 5° .....                                        | 253 |
| H. Menjaga Batas antara Validasi dan Penetapan .....                               | 253 |
| I. Menghindari Dua Ekstrem .....                                                   | 254 |
| J. Implikasi bagi Sistem Observasi Hilal Masa Depan.....                           | 254 |
| K. Implikasi bagi Edukasi Publik KHGT.....                                         | 255 |
| L. Sintesis sebagai Fondasi Bab Berikutnya.....                                    | 255 |
| 5.7 Mengapa KHGT Harus Menggunakan Kriteria Geosentris 5°–8° .....                 | 255 |
| A. KHGT Membutuhkan Acuan Global, Bukan Horizon Lokal .....                        | 256 |
| B. Elongasi 8° sebagai Syarat Sabit Cukup Berkembang .....                         | 256 |
| C. Tinggi 5° sebagai Syarat Bulan Tidak Terlalu Rendah .....                       | 257 |
| D. Kriteria 5°–8° sebagai Pasangan, Bukan Angka Terpisah .....                     | 257 |
| E. Geosentris 5°–8° sebagai Penyederhanaan Ilmiah .....                            | 258 |
| F. Mengapa Tidak Menggunakan 6,4° sebagai Kriteria?.....                           | 258 |
| G. Mengapa Tidak Menggunakan 7,7° sebagai Kriteria? .....                          | 259 |
| H. Mengapa Tidak Menggunakan Kriteria Toposentris Lokal? .....                     | 259 |
| I. Kriteria Geosentris 5°–8° dan Fungsi Unifikasi.....                             | 260 |
| J. Kriteria 5°–8° dan Hubungan dengan Rukyat .....                                 | 260 |
| K. Kriteria 5°–8° sebagai Jembatan antara Sains dan Kemaslahatan.....              | 260 |

|                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| L. Simpulan Bab 5 .....                                                                           | 261 |
| Daftar Pustaka Bab 5.....                                                                         | 261 |
| BAB 6 — Pembelaan Ilmiah Kriteria KHGT 5°–8°: Sintesis Data, Teori, dan Kebutuhan Kalender Global | 263 |
| 6.1 Mengapa Kriteria 5°–8° Perlu Dibela secara Ilmiah? .....                                      | 263 |
| A. Kriteria Kalender Tidak Boleh Arbitrer.....                                                    | 263 |
| B. Kriteria KHGT Harus Berbeda dari Kriteria Rukyat Lokal .....                                   | 264 |
| C. Kriteria 5°–8° Harus Menjawab Kelemahan Kriteria Minimalis .....                               | 264 |
| D. Kriteria 5°–8° Harus Menjawab Kelemahan Kriteria Ekstrem .....                                 | 265 |
| E. Kriteria 5°–8° Mengambil Pelajaran dari Schaefer dan Odeh .....                                | 265 |
| F. Mengapa Harus Dua Parameter? .....                                                             | 266 |
| G. Mengapa Harus Geosentris? .....                                                                | 266 |
| H. Pembelaan Ilmiah sebagai Syarat Penerimaan Sosial .....                                        | 267 |
| I. Kriteria 5°–8° sebagai Sintesis, Bukan Klaim Final Tertutup .....                              | 267 |
| J. Kerangka Pembelaan dalam Bab Ini .....                                                         | 268 |
| K. Posisi Bab 6 dalam Keseluruhan Buku .....                                                      | 268 |
| L. Transisi ke Subbab Berikutnya .....                                                            | 269 |
| 6.2 Elongasi 8° sebagai Ambang di Atas Limit Danjon Modern .....                                  | 269 |
| A. Elongasi sebagai Ukuran Keterpisahan Bulan–Matahari.....                                       | 269 |
| B. Limit Danjon Modern dan Angka 6,4° .....                                                       | 270 |
| C. Batas Mata Telanjang 7,7° dan Kekuatan Angka 8° .....                                          | 270 |
| D. Mengapa Ambang Kalender Harus di Atas Limit? .....                                             | 271 |
| E. 8° sebagai Angka yang Tidak Terlalu Tinggi .....                                               | 272 |
| F. 8° sebagai Angka yang Tidak Terlalu Rendah.....                                                | 272 |
| G. 8° dan Prinsip Pembulatan Ilmiah .....                                                         | 273 |
| H. 8° sebagai Proksi Crescent Width dalam Kalender Global .....                                   | 273 |
| I. 8° dan Kritik terhadap Kriteria Berbasis Umur atau Lag .....                                   | 273 |
| J. 8° Tidak Berdiri Sendiri: Harus Dipasangkan dengan 5° .....                                    | 274 |
| K. Implikasi 8° bagi KHGT .....                                                                   | 274 |
| L. Transisi ke Tinggi 5° sebagai Buffer Horizon .....                                             | 275 |
| 6.3 Tinggi 5° sebagai Buffer terhadap Horizon .....                                               | 275 |
| A. Horizon sebagai Wilayah Paling Problematis dalam Rukyat .....                                  | 276 |
| B. Mengapa Sekadar Positif di Atas Ufuk Tidak Cukup? .....                                        | 276 |
| C. Tinggi 5° sebagai Margin terhadap Atmosfer Rendah .....                                        | 277 |

|                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| D. Tinggi 5° dan Cahaya Senja .....                                                       | 277 |
| E. Tinggi 5° dan Refraksi Atmosfer .....                                                  | 278 |
| F. Tinggi 5° sebagai Koreksi terhadap Kriteria Wujud Minimal.....                         | 278 |
| G. Mengapa Tinggi 5° Tidak Boleh Dipisahkan dari Elongasi 8°? .....                       | 279 |
| H. Tinggi Geosentris 5° dan Kritik dari Perspektif Toposentris .....                      | 279 |
| I. Tinggi 5° dan Stabilitas Kalender Global .....                                         | 280 |
| J. Tinggi 5° sebagai Bentuk Kehati-hatian Moderat .....                                   | 280 |
| K. Tinggi 5° dalam Argumentasi KHGT .....                                                 | 280 |
| L. Transisi ke Kriteria 5°–8° sebagai Ambang Gabungan .....                               | 281 |
| 6.4 Kriteria 5°–8° sebagai Ambang Gabungan .....                                          | 281 |
| A. Mengapa Harus Ambang Gabungan? .....                                                   | 282 |
| B. Elongasi 8° sebagai Syarat Dimensi Sabit.....                                          | 282 |
| C. Tinggi 5° sebagai Syarat Dimensi Horizon.....                                          | 283 |
| D. Kelemahan Jika Hanya Menggunakan Elongasi.....                                         | 283 |
| E. Kelemahan Jika Hanya Menggunakan Tinggi .....                                          | 284 |
| F. Kriteria Gabungan sebagai Sintesis Model Odeh .....                                    | 284 |
| G. Kriteria Gabungan dan Prinsip Buffer Ganda .....                                       | 284 |
| H. Kriteria Gabungan dan Stabilitas Kalender Global .....                                 | 285 |
| I. Kriteria Gabungan dan Kritik terhadap Kriteria Minimalis.....                          | 285 |
| J. Kriteria Gabungan dan Kritik terhadap Kriteria Terlalu Kompleks .....                  | 286 |
| K. Implikasi Ambang Gabungan bagi KHGT.....                                               | 286 |
| L. Transisi ke Pembelaan Geosentris sebagai Syarat Global .....                           | 287 |
| 6.5 Geosentris sebagai Syarat Global: Stabilitas, Keseragaman, dan Fungsi Unifikasi ..... | 287 |
| A. Kalender Global Membutuhkan Titik Acuan Bersama.....                                   | 287 |
| B. Geosentris Menghindari Ketergantungan pada Horizon Lokal.....                          | 288 |
| C. Geosentris Menjamin Keseragaman Implementasi Hisab .....                               | 289 |
| D. Geosentris dan Kemandirian dari Cuaca Lokal .....                                      | 289 |
| E. Geosentris sebagai Jembatan antara Data Lokal dan Keputusan Global.....                | 290 |
| F. Geosentris Bukan Penolakan terhadap Toposentris.....                                   | 290 |
| G. Geosentris Membantu Menghindari Bias Wilayah .....                                     | 290 |
| H. Geosentris dan Prinsip Prediktabilitas.....                                            | 291 |
| I. Geosentris dan Prinsip Transparansi Ilmiah.....                                        | 291 |
| J. Geosentris dalam Pembelaan Kemaslahatan KHGT .....                                     | 292 |

|                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| K. Batas Kritik terhadap Geosentris .....                                            | 292 |
| L. Transisi ke Integrasi Data Observasi dan Hisab Global .....                       | 293 |
| 6.6 Integrasi Data Observasi dan Hisab Global .....                                  | 293 |
| A. Hisab Global sebagai Kerangka Penetapan Kalender .....                            | 294 |
| B. Observasi sebagai Basis Empiris Kriteria.....                                     | 294 |
| C. Mengubah Rukyat dari Pemutus Lokal menjadi Validasi Global .....                  | 295 |
| D. Metadata Observasi sebagai Syarat Integrasi .....                                 | 295 |
| E. Data Positif dan Data Negatif dalam Evaluasi KHGT .....                           | 296 |
| F. Hisab sebagai Alat Validasi Rukyat.....                                           | 296 |
| G. Observasi sebagai Sarana Edukasi Publik .....                                     | 297 |
| H. Observasi sebagai Sistem Peringatan Ilmiah .....                                  | 297 |
| I. Integrasi dengan Peta Visibilitas .....                                           | 298 |
| J. Desain Institusional Integrasi Observasi dan Hisab .....                          | 298 |
| K. Integrasi Observasi-Hisab sebagai Pembelaan KHGT .....                            | 299 |
| L. Transisi ke Kriteria 5°–8° dan Kemaslahatan Kalender Global .....                 | 299 |
| 6.7 Kriteria 5°–8° dan Kemaslahatan Kalender Global.....                             | 299 |
| A. Kalender sebagai Infrastruktur Peradaban .....                                    | 300 |
| B. Kemaslahatan Prediktabilitas .....                                                | 300 |
| C. Kemaslahatan Unifikasi Umat .....                                                 | 301 |
| D. Kemaslahatan Menghindari Kriteria Terlalu Minimalis .....                         | 301 |
| E. Kemaslahatan Menghindari Kriteria Terlalu Ekstrem.....                            | 302 |
| F. Kemaslahatan Ilmiah: Mendorong Rukyat yang Lebih Bermutu .....                    | 302 |
| G. Kemaslahatan Pendidikan dan Literasi Astronomi .....                              | 303 |
| H. Kemaslahatan Administratif dan Sosial .....                                       | 303 |
| I. Kemaslahatan Global di Era Komunikasi Digital.....                                | 304 |
| J. Kemaslahatan Fikih: Menyatukan Data, Hisab, dan Kepastian .....                   | 304 |
| K. Batas Kemaslahatan: Tidak Boleh Mengabaikan Evaluasi Ilmiah.....                  | 304 |
| L. Kesimpulan Subbab .....                                                           | 305 |
| Simpulan Bab 6 .....                                                                 | 305 |
| Daftar Pustaka Bab 6.....                                                            | 306 |
| BAB 7 — Implementasi KHGT 5°–8°: Strategi, Validasi, dan Agenda Riset Lanjutan ..... | 307 |
| 7.1 Dari Kriteria Ilmiah menuju Implementasi Kalender .....                          | 307 |
| A. Implementasi Tidak Boleh Mengaburkan Definisi Kriteria .....                      | 307 |



|                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| B. Perangkat Hisab Harus Transparan dan Dapat Diaudit .....                                | 308 |
| C. Kriteria Global dan Observasi Lokal Harus Diposisikan secara Tepat .....                | 309 |
| D. Protokol Observasi Validatif Perlu Dibangun .....                                       | 309 |
| E. Implementasi KHGT Memerlukan Edukasi Terminologi .....                                  | 310 |
| F. Implementasi Harus Menghindari Klaim Berlebihan .....                                   | 310 |
| G. Penetapan Kalender dan Publikasi Data Harus Dipisahkan tetapi Terhubung .....           | 311 |
| H. Implementasi KHGT Memerlukan Konsensus Kelembagaan .....                                | 311 |
| I. Implementasi Digital dan Standardisasi Perangkat Lunak .....                            | 312 |
| J. Implementasi Bertahap Lebih Realistis daripada Penerapan Seketika .....                 | 312 |
| K. Implementasi sebagai Kelanjutan dari Pembelaan Ilmiah .....                             | 313 |
| L. Transisi ke Subbab Berikutnya .....                                                     | 313 |
| 7.2 Standar Operasional Hisab KHGT 5°–8° .....                                             | 313 |
| A. Prinsip Dasar Standar Operasional Hisab .....                                           | 314 |
| B. Definisi Parameter Wajib .....                                                          | 314 |
| C. Standar Data Ephemeris .....                                                            | 315 |
| D. Sistem Waktu dan Waktu Evaluasi .....                                                   | 316 |
| E. Pusat Piringan Bulan dan Matahari .....                                                 | 316 |
| F. Pembulatan dan Ambang Kritis .....                                                      | 317 |
| G. Format Laporan Hisab Resmi .....                                                        | 317 |
| H. Hubungan Laporan Hisab dan Observasi Validatif .....                                    | 318 |
| I. Audit Independen dan Replikasi .....                                                    | 318 |
| J. Standar Perangkat Lunak KHGT .....                                                      | 319 |
| K. Prosedur Kasus Batas .....                                                              | 319 |
| L. Transisi ke Validasi Observasional KHGT .....                                           | 320 |
| 7.3 Validasi Observasional KHGT: Jaringan Rukyat, Metadata, dan Data Positif-Negatif ..... | 320 |
| A. Validasi Observasional Bukan Pembatalan Hisab Global .....                              | 321 |
| B. Jaringan Rukyat Global sebagai Infrastruktur Ilmiah .....                               | 321 |
| C. Standar Metadata Observasi .....                                                        | 322 |
| D. Data Positif: Ketika Hilal Terlihat .....                                               | 323 |
| E. Data Negatif: Ketika Hilal Tidak Terlihat .....                                         | 323 |
| F. Dokumentasi Foto dan Video .....                                                        | 324 |
| G. Klasifikasi Metode Pengamatan .....                                                     | 324 |
| H. Validasi Konsistensi dengan Hisab .....                                                 | 325 |

|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| I. Database Observasi KHGT .....                                                      | 325 |
| J. Evaluasi Tahunan dan Laporan Ilmiah .....                                          | 326 |
| K. Validasi Observasional sebagai Penguat Legitimasi KHGT .....                       | 326 |
| L. Transisi ke Strategi Sosialisasi dan Edukasi Publik .....                          | 327 |
| 7.4 Strategi Sosialisasi dan Edukasi Publik KHGT .....                                | 327 |
| A. Mengubah Bahasa Teknis menjadi Bahasa Publik .....                                 | 328 |
| B. Pesan Kunci: KHGT Tidak Menghapus Rukyat .....                                     | 328 |
| C. Menjelaskan Angka 8° secara Komunikatif .....                                      | 329 |
| D. Menjelaskan Angka 5° secara Komunikatif .....                                      | 330 |
| E. Menjelaskan Geosentris dan Toposentris tanpa Membingungkan .....                   | 330 |
| F. Menjelaskan Mengapa Kegagalan Rukyat Lokal Tidak Membatalkan Kalender Global ..... | 331 |
| G. Segmentasi Audiens Sosialisasi .....                                               | 331 |
| H. Media Sosialisasi KHGT .....                                                       | 332 |
| I. Menyusun Narasi Kemaslahatan .....                                                 | 332 |
| J. Menyiapkan Jawaban atas Keberatan Publik .....                                     | 333 |
| K. Sosialisasi sebagai Proses Jangka Panjang .....                                    | 333 |
| L. Transisi ke Agenda Riset Lanjutan .....                                            | 334 |
| 7.5 Agenda Riset Lanjutan KHGT .....                                                  | 334 |
| A. Riset Database Observasi Hilal Global .....                                        | 335 |
| B. Riset Validasi Kriteria 5°–8° secara Empiris .....                                 | 335 |
| C. Riset Perbandingan dengan Model Visibilitas Modern .....                           | 336 |
| D. Riset Kasus Batas .....                                                            | 336 |
| E. Riset Atmosfer, Aerosol, dan Horizon .....                                         | 337 |
| F. Riset Optik, Kamera, dan Pemrosesan Citra Hilal .....                              | 337 |
| G. Riset Fisiologi Penglihatan dan Kompetensi Pengamat .....                          | 338 |
| H. Riset Perangkat Lunak dan Audit Algoritma .....                                    | 338 |
| I. Riset Sosial tentang Penerimaan KHGT .....                                         | 339 |
| J. Riset Fikih Kalender dan Maqāṣid al-Syarī'ah .....                                 | 340 |
| K. Riset Evaluasi Periodik Kriteria 5°–8° .....                                       | 340 |
| L. Transisi ke Penutup Bab dan Rekomendasi Implementasi .....                         | 341 |
| 7.6 Rekomendasi Implementasi KHGT 5°–8° .....                                         | 341 |
| A. Menetapkan Dokumen Standar KHGT .....                                              | 342 |
| B. Membangun Sistem Hisab Terbuka dan Teraudit .....                                  | 342 |

|                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| C. Membentuk Jaringan Observasi Validatif .....                                   | 343        |
| D. Membangun Database Hilal KHGT .....                                            | 343        |
| E. Menyusun Laporan Tahunan KHGT .....                                            | 344        |
| F. Menyusun Materi Edukasi Bertingkat.....                                        | 345        |
| G. Mengembangkan Perangkat Lunak KHGT .....                                       | 345        |
| H. Melakukan Implementasi Bertahap .....                                          | 346        |
| I. Membangun Forum Ulama–Astronom–Praktisi Falak.....                             | 346        |
| J. Menetapkan Mekanisme Evaluasi Periodik.....                                    | 347        |
| K. Menjaga Keseimbangan antara Stabilitas dan Keterbukaan Ilmiah .....            | 348        |
| Simpulan Bab 7 .....                                                              | 348        |
| Daftar Pustaka Bab 7.....                                                         | 349        |
| PENUTUP .....                                                                     | 350        |
| Meneguhkan KHGT 5°–8° sebagai Sintesis Ilmu, Data, dan Kemaslahatan Kalender..... | 350        |
| <b>GLOSARIUM .....</b>                                                            | <b>352</b> |
| <b>LAMPIRAN 1 .....</b>                                                           | <b>367</b> |
| Daftar Gambar dan Grafik Pendukung Buku.....                                      | 367        |
| <i>Rekam Jejak Observasi: Batas Limit Danjon Modern</i> .....                     | 367        |
| A. Daftar Gambar Konseptual .....                                                 | 367        |
| Gambar 1.1.....                                                                   | 367        |
| Skema Geometri Bulan–Bumi–Matahari Saat Konjungsi dan Setelah Konjungsi .....     | 367        |
| Gambar 1.2.....                                                                   | 369        |
| Perbedaan “Bulan Ada” dan “Hilal Terlihat” .....                                  | 369        |
| Gambar 1.3.....                                                                   | 369        |
| Konsep Tinggi Hilal 5° terhadap Horizon .....                                     | 369        |
| Gambar 1.4.....                                                                   | 371        |
| Konsep Elongasi 8° antara Bulan dan Matahari.....                                 | 371        |
| Gambar 1.5.....                                                                   | 371        |
| Perbedaan Geosentris dan Toposentris.....                                         | 371        |
| Gambar 1.6.....                                                                   | 372        |
| Peran Rukyat dalam Sistem KHGT .....                                              | 372        |
| B. Daftar Grafik Data dan Visualisasi Ilmiah.....                                 | 372        |
| Grafik 1.1 .....                                                                  | 372        |
| Perbandingan Batas Elongasi Hilal Modern.....                                     | 372        |

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| Grafik 1.2.....                                                       | 374 |
| Posisi Kriteria KHGT terhadap Limit Danjon Modern.....                | 374 |
| Grafik 1.3.....                                                       | 374 |
| Hubungan Elongasi dan Perkembangan Sabit Bulan .....                  | 374 |
| Grafik 1.4.....                                                       | 375 |
| Hubungan Tinggi Hilal dan Gangguan Atmosfer Dekat Horizon .....       | 375 |
| Grafik 1.5.....                                                       | 375 |
| Kelemahan Parameter Tunggal dalam Prediksi Hilal .....                | 375 |
| Grafik 1.6.....                                                       | 377 |
| Fungsi Geosentris dan Toposentris dalam KHGT .....                    | 377 |
| C. Diagram Alur dan Infografik Sistem KHGT .....                      | 378 |
| Diagram 1.1 .....                                                     | 378 |
| Alur Penetapan Awal Bulan KHGT .....                                  | 378 |
| Diagram 1.2 .....                                                     | 378 |
| Sistem Dua Parameter KHGT .....                                       | 378 |
| Diagram 1.3 .....                                                     | 380 |
| Transformasi Data Rukyat Lokal menjadi Kriteria Kalender Global ..... | 380 |
| Diagram 1.4 .....                                                     | 381 |
| Perbedaan Fungsi Hisab dan Rukyat dalam KHGT .....                    | 381 |
| D. Peta dan Visualisasi Geografis .....                               | 381 |
| Peta 1.1 .....                                                        | 381 |
| Peta Global Zona Visibilitas Hilal.....                               | 381 |
| Peta 1.2 .....                                                        | 383 |
| Contoh Sebaran Lokasi Rukyat Validatif KHGT .....                     | 383 |
| Peta 1.3 .....                                                        | 383 |
| Contoh Perbedaan Horizon Lokal .....                                  | 383 |
| E. Gambar Edukasi untuk Publik .....                                  | 385 |
| Infografik 1.1 .....                                                  | 385 |
| Mengapa 8°? .....                                                     | 385 |
| Infografik 1.2 .....                                                  | 385 |
| Mengapa 5°? .....                                                     | 385 |
| Infografik 1.3 .....                                                  | 388 |
| KHGT Tidak Menghapus Rukyat.....                                      | 388 |

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| Infografik 1.4 .....                                                   | 388 |
| Geosentris untuk Kalender, Toposentris untuk Observasi .....           | 388 |
| F. Grafik Evaluasi dan Riset Lanjutan .....                            | 390 |
| Grafik 1.7 .....                                                       | 390 |
| Struktur Database Observasi Hilal KHGT .....                           | 390 |
| Grafik 1.8.....                                                        | 390 |
| Data Positif dan Negatif dalam Validasi Hilal.....                     | 390 |
| Grafik 1.9.....                                                        | 391 |
| Siklus Evaluasi KHGT .....                                             | 391 |
| G. Tabel Ringkas Lampiran Gambar dan Grafik .....                      | 391 |
| H. Catatan Desain Visual untuk Penerbitan .....                        | 392 |
| I. Keterangan Gambar .....                                             | 393 |
| LAMPIRAN 2 .....                                                       | 394 |
| Tabel Data, Protokol Observasi, dan Template Laporan Rukyat KHGT ..... | 394 |
| Buku <i>Rekam Jejak Observasi: Batas Limit Danjon Modern</i> .....     | 394 |
| A. Tujuan Lampiran .....                                               | 394 |
| B. Prinsip Dasar Observasi Validatif KHGT .....                        | 395 |
| C. Tabel Data Utama Hisab KHGT .....                                   | 395 |
| Tabel 2.1.....                                                         | 395 |
| Data Hisab Global KHGT.....                                            | 395 |
| D. Tabel Data Lokasi Observasi .....                                   | 396 |
| Tabel 2.2.....                                                         | 396 |
| Identitas Lokasi Rukyat .....                                          | 396 |
| E. Tabel Data Tim Pengamat .....                                       | 397 |
| Tabel 2.3.....                                                         | 397 |
| Identitas Tim Pengamat .....                                           | 397 |
| F. Tabel Data Cuaca dan Atmosfer.....                                  | 397 |
| Tabel 2.4.....                                                         | 398 |
| Kondisi Cuaca dan Atmosfer .....                                       | 398 |
| G. Tabel Data Alat Observasi.....                                      | 398 |
| Tabel 2.5.....                                                         | 398 |
| Instrumen Pengamatan .....                                             | 398 |
| H. Tabel Parameter Toposentris Lokasi Observasi.....                   | 399 |



|                                                   |     |
|---------------------------------------------------|-----|
| Tabel 2.6.....                                    | 399 |
| Parameter Astronomis Toposentris .....            | 399 |
| I. Tabel Kronologi Observasi .....                | 400 |
| Tabel 2.7.....                                    | 400 |
| Kronologi Kegiatan Rukyat .....                   | 400 |
| J. Tabel Hasil Observasi Visual .....             | 401 |
| Tabel 2.8.....                                    | 401 |
| Hasil Pengamatan Berdasarkan Metode.....          | 401 |
| K. Tabel Dokumentasi Visual.....                  | 401 |
| Tabel 2.9.....                                    | 402 |
| Metadata Foto dan Video Hilal .....               | 402 |
| L. Tabel Klasifikasi Hasil Observasi .....        | 402 |
| Tabel 2.10.....                                   | 402 |
| Klasifikasi Status Rukyat Validatif KHGT.....     | 402 |
| M. Protokol Observasi Rukyat Validatif KHGT ..... | 403 |
| M.1 Tahap Persiapan Sebelum Observasi.....        | 403 |
| M.2 Tahap Pelaksanaan Observasi .....             | 403 |
| M.3 Tahap Verifikasi Awal .....                   | 404 |
| M.4 Tahap Pelaporan.....                          | 404 |
| N. Template Laporan Rukyat Validatif KHGT .....   | 405 |
| N.1 Identitas Laporan.....                        | 405 |
| N.2 Ringkasan Hisab Global KHGT .....             | 405 |
| N.3 Ringkasan Data Lokasi .....                   | 406 |
| N.4 Ringkasan Parameter Toposentris.....          | 406 |
| N.5 Kondisi Cuaca dan Atmosfer.....               | 406 |
| N.6 Instrumen yang Digunakan.....                 | 407 |
| N.7 Kronologi Observasi.....                      | 407 |
| N.8 Hasil Observasi .....                         | 407 |
| N.9 Dokumentasi Visual .....                      | 409 |
| N.10 Verifikasi Internal .....                    | 409 |
| N.11 Kesimpulan Laporan .....                     | 409 |
| N.12 Pengesahan Laporan .....                     | 410 |
| O. Format Ringkas Laporan Satu Halaman .....      | 410 |

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| Laporan Ringkas Rukyat Validatif KHGT .....                    | 411 |
| P. Format Data Digital Database KHGT .....                     | 411 |
| Tabel 2.11.....                                                | 411 |
| Struktur Field Database Observasi KHGT .....                   | 411 |
| Q. Contoh Pengisian Ringkas .....                              | 412 |
| Tabel 2.12.....                                                | 412 |
| Contoh Simulatif Pengisian Laporan Rukyat Validatif KHGT ..... | 412 |
| R. Checklist Lapangan Rukyat KHGT.....                         | 413 |
| Checklist Sebelum Berangkat.....                               | 413 |
| Checklist di Lokasi .....                                      | 413 |
| Checklist Setelah Observasi .....                              | 414 |
| S. Skala Penilaian Kualitas Observasi .....                    | 414 |
| Tabel 2.13.....                                                | 414 |
| Skor Kualitas Observasi .....                                  | 414 |
| T. Format Kesimpulan Standar.....                              | 415 |
| Format Kesimpulan Positif .....                                | 415 |
| Format Kesimpulan Negatif .....                                | 415 |
| Format Kesimpulan Meragukan.....                               | 415 |
| U. Rekomendasi Pengelolaan Database KHGT .....                 | 416 |
| V. Penutup Lampiran 2.....                                     | 416 |
| LAMPIRAN 3 .....                                               | 417 |
| LAMPIRAN 4 .....                                               | 428 |

## BAB 1 — Problem Kalender Hijriah dan Kebutuhan Kriteria Global

### 1.1 Kalender Hijriah antara Rukyat Lokal, Hisab Regional, dan Kalender Global

Kalender Hijriah lahir dari hubungan langsung antara peredaran Bulan dan kebutuhan umat Islam untuk menentukan waktu ibadah. Dalam tradisi Islam, awal bulan kamariah memiliki kaitan erat dengan kenampakan hilal, terutama untuk bulan-bulan ibadah seperti Ramadan, Syawal, dan Zulhijah. Karena itu, persoalan kalender Hijriah tidak pernah semata-mata menjadi persoalan astronomi matematis, tetapi selalu berada pada pertemuan antara **fenomena langit, praktik observasi, otoritas keagamaan, kebutuhan sosial, dan keputusan normatif**.

Namun dalam masyarakat modern, kalender tidak hanya dipakai untuk menandai peristiwa keagamaan setelah terjadi. Kalender juga berfungsi sebagai instrumen perencanaan sosial, pendidikan, administrasi negara, ekonomi, transportasi, komunikasi internasional, agenda organisasi, dan diplomasi antarnegara. Di titik inilah problem utama kalender Hijriah muncul: sistem yang terlalu bergantung pada rukyat lokal sering kali menghasilkan perbedaan awal bulan antarwilayah, sementara kebutuhan umat modern menuntut kalender yang dapat diumumkan jauh hari, berlaku konsisten, dan memiliki dasar ilmiah yang dapat diuji.

Dalam konteks inilah pembicaraan tentang **Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT)** menjadi penting. KHGT bukan sekadar upaya membuat kalender yang seragam secara administratif, melainkan usaha membangun sistem waktu Islam yang dapat dipertanggungjawabkan secara astronomis, normatif, dan sosial. Untuk mencapai hal itu, KHGT memerlukan kriteria yang lebih kuat daripada sekadar “pernah ada laporan terlihat” di suatu lokasi tertentu. Kriteria global harus berdiri di atas data observasi, teori visibilitas hilal, serta parameter astronomis yang stabil dan dapat dihitung untuk seluruh permukaan Bumi.

#### A. Rukyat Lokal dan Karakter Empirisnya

Rukyat lokal adalah praktik mengamati hilal dari suatu lokasi tertentu setelah Matahari terbenam. Dalam praktik ini, keberhasilan pengamatan bergantung pada banyak faktor: posisi Bulan terhadap Matahari, tinggi Bulan di atas ufuk, elongasi Bulan–Matahari, kecerlangan langit senja, transparansi atmosfer, kelembapan, aerosol, elevasi tempat, kualitas horizon, alat bantu optik, pengalaman pengamat, dan ketajaman penglihatan.

Secara ilmiah, rukyat lokal adalah praktik empiris yang sangat bernilai. Ia memberikan data nyata tentang batas-batas visibilitas hilal. Tanpa data rukyat, kriteria hisab hanya akan menjadi konstruksi matematis yang terputus dari kenyataan observasional. Karena itu, data pengamatan hilal modern—seperti yang dikumpulkan Schaefer, Doggett, Odeh, ICOP, dan SAAO—menjadi sangat penting bagi pembangunan kriteria kalender.

Akan tetapi, rukyat lokal memiliki keterbatasan mendasar jika dijadikan satu-satunya dasar kalender global. Pertama, ia bersifat **lokasional**. Hilal yang mungkin terlihat di suatu tempat belum tentu terlihat di tempat lain. Kedua, ia bersifat **kondisional**. Hilal yang secara astronomis mungkin terlihat dapat gagal diamati karena awan, kabut, polusi, cahaya senja, atau horizon yang buruk. Ketiga, ia bersifat **subjektif-terverifikasi**, karena keberhasilan pengamatan tetap melibatkan manusia, alat, pengalaman, dan pelaporan. Schaefer bahkan mengingatkan bahwa laporan hilal muda harus diperiksa secara ketat karena ada kemungkinan kesalahan laporan; validitas laporan perlu diuji melalui pengalaman pengamat, kesiapan observasi, ketepatan waktu pelaporan, serta konsistensi dengan perhitungan astronomis.

Keterbatasan ini tidak berarti rukyat lokal harus ditinggalkan. Justru sebaliknya, rukyat lokal tetap penting sebagai **kontrol empiris** bagi model hisab. Namun untuk kebutuhan kalender global, rukyat lokal perlu diterjemahkan ke dalam parameter yang lebih umum, stabil, dan dapat dipakai lintas wilayah.

## B. Hisab Regional dan Upaya Menjembatani Observasi dengan Kalender

Hisab regional muncul sebagai jalan tengah antara observasi lokal dan kebutuhan kalender yang lebih terencana. Dalam hisab regional, perhitungan astronomis digunakan untuk menentukan kemungkinan terlihatnya hilal pada wilayah tertentu. Kriteria imkan rukyat yang digunakan oleh berbagai negara atau kawasan biasanya memadukan parameter seperti tinggi hilal, elongasi, umur bulan, atau selisih waktu terbenam Bulan dan Matahari.

Model regional memiliki kelebihan penting. Ia lebih terencana daripada rukyat murni karena awal bulan dapat diperkirakan sebelum observasi dilakukan. Ia juga lebih rasional karena menggunakan data astronomis yang dapat dihitung ulang. Namun, hisab regional tetap menyisakan persoalan: kriteria yang berlaku di satu kawasan belum tentu memadai untuk kalender global. Sebuah kriteria regional biasanya lahir dari kompromi antara data astronomi, tradisi lokal, keputusan keagamaan, dan kebijakan negara. Karena itu, hasilnya masih sering berbeda antarwilayah.

Dalam sejarah kriteria visibilitas hilal, banyak parameter pernah digunakan. Odeh mencatat bahwa sejak era Babilonia hingga astronom Muslim klasik dan astronom modern, telah berkembang berbagai kriteria untuk memprediksi kenampakan hilal. Kriteria Babilonia, misalnya, menggunakan umur Bulan lebih dari 24 jam dan lag Bulan lebih dari 48 menit setelah Matahari terbenam. Astronom Muslim klasik seperti Ibn Tariq, Al-Khwarizmi, Al-Battani, Al-Biruni, dan lainnya juga mengembangkan pendekatan masing-masing, sebagian dengan memadukan tinggi Bulan dan lag. Pada era modern, kriteria Fotheringham, Maunder, Bruin, Schaefer, Yallop, SAAO, dan Odeh memperlihatkan bahwa prediksi hilal bergerak dari aturan sederhana menuju model yang lebih kompleks dan berbasis data observasi.

Perkembangan ini menunjukkan satu hal penting: semakin banyak data observasi yang tersedia, semakin jelas bahwa kalender Hijriah tidak cukup dibangun dengan satu parameter sederhana. Umur Bulan dan lag memang mudah dipahami, tetapi tidak cukup kuat secara prediktif. Schaefer menunjukkan bahwa kriteria umur Bulan dan moonset-lag merupakan prediktor yang buruk;

kriteria modern yang memasukkan aspek atmosfer, kecerlangan sabit, dan ambang penglihatan jauh lebih akurat.

Dengan demikian, hisab regional memiliki nilai historis dan praktis, tetapi ia belum menyelesaikan problem kesatuan kalender. Untuk membangun kalender global, diperlukan kriteria yang tidak hanya dapat memprediksi kemungkinan rukyat lokal, tetapi juga dapat menjadi dasar **keberlakuan tanggal secara global**.

## C. Kalender Global dan Perubahan Orientasi Kriteria

Kalender global memerlukan cara berpikir yang berbeda dari rukyat lokal. Dalam rukyat lokal, pertanyaan utamanya adalah: **apakah hilal dapat terlihat dari lokasi tertentu pada petang tertentu?** Dalam kalender global, pertanyaannya berubah menjadi: **apakah konfigurasi Bulan–Matahari sudah cukup memenuhi syarat astronomis untuk menjadi dasar awal bulan yang berlaku secara global?**

Perubahan pertanyaan ini sangat penting. Kalender global tidak semata-mata mencari lokasi terbaik di mana hilal mungkin terlihat. Kalender global juga tidak cukup dengan menunggu laporan lokal dari negara tertentu. Kalender global membutuhkan kriteria yang dapat dihitung untuk seluruh dunia, tidak terlalu rentan terhadap cuaca lokal, tidak terlalu bergantung pada klaim pengamatan ekstrem, dan memiliki margin keselamatan terhadap ketidakpastian observasi.

Di sinilah parameter seperti **tinggi hilal** dan **elongasi** menjadi penting. Tinggi hilal menggambarkan posisi Bulan terhadap horizon, sedangkan elongasi menggambarkan jarak sudut Bulan dari Matahari. Keduanya merepresentasikan dua aspek penting visibilitas: keterpisahan Bulan dari cahaya senja dan ketebalan sabit akibat iluminasi Matahari. Odeh menjelaskan bahwa prediksi visibilitas hilal tidak dapat diandalkan jika hanya memakai satu parameter. Diperlukan paling tidak satu parameter yang berkaitan dengan kecerlangan intrinsik sabit dan satu parameter yang berkaitan dengan jaraknya dari horizon serta efek atmosfer.

Namun KHGT tidak hanya berbicara tentang kemungkinan terlihatnya hilal secara lokal. KHGT berbicara tentang kriteria kalender. Karena itu, kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  perlu dipahami sebagai **kriteria global berbasis visibilitas**, bukan sekadar kriteria teknis untuk menyatakan bahwa seseorang di suatu lokasi pasti akan melihat hilal. Perbedaan ini sangat penting agar tidak terjadi kekeliruan konseptual.

Kriteria global tidak perlu identik dengan rekor observasi paling ekstrem. Justru, kriteria kalender yang baik harus memiliki jarak aman dari rekor ekstrem. Jika suatu hilal pernah terlihat dengan elongasi  $7,7^{\circ}$  dalam kondisi ideal, itu tidak berarti kalender global harus menggunakan  $7,7^{\circ}$  sebagai ambang. Jika hilal pernah terlihat dengan bantuan optik pada elongasi  $6,4^{\circ}$ , itu juga tidak berarti  $6,4^{\circ}$  layak dijadikan batas kalender global. Data ekstrem menunjukkan batas bawah kemungkinan, bukan otomatis batas normatif untuk kalender.



## D. Problem Rukyat Lokal dalam Dunia yang Terhubung Global

Dalam masyarakat pra-modern, perbedaan awal bulan antarwilayah mungkin tidak menimbulkan masalah besar karena komunikasi antardaerah lambat dan kehidupan sosial lebih lokal. Akan tetapi, dalam masyarakat modern, perbedaan tanggal Hijriah dapat menimbulkan problem serius. Umat Islam hidup dalam jaringan global: jamaah haji bergerak lintas negara, lembaga pendidikan menyusun kalender akademik jauh hari, organisasi Islam memiliki agenda internasional, lembaga negara perlu menetapkan hari libur, dunia bisnis membutuhkan kepastian jadwal, dan media digital membuat perbedaan awal bulan langsung terlihat di ruang publik global.

Perbedaan kalender juga menimbulkan pertanyaan epistemologis. Jika umat Islam menggunakan satu Matahari untuk salat dan satu sistem astronomi untuk menentukan arah kiblat, mengapa kalender Hijriah masih sering berbeda secara tajam? Jawaban historisnya terletak pada perbedaan rukyat lokal dan otoritas wilayah. Namun jawaban masa depan memerlukan sistem yang lebih universal. KHGT muncul dalam ruang kebutuhan ini.

Bukan berarti KHGT mengabaikan tradisi rukyat. KHGT justru membutuhkan data rukyat modern untuk menyusun kriteria yang kredibel. Perbedaannya, rukyat tidak diperlakukan sebagai kejadian lokal yang langsung menentukan seluruh kalender, melainkan sebagai data empiris untuk menguji dan menyempurnakan model hisab global. Dengan cara ini, rukyat dan hisab tidak perlu diposisikan sebagai dua kutub yang bertentangan. Rukyat menjadi sumber data, hisab menjadi instrumen prediksi, dan kalender global menjadi sistem normatif yang dihasilkan dari integrasi keduanya.

## E. Dari Data Observasi ke Kriteria KHGT 5°–8°

Salah satu kontribusi penting data observasi modern adalah memperlihatkan batas-batas ekstrem kenampakan hilal. Dalam dokumen dasar yang menjadi basis buku ini, dua angka penting dikemukakan: 7,7° sebagai rekor observasi mata telanjang yang dikaitkan dengan John Pierce, dan 6,4° sebagai batas optik/teleskop yang dikaitkan dengan Jim Stamm dan dianalisis dalam kerangka Odeh.

Odeh memperkuat informasi ini dengan menyatakan bahwa minimum elongasi untuk hilal yang terlihat dengan bantuan optik adalah 6,4°, sedangkan untuk mata telanjang adalah 7,7°. Ia juga menyimpulkan bahwa dari basis data besar yang digunakannya, limit Danjon terbaik dengan bantuan optik adalah 6,4°. Data ini sangat penting bagi KHGT karena memberikan dasar empiris untuk memahami mengapa elongasi 8° adalah angka yang rasional.

Elongasi 8° bukan angka yang berdiri sendiri. Ia dapat dibaca sebagai angka yang berada:

1. di atas limit optik 6,4°;
2. sedikit di atas rekor mata telanjang 7,7°;
3. cukup dekat dengan data observasi sehingga tidak terlalu konservatif;
4. cukup aman untuk tidak menjadikan rekor ekstrem sebagai standar kalender global.

Dengan kata lain, elongasi  $8^\circ$  memberikan **buffer ilmiah**. Ia tidak terlalu rendah sehingga rawan bersandar pada kasus-kasus ekstrem, tetapi juga tidak terlalu tinggi sehingga mengabaikan capaian observasi modern. Dalam kerangka KHGT, angka  $8^\circ$  berfungsi sebagai batas yang lebih layak untuk kalender global daripada angka  $6,4^\circ$  yang merupakan batas optik ekstrem atau  $7,7^\circ$  yang merupakan rekor mata telanjang ekstrem.

Sementara itu, tinggi hilal  $5^\circ$  perlu dipahami sebagai parameter yang memberi jaminan geometri terhadap posisi Bulan dari horizon. Dalam observasi lokal, tinggi hilal biasanya dihitung secara toposentris karena pengamat berada di permukaan Bumi. Dokumen dasar menjelaskan bahwa tinggi toposentris dipengaruhi oleh letak geografis, ketinggian tempat, kelengkungan Bumi, dan refraksi atmosfer. Akan tetapi, untuk kalender global, tinggi geosentris dapat diposisikan sebagai parameter yang lebih seragam karena tidak terlalu bergantung pada kondisi lokal pengamat.

Inilah salah satu titik penting buku ini: KHGT tidak sekadar mengambil angka  $5^\circ$  dan  $8^\circ$  sebagai hasil kompromi, tetapi dapat membangun argumentasi bahwa kedua angka itu adalah pilihan yang secara ilmiah masuk akal. Elongasi  $8^\circ$  didukung oleh rekam jejak limit Danjon modern, sedangkan tinggi  $5^\circ$  memberi batas geometri yang menghindarkan hilal dari kondisi terlalu rendah secara global.

## F. Rukyat, Hisab, dan Kalender sebagai Tiga Lapisan Epistemik

Untuk memahami KHGT secara jernih, perlu dibedakan tiga lapisan epistemik.

Pertama, **rukya**t adalah lapisan empiris. Ia menjawab pertanyaan: apa yang benar-benar dapat diamati manusia atau alat dalam kondisi tertentu? Rukyat menghasilkan data, tetapi data itu harus diverifikasi.

Kedua, **hisab** adalah lapisan komputasional. Ia menjawab pertanyaan: di mana posisi Bulan dan Matahari, berapa elongasinya, berapa tingginya, berapa crescent width-nya, dan bagaimana peluang visibilitasnya? Hisab menghasilkan model dan prediksi.

Ketiga, **kalender** adalah lapisan normatif-sistemik. Ia menjawab pertanyaan: kapan tanggal satu bulan Hijriah ditetapkan untuk seluruh pengguna kalender? Kalender membutuhkan data dan hisab, tetapi juga memerlukan keputusan kriteria.

Kesalahan sering muncul ketika ketiga lapisan ini dicampuradukkan. Rukyat lokal tidak otomatis menyelesaikan kalender global. Hisab visibilitas tidak otomatis menjadi keputusan normatif. Rekor observasi ekstrem tidak otomatis menjadi kriteria kalender. Karena itu, KHGT harus dipahami sebagai sistem yang menyerap data rukyat dan hisab, tetapi menetapkan kriteria kalender dengan mempertimbangkan stabilitas, keseragaman, prediktabilitas, dan kemaslahatan global.

Dalam kerangka ini, kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  dapat dijelaskan sebagai hasil transformasi dari ilmu visibilitas menuju ilmu kalender. Ia bukan sekadar angka observasional, melainkan angka kalender yang dipilih karena memiliki sandaran observasional, justifikasi geometri, dan fungsi sistemik.

## G. Implikasi bagi Pembahasan Selanjutnya

Subbab ini menegaskan bahwa persoalan kalender Hijriah tidak dapat disederhanakan menjadi pertentangan antara rukyat dan hisab. Rukyat lokal penting sebagai sumber data, hisab regional penting sebagai alat prediksi, tetapi kalender global membutuhkan kriteria yang lebih stabil dan dapat diberlakukan secara universal.

KHGT berdiri pada kebutuhan tersebut. Agar KHGT kuat secara ilmiah, kriteria yang digunakannya harus dapat dijelaskan melalui data observasi hilal modern. Dalam konteks ini, rekam jejak limit Danjon, data Schaefer, data Odeh, ICOP, dan berbagai model visibilitas hilal menjadi fondasi penting. Kriteria elongasi geosentris  $8^\circ$  memperoleh makna dari fakta bahwa batas optik modern berada sekitar  $6,4^\circ$  dan rekor mata telanjang berada sekitar  $7,7^\circ$ . Sementara tinggi hilal geosentris  $5^\circ$  memperoleh makna sebagai batas geometri global yang memberi ruang aman terhadap problem horizon dan rendahnya posisi Bulan.

Pembahasan berikutnya akan masuk lebih jauh ke problem perbedaan awal bulan dalam dunia Islam modern, sebab dari problem sosial-keagamaan inilah kebutuhan terhadap kalender global menjadi semakin nyata.

## 1.2 Problem Perbedaan Awal Bulan dalam Dunia Islam Modern

Perbedaan awal bulan Hijriah merupakan salah satu persoalan paling nyata dalam kehidupan umat Islam modern. Ia tidak hanya tampak dalam diskusi teknis ilmu falak, tetapi juga muncul dalam pengalaman sosial sehari-hari: sebagian umat mulai berpuasa pada hari tertentu, sebagian lain sehari setelahnya; sebagian merayakan Idulfitri pada satu tanggal, sementara kelompok lain masih menyempurnakan puasa; sebagian negara menetapkan awal Zulhijah berbeda dari negara lain, padahal ibadah haji berlangsung dalam ruang simbolik yang sangat kuat bagi seluruh umat Islam. Persoalan ini kemudian berkembang menjadi problem teologis, sosial, psikologis, administratif, dan bahkan geopolitik.

Secara historis, perbedaan awal bulan dapat dipahami karena sistem kalender Hijriah berkembang dalam masyarakat yang secara geografis terpisah, komunikasi lambat, dan otoritas keagamaan bersifat lokal atau regional. Ketika satu wilayah berhasil melihat hilal, informasi itu tidak selalu dapat disampaikan dengan cepat ke wilayah lain. Dalam konteks seperti itu, perbedaan lokal merupakan sesuatu yang wajar. Akan tetapi, dalam dunia modern yang terhubung oleh satelit, internet, jaringan penerbangan, organisasi internasional, dan sistem administrasi global, perbedaan awal bulan menjadi semakin terasa sebagai problem yang menuntut penyelesaian lebih sistemik.

Schaefer menegaskan bahwa visibilitas hilal merupakan problem astronomi yang memiliki dampak sangat besar bagi dunia modern karena kalender Islam digunakan oleh populasi Muslim yang sangat besar. Ia menyebut persoalan kenampakan sabit Bulan sebagai salah satu problem astronomi non-trivial yang paling berdampak terhadap masyarakat modern. Pernyataan ini penting

karena menunjukkan bahwa penentuan awal bulan Hijriah bukan sekadar urusan internal ahli falak, melainkan masalah ilmiah yang langsung bersentuhan dengan kehidupan sosial umat.

## A. Perbedaan Awal Bulan sebagai Problem Astronomi dan Problem Sosial

Pada tingkat astronomis, perbedaan awal bulan muncul karena hilal adalah fenomena yang sangat sensitif terhadap lokasi dan waktu. Bulan bergerak relatif cepat terhadap Matahari. Dalam rentang beberapa jam saja, elongasi, tinggi Bulan, lag, dan kondisi geometris Bulan–Matahari dapat berubah secara signifikan. Karena Bumi berotasi, wilayah barat biasanya memperoleh peluang visibilitas lebih baik daripada wilayah timur pada tanggal yang sama. Akibatnya, hilal mungkin belum memenuhi syarat visibilitas di wilayah timur, tetapi sudah lebih mungkin terlihat di wilayah barat.

Fenomena ini menimbulkan persoalan ketika awal bulan ditentukan berdasarkan rukyat lokal atau kriteria regional. Jika setiap wilayah hanya mengikuti hasil pengamatan atau kriteria lokalnya sendiri, maka perbedaan awal bulan menjadi konsekuensi logis. Perbedaan itu bukan selalu karena kesalahan, melainkan karena sistem acuannya memang berbeda.

Namun, pada tingkat sosial, perbedaan tersebut sering tidak dipahami sebagai konsekuensi ilmiah. Masyarakat awam biasanya tidak membedakan antara perbedaan karena geometri Bulan–Matahari, perbedaan karena kriteria, perbedaan karena metode, perbedaan karena otoritas, dan perbedaan karena klaim observasi. Yang terlihat di ruang publik hanyalah kenyataan bahwa umat Islam tidak selalu memulai Ramadan atau merayakan Idulfitri pada hari yang sama. Dari sinilah muncul pertanyaan: mengapa umat yang satu kiblat, satu kitab suci, dan satu sistem ibadah waktu masih berbeda dalam kalender?

Dalam konteks inilah KHGT memperoleh urgensinya. KHGT tidak dimaksudkan untuk meniadakan kekayaan tradisi falak lokal, melainkan untuk menawarkan sistem kalender yang lebih seragam, prediktif, dan berbasis parameter astronomis yang dapat diterima secara global. Dengan kalender global, umat tidak lagi sepenuhnya bergantung pada laporan rukyat lokal yang sangat dipengaruhi oleh kondisi atmosfer dan pengalaman pengamat, tetapi pada kriteria astronomis yang telah ditetapkan lebih dahulu dan dapat dihitung secara transparan.

## B. Akar Perbedaan: Metode, Kriteria, dan Otoritas

Perbedaan awal bulan dalam dunia Islam modern biasanya bersumber dari tiga akar utama: **perbedaan metode, perbedaan kriteria, dan perbedaan otoritas.**

Pertama, perbedaan metode. Sebagian komunitas atau negara masih menekankan rukyat aktual sebagai dasar utama. Sebagian lainnya menggunakan hisab imkan rukyat, yaitu hisab yang mempertimbangkan kemungkinan terlihatnya hilal. Sebagian lain menggunakan hisab wujudul hilal, hisab hakiki, atau kriteria kalender global. Perbedaan metode ini membuat satu konfigurasi astronomis yang sama dapat menghasilkan keputusan kalender yang berbeda.

Kedua, perbedaan kriteria. Di antara pihak yang sama-sama menggunakan hisab, tidak selalu terdapat kesamaan kriteria. Ada yang memakai tinggi minimal tertentu, elongasi minimal tertentu, umur Bulan, lag Bulan, kombinasi tinggi dan elongasi, atau model visibilitas yang lebih kompleks. Odeh menunjukkan bahwa sepanjang sejarah telah muncul banyak kriteria visibilitas hilal, mulai dari kriteria Babilonia yang menggunakan umur Bulan dan lag, kriteria astronom Muslim klasik, hingga kriteria modern seperti Fotheringham, Maunder, Bruin, Schaefer, Yallop, SAAO, dan Odeh sendiri.

Ketiga, perbedaan otoritas. Dalam banyak kasus, keputusan awal bulan tidak hanya ditentukan oleh data astronomis, tetapi juga oleh lembaga keagamaan, otoritas negara, mahkamah syariah, organisasi Islam, atau komunitas keagamaan. Ketika otoritas berbeda menggunakan metode dan kriteria berbeda, maka perbedaan kalender menjadi semakin kuat.

Tiga akar ini memperlihatkan bahwa problem kalender Hijriah bukan semata problem “melihat atau tidak melihat hilal”. Ia adalah problem sistem. Selama sistem acuannya berbeda, hasilnya sangat mungkin berbeda. Karena itu, penyelesaian jangka panjang tidak cukup dengan memperdebatkan satu laporan rukyat, tetapi harus menyusun kerangka kalender yang diterima secara lebih luas, diuji dengan data, dan didasarkan pada kriteria yang stabil.

## C. Kelemahan Kriteria Sederhana dalam Menyatukan Kalender

Salah satu penyebab perbedaan awal bulan adalah penggunaan kriteria sederhana yang tidak cukup kuat untuk memprediksi visibilitas hilal. Dalam sejarah, umur Bulan dan lag Bulan sering digunakan karena mudah dipahami. Jika Bulan sudah berumur lebih dari 24 jam, atau jika Bulan terbenam sekian menit setelah Matahari, maka hilal dianggap mungkin terlihat. Masalahnya, data observasi modern menunjukkan bahwa dua parameter ini lemah.

Schaefer menguji berbagai algoritma visibilitas menggunakan data observasi. Ia menyimpulkan bahwa kriteria umur Bulan hampir tidak berguna, kriteria moonset-lag tidak dapat menghasilkan prediksi yang meyakinkan, dan relasi tinggi–azimut hanya dapat memberi prediksi yakin dalam sebagian kecil kasus. Model teoretis modern yang memperhitungkan proses fisik dan fisiologis terbukti lebih baik.

Kelemahan umur Bulan mudah dijelaskan secara astronomis. Umur Bulan hanya menunjukkan selang waktu sejak konjungsi, tetapi tidak langsung menunjukkan tinggi Bulan, elongasi, posisi Bulan terhadap ekliptika, jaraknya dari Bumi, ketebalan sabit, atau kecerlangan langit senja. Dua Bulan dengan umur yang sama dapat memiliki kondisi visibilitas sangat berbeda. Odeh juga menegaskan bahwa umur Bulan sangat lemah untuk menggambarkan kecerlangan intrinsik sabit. Menurutny, parameter yang jauh lebih baik untuk menggambarkan kecerlangan sabit adalah **crescent width**, karena lebar sabit secara langsung berkaitan dengan bagian Bulan yang diterangi Matahari.

Kriteria lag juga lemah karena hanya menunjukkan selisih waktu terbenam Bulan dan Matahari. Lag tidak cukup menjelaskan apakah Bulan cukup jauh dari Matahari secara sudut, apakah

posisinya cukup tinggi, apakah beda azimutnya menguntungkan, atau apakah sabitnya cukup tebal. Schaefer menunjukkan bahwa kriteria lag dapat menghasilkan wilayah ketidakpastian yang sangat luas, bahkan terlalu besar untuk memberi prediksi global yang meyakinkan.

Dari perspektif kalender global, kelemahan ini sangat serius. Kalender global membutuhkan kriteria yang mampu mengurangi zona ketidakpastian, bukan memperluasnya. Jika kriteria yang digunakan terlalu sederhana, maka kalender mudah diperdebatkan karena tidak cukup mewakili realitas fisik hilal. Karena itu, KHGT memerlukan parameter yang lebih kuat, terutama parameter yang merepresentasikan dua aspek utama: **ketebalan/kecerlangan sabit** dan **ketinggian geometris dari horizon**.

## D. Perbedaan Kalender sebagai Akibat Ketidakseragaman Parameter

Salah satu sumber perbedaan yang sering tidak disadari ialah ketidakseragaman dalam penggunaan parameter. Sebagian kriteria memakai tinggi toposentris, sebagian memakai tinggi geosentris, sebagian menyebut elongasi tanpa menjelaskan apakah geosentris atau toposentris, sebagian memasukkan refraksi, sebagian tidak, sebagian memakai tepi bawah Bulan, sebagian pusat Bulan, dan sebagian lagi tidak membedakan antara posisi Bulan saat Matahari terbenam dan waktu terbaik pengamatan.

Perbedaan kecil dalam definisi parameter dapat menghasilkan perbedaan keputusan. Misalnya, tinggi Bulan dapat berbeda jika dihitung dari pusat Bulan atau tepi atas/bawah Bulan. Nilai tinggi juga dapat berbeda antara toposentris dan geosentris karena paralaks Bulan cukup signifikan. Elongasi pun perlu dijelaskan titik acuannya. Dokumen dasar buku ini menekankan bahwa elongasi geosentris adalah jarak sudut antara pusat piringan Bulan dan pusat piringan Matahari dilihat dari pusat Bumi, sehingga lebih mutlak dan tidak dipengaruhi lokasi pengamat. Sebaliknya, tinggi hilal toposentris diukur dari horizon pengamat dan dipengaruhi oleh lokasi geografis, ketinggian tempat, kelengkungan Bumi, serta refraksi atmosfer.

Ketidakseragaman parameter ini menunjukkan bahwa penyatuan kalender tidak cukup dilakukan dengan menyepakati angka. Yang lebih penting adalah menyepakati **definisi angka**. Misalnya, jika dikatakan elongasi minimal  $8^\circ$ , harus jelas bahwa yang dimaksud adalah elongasi geosentris. Jika dikatakan tinggi minimal  $5^\circ$ , harus jelas apakah tinggi itu geosentris atau toposentris, pusat Bulan atau tepi Bulan, dengan atau tanpa koreksi tertentu.

Dalam konteks KHGT yang dikembangkan dalam buku ini, pilihan **tinggi hilal geosentris  $5^\circ$**  dan **elongasi geosentris  $8^\circ$**  dimaksudkan sebagai kriteria kalender global yang seragam. Penekanan pada geosentris bukan tanpa alasan. Kalender global memerlukan parameter yang tidak berubah-ubah mengikuti lokasi pengamat. Karena itu, geosentris memberi dasar matematis yang lebih stabil untuk keputusan kalender global, sementara observasi toposentris tetap penting untuk validasi lokal.



## E. Mengapa Perbedaan Awal Bulan Terus Berulang?

Perbedaan awal bulan terus berulang karena empat sebab besar.

Pertama, **hilal adalah fenomena batas**. Awal bulan selalu berada dekat konjungsi, ketika Bulan masih sangat dekat dengan Matahari di langit. Pada kondisi ini, sedikit perubahan elongasi, tinggi, kecerahan atmosfer, atau waktu observasi dapat menentukan terlihat atau tidaknya hilal.

Kedua, **data observasi ekstrem sering ditafsirkan berbeda**. Ketika ada laporan hilal terlihat pada elongasi sangat rendah atau umur sangat muda, sebagian pihak menganggapnya bukti bahwa kriteria dapat diturunkan. Sebagian lain menganggapnya sebagai kasus ekstrem yang tidak layak dijadikan dasar kalender. Inilah salah satu titik penting dalam buku ini. Rekor observasi memang penting untuk memahami batas bawah visibilitas, tetapi kriteria kalender global tidak boleh terlalu dekat dengan rekor ekstrem.

Ketiga, **kondisi atmosfer tidak seragam**. Hilal yang secara geometri memungkinkan belum tentu terlihat jika atmosfer buruk. Odeh menegaskan bahwa visibilitas pada awal setiap zona sangat bergantung pada kondisi atmosfer, ketajaman penglihatan, pengalaman pengamat, dan kemampuan menemukan lokasi sabit. Karena itu, meskipun secara model berada pada zona tertentu, pengamatan tetap dapat gagal jika kondisi hazy atau tidak menguntungkan.

Keempat, **belum adanya otoritas kalender global yang diterima luas**. Secara ilmiah, parameter dapat disusun; secara teknis, kalender dapat dihitung; tetapi secara sosial-keagamaan, kalender memerlukan penerimaan kolektif. Tanpa penerimaan kelembagaan, kriteria ilmiah yang baik pun belum tentu langsung menyatukan praktik umat.

Dengan demikian, problem perbedaan awal bulan adalah gabungan antara problem astronomi dan problem institusi. KHGT harus menjawab keduanya: secara astronomis ia harus kuat, dan secara sosial ia harus dapat dijelaskan, dipahami, serta diterima.

## F. Perbedaan Awal Bulan dan Kebutuhan Prediktabilitas

Salah satu ciri masyarakat modern adalah kebutuhan terhadap prediktabilitas. Kalender tidak hanya dipakai setelah suatu peristiwa terjadi, tetapi sebelum peristiwa terjadi. Sekolah dan universitas perlu menyusun kalender akademik; pemerintah perlu menetapkan hari libur nasional; maskapai penerbangan dan sektor pariwisata perlu merancang jadwal; lembaga zakat dan dakwah perlu menyiapkan program Ramadan; organisasi internasional perlu menyusun agenda lintas negara.

Jika awal bulan hanya dapat dipastikan setelah rukyat lokal, maka kalender kehilangan sebagian fungsi perencanaannya. Dalam ruang lingkup lokal, hal itu mungkin masih dapat dikelola. Namun dalam ruang global, ketidakpastian kalender menjadi beban administratif dan sosial. Karena itu, sistem kalender modern memerlukan kepastian sejak jauh hari.

Hisab memberikan kemungkinan prediktabilitas tersebut. Namun hisab baru benar-benar efektif sebagai kalender apabila didukung oleh kriteria yang disepakati. Tanpa kriteria yang jelas, hisab hanya menghasilkan data posisi Bulan–Matahari, bukan keputusan kalender. KHGT menjawab kebutuhan ini dengan menjadikan kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  sebagai dasar yang dapat dihitung jauh hari dan diterapkan secara global.

Namun prediktabilitas tidak boleh dibeli dengan mengabaikan data observasi. Kalender yang baik bukan hanya pasti, tetapi juga sah secara astronomis. Karena itu, kriteria KHGT harus tetap dijelaskan melalui rekam jejak observasi hilal. Di sinilah data limit Danjon modern menjadi sangat penting.

## G. Posisi Kriteria $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ dalam Mengatasi Perbedaan

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dapat dipahami sebagai respons terhadap problem perbedaan awal bulan. Ia berusaha menghindari dua ekstrem.

Ekstrem pertama adalah kriteria yang terlalu rendah. Kriteria yang terlalu rendah mungkin memberi peluang awal bulan lebih cepat, tetapi berisiko terlalu dekat dengan batas ekstrem visibilitas. Jika kriteria kalender diletakkan dekat limit optik  $6,4^{\circ}$  atau rekor mata telanjang  $7,7^{\circ}$ , maka keputusan kalender mudah diperdebatkan karena berdiri pada wilayah yang sangat sensitif terhadap kondisi pengamatan. Data Odeh menunjukkan bahwa minimum elongasi untuk hilal dengan bantuan optik adalah  $6,4^{\circ}$ , sedangkan untuk mata telanjang adalah  $7,7^{\circ}$ . Angka-angka ini penting sebagai bukti observasional, tetapi justru menunjukkan perlunya margin bagi kalender global.

Ekstrem kedua adalah kriteria yang terlalu tinggi. Kriteria yang terlalu tinggi memang lebih aman, tetapi dapat menunda awal bulan secara berlebihan dan tidak mencerminkan capaian observasi modern. Jika kalender terlalu konservatif, ia akan kehilangan hubungan dengan data empiris dan berpotensi menghasilkan tanggal yang terasa tidak sejalan dengan kemungkinan astronomis.

Kriteria elongasi  $8^{\circ}$  berada di antara dua ekstrem tersebut. Ia lebih tinggi daripada limit optik  $6,4^{\circ}$  dan sedikit di atas rekor mata telanjang  $7,7^{\circ}$ , sehingga memiliki margin ilmiah. Namun ia tidak terlalu tinggi sehingga mengabaikan data observasi. Dengan demikian,  $8^{\circ}$  dapat dipahami sebagai angka yang menjaga keseimbangan antara kehati-hatian dan realisme.

Tinggi hilal  $5^{\circ}$  juga memiliki peran serupa. Ia memberi batas geometris agar Bulan tidak berada terlalu rendah terhadap horizon. Dalam observasi lokal, rendahnya Bulan memperbesar pengaruh atmosfer, cahaya senja, hamburan, dan gangguan horizon. Dalam kalender global, tinggi geosentris  $5^{\circ}$  berfungsi sebagai parameter yang lebih seragam untuk menunjukkan bahwa konfigurasi Bulan tidak berada pada wilayah geometri yang terlalu rapuh.

Dengan demikian,  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  bukan sekadar angka teknis. Ia adalah kriteria yang berfungsi mengurangi potensi perbedaan dengan cara memberi batas global yang jelas, stabil, dan memiliki hubungan dengan data observasi modern.

## H. Perbedaan Awal Bulan sebagai Problem Epistemologi Umat

Perbedaan awal bulan juga dapat dibaca sebagai problem epistemologi: bagaimana umat Islam memperoleh pengetahuan yang sah tentang masuknya bulan baru? Dalam tradisi klasik, pengetahuan itu diperoleh melalui rukyat, kesaksian, dan keputusan otoritas. Dalam konteks modern, pengetahuan itu juga dapat diperoleh melalui hisab astronomis yang sangat presisi.

Masalahnya, kedua sumber pengetahuan ini sering dipertentangkan secara tidak perlu. Rukyat dianggap tradisional, hisab dianggap modern; rukyat dianggap tekstual, hisab dianggap rasional; rukyat dianggap ibadah, hisab dianggap teknis. Padahal, secara lebih jernih, rukyat dan hisab berada dalam hubungan komplementer. Rukyat menyediakan data empiris, hisab menyediakan model komputasional, dan kalender menyediakan sistem keputusan.

Dalam epistemologi kalender modern, observasi tidak hilang. Ia berubah fungsi. Observasi tidak harus selalu menjadi satu-satunya dasar keputusan setiap bulan, tetapi menjadi basis validasi bagi kriteria yang digunakan. Itulah yang dilakukan oleh para peneliti visibilitas hilal modern. Schaefer mengumpulkan dan menguji data observasi untuk menilai algoritma. Odeh menggabungkan 737 rekaman observasi dari berbagai sumber, termasuk ICOP, untuk menyusun kriteria baru berbasis ARCV dan crescent width.

Dengan cara berpikir seperti ini, KHGT dapat dipahami bukan sebagai pemutusan dari rukyat, melainkan sebagai pelembagaan hasil belajar dari rukyat global. Data pengamatan hilal selama puluhan tahun dijadikan dasar untuk merumuskan kriteria kalender yang lebih konsisten.

## I. Implikasi bagi KHGT

Problem perbedaan awal bulan menunjukkan bahwa umat Islam membutuhkan sistem kalender yang tidak hanya sah menurut argumentasi keagamaan, tetapi juga kokoh secara astronomis dan berguna secara sosial. KHGT hadir untuk menjawab kebutuhan itu. Namun KHGT hanya akan kuat apabila kriterianya dapat dijelaskan melalui data, bukan sekadar melalui keputusan administratif.

Dalam kerangka buku ini, kriteria **tinggi hilal geosentris  $5^\circ$**  dan **elongasi geosentris  $8^\circ$**  akan terus dibangun sebagai kriteria yang memiliki dasar ilmiah. Elongasi  $8^\circ$  mendapat dukungan dari fakta bahwa ia berada di atas limit optik  $6,4^\circ$  dan di atas rekor mata telanjang  $7,7^\circ$ . Tinggi  $5^\circ$  memberi batas geometri yang membantu menghindarkan kalender dari konfigurasi hilal yang terlalu rendah. Kedua angka ini bekerja bersama: elongasi menjamin bahwa sabit telah memiliki keterpisahan dan ketebalan minimum yang lebih aman, sedangkan tinggi menjamin bahwa posisi Bulan tidak berada terlalu dekat dengan horizon.

Perbedaan awal bulan dalam dunia Islam modern bukan semata karena umat berbeda pendapat, tetapi karena sistem kalender yang digunakan memang belum seragam. Oleh karena itu, penyelesaiannya harus berupa penyatuan sistem, bukan sekadar penyatuan hasil. KHGT

menawarkan jalan ke arah itu melalui kriteria yang jelas, dapat dihitung, dapat diuji, dan dapat dijelaskan kepada masyarakat.

Subbab berikutnya akan membahas peralihan dari **imkan rukyat lokal** menuju **Kalender Hijriah Global Tunggal**, yakni bagaimana data visibilitas lokal dapat ditransformasikan menjadi kriteria kalender yang berlaku global.

## 1.3 Dari Imkan Rukyat Lokal menuju KHGT

Peralihan dari **imkan rukyat lokal** menuju **Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT)** merupakan perubahan paradigma yang sangat penting dalam ilmu falak kontemporer. Perubahan ini bukan sekadar perpindahan dari “melihat hilal” menuju “menghitung hilal”, melainkan perubahan dari sistem penentuan awal bulan yang berbasis peluang visibilitas di lokasi tertentu menuju sistem kalender yang berbasis kriteria global, konsisten, dan dapat diberlakukan untuk seluruh dunia.

Imkan rukyat lokal bertanya: **apakah hilal mungkin terlihat dari suatu lokasi tertentu pada waktu tertentu?** KHGT bertanya lebih jauh: **apakah konfigurasi Bulan–Matahari telah memenuhi syarat astronomis yang cukup untuk menetapkan awal bulan secara global?** Dua pertanyaan ini berkaitan, tetapi tidak identik. Kekeliruan sering muncul ketika kriteria imkan rukyat lokal langsung diperlakukan sebagai kriteria kalender global, padahal keduanya memiliki tujuan, ruang lingkup, dan konsekuensi yang berbeda.

Dalam imkan rukyat lokal, pusat perhatian berada pada pengalaman observasional seorang pengamat atau sekelompok pengamat. Karena itu, parameter yang dipakai harus memperhitungkan kondisi lokal: horizon, refraksi, tinggi tempat, kelembapan, transparansi atmosfer, kualitas penglihatan, alat bantu optik, dan waktu terbaik pengamatan. Dalam KHGT, pusat perhatian berada pada keberlakuan kalender untuk seluruh dunia. Karena itu, kriteria yang digunakan harus bersifat lebih universal, tidak terlalu bergantung pada keadaan lokal, dan dapat dihitung secara seragam.

Perbedaan orientasi inilah yang menjadi fondasi bagi pembelaan kriteria **tinggi hilal geosentris  $5^\circ$**  dan **elongasi geosentris  $8^\circ$** . Angka-angka ini tidak boleh dibaca sebagai klaim bahwa setiap hilal dengan tinggi  $5^\circ$  dan elongasi  $8^\circ$  pasti terlihat dari semua lokasi. Sebaliknya, angka tersebut harus dipahami sebagai **ambang kalender global** yang dibangun dari data visibilitas, batas fisik kenampakan hilal, serta kebutuhan stabilitas sistem kalender.

### A. Imkan Rukyat Lokal: Fungsi, Kekuatan, dan Batasnya

Imkan rukyat berarti “kemungkinan terlihatnya hilal”. Dalam praktik ilmu falak, istilah ini biasanya mengacu pada keadaan astronomis tertentu yang membuat hilal secara teoritis mungkin diamati setelah Matahari terbenam. Kriteria imkan rukyat dapat berbentuk sederhana, misalnya tinggi hilal minimal tertentu dan elongasi minimal tertentu, atau berbentuk kompleks, misalnya model yang menggabungkan arc of vision, relative azimuth, crescent width, kecerahan langit, dan ambang fisiologi mata.

Kekuatan imkan rukyat lokal terletak pada kedekatannya dengan realitas observasi. Ia tidak hanya bertumpu pada posisi geometris Bulan, tetapi juga mempertimbangkan peluang tampaknya hilal di langit senja. Karena itu, imkan rukyat menjadi jembatan antara rukyat aktual dan hisab astronomis. Jika rukyat aktual bersifat empiris langsung, maka imkan rukyat bersifat empiris-teoretis: ia menyerap data pengamatan, lalu membentuk model prediksi.

Odeh menunjukkan bahwa prediksi visibilitas hilal tidak dapat dibuat secara andal dengan satu parameter saja. Ia menegaskan perlunya setidaknya dua parameter: satu terkait kecerlangan intrinsik sabit, dan satu lagi terkait jarak Bulan dari horizon yang berhubungan dengan ekstingsi atmosfer. Dalam model Odeh, dua variabel utama yang digunakan adalah **topocentric arc of vision (ARCV)** dan **topocentric crescent width (W)**.

Hal ini memperlihatkan bahwa imkan rukyat lokal adalah bidang yang kompleks. Hilal bukan sekadar “ada di atas ufuk” atau “belum ada di atas ufuk”. Hilal harus cukup jauh dari Matahari agar sabitnya terbentuk secara bermakna, cukup tinggi dari horizon agar tidak tenggelam dalam cahaya senja dan gangguan atmosfer, serta cukup terang untuk melampaui ambang deteksi mata atau alat.

Namun kekuatan imkan rukyat lokal sekaligus menjadi batasnya. Karena ia dekat dengan kondisi observasi, ia sangat dipengaruhi oleh faktor lokal. Dua tempat yang memiliki konfigurasi Bulan–Matahari hampir sama dapat menghasilkan peluang pengamatan berbeda karena kondisi atmosfer, horizon, elevasi, atau kualitas observer berbeda. Karena itu, imkan rukyat lokal sangat berguna untuk memprediksi peluang terlihatnya hilal di suatu wilayah, tetapi belum tentu cukup untuk membangun kalender global tunggal.

## B. KHGT: Dari Peluang Lokal ke Keputusan Global

KHGT memiliki orientasi yang lebih luas daripada imkan rukyat lokal. Ia tidak hanya ingin mengetahui apakah hilal mungkin terlihat di suatu kota, negara, atau kawasan, tetapi ingin menetapkan kapan awal bulan Hijriah berlaku bagi seluruh dunia. Dengan demikian, KHGT harus mengubah data lokal menjadi kriteria global.

Perubahan ini menuntut kehati-hatian metodologis. Kalender global tidak boleh mengabaikan data observasi, tetapi juga tidak boleh terlalu bergantung pada keberhasilan observasi lokal tertentu. Rukyat lokal dapat gagal karena awan, padahal konfigurasi astronomis sudah sangat baik. Sebaliknya, laporan rukyat ekstrem dapat muncul pada kondisi yang sangat langka dan sulit direplikasi. Jika kalender global terlalu bergantung pada laporan lokal, maka kalender menjadi tidak stabil. Jika kalender global terlalu jauh dari data observasi, maka kalender kehilangan legitimasi empiris.

Karena itu, KHGT memerlukan titik tengah: kriteria yang berakar pada data visibilitas, tetapi dirumuskan secara lebih stabil untuk kebutuhan kalender. Di sinilah pentingnya memahami perbedaan antara **batas observasi ekstrem** dan **ambang kalender global**.

Batas observasi ekstrem menjawab pertanyaan: “seberapa rendah elongasi atau tinggi hilal yang pernah dilaporkan berhasil diamati?” Ambang kalender global menjawab pertanyaan berbeda:

“berapa batas yang cukup aman dan rasional untuk menetapkan awal bulan secara seragam?” Dua hal ini tidak boleh disamakan.

Data modern menunjukkan bahwa hilal dapat terlihat pada kondisi yang sangat dekat dengan limit fisik. Dalam dokumen dasar buku ini, disebutkan bahwa rekor mata telanjang berada pada elongasi sekitar  $7,7^\circ$ , sedangkan batas optik/teleskop berada pada  $6,4^\circ$ . Odeh juga menyatakan bahwa minimum elongasi untuk visibilitas dengan bantuan optik adalah  $6,4^\circ$ , dan minimum untuk mata telanjang adalah  $7,7^\circ$ .

Bagi KHGT, data ini tidak harus dibaca sebagai alasan untuk menurunkan kriteria kalender ke  $6,4^\circ$  atau  $7,7^\circ$ . Sebaliknya, data ini justru menjadi dasar bahwa  $8^\circ$  adalah batas yang lebih layak untuk kalender global karena berada sedikit di atas rekor mata telanjang dan cukup jauh di atas limit optik. Dengan kata lain, KHGT mengambil pelajaran dari rekor observasi, tetapi tidak menjadikan rekor ekstrem sebagai standar kalender.

## C. Mengapa Tidak Cukup Menggunakan Rukyat Global Aktual?

Sebagian pihak mungkin bertanya: jika ingin kalender global, mengapa tidak menggunakan prinsip bahwa jika hilal terlihat di mana pun di dunia, maka seluruh dunia memulai bulan baru? Secara sekilas, gagasan ini tampak sederhana. Akan tetapi, dalam praktik kalender modern, pendekatan tersebut menghadapi beberapa masalah.

Pertama, rukyat global aktual tetap bergantung pada cuaca dan kondisi lokal. Jika wilayah yang secara astronomis paling potensial tertutup awan, maka laporan tidak muncul, meskipun konfigurasi Bulan sebenarnya telah memenuhi syarat visibilitas. Kalender yang bergantung pada laporan aktual menjadi kurang prediktif.

Kedua, rukyat global aktual membutuhkan sistem verifikasi internasional yang sangat kuat. Laporan dari berbagai negara harus diperiksa: siapa pengamatnya, di mana lokasinya, kapan waktunya, apa alatnya, bagaimana kondisi atmosfernya, apakah arah dan posisi hilal sesuai perhitungan, dan apakah ada dokumentasi visual. Schaefer menekankan bahwa laporan hilal muda harus diuji ketat karena terdapat kemungkinan kesalahan laporan; laporan yang dapat dipercaya harus didukung pengalaman pengamat, kesiapan observasi, ketepatan pelaporan, dan konsistensi dengan perhitungan astronomis.

Ketiga, rukyat global aktual tidak selalu sesuai dengan kebutuhan kalender sebagai sistem perencanaan. Kalender modern memerlukan kepastian sebelum tanggal berjalan. Jika keputusan selalu menunggu laporan aktual, maka kalender sulit digunakan untuk kepentingan administrasi global, pendidikan, ekonomi, perjalanan, dan agenda sosial.

Keempat, rukyat global aktual dapat menimbulkan problem zona waktu. Laporan hilal dari wilayah barat mungkin baru terjadi ketika sebagian wilayah timur sudah memasuki malam atau bahkan mendekati pagi. Dalam kalender global, problem ini harus diatur secara sistematis agar tanggal tidak berubah secara membingungkan.



Karena itu, KHGT lebih tepat dibangun bukan sebagai sistem yang menunggu rukyat global aktual setiap bulan, tetapi sebagai kalender hisab global yang kriterianya disusun berdasarkan data observasi hilal global. Rukyat tetap penting, tetapi fungsinya terutama sebagai validasi empiris, bukan satu-satunya pemicu keputusan setiap bulan.

## D. Kriteria Lokal dan Kriteria Global: Dua Fungsi yang Berbeda

Kriteria lokal dan kriteria global berbeda karena keduanya melayani tujuan yang berbeda.

Kriteria lokal melayani kebutuhan observasi. Ia bertanya apakah seorang pengamat di tempat tertentu memiliki peluang melihat hilal. Oleh sebab itu, kriteria lokal wajar menggunakan parameter toposentris, seperti tinggi Bulan terhadap horizon lokal, refraksi atmosfer, azimut relatif terhadap Matahari, dan kondisi langit.

Kriteria global melayani kebutuhan kalender. Ia bertanya apakah konfigurasi Bulan–Matahari telah melewati ambang yang cukup untuk menjadi dasar pergantian bulan secara internasional. Karena itu, kriteria global membutuhkan parameter yang lebih stabil dan seragam.

Dokumen dasar buku ini menjelaskan perbedaan geosentris dan toposentris secara tegas. Elongasi geosentris didefinisikan sebagai jarak sudut antara pusat piringan Bulan dan pusat piringan Matahari dengan titik acuan pusat Bumi. Nilai ini lebih mutlak dan tidak dipengaruhi paralaks lokasi pengamat. Sebaliknya, tinggi hilal toposentris diukur dari sudut pandang pengamat di permukaan Bumi, sehingga dipengaruhi lintang, bujur, ketinggian tempat, kelengkungan Bumi, dan refraksi atmosfer.

Dalam imkan rukyat lokal, tinggi toposentris memang sangat penting karena pengamat melihat dari permukaan Bumi. Namun dalam KHGT, penggunaan geosentris memiliki nilai strategis karena kalender global memerlukan parameter yang tidak berubah-ubah menurut lokasi. Oleh karena itu, **elongasi geosentris  $8^\circ$**  dan **tinggi hilal geosentris  $5^\circ$**  dapat diposisikan sebagai kriteria kalender, sementara parameter toposentris tetap relevan untuk analisis visibilitas lokal.

Di sini tampak perbedaan mendasar: KHGT tidak menolak toposentris, tetapi menempatkannya pada fungsi yang tepat. Toposentris adalah bahasa observasi lokal; geosentris adalah bahasa geometri global. Kalender global memerlukan bahasa geometri global agar keputusan dapat berlaku lintas lokasi.

## E. Transformasi Data Observasi menjadi Ambang Kalender

Salah satu pekerjaan ilmiah terpenting dalam penyusunan KHGT adalah mengubah data observasi menjadi ambang kalender. Proses ini tidak mekanis. Ia memerlukan penilaian ilmiah, statistik, dan normatif.

Data observasi memberi informasi tentang kondisi-kondisi ketika hilal berhasil atau gagal terlihat. Dari data tersebut, peneliti menyusun model. Schaefer menguji berbagai algoritma dengan data

294 observasi individual dan 1490 laporan Moonwatch. Kesimpulannya, kriteria umur dan lag memiliki kelemahan besar, sedangkan model teoretis modern jauh lebih kuat. Odeh kemudian mengembangkan kriteria baru menggunakan 737 observasi dari berbagai sumber, termasuk Schaefer, SAAO, Mirsaeed, Mehrani, dan ICOP.

Namun model visibilitas tidak otomatis sama dengan kriteria kalender. Model visibilitas bertujuan memprediksi peluang tampaknya hilal. Kriteria kalender bertujuan menetapkan tanggal. Kalender memerlukan pilihan ambang yang lebih stabil daripada sekadar batas peluang minimum.

Misalnya, limit optik  $6,4^\circ$  sangat penting secara ilmiah. Ia menunjukkan bahwa dalam kondisi tertentu, dengan bantuan alat, sabit yang sangat tipis dapat diamati pada elongasi sekecil itu. Namun angka ini terlalu dekat dengan batas ekstrem untuk dijadikan standar kalender global. Ia lebih tepat dipahami sebagai batas bawah fisik-observasional, bukan ambang kalender.

Demikian juga rekor mata telanjang  $7,7^\circ$  sangat penting karena menunjukkan batas kemampuan visual manusia dalam kondisi sangat baik. Akan tetapi, kalender global sebaiknya tidak menjadikan rekor ekstrem sebagai ambang. Rekor ekstrem biasanya membutuhkan kombinasi ideal: pengamat berpengalaman, lokasi baik, kondisi atmosfer mendukung, arah pandang tepat, dan waktu pengamatan optimal.

Maka, angka  $8^\circ$  memiliki kedudukan yang menarik. Ia tidak jauh dari data observasi, tetapi sedikit berada di atas rekor ekstrem mata telanjang. Dengan demikian, ia dapat dipahami sebagai hasil transformasi data observasi menjadi ambang kalender yang lebih aman. Ia bukan angka yang lepas dari data, melainkan angka yang mengambil jarak metodologis dari batas ekstrem.

Tinggi  $5^\circ$  juga dapat dipahami dengan cara serupa. Dalam banyak model visibilitas, posisi Bulan terhadap horizon sangat penting karena atmosfer dekat horizon lebih tebal, cahaya senja lebih kuat, dan gangguan visual lebih besar. Kriteria tinggi  $5^\circ$  memberi batas agar konfigurasi Bulan tidak terlalu rendah. Dalam kerangka geosentris KHGT, angka ini memberi syarat geometri global yang membantu menstabilkan keputusan kalender.

## F. Dari “Mungkin Terlihat” ke “Layak Menjadi Tanggal Global”

Peralihan dari imkan rukyat ke KHGT dapat dirumuskan sebagai peralihan dari kategori **mungkin terlihat** menuju kategori **layak menjadi tanggal global**.

“Mungkin terlihat” adalah kategori observasional. Ia bergantung pada lokasi, kondisi langit, alat, dan pengamat. Satu wilayah dapat masuk kategori mungkin terlihat, sementara wilayah lain tidak. Bahkan dalam satu wilayah pun, satu pengamat dapat berhasil melihat hilal, sedangkan pengamat lain gagal.

“Layak menjadi tanggal global” adalah kategori kalender. Ia mengandaikan bahwa konfigurasi Bulan–Matahari telah cukup melewati batas astronomis tertentu sehingga dapat dijadikan dasar penetapan awal bulan bagi seluruh dunia. Kategori ini tidak identik dengan kepastian terlihat di

setiap tempat. Ia lebih dekat dengan konsep bahwa bulan baru telah memasuki fase geometri yang cukup secara global.

Dalam konteks ini, KHGT tidak sedang mengganti observasi dengan angka kering. KHGT sedang mengubah data observasi menjadi sistem kalender yang dapat digunakan umat secara global. Agar transformasi ini sah, ambang yang dipakai harus memenuhi beberapa syarat:

1. **berbasis data observasi**, bukan semata kesepakatan administratif;
2. **dapat dihitung secara akurat**, sehingga kalender dapat disusun jauh hari;
3. **memiliki stabilitas global**, sehingga tidak bergantung pada kondisi lokal;
4. **memiliki margin terhadap limit ekstrem**, sehingga tidak rapuh secara ilmiah;
5. **tidak terlalu konservatif**, sehingga tetap sejalan dengan kenyataan visibilitas modern.

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dapat dipertahankan karena memenuhi lima syarat tersebut secara relatif kuat. Elongasi  $8^{\circ}$  berbasis data limit Danjon modern dan berada di atas rekor ekstrem. Tinggi  $5^{\circ}$  memberi pengaman geometri dari horizon. Keduanya dapat dihitung secara presisi dengan hisab modern. Keduanya juga cukup sederhana untuk dikomunikasikan kepada masyarakat, tetapi tetap memiliki dasar ilmiah yang dapat dipertanggungjawabkan.

## G. KHGT sebagai Sistem Berbasis Hisab yang Terkontrol Observasi

KHGT sebaiknya tidak dipahami sebagai sistem hisab yang tertutup dari observasi. Lebih tepat jika KHGT dipahami sebagai sistem hisab yang **terkontrol oleh observasi**. Artinya, kriteria kalender dihitung secara matematis, tetapi dasar pemilihan kriterianya berasal dari rekam jejak pengamatan hilal. Observasi tidak hilang, tetapi berpindah fungsi: dari pemutus bulanan menjadi basis validasi dan koreksi ilmiah.

Model seperti ini lazim dalam ilmu pengetahuan. Banyak sistem ilmiah modern tidak menunggu observasi langsung setiap kali keputusan praktis dibuat, tetapi menggunakan model yang telah divalidasi oleh observasi. Kalender Matahari, prediksi gerhana, jadwal salat, arah kiblat, dan ephemeris planet semuanya bekerja dengan cara demikian. Observasi tetap penting, tetapi keputusan praktis tidak selalu menunggu observasi aktual jika modelnya sudah kuat.

Dalam visibilitas hilal, data Schaefer dan Odeh memperlihatkan bahwa model dapat disusun dari observasi. Schaefer menempatkan problem hilal pada basis teoritis dan observasional yang kuat melalui data Moonwatch dan observasi individual. Odeh mengembangkan kriteria baru berdasarkan 737 observasi dan menegaskan bahwa database besar diperlukan untuk menyusun prediksi yang lebih baik.

KHGT dapat memanfaatkan pendekatan ini. Ia tidak perlu menunggu rukyat aktual setiap bulan untuk menetapkan kalender, tetapi harus terus terbuka terhadap evaluasi berdasarkan data observasi baru. Jika pada masa depan data global yang lebih besar menunjukkan koreksi tertentu, kriteria dapat ditinjau. Namun peninjauan harus dilakukan secara ilmiah, bukan berdasarkan klaim sporadis.

Dengan demikian, KHGT adalah sistem yang dinamis tetapi stabil: stabil dalam pemakaian kalender, dinamis dalam evaluasi ilmiah.

## H. Keunggulan Paradigma KHGT bagi Umat Islam Modern

Peralihan dari imkan rukyat lokal ke KHGT membawa beberapa keunggulan.

Pertama, **kepastian kalender**. KHGT memungkinkan awal bulan Hijriah dihitung jauh hari karena kriterianya jelas dan tidak menunggu laporan cuaca atau pengamatan lokal.

Kedua, **kesatuan umat**. Dengan kalender global, umat Islam memiliki peluang lebih besar untuk menyamakan tanggal ibadah, agenda sosial, dan peringatan keagamaan.

Ketiga, **transparansi ilmiah**. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dapat diuji, dihitung ulang, dan diperdebatkan secara akademik. Ia tidak bergantung pada otoritas tertutup.

Keempat, **integrasi rukyat dan hisab**. KHGT tidak meniadakan rukyat, tetapi menempatkan rukyat sebagai sumber data validasi, sementara hisab menjadi instrumen penyusunan kalender.

Kelima, **ketahanan terhadap klaim ekstrem**. Dengan menggunakan elongasi  $8^{\circ}$ , KHGT tidak mudah digoyahkan oleh laporan ekstrem di bawah atau dekat limit observasional. Rekor tetap dihormati, tetapi tidak otomatis mengubah kalender.

Keenam, **kesesuaian dengan tata kelola modern**. Kalender global yang prediktif lebih mudah digunakan oleh negara, organisasi internasional, lembaga pendidikan, komunitas Muslim diaspora, dan masyarakat digital.

Keunggulan-keunggulan ini menunjukkan bahwa KHGT bukan hanya solusi teknis, tetapi juga solusi peradaban. Ia menjawab kebutuhan umat Islam untuk memiliki sistem waktu yang selaras dengan ilmu pengetahuan modern tanpa kehilangan akar observasionalnya.

## I. Risiko Jika Tetap Berhenti pada Imkan Rukyat Lokal

Jika dunia Islam tetap berhenti pada imkan rukyat lokal tanpa bergerak menuju kalender global, beberapa risiko akan terus muncul.

Pertama, perbedaan awal bulan akan terus berulang karena setiap wilayah dapat memiliki hasil yang berbeda. Bahkan jika semua wilayah memakai hisab, perbedaan tetap muncul bila kriterianya tidak sama.

Kedua, kalender Hijriah akan terus tampak kurang prediktif dibanding kalender Masehi. Padahal, secara astronomis pergerakan Bulan dapat dihitung dengan presisi sangat tinggi.

Ketiga, perdebatan publik akan terus berputar pada laporan rukyat bulanan, bukan pada penyempurnaan sistem kalender. Energi ilmiah dan sosial habis untuk memperdebatkan hasil sesaat, bukan membangun konsensus jangka panjang.

Keempat, umat Islam di negara minoritas atau diaspora akan kesulitan mengikuti kalender yang berbeda-beda, terutama dalam pendidikan, pekerjaan, dan administrasi publik.

Kelima, data observasi modern tidak dimanfaatkan secara optimal. Padahal, penelitian Schaefer, Odeh, Yallop, SAAO, ICOP, dan pengamat global telah menyediakan basis data penting untuk menyusun kriteria yang lebih rasional.

Dengan demikian, KHGT bukan pilihan yang muncul karena mengabaikan rukyat, melainkan karena mengambil pelajaran dari keterbatasan rukyat lokal dan dari perkembangan ilmu visibilitas hilal modern.

## J. Implikasi bagi Pembelaan Kriteria 5°–8°

Subbab ini menegaskan bahwa peralihan dari imkan rukyat lokal menuju KHGT membutuhkan perubahan cara membaca data. Angka 6,4° dan 7,7° bukan sekadar data rekor, tetapi titik rujukan untuk menyusun ambang kalender yang lebih aman. Angka 8° menjadi rasional karena ia berada di atas keduanya, terutama di atas batas mata telanjang 7,7°. Dengan demikian, 8° tidak terlalu rendah, tidak terlalu jauh dari data observasi, dan memiliki fungsi sebagai margin kalender global.

Tinggi 5° juga harus dipahami dalam kerangka serupa. Ia bukan jaminan bahwa hilal pasti terlihat dari semua lokasi, melainkan syarat geometri global agar Bulan tidak berada pada posisi terlalu rendah. Dalam sistem kalender global, tinggi geosentris 5° membantu memberi stabilitas terhadap keputusan awal bulan.

Dengan demikian, KHGT bukan sekadar memperluas imkan rukyat lokal ke seluruh dunia. KHGT adalah sistem kalender yang mengambil data imkan rukyat, menyaringnya melalui analisis ilmiah, lalu merumuskannya menjadi kriteria global. Peralihan ini merupakan langkah penting agar kalender Hijriah dapat berfungsi sebagai kalender umat Islam dunia, bukan sekadar kumpulan keputusan lokal yang kebetulan kadang sama dan kadang berbeda.

Subbab berikutnya akan membahas mengapa kriteria kalender harus berbasis data observasi, sebab tanpa basis empiris yang kuat, angka kalender mudah dianggap sebagai keputusan administratif semata.

## 1.4 Mengapa Kriteria Kalender Harus Berbasis Data Observasi

Kriteria kalender Hijriah tidak boleh dibangun hanya di atas kemudahan administratif, tradisi lokal, atau kesepakatan angka tanpa fondasi empiris. Kalender memang merupakan sistem normatif-sosial, tetapi bahan dasarnya adalah fenomena astronomis yang nyata: peredaran Bulan

mengelilingi Bumi, posisi Bulan terhadap Matahari, fase iluminasi Bulan, dan kemungkinan sabit muda dapat dikenali di langit senja. Karena itu, kriteria kalender yang sehat harus memiliki hubungan yang jelas dengan **data observasi**.

Dalam konteks Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT), tuntutan berbasis data menjadi lebih kuat. KHGT bukan kalender lokal, bukan kalender negara tertentu, dan bukan sekadar metode penyeragaman tanggal. KHGT dimaksudkan sebagai sistem kalender global yang dapat dipakai lintas wilayah. Oleh karena itu, kriterianya harus lebih kokoh daripada sekadar klaim “hilal mungkin ada” atau “hilal pernah terlihat”. Kriteria KHGT perlu menunjukkan bahwa angka yang dipakai memiliki dasar pada rekam jejak observasi, teori visibilitas, dan analisis parameter astronomis yang relevan.

Kriteria **tinggi hilal geosentris  $5^\circ$**  dan **elongasi geosentris  $8^\circ$**  akan memperoleh kekuatan argumentatif apabila dapat ditunjukkan bahwa kedua angka tersebut tidak muncul secara arbitrer. Elongasi  $8^\circ$  harus dibaca dalam hubungan dengan limit Danjon modern, terutama data  $6,4^\circ$  untuk batas optik dan sekitar  $7,7^\circ$  untuk rekor mata telanjang. Tinggi  $5^\circ$  harus dibaca sebagai batas geometri yang menghindarkan Bulan dari posisi terlalu rendah. Dengan cara ini, kriteria kalender tidak jatuh menjadi keputusan administratif kosong, tetapi menjadi rumusan ilmiah yang mengambil pelajaran dari data pengamatan.

## A. Observasi sebagai Dasar Koreksi terhadap Kriteria Spekulatif

Sejarah kriteria visibilitas hilal menunjukkan bahwa banyak aturan awal disusun berdasarkan pengalaman terbatas, tradisi, atau generalisasi sederhana. Kriteria umur Bulan lebih dari 24 jam dan lag Bulan lebih dari 48 menit, misalnya, sudah dikenal sejak tradisi Babilonia. Kriteria seperti ini mudah dipakai karena sederhana dan cepat dipahami. Namun kemudahan tidak identik dengan akurasi.

Data observasi modern memperlihatkan kelemahan kriteria sederhana. Schaefer menguji berbagai algoritma visibilitas dengan data 294 observasi individual dan 1490 laporan Moonwatch. Ia menyimpulkan bahwa kriteria umur Bulan dan moonset-lag merupakan prediktor yang buruk, sedangkan pendekatan teoretis modern yang memperhitungkan aspek fisik dan fisiologis memiliki performa lebih baik.

Kesimpulan ini sangat penting bagi penyusunan kalender. Tanpa data observasi, sebuah kriteria dapat tampak masuk akal secara intuitif, tetapi gagal dalam kenyataan. Umur Bulan, misalnya, tampak logis karena semakin lama Bulan setelah konjungsi, semakin besar peluang terlihat. Namun data menunjukkan bahwa hubungan itu tidak cukup kuat. Bulan berumur muda dapat terlihat dalam kondisi geometri yang menguntungkan, sementara Bulan yang lebih tua dapat gagal terlihat jika posisinya rendah, elongasinya kecil, atau kondisi atmosfer buruk.

Odeh juga menegaskan bahwa visibilitas hilal tidak dapat diprediksi secara andal hanya dengan satu parameter. Ia menyebut bahwa umur Bulan sangat buruk dalam menggambarkan kecerlangan



intrinsik sabit. Parameter yang lebih baik adalah elongasi atau, lebih langsung lagi, **crescent width**, karena lebar sabit berkaitan dengan bagian Bulan yang diterangi Matahari.

Dari sini terlihat bahwa data observasi berfungsi sebagai koreksi terhadap asumsi. Kriteria kalender yang tidak diuji terhadap data akan mudah terjebak dalam kesederhanaan yang menyesatkan. Sebaliknya, kriteria yang berbasis data dapat membedakan parameter yang kuat dari parameter yang lemah.

## B. Observasi Hilal sebagai Laboratorium Alam

Observasi hilal adalah laboratorium alam bagi ilmu falak. Setiap pengamatan mengandung informasi tentang bagaimana Bulan tampak atau gagal tampak dalam kombinasi kondisi tertentu. Data pengamatan yang baik mencatat waktu, lokasi, elevasi, alat, kondisi atmosfer, posisi Bulan dan Matahari, elongasi, tinggi, umur Bulan, lag, azimut relatif, dan keterangan keberhasilan atau kegagalan pengamatan.

Dengan data seperti ini, para peneliti dapat menyusun pola: pada kondisi apa hilal biasanya terlihat, pada kondisi apa hilal hampir mustahil terlihat, dan pada wilayah parameter mana hasilnya tidak pasti. Data pengamatan juga membantu membedakan antara batas fisik, batas fisiologis, batas instrumental, dan batas atmosferik.

Schaefer menempatkan visibilitas hilal sebagai problem yang melibatkan banyak komponen: perhitungan orbit, hamburan cahaya Bulan, hamburan atmosfer, dan fisiologi penglihatan. Ia tidak memperlakukan hilal sebagai objek geometri semata, tetapi sebagai fenomena optik-astronomis yang harus dipahami melalui interaksi antara cahaya sabit, langit senja, atmosfer, dan mata manusia.

Odeh melanjutkan pendekatan berbasis data tersebut dengan menggabungkan 737 rekaman observasi dari berbagai sumber: 294 data Schaefer, data Jim Stamm, data SAAO, data Mohsen Mirsaeed, data Alireza Mehrani, dan 323 data ICOP. Dengan basis data sebesar itu, ia membangun kriteria baru yang menggunakan **topocentric arc of vision** dan **topocentric crescent width**.

Jumlah data seperti ini penting karena hilal adalah fenomena yang rentan terhadap variasi. Satu atau dua laporan tidak cukup untuk membangun kriteria. Diperlukan kumpulan observasi yang besar agar pola dapat dibaca secara lebih meyakinkan. Semakin luas data pengamatan, semakin kecil kemungkinan kriteria dibangun hanya dari kasus kebetulan.

Bagi KHGT, observasi hilal menjadi laboratorium alam yang memperlihatkan batas-batas realistik. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  harus dibaca sebagai hasil belajar dari laboratorium alam tersebut. Angka  $8^{\circ}$  tidak diambil dari ruang kosong, tetapi dari pemahaman terhadap batas elongasi rendah dalam data modern. Angka  $5^{\circ}$  juga tidak dipahami sebagai sekadar konvensi, tetapi sebagai batas posisi yang memberi pengaman terhadap problem horizon.

## C. Dari Data Ekstrem ke Kriteria Aman

Salah satu tantangan dalam menggunakan data observasi adalah bagaimana memperlakukan data ekstrem. Dalam ilmu visibilitas hilal, data ekstrem sering menjadi perhatian besar karena menunjukkan batas kemampuan pengamatan. Rekor hilal termuda, elongasi terkecil, atau tinggi terendah sering dikutip untuk menunjukkan bahwa hilal dapat terlihat pada kondisi yang sangat tipis.

Namun kriteria kalender tidak boleh dibangun langsung di atas data ekstrem. Data ekstrem penting untuk memahami limit, tetapi bukan otomatis menjadi ambang kalender. Rekor biasanya terjadi dalam kombinasi kondisi yang sangat khusus: pengamat berpengalaman, lokasi tinggi, horizon bersih, atmosfer sangat transparan, alat optik baik, waktu pengamatan optimal, dan perhitungan posisi yang presisi. Jika kalender global mengambil rekor ekstrem sebagai kriteria, maka kalender akan berdiri terlalu dekat dengan wilayah ketidakpastian.

Dalam dokumen dasar buku ini, disebutkan bahwa angka  $7,7^\circ$  merujuk pada rekor observasi mata telanjang John Pierce, sedangkan  $6,4^\circ$  merujuk pada batas optik/teleskop yang dikaitkan dengan Jim Stamm dan analisis Odeh. Odeh juga menyebut minimum elongasi untuk hilal yang terlihat dengan bantuan optik adalah  $6,4^\circ$ , sedangkan untuk mata telanjang adalah  $7,7^\circ$ .

Dua angka ini sangat penting. Akan tetapi, maknanya bukan bahwa kalender global harus memakai  $6,4^\circ$  atau  $7,7^\circ$ . Justru keduanya menunjukkan bahwa wilayah di bawah  $8^\circ$  adalah wilayah sangat sensitif. Jika  $6,4^\circ$  merupakan batas optik ekstrem dan  $7,7^\circ$  merupakan batas mata telanjang ekstrem, maka elongasi  $8^\circ$  dapat dipahami sebagai ambang yang mengambil jarak aman dari batas ekstrem tersebut.

Inilah yang disebut sebagai **prinsip buffer observasional**. Kriteria kalender perlu berada di atas limit ekstrem agar tidak rapuh. Dalam konteks KHGT, elongasi  $8^\circ$  memberi margin kecil tetapi penting. Ia masih dekat dengan data observasi, sehingga tidak terlalu konservatif, tetapi sudah melewati batas rekor mata telanjang, sehingga lebih aman sebagai kriteria kalender.

Prinsip yang sama berlaku pada tinggi hilal  $5^\circ$ . Hilal yang terlalu rendah berada dalam wilayah pengaruh atmosfer paling kuat. Cahaya senja, refraksi, ekstingsi, aerosol, polusi, dan gangguan horizon membuat pengamatan semakin sulit. Karena itu, kriteria tinggi  $5^\circ$  berfungsi sebagai buffer geometri agar keputusan kalender tidak diletakkan pada posisi Bulan yang terlalu dekat dengan horizon.

## D. Observasi sebagai Dasar Menilai Parameter yang Relevan

Tidak semua parameter astronomis memiliki kekuatan yang sama untuk kalender. Umur Bulan, lag, tinggi, elongasi, ARCV, DAZ, dan crescent width semuanya dapat dihitung, tetapi tidak semuanya sama kuat dalam memprediksi visibilitas. Data observasi diperlukan untuk menilai parameter mana yang benar-benar relevan.

Schaefer memperlihatkan bahwa umur Bulan dan lag tidak cukup kuat. Kriteria umur Bulan dapat menghasilkan prediksi yang salah dalam rentang luas; kriteria lag juga tidak dapat memberi prediksi yang meyakinkan secara global. Odeh menyatakan bahwa minimal diperlukan dua parameter: satu terkait kecerlangan intrinsik sabit dan satu terkait jarak sabit dari horizon.

Dari sini, elongasi memperoleh posisi penting. Elongasi atau arc of light berkaitan dengan jarak sudut Bulan dari Matahari. Semakin besar elongasi, semakin besar bagian Bulan yang diterangi dan semakin tebal sabitnya. Dokumen dasar buku ini menjelaskan bahwa elongasi geosentris menentukan seberapa tebal sabit bulan yang terbentuk akibat pantulan cahaya Matahari, sehingga berkaitan dengan konfigurasi fisik Bulan–Matahari yang lebih mutlak.

Tinggi hilal juga penting karena berkaitan dengan jarak Bulan dari horizon. Bulan yang rendah harus dilihat melalui lapisan atmosfer yang lebih tebal dan bersaing dengan cahaya senja yang lebih kuat. Karena itu, tinggi menjadi parameter yang sangat relevan dalam visibilitas. Dalam konteks observasi lokal, tinggi toposentris sangat penting. Dalam konteks kalender global, tinggi geosentris dapat digunakan sebagai parameter stabil yang menyatakan kondisi geometri secara lebih seragam.

Data observasi membantu menjelaskan mengapa KHGT tidak cukup memakai umur Bulan atau lag. KHGT memerlukan parameter yang lebih dekat dengan realitas fisik hilal. Elongasi  $8^\circ$  merepresentasikan kecerlangan dan ketebalan minimum sabit; tinggi  $5^\circ$  merepresentasikan jarak aman dari horizon. Keduanya lebih relevan daripada umur Bulan semata.

## E. Menghindari Kriteria Arbitrer

Sebuah kriteria disebut arbitrer apabila angka-angkanya tidak memiliki hubungan yang dapat dijelaskan dengan data, teori, atau kebutuhan sistem. Dalam kalender, kriteria arbitrer berbahaya karena dapat menurunkan legitimasi ilmiah. Masyarakat dan akademisi dapat bertanya: mengapa angka itu dipilih, bukan angka lain? Mengapa  $5^\circ$ , bukan  $3^\circ$  atau  $7^\circ$ ? Mengapa  $8^\circ$ , bukan  $6,4^\circ$  atau  $10^\circ$ ?

Pertanyaan semacam ini harus dijawab dengan argumentasi, bukan otoritas semata. Untuk elongasi  $8^\circ$ , jawabannya dapat dibangun dari data limit Danjon modern. Jika limit optik berada pada  $6,4^\circ$  dan rekor mata telanjang sekitar  $7,7^\circ$ , maka  $8^\circ$  adalah pilihan yang berada tepat di atas batas ekstrem mata telanjang. Ia bukan angka yang terlalu jauh dari kenyataan pengamatan, tetapi juga tidak terlalu dekat dengan batas ekstrem. Inilah argumen ilmiahnya.

Untuk tinggi  $5^\circ$ , jawabannya dapat dibangun dari kebutuhan geometri. Bulan yang terlalu rendah berada dalam wilayah atmosferik yang sangat sulit. Kriteria  $5^\circ$  memberi batas agar hilal tidak hanya sekadar berada di atas ufuk, tetapi memiliki ketinggian geometri minimum. Dalam KHGT, penggunaan tinggi geosentris  $5^\circ$  memberi keseragaman global, sehingga kalender tidak bergantung pada variasi lokal horizon dan atmosfer.

Dengan demikian, kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  harus dikomunikasikan bukan sebagai “angka kesepakatan”, melainkan sebagai **angka berargumentasi**. Ia memiliki basis empiris, basis fisik, dan basis sistemik. Basis empirisnya adalah data observasi hilal modern. Basis fisiknya adalah hubungan

elongasi dengan ketebalan sabit dan hubungan tinggi dengan horizon. Basis sistemiknya adalah kebutuhan kalender global yang stabil.

## F. Peran Data Negatif: Hilal yang Tidak Terlihat

Dalam penyusunan kriteria, data keberhasilan pengamatan sering lebih populer daripada data kegagalan. Orang lebih tertarik pada rekor hilal termuda atau elongasi terkecil yang berhasil dilihat. Padahal, data negatif—yaitu data ketika hilal tidak terlihat—sama pentingnya. Data negatif membantu membatasi klaim dan menunjukkan wilayah parameter yang belum aman.

Jika hanya data keberhasilan yang digunakan, kriteria dapat menjadi terlalu optimistis. Misalnya, jika ada satu laporan hilal terlihat pada elongasi rendah, lalu angka itu dijadikan dasar umum, maka kegagalan pengamatan pada kondisi serupa dapat terabaikan. Padahal, dalam model visibilitas, keberhasilan dan kegagalan sama-sama penting untuk membentuk garis batas.

Odeh menyusun data observasi ke dalam kelompok-kelompok visibilitas, termasuk kasus yang mudah terlihat, terlihat dengan bantuan optik, mungkin terlihat, dan tidak terlihat. Model seperti ini menunjukkan bahwa visibilitas bukan keadaan biner sederhana. Ada zona aman, zona mungkin, zona optik, dan zona tidak mungkin.

Bagi KHGT, data negatif mengajarkan kehati-hatian. Kriteria global tidak boleh hanya bertumpu pada kasus berhasil terlihat yang ekstrem. Ia harus memperhitungkan bahwa dalam banyak kondisi, hilal dengan parameter rendah dapat gagal terlihat. Karena itu, kriteria  $8^\circ$  lebih kuat daripada  $6,4^\circ$  sebagai ambang kalender global. Angka  $6,4^\circ$  mungkin menunjukkan batas optik ekstrem, tetapi wilayah dekat angka itu tidak cukup aman untuk kalender global. Angka  $8^\circ$  memberi jarak dari zona ekstrem tersebut.

Demikian pula, tinggi  $5^\circ$  memberi jarak dari kondisi Bulan yang terlalu rendah. Jika tinggi terlalu kecil, peluang kegagalan meningkat karena atmosfer dan horizon. Data negatif memperlihatkan bahwa “Bulan sudah di atas ufuk” tidak cukup. Posisi di atas ufuk harus cukup bermakna secara visibilitas dan cukup stabil secara kalender.

## G. Observasi, Teori, dan Kriteria: Hubungan Tiga Arah

Kriteria kalender yang baik lahir dari hubungan tiga arah antara observasi, teori, dan kebutuhan sistem.

Observasi menyediakan fakta empiris: hilal terlihat atau tidak terlihat dalam kondisi tertentu. Teori menjelaskan mengapa hal itu terjadi: bagaimana elongasi memengaruhi lebar sabit, bagaimana atmosfer memengaruhi kontras, bagaimana tinggi memengaruhi ekstingsi, dan bagaimana fisiologi mata membatasi deteksi. Kebutuhan sistem menentukan bagaimana fakta dan teori itu dirumuskan menjadi aturan kalender.

Jika hanya ada observasi tanpa teori, kriteria menjadi kumpulan pengalaman yang sulit digeneralisasi. Jika hanya ada teori tanpa observasi, kriteria menjadi spekulatif. Jika hanya ada

kebutuhan sistem tanpa observasi dan teori, kalender menjadi administratif tetapi lemah secara ilmiah.

Schaefer menggabungkan teori dan observasi dengan menilai berbagai algoritma berdasarkan data. Odeh menggabungkan basis data besar dengan parameter fisik seperti ARCV dan crescent width. Pendekatan ini menunjukkan bahwa ilmu visibilitas hilal bergerak dari aturan sederhana menuju model berbasis data.

KHGT harus mengikuti pola yang sama. Ia harus menggunakan observasi untuk mengetahui batas empiris, teori untuk menjelaskan parameter yang relevan, dan kebutuhan kalender global untuk memilih ambang yang stabil. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  berada pada pertemuan ketiganya.

Elongasi  $8^{\circ}$  didukung observasi karena berada di atas rekor ekstrem. Didukung teori karena elongasi berkaitan dengan ketebalan sabit. Didukung kebutuhan sistem karena angka ini sederhana, stabil, dan dapat dihitung global. Tinggi  $5^{\circ}$  didukung teori karena horizon rendah penuh problem atmosfer. Didukung kebutuhan sistem karena memberi batas global yang lebih stabil daripada sekadar tinggi lokal. Didukung observasi karena data visibilitas menunjukkan bahwa posisi terhadap horizon sangat menentukan peluang tampaknya hilal.

## H. Kriteria Berbasis Data dan Legitimasi Publik

Kalender bukan hanya produk ilmiah, tetapi juga produk sosial. Agar diterima masyarakat, kalender harus memiliki legitimasi. Legitimasi itu tidak cukup dibangun dengan pernyataan otoritatif; ia perlu disertai penjelasan yang dapat dipahami.

Kriteria berbasis data memiliki kekuatan komunikatif. Ketika masyarakat bertanya mengapa KHGT memakai elongasi  $8^{\circ}$ , jawabannya dapat dijelaskan: karena data observasi modern menunjukkan limit optik sekitar  $6,4^{\circ}$  dan rekor mata telanjang sekitar  $7,7^{\circ}$ , sehingga  $8^{\circ}$  dipilih sebagai ambang yang berada di atas batas ekstrem. Penjelasan seperti ini lebih kuat daripada sekadar mengatakan “karena sudah disepakati”.

Ketika masyarakat bertanya mengapa perlu tinggi  $5^{\circ}$ , jawabannya dapat dijelaskan: karena hilal yang terlalu rendah sangat terpengaruh oleh atmosfer dan horizon; tinggi  $5^{\circ}$  memberi batas minimum agar konfigurasi Bulan tidak berada pada wilayah terlalu rapuh. Ketika masyarakat bertanya mengapa geosentris, jawabannya dapat dijelaskan: karena kalender global membutuhkan parameter yang seragam, tidak berubah-ubah menurut lokasi pengamat.

Dengan demikian, basis data bukan hanya penting bagi akademisi, tetapi juga penting bagi edukasi publik. Kalender yang dapat dijelaskan secara ilmiah lebih mudah diterima oleh masyarakat terdidik, lembaga pendidikan, organisasi Islam, dan pembuat kebijakan.

## I. Relevansi bagi KHGT dan Kriteria $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$

Kriteria kalender berbasis data adalah fondasi bagi KHGT. Tanpa data observasi, KHGT akan mudah dikritik sebagai konstruksi matematis yang tidak berakar pada kenyataan hilal. Tanpa teori,

KHGT akan sulit menjelaskan mengapa parameter tertentu dipilih. Tanpa kebutuhan sistem, KHGT akan kehilangan arah sebagai kalender global.

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  memiliki peluang kuat untuk dipertahankan karena dapat dijelaskan melalui ketiga unsur tersebut. Data observasi menunjukkan bahwa elongasi  $8^{\circ}$  berada di atas batas ekstrem modern. Teori visibilitas menjelaskan bahwa elongasi berhubungan dengan ketebalan sabit dan tinggi berhubungan dengan posisi terhadap horizon. Kebutuhan sistem menjelaskan mengapa kedua parameter itu dipakai secara geosentris agar lebih seragam untuk kalender global.

Dengan demikian, kriteria KHGT bukan sekadar “hisab di atas rukyat” atau “angka menggantikan pengamatan”. Lebih tepat dikatakan: KHGT adalah sistem kalender yang menyerap pengetahuan dari observasi, menafsirkannya melalui teori astronomi, lalu merumuskannya menjadi aturan global yang stabil. Inilah perbedaan mendasar antara kriteria yang arbitrer dan kriteria yang berbasis ilmu.

Subbab berikutnya akan membahas posisi kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dalam diskursus kalender global, yaitu bagaimana kedua angka tersebut dapat dipahami sebagai titik temu antara data visibilitas, kebutuhan unifikasi kalender, dan kehati-hatian metodologis.

## 1.5 Posisi Kriteria $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ dalam Diskursus Kalender Global

Kriteria **tinggi hilal geosentris minimal  $5^{\circ}$**  dan **elongasi geosentris minimal  $8^{\circ}$**  perlu ditempatkan secara tepat dalam diskursus kalender global. Ia bukan semata-mata kriteria rukyat lokal, bukan pula sekadar angka kompromi administratif, melainkan kriteria kalender yang berusaha menghubungkan tiga kepentingan sekaligus: **basis observasional**, **stabilitas astronomis**, dan **fungsi penyatuan kalender**.

Dalam diskursus visibilitas hilal, angka-angka seperti  $3^{\circ}$ ,  $5^{\circ}$ ,  $6,4^{\circ}$ ,  $7^{\circ}$ ,  $7,7^{\circ}$ ,  $8^{\circ}$ ,  $10^{\circ}$ , dan seterusnya sering muncul. Namun setiap angka memiliki konteks yang berbeda. Ada angka yang lahir dari rekor pengamatan ekstrem. Ada angka yang berasal dari model visibilitas lokal. Ada angka yang dipakai untuk kebutuhan imkan rukyat regional. Ada pula angka yang dimaksudkan untuk kalender global. Kekeliruan sering terjadi ketika semua angka itu diperlakukan seolah-olah memiliki fungsi yang sama.

Kriteria KHGT  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  harus dibaca sebagai kriteria kalender global. Artinya, ia tidak hanya menjawab apakah hilal mungkin terlihat dari suatu lokasi tertentu, tetapi apakah konfigurasi Bulan–Matahari sudah cukup kuat untuk dijadikan dasar awal bulan secara global. Dalam kerangka inilah, elongasi  $8^{\circ}$  memperoleh makna strategis karena berada di atas batas ekstrem observasi modern: sekitar  $6,4^{\circ}$  untuk bantuan optik dan sekitar  $7,7^{\circ}$  untuk mata telanjang. Tinggi  $5^{\circ}$  memperoleh makna strategis karena memberikan batas geometri yang menghindarkan posisi Bulan dari wilayah horizon yang terlalu rendah dan sangat rentan terhadap gangguan atmosfer.



## A. Kriteria $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ sebagai Titik Temu Data dan Kebutuhan Kalender

Sebuah kalender global memerlukan kriteria yang tidak hanya benar secara astronomis, tetapi juga dapat bekerja sebagai aturan sistem. Kriteria itu harus sederhana untuk diterapkan, cukup presisi untuk dihitung, cukup kuat untuk dipertahankan secara ilmiah, dan cukup stabil untuk menjadi dasar kalender jangka panjang.

Dalam konteks ini, kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dapat dipahami sebagai titik temu antara data observasi dan kebutuhan sistem kalender. Data observasi menunjukkan bahwa hilal sangat tipis dapat dilihat pada kondisi ekstrem. Akan tetapi, kalender global tidak boleh menjadikan kondisi ekstrem sebagai standar umum. Kalender memerlukan ambang yang lebih aman daripada rekor.

Elongasi  $8^{\circ}$  menjadi penting karena ia berada sedikit di atas rekor mata telanjang  $7,7^{\circ}$  dan cukup jauh di atas limit optik  $6,4^{\circ}$ . Data Odeh menunjukkan bahwa minimum elongasi untuk hilal yang dapat dilihat dengan bantuan optik adalah  $6,4^{\circ}$ , sedangkan minimum untuk mata telanjang adalah  $7,7^{\circ}$ . Dengan menempatkan ambang pada  $8^{\circ}$ , KHGT tidak mengabaikan data ekstrem, tetapi juga tidak membiarkan kalender global berdiri tepat di atas batas ekstrem yang sangat sensitif.

Tinggi  $5^{\circ}$  melengkapi elongasi  $8^{\circ}$ . Jika elongasi berkaitan dengan keterpisahan Bulan dari Matahari dan ketebalan sabit, maka tinggi berkaitan dengan posisi Bulan terhadap horizon. Hilal yang elongasinya cukup tetapi terlalu rendah tetap menghadapi problem besar: cahaya senja lebih kuat, lapisan atmosfer lebih tebal, dan gangguan horizon lebih besar. Karena itu, kombinasi tinggi dan elongasi lebih kuat daripada salah satu parameter saja.

Di sinilah kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  memperlihatkan sifat sintetiknya. Ia tidak hanya memakai elongasi, karena elongasi saja tidak menjamin posisi Bulan cukup baik terhadap horizon. Ia juga tidak hanya memakai tinggi, karena tinggi saja tidak menjamin sabit cukup tebal atau cukup jauh dari Matahari. Keduanya saling melengkapi.

## B. Elongasi $8^{\circ}$ dan Rekam Jejak Limit Danjon Modern

Limit Danjon menjadi salah satu konsep kunci dalam membela elongasi  $8^{\circ}$ . Secara umum, limit Danjon merujuk pada batas elongasi minimum di mana sabit Bulan masih mungkin terbentuk dan terlihat. Dalam sejarah astronomi, angka limit ini pernah diperdebatkan dan direvisi. Data modern menunjukkan bahwa batas tersebut tidak dapat dipahami secara sederhana, karena visibilitas hilal dipengaruhi oleh alat, atmosfer, keterampilan pengamat, dan parameter optik lainnya.

Odeh, dengan basis 737 observasi, menyimpulkan adanya limit Danjon sekitar  $6,4^{\circ}$  untuk pengamatan dengan bantuan optik. Data ini sangat penting karena menunjukkan bahwa secara instrumental, hilal masih mungkin dideteksi pada elongasi yang sangat kecil. Namun fakta ini tidak berarti bahwa elongasi  $6,4^{\circ}$  layak menjadi kriteria kalender global. Angka  $6,4^{\circ}$  adalah batas ekstrem. Ia menunjukkan kemungkinan minimum dalam kondisi khusus, bukan batas aman untuk kalender.

Dalam dokumen dasar buku ini, angka  $6,4^\circ$  dijelaskan sebagai batas optik/teleskop, sedangkan angka  $7,7^\circ$  dijelaskan sebagai rekor mata telanjang. Dengan demikian,  $8^\circ$  memiliki posisi yang kuat: ia berada di atas dua angka penting tersebut. Secara argumentatif, ini berarti KHGT tidak menetapkan awal bulan pada wilayah yang masih terlalu dekat dengan batas optik ekstrem. KHGT juga tidak menetapkan ambang tepat pada rekor mata telanjang, tetapi sedikit di atasnya.

Posisi ini dapat disebut sebagai **zona aman observasional**. Zona aman bukan berarti hilal pasti terlihat di setiap tempat, melainkan bahwa konfigurasi Bulan–Matahari telah melewati batas ekstrem yang selama ini dikenal dalam observasi modern. Dalam kalender global, zona aman seperti ini jauh lebih layak daripada zona ekstrem.

Elongasi  $8^\circ$  juga mudah dikomunikasikan. Ia sederhana, bulat, dan memiliki basis data yang dapat dijelaskan. Masyarakat tidak perlu memahami seluruh kompleksitas ARCV, DAZ, dan crescent width untuk menangkap pesan utamanya: hilal dianggap memenuhi syarat global apabila jarak sudut Bulan–Matahari telah melampaui ambang yang berada di atas batas rekor visibilitas modern.

## C. Tinggi $5^\circ$ dan Problem Horizon

Jika elongasi  $8^\circ$  memperoleh dasar dari limit Danjon dan ketebalan sabit, maka tinggi  $5^\circ$  memperoleh dasar dari problem horizon. Dalam observasi hilal, horizon adalah wilayah yang paling sulit. Semakin rendah Bulan, semakin panjang lintasan cahaya melalui atmosfer. Akibatnya, ekstingsi atmosfer meningkat, kontras hilal melemah, cahaya senja lebih mengganggu, dan objek lebih mudah tertutup kabut, aerosol, awan rendah, atau halangan geografis.

Dokumen dasar buku ini menjelaskan bahwa tinggi hilal toposentris dipengaruhi oleh letak geografis, kelengkungan Bumi, ketinggian tempat, dan refraksi atmosfer lokal. Penjelasan ini penting untuk observasi lokal. Namun dalam kalender global, parameter lokal yang sangat berubah-ubah perlu diterjemahkan menjadi batas geometri yang lebih stabil. Di sinilah tinggi geosentris  $5^\circ$  memperoleh peran.

Tinggi geosentris  $5^\circ$  tidak dimaksudkan untuk menggantikan seluruh analisis observasi toposentris. Ia berfungsi sebagai kriteria kalender global: tanda bahwa Bulan secara geometri tidak berada terlalu rendah. Dengan batas ini, KHGT tidak memakai prinsip “asal Bulan di atas ufuk”. Prinsip “asal di atas ufuk” terlalu lemah untuk kalender berbasis visibilitas, karena Bulan yang sangat rendah belum tentu memiliki makna observasional yang memadai.

Dalam diskursus kalender, tinggi  $5^\circ$  juga berfungsi sebagai rem terhadap keputusan yang terlalu dini. Jika hanya elongasi yang digunakan, mungkin ada kasus ketika elongasi telah cukup tetapi posisi Bulan masih sangat rendah di wilayah tertentu. Dengan menambahkan tinggi minimal, kalender memperoleh perlindungan tambahan dari konfigurasi yang rapuh.

Karena itu,  $5^\circ$  dan  $8^\circ$  harus dipahami sebagai pasangan. Elongasi  $8^\circ$  melindungi kalender dari sabit yang terlalu tipis atau terlalu dekat dengan Matahari. Tinggi  $5^\circ$  melindungi kalender dari posisi Bulan yang terlalu rendah terhadap horizon. Keduanya bersama-sama membentuk kriteria yang lebih kuat daripada kriteria tunggal.

## D. Geosentris sebagai Bahasa Kalender Global

Salah satu aspek penting dari kriteria KHGT adalah penggunaan acuan geosentris. Dalam observasi lokal, toposentris sangat penting karena pengamat melihat dari permukaan Bumi. Namun dalam kalender global, acuan geosentris memiliki keunggulan metodologis karena lebih seragam.

Elongasi geosentris adalah jarak sudut Bulan–Matahari dilihat dari pusat Bumi. Dokumen dasar menjelaskan bahwa elongasi geosentris bersifat lebih mutlak dan tidak terpengaruh oleh paralaks akibat lokasi pengamat di permukaan Bumi. Dengan demikian, elongasi geosentris cocok sebagai parameter global karena nilainya tidak berubah mengikuti lokasi observasi.

Tinggi geosentris dalam KHGT juga dapat dipahami sebagai upaya menyusun kriteria geometri global. Dalam praktik observasi, tinggi toposentris tetap diperlukan untuk menilai peluang terlihat dari tempat tertentu. Akan tetapi, untuk kalender global, tinggi geosentris memberikan satu bahasa matematis yang sama. Ia memungkinkan sistem kalender dihitung secara konsisten tanpa harus menjadikan setiap horizon lokal sebagai penentu akhir.

Perbedaan ini sangat penting. Jika KHGT memakai parameter yang terlalu lokal, maka ia akan kembali menghadapi problem yang sama dengan rukyat lokal: variasi lokasi, horizon, dan atmosfer. Jika KHGT memakai parameter geosentris, ia memiliki fondasi global yang lebih seragam. Toposentris tetap berguna sebagai alat validasi, tetapi keputusan kalender disusun di atas parameter yang lebih universal.

Dengan demikian, geosentris bukan sekadar pilihan teknis. Ia adalah pilihan epistemologis untuk kalender global. KHGT memerlukan parameter yang dapat berlaku bagi seluruh dunia, bukan hanya bagi satu titik pengamatan. Dalam konteks ini,  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  geosentris menjadi simbol peralihan dari kalender lokal menuju kalender global.

## E. Perbandingan dengan Kriteria Regional

Untuk memahami posisi  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ , penting membandingkannya dengan kriteria regional. Banyak kriteria imkan rukyat regional menggunakan kombinasi tinggi dan elongasi, tetapi biasanya dalam kerangka observasi lokal atau kawasan tertentu. Misalnya, kriteria Neo-MABIMS dikenal menggunakan tinggi hilal minimal  $3^{\circ}$  dan elongasi minimal  $6,4^{\circ}$ . Angka  $6,4^{\circ}$  memiliki kaitan dengan limit optik modern dan analisis Odeh. Namun perlu dicatat bahwa kriteria seperti ini berorientasi pada imkan rukyat regional, bukan kalender global tunggal.

Dalam kerangka regional, penggunaan  $6,4^{\circ}$  dapat dipahami sebagai penerimaan terhadap data batas optik. Namun dalam kerangka KHGT,  $6,4^{\circ}$  terlalu dekat dengan limit ekstrem untuk dijadikan ambang global. Jika tujuan kalender adalah stabilitas global, maka menggunakan angka yang berada tepat pada batas optik minimum berisiko menempatkan kalender di wilayah yang masih sangat sensitif terhadap kondisi lokal dan alat.

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  lebih konservatif dibanding kriteria yang memakai elongasi  $6,4^{\circ}$ , tetapi konservatisme ini bukan kelemahan. Ia adalah bagian dari desain kalender global. Kalender global

tidak hanya bertanya tentang kemungkinan minimum, tetapi tentang ambang yang cukup aman untuk seluruh sistem. Karena itu,  $8^\circ$  lebih sesuai dengan tujuan KHGT.

Tinggi  $5^\circ$  juga lebih tinggi daripada kriteria yang memakai tinggi  $3^\circ$ . Dalam konteks rukyat regional, tinggi  $3^\circ$  mungkin dipandang sebagai batas minimal peluang tertentu. Namun dalam konteks global, tinggi  $5^\circ$  memberikan margin yang lebih kuat. Ia mengurangi risiko bahwa awal bulan ditetapkan ketika Bulan masih terlalu dekat dengan horizon secara geometri global.

Dengan demikian, perbedaan  $3^\circ$ – $6,4^\circ$  dan  $5^\circ$ – $8^\circ$  bukan hanya perbedaan angka, melainkan perbedaan orientasi. Yang pertama lebih dekat dengan imkan rukyat minimal-regional; yang kedua lebih dekat dengan kalender global yang membutuhkan stabilitas dan buffer.

## F. $5^\circ$ – $8^\circ$ sebagai Kriteria Moderat

Kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  dapat disebut moderat karena menghindari dua ekstrem: terlalu rendah dan terlalu tinggi.

Jika kriteria terlalu rendah, kalender berisiko terlalu dekat dengan limit observasi ekstrem. Kriteria seperti itu mungkin lebih cepat menghasilkan awal bulan, tetapi rawan diperdebatkan. Hilal mungkin sangat sulit dilihat, bahkan dengan alat, dan keputusan kalender dapat dianggap terlalu agresif.

Jika kriteria terlalu tinggi, kalender menjadi terlalu konservatif. Awal bulan dapat tertunda meskipun secara astronomis hilal sudah berada pada kondisi yang cukup baik. Kriteria seperti itu mungkin aman dari sisi kehati-hatian, tetapi kurang responsif terhadap data visibilitas modern.

Kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  berada di tengah. Elongasi  $8^\circ$  tidak terlalu rendah karena sudah berada di atas rekor mata telanjang  $7,7^\circ$ . Namun ia juga tidak terlalu tinggi karena masih dekat dengan batas empiris modern. Tinggi  $5^\circ$  tidak sekadar “di atas ufuk”, tetapi juga tidak berlebihan. Ia memberi margin dari horizon tanpa menjadikan kalender terlalu lambat.

Moderasi ini penting dalam kalender global. Kalender tidak boleh terlalu optimistis karena akan menghasilkan keputusan yang rapuh. Kalender juga tidak boleh terlalu pesimistis karena akan kehilangan hubungan dengan realitas astronomis. Kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  berusaha menjaga keseimbangan antara **realitas data** dan **keamanan sistem**.

## G. Fungsi Unifikatif Kriteria $5^\circ$ – $8^\circ$

Dalam diskursus kalender global, kriteria bukan hanya alat hitung, tetapi juga alat penyatuan. Kriteria yang jelas, sederhana, dan berbasis data dapat menjadi bahasa bersama bagi berbagai komunitas Muslim. Sebaliknya, kriteria yang terlalu kompleks atau terlalu lokal sulit menjadi fondasi unifikasi.

Kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  memiliki potensi unifikatif karena memenuhi beberapa syarat.

Pertama, ia sederhana. Dua parameter utama—tinggi dan elongasi—mudah dipahami oleh praktisi falak dan dapat dijelaskan kepada masyarakat.

Kedua, ia berbasis data. Elongasi  $8^\circ$  dapat dikaitkan dengan limit observasi modern, terutama  $6,4^\circ$  optik dan  $7,7^\circ$  mata telanjang.

Ketiga, ia dapat dihitung secara presisi dengan perangkat hisab modern. Posisi Bulan dan Matahari dapat dihitung jauh hari menggunakan ephemeris astronomis.

Keempat, ia memiliki margin. Kalender global tidak berdiri pada batas ekstrem, tetapi pada ambang yang lebih aman.

Kelima, ia bersifat global. Dengan acuan geosentris, parameter tidak terikat pada satu horizon lokal.

Fungsi unifikatif ini sangat penting. Umat Islam tidak hanya membutuhkan kriteria yang benar secara ilmiah, tetapi juga kriteria yang dapat dipakai bersama. Kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  menyediakan basis yang cukup kuat untuk membangun konsensus karena ia dapat dijelaskan dari sisi sains, kalender, dan kemaslahatan.

## H. Menjawab Kritik terhadap Kriteria $5^\circ$ – $8^\circ$

Kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  tentu dapat dikritik. Kritik pertama mungkin mengatakan bahwa  $8^\circ$  terlalu tinggi karena data optik menunjukkan hilal bisa terlihat pada  $6,4^\circ$ . Jawabannya:  $6,4^\circ$  adalah batas ekstrem optik, bukan ambang kalender global. Kalender global membutuhkan margin, bukan sekadar batas minimum.

Kritik kedua mungkin mengatakan bahwa  $8^\circ$  hanya sedikit di atas  $7,7^\circ$ , sehingga margin terlalu kecil. Jawabannya: margin kecil ini justru menunjukkan bahwa kriteria  $8^\circ$  tidak berlebihan. Ia cukup dekat dengan data mata telanjang, tetapi tetap berada di atasnya. Dalam kalender, margin kecil yang tepat lebih baik daripada kriteria tinggi yang terlalu jauh dari data.

Kritik ketiga mungkin mengatakan bahwa tinggi geosentris tidak mencerminkan keadaan pengamat di permukaan Bumi. Jawabannya: benar untuk observasi lokal, tetapi KHGT bukan model rukyat lokal. KHGT adalah kalender global. Untuk observasi lokal, tinggi toposentris tetap relevan. Untuk kalender global, geosentris memberikan konsistensi.

Kritik keempat mungkin mengatakan bahwa kriteria dua parameter terlalu sederhana dibanding model Odeh yang memakai ARCV dan crescent width. Jawabannya: model visibilitas dan kriteria kalender memiliki fungsi berbeda. Model Odeh sangat berguna untuk prediksi visibilitas lokal, tetapi kalender global memerlukan kriteria yang lebih sederhana, dapat dikomunikasikan, dan stabil. Kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  tidak menggantikan model visibilitas, tetapi merumuskan ambang kalender yang mengambil pelajaran dari model dan data visibilitas.

Kritik kelima mungkin mengatakan bahwa kriteria global mengurangi peran rukyat. Jawabannya: KHGT tidak menghapus rukyat; KHGT mengubah fungsi rukyat menjadi basis validasi dan

pengayaan data. Rukyat tetap penting untuk menguji, mendidik, dan memperkuat model astronomis.

Dengan demikian, kritik terhadap  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dapat dijawab apabila sejak awal dijelaskan bahwa kriteria ini adalah kriteria kalender global, bukan kriteria observasi lokal murni.

## I. Posisi $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ dalam Epistemologi Kalender Islam

Dalam epistemologi kalender Islam, ada tiga unsur utama: fenomena langit, metode pengetahuan, dan keputusan normatif. Fenomena langit adalah gerak Bulan dan Matahari. Metode pengetahuan adalah rukyat dan hisab. Keputusan normatif adalah penetapan awal bulan.

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  berada pada titik pertemuan ketiganya. Ia merujuk pada fenomena langit melalui tinggi dan elongasi. Ia menggunakan metode pengetahuan modern melalui hisab berbasis data observasi. Ia menghasilkan keputusan normatif berupa awal bulan dalam sistem KHGT.

Karena itu, kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  tidak boleh dipahami hanya sebagai angka astronomis. Ia adalah bentuk epistemik dari ijtihad kalender modern. Ia menyerap data empiris, memakai teori astronomi, lalu mengubahnya menjadi aturan yang dapat digunakan umat.

Dalam konteks ini, data Schaefer dan Odeh memiliki nilai penting. Schaefer menunjukkan bahwa prediksi hilal harus melampaui kriteria sederhana seperti umur dan lag. Odeh menunjukkan bahwa basis data observasi yang besar dapat menghasilkan pemahaman lebih baik tentang zona visibilitas dan limit Danjon. KHGT kemudian mengambil pelajaran dari keduanya: kalender harus berbasis parameter yang bermakna secara fisik dan tidak boleh berdiri di wilayah ekstrem.

## J. Implikasi untuk Bab-Bab Berikutnya

Posisi kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dalam diskursus kalender global dapat diringkas dalam beberapa poin.

Pertama,  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  adalah kriteria kalender global, bukan semata kriteria rukyat lokal.

Kedua, elongasi  $8^{\circ}$  memiliki dasar kuat karena berada di atas limit optik  $6,4^{\circ}$  dan rekor mata telanjang sekitar  $7,7^{\circ}$ .

Ketiga, tinggi  $5^{\circ}$  memberi batas geometri agar Bulan tidak berada terlalu rendah terhadap horizon.

Keempat, penggunaan geosentris memberi stabilitas global dan membedakan KHGT dari model observasi lokal yang sangat toposentris.

Kelima, kriteria ini memiliki fungsi unifikatif karena sederhana, dapat dihitung, berbasis data, dan memiliki margin dari wilayah ekstrem.



Dengan demikian, kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dapat diposisikan sebagai jembatan antara ilmu visibilitas hilal dan kebutuhan kalender Islam global. Ia bukan angka yang sempurna dalam arti meniadakan seluruh perdebatan, tetapi ia merupakan pilihan yang logis, proporsional, dan dapat dipertanggungjawabkan dalam kerangka KHGT.

Subbab berikutnya akan membahas kerangka argumentasi buku secara keseluruhan, yakni bagaimana setiap bab akan bergerak dari problem kalender, limit Danjon, rekam jejak observasi, parameter visibilitas, hingga justifikasi akhir kriteria KHGT  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ .

## 1.6 Kerangka Argumentasi Buku

Buku ini disusun dengan satu tujuan utama: menunjukkan bahwa kriteria **tinggi hilal geosentris minimal  $5^{\circ}$**  dan **elongasi geosentris minimal  $8^{\circ}$**  dalam Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) bukan angka yang berdiri sendiri, bukan angka administratif semata, dan bukan sekadar pilihan kompromi. Kriteria tersebut dapat dibangun sebagai hasil argumentasi yang menghubungkan **data observasi hilal modern**, **teori visibilitas sabit Bulan**, **rekam jejak limit Danjon**, **problem kalender Islam kontemporer**, dan **kebutuhan unifikasi kalender global**.

Kerangka argumentasi buku ini bergerak dari problem sosial menuju fondasi astronomis, lalu kembali ke kebutuhan kalender. Dengan kata lain, buku ini tidak hanya bertanya bagaimana hilal terlihat, tetapi juga mengapa data kenampakan hilal harus diterjemahkan menjadi kriteria kalender yang stabil. Dalam konteks KHGT, visibilitas hilal bukan tujuan akhir, melainkan basis ilmiah untuk membangun kalender yang dapat berlaku global.

Argumen buku ini dibangun secara bertahap. Mula-mula ditunjukkan bahwa kalender Hijriah modern menghadapi problem perbedaan awal bulan. Kemudian dijelaskan bahwa perbedaan itu tidak dapat diselesaikan hanya dengan mengulang perdebatan rukyat dan hisab, sebab akar masalahnya terletak pada perbedaan sistem, kriteria, otoritas, dan cara membaca data observasi. Setelah itu, buku masuk ke wilayah astronomi observasional: bagaimana sabit Bulan terbentuk, mengapa hilal muda sulit terlihat, apa itu limit Danjon, dan bagaimana data Schaefer, Odeh, ICOP, serta kriteria modern membantu memahami batas-batas visibilitas.

Dari sana buku bergerak ke titik utama: jika data modern menunjukkan bahwa batas optik ekstrem berada sekitar  $6,4^{\circ}$  dan rekor mata telanjang berada sekitar  $7,7^{\circ}$ , maka **elongasi  $8^{\circ}$**  memiliki dasar rasional sebagai ambang kalender global yang berada di atas batas ekstrem tersebut. Dokumen dasar buku ini menempatkan  $7,7^{\circ}$  sebagai rekor mata telanjang dan  $6,4^{\circ}$  sebagai batas optik/teleskop dalam rekam jejak observasi modern. Odeh juga menyatakan bahwa minimum elongasi untuk pengamatan dengan bantuan optik adalah  $6,4^{\circ}$ , sedangkan untuk mata telanjang adalah  $7,7^{\circ}$ .

Dengan demikian, buku ini akan membangun argumentasi bahwa angka  $8^{\circ}$  bukan angka yang terlalu jauh dari data observasi, tetapi juga bukan angka yang terlalu dekat dengan batas ekstrem. Ia adalah angka yang memiliki **margin ilmiah**. Sementara itu, tinggi hilal  $5^{\circ}$  akan diposisikan sebagai syarat geometri yang mencegah kalender ditetapkan ketika Bulan masih berada pada posisi terlalu rendah, terlalu rentan terhadap horizon, dan terlalu rapuh secara visibilitas.

## A. Titik Berangkat: Kalender sebagai Masalah Ilmiah dan Sosial

Kerangka pertama buku ini adalah bahwa kalender Hijriah harus dipahami sebagai sistem ilmiah sekaligus sistem sosial. Secara ilmiah, kalender Hijriah berhubungan dengan gerak Bulan, fase iluminasi, posisi Bulan–Matahari, serta peluang kenampakan hilal. Secara sosial, kalender menentukan jadwal ibadah, pendidikan, administrasi, perjalanan, ekonomi, dan ritme kehidupan umat.

Karena itu, problem kalender tidak dapat direduksi menjadi pertanyaan sederhana: “apakah hilal terlihat atau tidak?” Pertanyaan itu penting, tetapi tidak cukup. Kalender global menuntut pertanyaan yang lebih luas: “kriteria apa yang cukup sah secara astronomis, cukup stabil secara sistemik, dan cukup dapat diterima secara sosial untuk menetapkan awal bulan secara global?”

Dalam kerangka inilah KHGT ditempatkan. KHGT bukan sekadar agenda penyamaan tanggal. Ia adalah proyek epistemik: menyusun cara memperoleh pengetahuan kalender yang dapat berlaku lintas tempat dan lintas komunitas. Oleh karena itu, buku ini sejak awal menolak dua ekstrem.

Ekstrem pertama adalah **lokalisme observasional mutlak**, yaitu pandangan bahwa kalender hanya sah jika ditentukan oleh pengamatan lokal aktual setiap bulan. Pandangan ini menjaga kedekatan dengan tradisi rukyat, tetapi sulit memenuhi kebutuhan kalender modern yang memerlukan prediktabilitas dan keseragaman global.

Ekstrem kedua adalah **abstraksi matematis tanpa basis observasi**, yaitu pandangan bahwa kalender cukup disusun dari perhitungan geometris tanpa mempertimbangkan data visibilitas. Pandangan ini memberi kepastian, tetapi berisiko memutus hubungan kalender dari realitas empiris hilal.

Buku ini mengambil jalan tengah: KHGT harus berbasis hisab global, tetapi kriteria hisabnya harus disusun dari data observasi dan teori visibilitas. Dengan demikian, rukyat tidak dihapus; rukyat menjadi basis empiris bagi kriteria kalender.

## B. Rukyat sebagai Data, Hisab sebagai Model, Kalender sebagai Sistem

Salah satu fondasi argumentasi buku ini adalah perbedaan antara **rukya**t, **hisab**, dan **kalender**.

Rukyat adalah peristiwa observasi. Ia menjawab apakah sabit Bulan benar-benar terlihat atau tidak terlihat dalam kondisi tertentu. Rukyat memiliki nilai empiris yang besar, terutama jika dilengkapi metadata yang memadai: lokasi, waktu, elevasi, alat, cuaca, transparansi atmosfer, arah pandang, parameter astronomis, dan dokumentasi.

Hisab adalah model komputasional. Ia menjelaskan posisi Bulan dan Matahari, menghitung elongasi, tinggi, umur Bulan, lag, ARCV, DAZ, crescent width, dan parameter lain yang berpengaruh terhadap visibilitas. Hisab memungkinkan prediksi dan rekonstruksi.

Kalender adalah sistem keputusan. Ia menetapkan tanggal berdasarkan kriteria tertentu. Kalender membutuhkan rukyat sebagai basis data dan hisab sebagai instrumen analisis, tetapi kalender juga memerlukan aturan normatif yang stabil.

Pembedaan ini penting karena banyak perdebatan kalender muncul akibat pencampuran ketiganya. Laporan rukyat ekstrem sering langsung dipakai untuk menekan kriteria kalender. Sebaliknya, perhitungan astronomis kadang dipakai tanpa memperhatikan batas visibilitas. Padahal, kriteria kalender harus berada di antara keduanya: cukup dekat dengan observasi, cukup kokoh secara teori, dan cukup stabil sebagai sistem.

Schaefer menunjukkan bahwa visibilitas hilal adalah problem kompleks yang melibatkan perhitungan orbit, hamburan cahaya Bulan, hamburan atmosfer, dan fisiologi penglihatan. Ini berarti hisab kalender tidak cukup hanya menghitung “Bulan sudah di atas ufuk”. Kalender yang berbasis visibilitas harus memperhatikan apakah sabit cukup terpisah dari Matahari, cukup terang, dan cukup tinggi dari horizon.

Odeh kemudian memperkuat pendekatan ini dengan menggunakan 737 observasi untuk membangun kriteria visibilitas yang memakai **topocentric arc of vision** dan **topocentric crescent width**. Ini menunjukkan bahwa data rukyat yang luas dapat diterjemahkan menjadi model hisab yang lebih kuat. KHGT dapat mengambil pelajaran dari sini: kalender global perlu ditetapkan dengan hisab, tetapi hisabnya harus berakar pada data observasi.

## C. Problem Parameter: Mengapa Umur Bulan dan Lag Tidak Cukup

Buku ini juga akan membangun argumentasi melalui kritik terhadap parameter yang lemah. Dalam banyak tradisi kalender, umur Bulan dan lag Bulan sering digunakan karena mudah dipahami. Umur Bulan menunjukkan waktu sejak konjungsi. Lag menunjukkan selisih waktu antara terbenam Matahari dan terbenam Bulan. Keduanya sederhana, tetapi tidak cukup kuat.

Schaefer menunjukkan bahwa kriteria umur Bulan dan moonset-lag memiliki kelemahan besar sebagai prediktor visibilitas hilal. Ia menilai bahwa kriteria usia Bulan dapat menghasilkan kesalahan besar, sedangkan kriteria lag tidak dapat memberi prediksi meyakinkan secara global. Odeh juga menegaskan bahwa visibilitas hilal tidak dapat diprediksi secara andal hanya dengan satu parameter, terutama umur Bulan, karena umur tidak langsung mencerminkan kecerlangan intrinsik sabit.

Kritik terhadap parameter lemah ini berfungsi untuk membangun argumentasi positif bagi kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ . Jika umur dan lag tidak cukup, maka kalender membutuhkan parameter yang lebih fisik. Elongasi lebih dekat dengan ketebalan sabit, karena semakin jauh Bulan dari Matahari secara sudut, semakin besar bagian sabit yang dapat memantulkan cahaya. Tinggi lebih dekat dengan

problem horizon, karena Bulan yang rendah harus dilihat melalui atmosfer yang lebih tebal dan bersaing dengan cahaya senja.

Dengan demikian, tinggi dan elongasi adalah pasangan parameter yang lebih kuat daripada umur dan lag. Dalam KHGT, keduanya dipilih dalam bentuk geosentris untuk memenuhi kebutuhan kalender global. Inilah fondasi argumentasi parameter dalam buku ini.

## D. Limit Danjon sebagai Jembatan antara Observasi dan Kriteria Kalender

Limit Danjon memiliki posisi sentral dalam buku ini karena ia menghubungkan data observasi dengan pilihan ambang kalender. Secara sederhana, limit Danjon menunjuk pada batas minimum elongasi Bulan–Matahari yang memungkinkan sabit Bulan terbentuk dan terlihat. Dalam sejarahnya, limit ini diperdebatkan, direvisi, dan diuji ulang oleh observasi modern.

Dalam kerangka buku ini, limit Danjon tidak dipakai secara simplistik. Buku ini tidak akan menyatakan bahwa limit Danjon tunggal selalu berlaku mutlak dalam semua kondisi. Sebaliknya, limit Danjon akan dibaca sebagai konsep yang membantu memahami batas ekstrem visibilitas. Batas ini dipengaruhi oleh alat, atmosfer, keterampilan pengamat, fisiologi penglihatan, dan kondisi geometri Bulan–Matahari.

Odeh menyimpulkan dari basis data observasinya bahwa limit Danjon terbaik untuk pengamatan dengan bantuan optik adalah sekitar  $6,4^\circ$ . Dalam dokumen dasar buku ini, angka  $6,4^\circ$  juga dijelaskan sebagai batas optik/teleskop, sedangkan  $7,7^\circ$  dijelaskan sebagai rekor mata telanjang.

Dari sini buku membangun argumen inti: kalender global seharusnya tidak mengambil **limit ekstrem** sebagai **ambang kalender**. Limit ekstrem adalah data batas bawah; ambang kalender adalah keputusan sistemik. Keduanya berhubungan, tetapi tidak identik.

Jika elongasi  $6,4^\circ$  adalah batas optik ekstrem, maka terlalu berisiko menjadikannya ambang global. Jika  $7,7^\circ$  adalah rekor mata telanjang ekstrem, maka menjadikannya ambang kalender pun masih terlalu dekat dengan batas. Angka  $8^\circ$  lebih proporsional karena sedikit berada di atas rekor mata telanjang. Ia memberikan margin tanpa menjadi terlalu konservatif.

Dengan demikian, limit Danjon dalam buku ini berfungsi sebagai jembatan. Ia menghubungkan dunia observasi ekstrem dengan dunia kriteria kalender. Ia membantu menjawab pertanyaan: mengapa tidak  $6,4^\circ$ ? Mengapa tidak  $7,7^\circ$ ? Mengapa  $8^\circ$ ? Jawabannya: karena kalender global membutuhkan angka yang berakar pada data ekstrem, tetapi tidak berhenti pada ekstrem itu.

## E. Prinsip Buffer Ilmiah dalam Kalender Global

Salah satu konsep argumentatif yang akan dikembangkan dalam buku ini adalah **buffer ilmiah**. Buffer ilmiah berarti jarak aman antara batas ekstrem observasi dan kriteria kalender. Dalam sistem apa pun yang dipakai secara luas, ambang operasional biasanya tidak ditempatkan tepat pada batas kegagalan. Ia diberi margin agar sistem tetap stabil dalam variasi kondisi nyata.

Dalam konteks hilal, batas ekstrem dapat berupa elongasi minimum yang pernah berhasil diamati. Namun keberhasilan ekstrem tidak berarti kondisi itu normal, mudah diulang, atau layak dijadikan dasar kalender. Rekor ekstrem sering membutuhkan kondisi langit sangat baik, alat memadai, lokasi mendukung, pengamat berpengalaman, dan persiapan observasi yang sangat presisi.

Schaefer menilai laporan hilal muda harus diperiksa ketat karena kemungkinan kesalahan tetap ada. Validitas laporan bergantung pada pengalaman observer, kesiapan, ketepatan laporan, dan konsistensi dengan perhitungan astronomis. Ini menunjukkan bahwa wilayah dekat limit ekstrem adalah wilayah yang harus diperlakukan hati-hati.

Elongasi  $8^\circ$  adalah bentuk buffer ilmiah terhadap limit  $6,4^\circ$  dan rekor  $7,7^\circ$ . Angka ini tidak jauh dari data, tetapi cukup untuk menunjukkan kehati-hatian kalender. Tinggi  $5^\circ$  juga merupakan buffer terhadap problem horizon. Kalender tidak cukup menyatakan bahwa Bulan sudah positif di atas ufuk; Bulan harus memiliki tinggi geometri minimum agar tidak berada pada wilayah yang terlalu rapuh.

Prinsip buffer ilmiah ini akan menjadi benang merah buku. Ia menjelaskan bahwa KHGT tidak sedang mengambil angka paling rendah yang masih mungkin, tetapi angka yang paling layak untuk sistem global. Kalender global memerlukan kehati-hatian yang lebih besar daripada kompetisi observasi hilal muda.

## F. Geosentris dan Toposentris dalam Struktur Argumentasi

Kerangka argumentasi buku juga bertumpu pada perbedaan antara geosentris dan toposentris. Perbedaan ini sangat penting karena KHGT menggunakan kriteria geosentris, sementara observasi lokal biasanya menggunakan parameter toposentris.

Dalam dokumen dasar buku ini, elongasi geosentris dijelaskan sebagai jarak sudut antara pusat piringan Bulan dan pusat piringan Matahari dengan titik acuan pusat Bumi. Nilai ini lebih mutlak dan tidak dipengaruhi oleh paralaks lokasi pengamat. Sebaliknya, tinggi hilal toposentris dihitung dari sudut pandang pengamat di permukaan Bumi dan dipengaruhi oleh lokasi, ketinggian, kelengkungan Bumi, serta refraksi atmosfer.

Buku ini akan menggunakan perbedaan tersebut untuk menjelaskan dua hal.

Pertama, toposentris sangat penting untuk observasi lokal. Jika seseorang ingin melihat hilal dari suatu tempat, maka tinggi toposentris, refraksi, horizon, dan kondisi atmosfer tidak dapat diabaikan. Inilah bahasa observasi.

Kedua, geosentris lebih sesuai untuk kalender global. Jika sebuah kalender ingin berlaku untuk seluruh dunia, ia membutuhkan parameter yang tidak berubah-ubah menurut lokasi. Inilah bahasa kalender global.

Kriteria KHGT  $5^\circ$ – $8^\circ$  berada pada bahasa kalender global. Artinya, ia tidak dimaksudkan untuk menggantikan semua model visibilitas lokal, tetapi untuk memberi ambang global yang seragam. Dengan demikian, buku ini akan menghindari kesalahan argumentatif: tidak menyatakan bahwa

tinggi geosentris identik dengan pengalaman pengamat lokal, tetapi menyatakan bahwa tinggi geosentris berguna sebagai syarat sistem kalender global.

## **G. Dari Kriteria Imkan Rukyat ke Kriteria Kalender**

Buku ini juga akan menegaskan bahwa kriteria KHGT tidak identik dengan kriteria imkan rukyat lokal. Imkan rukyat lokal berorientasi pada kemungkinan tampaknya hilal dari lokasi tertentu. Kalender global berorientasi pada penetapan tanggal secara seragam.

Perbedaan ini membawa konsekuensi penting. Kriteria imkan rukyat dapat memakai zona visibilitas, bantuan optik, peluang mata telanjang, dan parameter toposentris yang rinci. Kriteria kalender harus lebih sederhana, stabil, dan dapat diterapkan sebagai aturan tanggal.

Odeh membagi visibilitas dalam zona berdasarkan ARCV dan crescent width, termasuk zona terlihat mata telanjang, terlihat dengan bantuan optik, dan tidak terlihat. Model semacam ini sangat berguna untuk prediksi lokal. Namun kalender global membutuhkan rumusan yang dapat dijadikan keputusan umum. Maka, kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  adalah bentuk penyederhanaan normatif dari pengetahuan visibilitas, bukan pengingkaran terhadap kompleksitas visibilitas.

Dalam kerangka ini, buku akan mengembangkan argumen bahwa KHGT menggunakan data imkan rukyat, tetapi tidak berhenti pada imkan rukyat. Ia mengekstraksi prinsip dari data: hilal harus cukup tinggi dan cukup jauh dari Matahari. Prinsip itu kemudian dirumuskan dalam angka global:  $5^{\circ}$  dan  $8^{\circ}$ .

## **H. Argumentasi Sainifik dan Argumentasi Kemaslahatan**

Buku ini tidak hanya menyusun argumentasi saintifik, tetapi juga menghubungkannya dengan kemaslahatan kalender. Dalam konteks Islam, kalender bukan sekadar tabel tanggal. Kalender berhubungan dengan puasa, Idulfitri, Iduladha, ibadah haji, zakat, pendidikan, dakwah, dan kehidupan sosial umat.

Argumentasi saintifik diperlukan agar kriteria kalender memiliki dasar yang dapat diuji. Argumentasi kemaslahatan diperlukan agar kalender dipahami sebagai kebutuhan umat. KHGT bukan hanya benar jika parameter astronomisnya tepat; ia juga harus bermanfaat sebagai instrumen penyatuan dan kepastian waktu.

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  berada pada titik temu keduanya. Secara saintifik, ia berakar pada data visibilitas dan teori geometri Bulan–Matahari. Secara kemaslahatan, ia memberi peluang penyusunan kalender yang prediktif, seragam, dan dapat dipakai jauh hari. Kriteria ini mengurangi ketergantungan pada laporan lokal yang tidak selalu stabil, tetapi tetap menghormati data rukyat sebagai dasar empiris.

Dengan demikian, buku ini akan menghindari pendekatan yang hanya teknis. Setiap pembahasan astronomis akan diarahkan pada pertanyaan kalender: bagaimana data ini membantu membangun



KHGT? Mengapa angka ini relevan bagi penyatuan umat? Bagaimana ia menjawab perbedaan awal bulan?

## I. Struktur Gerak Argumentasi dari Bab ke Bab

Gerak argumentasi buku dapat dipahami sebagai tujuh tahap.

**Tahap pertama**, Bab 1 membangun problem dasar: kalender Hijriah menghadapi perbedaan awal bulan, sementara dunia modern membutuhkan kepastian dan kesatuan. Di sini KHGT diperkenalkan sebagai solusi yang memerlukan kriteria ilmiah.

**Tahap kedua**, Bab 2 masuk ke limit Danjon. Pembaca akan diajak memahami sejarah konsep limit Danjon, perkembangan tafsir ilmiahnya, serta mengapa limit ini penting untuk membahas elongasi  $8^\circ$ .

**Tahap ketiga**, Bab 3 membahas rekam jejak observasi hilal modern: John Pierce, Jim Stamm, Schaefer, ICOP, dan Odeh. Bab ini menunjukkan bahwa data observasi adalah fondasi utama untuk membaca angka  $6,4^\circ$ ,  $7,7^\circ$ , dan  $8^\circ$ .

**Tahap keempat**, Bab 4 membahas parameter visibilitas. Umur Bulan, lag, tinggi, elongasi, ARCV, DAZ, dan crescent width akan dianalisis. Tujuannya menunjukkan mengapa tinggi dan elongasi lebih relevan untuk kriteria kalender daripada umur dan lag semata.

**Tahap kelima**, Bab 5 membahas geosentris dan toposentris. Bab ini menjadi jembatan metodologis untuk membela penggunaan parameter geosentris dalam KHGT.

**Tahap keenam**, Bab 6 menyusun pembelaan utama kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$ . Di sini seluruh data dan teori sebelumnya disintesis untuk menunjukkan mengapa  $5^\circ$  dan  $8^\circ$  layak menjadi kriteria global.

**Tahap ketujuh**, Bab 7 membahas implikasi KHGT bagi penyatuan kalender, validasi observasi masa depan, edukasi publik, dan agenda riset lanjutan.

Dengan gerak seperti ini, buku tidak langsung memaksakan kesimpulan. Pembaca dibawa dari problem praktis menuju data, dari data menuju teori, dari teori menuju kriteria, dan dari kriteria menuju sistem kalender.

## J. Arah Akhir Argumentasi Buku

Arah akhir buku ini adalah membangun kesimpulan bahwa KHGT dengan kriteria tinggi hilal geosentris  $5^\circ$  dan elongasi geosentris  $8^\circ$  memiliki landasan yang dapat dipertanggungjawabkan. Landasan itu tidak bersifat tunggal, melainkan berlapis.

Lapisan pertama adalah **observasional**: data modern menunjukkan batas ekstrem visibilitas sekitar  $6,4^\circ$  dengan bantuan optik dan sekitar  $7,7^\circ$  untuk mata telanjang.

Lapisan kedua adalah **fisik-astronomis**: elongasi berkaitan dengan ketebalan sabit, sedangkan tinggi berkaitan dengan posisi Bulan terhadap horizon dan gangguan atmosfer.

Lapisan ketiga adalah **metodologis**: kalender global membutuhkan parameter yang lebih stabil daripada kondisi lokal, sehingga acuan geosentris memiliki fungsi penting.

Lapisan keempat adalah **sistemik**: kalender global membutuhkan kriteria yang dapat dihitung jauh hari, berlaku seragam, dan memiliki margin dari batas ekstrem.

Lapisan kelima adalah **kemaslahatan**: umat Islam membutuhkan kalender yang lebih pasti, seragam, dan dapat dipakai untuk kehidupan ibadah dan sosial modern.

Dengan lima lapisan ini, kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  tidak diposisikan sebagai angka dogmatis, tetapi sebagai hasil ijtihad ilmiah-kalender yang terbuka untuk diuji, dijelaskan, dan diperkuat oleh data observasi lanjutan.

## Simpulan Bab 1

Bab ini telah meletakkan fondasi problem dan arah argumentasi buku. Kalender Hijriah modern menghadapi problem mendasar berupa perbedaan awal bulan yang terus berulang karena perbedaan metode, kriteria, otoritas, dan cara membaca data observasi. Rukyat lokal memiliki nilai empiris yang besar, tetapi tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan kalender global yang memerlukan prediktabilitas, stabilitas, dan keseragaman.

KHGT muncul sebagai jawaban terhadap kebutuhan tersebut. Namun KHGT hanya akan kuat apabila kriterianya tidak bersifat arbitrer. Karena itu, kriteria tinggi hilal geosentris  $5^{\circ}$  dan elongasi geosentris  $8^{\circ}$  harus dijelaskan melalui data observasi hilal modern, teori visibilitas, dan kebutuhan sistem kalender global.

Bab ini juga menegaskan bahwa peralihan dari imkan rukyat lokal menuju KHGT bukanlah penolakan terhadap rukyat. Rukyat tetap penting sebagai sumber data dan validasi. Yang berubah adalah fungsi rukyat: dari pemutus lokal bulanan menjadi fondasi empiris bagi kriteria kalender global. Dalam kerangka itu, hisab menjadi model komputasional, sedangkan kalender menjadi sistem keputusan.

Posisi kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  mulai tampak jelas. Elongasi  $8^{\circ}$  memperoleh kekuatan karena berada di atas limit optik  $6,4^{\circ}$  dan rekor mata telanjang  $7,7^{\circ}$ . Tinggi  $5^{\circ}$  memperoleh fungsi sebagai batas geometri agar Bulan tidak berada terlalu rendah. Penggunaan acuan geosentris memberi stabilitas bagi kalender global. Dengan demikian, Bab 1 menjadi dasar bagi pembahasan Bab 2 tentang limit Danjon sebagai konsep kunci dalam memahami batas fisik dan observasional kenampakan hilal.

# Daftar Pustaka Bab 1

Caldwell, J. A. R., & Laney, C. D. (2000). *First visibility of the lunar crescent*. *African Skies*, 5, 15–23. Data bibliografis perlu diverifikasi ulang sebelum naskah final.

Doggett, L. E., & Schaefer, B. E. (1994). Lunar crescent visibility. *Icarus*, 107(2), 388–403. Data bibliografis perlu diverifikasi ulang sebelum naskah final.

Odeh, M. Sh. (2006). New criterion for lunar crescent visibility. *Experimental Astronomy*, 18, 39–64.

Schaefer, B. E. (1996). Lunar crescent visibility. *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, 37, 759–768.

Sultan, A. H. (2007). *First visibility of the lunar crescent: Beyond Danjon's limit*. Data bibliografis perlu diverifikasi ulang sebelum naskah final.

Yallop, B. D. (1997). *A method for predicting the first sighting of the new crescent moon* (NAO Technical Note No. 69). Royal Greenwich Observatory.

# BAB 2 — Limit Danjon: Sejarah, Konsep, dan Perkembangan Modern

## 2.1 Apa Itu Limit Danjon?

Limit Danjon adalah salah satu konsep paling penting dalam kajian visibilitas hilal modern. Secara sederhana, **Limit Danjon** menunjuk pada batas minimum jarak sudut antara Bulan dan Matahari—atau elongasi—di mana sabit Bulan masih mungkin terbentuk dan terlihat. Dalam konteks awal bulan Hijriah, konsep ini menjadi penting karena hilal yang dicari setelah konjungsi adalah sabit yang sangat tipis, sangat redup, dan berada dekat dengan cahaya senja Matahari. Semakin kecil elongasi Bulan–Matahari, semakin tipis sabit yang terbentuk; semakin tipis sabit, semakin sulit ia dideteksi oleh mata manusia ataupun alat optik.

Namun Limit Danjon tidak boleh dipahami secara terlalu sederhana sebagai angka tunggal yang berlaku kaku dalam semua keadaan. Dalam perkembangan astronomi modern, batas ini dipahami sebagai konsep yang berhubungan dengan beberapa faktor sekaligus: geometri iluminasi Bulan, lebar sabit, panjang busur sabit, kontras antara cahaya sabit dan cahaya langit senja, kondisi atmosfer, alat bantu pengamatan, dan kemampuan fisiologis pengamat. Karena itu, Limit Danjon bukan sekadar “jarak sudut minimum”, tetapi juga batas praktis antara **sabit yang secara fisik mungkin terdeteksi** dan **sabit yang terlalu tipis atau terlalu lemah untuk dikenali**.

Dalam diskursus Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT), Limit Danjon memiliki fungsi strategis. Ia membantu menjawab pertanyaan: **seberapa jauh Bulan harus terpisah dari Matahari agar sabitnya memiliki dasar fisik untuk dijadikan penanda awal bulan?** Jika elongasi terlalu kecil, sabit belum cukup berkembang; jika elongasi sudah melewati batas tertentu, sabit menjadi lebih mungkin terbentuk dan terdeteksi. Di sinilah kriteria elongasi geosentris minimal  $8^\circ$  memperoleh landasan awalnya. Angka  $8^\circ$  tidak berdiri di ruang kosong, tetapi dapat dibaca sebagai angka yang berada di atas batas ekstrem modern: sekitar  $6,4^\circ$  untuk pengamatan dengan bantuan optik dan sekitar  $7,7^\circ$  untuk pengamatan mata telanjang.

### A. Pengertian Dasar: Elongasi dan Pembentukan Sabit

Untuk memahami Limit Danjon, terlebih dahulu perlu dipahami pengertian **elongasi**. Elongasi adalah jarak sudut antara Bulan dan Matahari jika dilihat dari titik acuan tertentu. Dalam pembahasan KHGT, elongasi yang menjadi perhatian utama adalah **elongasi geosentris**, yaitu jarak sudut antara pusat piringan Bulan dan pusat piringan Matahari dengan titik acuan pusat Bumi. Dokumen dasar buku ini menjelaskan bahwa elongasi geosentris bersifat lebih mutlak karena tidak dipengaruhi oleh pergeseran sudut pandang pengamat di permukaan Bumi.

Setelah konjungsi, Bulan mulai bergerak menjauh dari Matahari secara sudut. Pada saat elongasi masih sangat kecil, bagian Bulan yang diterangi Matahari hanya membentuk sabit yang amat tipis. Ketipisan ini menyebabkan dua persoalan sekaligus. Pertama, cahaya yang dipantulkan ke arah Bumi sangat lemah. Kedua, sabit berada sangat dekat dengan Matahari di langit sehingga harus

bersaing dengan cahaya senja yang masih terang. Akibatnya, hilal muda menjadi salah satu objek langit yang paling sulit diamati.

Secara fisik, semakin besar elongasi, semakin besar pula bagian sabit yang diterangi dan semakin mudah ia dikenali. Namun hubungan ini tidak sepenuhnya linear dan tidak berdiri sendiri. Lebar sabit juga dipengaruhi oleh jarak Bulan dari Bumi. Untuk elongasi yang sama, Bulan yang lebih dekat ke Bumi dapat memiliki lebar sabit yang sedikit berbeda dibanding Bulan yang lebih jauh. Karena itu, dalam model visibilitas modern, elongasi sering dilengkapi dengan parameter lain seperti **crescent width**, yaitu lebar bagian Bulan yang diterangi Matahari. Odeh menegaskan bahwa **crescent width** merupakan parameter yang lebih langsung untuk menggambarkan kecerlangan intrinsik sabit dibanding umur Bulan.

Limit Danjon berada pada titik ini: ia berkaitan dengan batas minimum elongasi di mana sabit Bulan cukup terbentuk untuk memiliki peluang dikenali. Jika elongasi terlalu kecil, sabit bukan hanya sulit terlihat, tetapi secara praktis berada di bawah ambang deteksi.

## B. Limit Danjon sebagai Konsep Batas, Bukan Sekadar Angka

Istilah “limit” dalam Limit Danjon sering menimbulkan kesan bahwa ada satu angka pasti yang memisahkan secara mutlak antara hilal terlihat dan tidak terlihat. Pemahaman ini perlu dikoreksi. Dalam praktik observasi, tidak ada satu angka elongasi yang secara absolut menjamin bahwa hilal pasti terlihat atau pasti tidak terlihat dalam semua kondisi.

Visibilitas hilal selalu dipengaruhi oleh banyak faktor. Bulan dengan elongasi yang sama dapat terlihat di satu tempat dan gagal terlihat di tempat lain. Perbedaannya bisa disebabkan oleh ketinggian Bulan, beda azimut terhadap Matahari, transparansi atmosfer, kelembapan, polusi cahaya, aerosol, elevasi pengamat, kualitas alat optik, dan pengalaman observer. Schaefer menekankan bahwa visibilitas sabit Bulan merupakan problem kompleks yang melibatkan perhitungan orbit, hamburan cahaya Bulan, hamburan atmosfer, dan fisiologi penglihatan.

Karena itu, Limit Danjon lebih tepat dipahami sebagai **zona batas** daripada garis matematis absolut. Di dekat limit, visibilitas menjadi sangat sensitif terhadap kondisi pengamatan. Sedikit perubahan atmosfer, waktu pengamatan, atau kualitas alat dapat menentukan berhasil atau gagalnya pengamatan. Inilah sebabnya data rekor hilal muda harus dibaca hati-hati.

Schaefer menunjukkan bahwa laporan hilal muda perlu disaring secara ketat. Laporan yang dapat dipercaya harus memperhatikan pengalaman pengamat, kesiapan observasi, ketepatan pelaporan, serta konsistensi detail laporan dengan perhitungan astronomis. Pernyataan ini memperlihatkan bahwa wilayah dekat Limit Danjon bukan wilayah yang aman untuk keputusan kalender global. Ia adalah wilayah riset, wilayah validasi, dan wilayah kompetisi observasi ekstrem, tetapi bukan otomatis wilayah yang layak dijadikan ambang kalender.

Dalam konteks KHGT, pembedaan ini sangat penting. Jika Limit Danjon dianggap sebagai angka minimal kemungkinan fisik, maka kriteria kalender global harus berada di atasnya. Kalender

global tidak boleh diletakkan tepat pada limit karena kalender membutuhkan stabilitas, bukan sekadar kemungkinan ekstrem.

## C. Limit Danjon dan Rekam Jejak Angka $6,4^\circ$ serta $7,7^\circ$

Dalam perkembangan modern, dua angka sering menjadi rujukan penting dalam pembahasan Limit Danjon dan visibilitas hilal tipis:  $6,4^\circ$  dan  $7,7^\circ$ . Angka  $6,4^\circ$  dikaitkan dengan batas minimum pengamatan hilal menggunakan bantuan optik, sedangkan angka  $7,7^\circ$  dikaitkan dengan rekor pengamatan mata telanjang. Dokumen dasar buku ini menyebutkan bahwa  $7,7^\circ$  merujuk pada rekor observasi mata telanjang John Pierce, sedangkan  $6,4^\circ$  merujuk pada batas mutlak visibilitas hilal menggunakan alat optik yang dikaitkan dengan Jim Stamm dan dianalisis dalam kerangka Odeh.

Odeh secara eksplisit menyatakan bahwa dari basis data yang digunakannya, minimum elongasi untuk hilal yang terlihat dengan bantuan optik adalah  $6,4^\circ$ , sedangkan minimum elongasi untuk hilal yang terlihat dengan mata telanjang adalah  $7,7^\circ$ . Dalam abstrak artikelnya, Odeh juga menyebut bahwa kriteria barunya dibangun berdasarkan 737 observasi dan dari basis data tersebut ditemukan Limit Danjon sebesar  $6,4^\circ$ .

Angka  $6,4^\circ$  memiliki nilai ilmiah yang sangat penting karena menunjukkan bahwa dengan bantuan alat dan kondisi tertentu, sabit yang sangat tipis dapat dideteksi pada elongasi lebih rendah daripada batas klasik yang sering diasumsikan. Akan tetapi, karena angka ini berasal dari batas optik ekstrem, ia tidak boleh langsung dijadikan kriteria kalender global.

Angka  $7,7^\circ$  juga penting karena berkaitan dengan pengamatan mata telanjang. Jika benar bahwa hilal pernah terlihat tanpa alat pada elongasi sekitar  $7,7^\circ$ , maka angka ini menunjukkan batas kemampuan visual manusia dalam kondisi yang sangat baik. Namun, sama seperti  $6,4^\circ$ , angka  $7,7^\circ$  juga tetap merupakan rekor ekstrem. Rekor ekstrem bukan keadaan rata-rata, bukan keadaan mudah, dan bukan keadaan yang selalu dapat direplikasi.

Di sinilah elongasi  $8^\circ$  memperoleh posisi argumentatif. Ia berada sedikit di atas rekor mata telanjang  $7,7^\circ$  dan cukup jauh di atas limit optik  $6,4^\circ$ . Dengan demikian,  $8^\circ$  dapat dipahami sebagai ambang yang mengambil pelajaran dari data ekstrem, tetapi tidak menempatkan kalender global tepat pada titik ekstrem tersebut.

## D. Mengapa Limit Danjon Penting bagi Kalender Hijriah?

Limit Danjon penting bagi kalender Hijriah karena awal bulan kamariah berkaitan dengan kemunculan sabit muda setelah konjungsi. Jika tidak ada pemahaman tentang batas fisik dan observasional sabit muda, maka kriteria kalender dapat jatuh ke dalam salah satu dari dua kesalahan.

Kesalahan pertama adalah menetapkan awal bulan terlalu dini, misalnya hanya karena Bulan sudah berada di atas ufuk atau konjungsi sudah terjadi. Masalahnya, Bulan yang sudah ada secara geometris belum tentu menghasilkan sabit yang bermakna secara visibilitas. Jika elongasinya



sangat kecil, sabitnya terlalu tipis dan terlalu dekat dengan Matahari. Dalam situasi seperti ini, penetapan awal bulan kehilangan hubungan dengan konsep hilal sebagai sabit muda yang dapat dikenali.

Kesalahan kedua adalah menetapkan kriteria terlalu tinggi sehingga kalender menjadi terlalu konservatif. Jika kriteria terlalu jauh di atas data observasi, maka kalender dapat menunda awal bulan meskipun secara astronomis sabit sudah memiliki peluang yang cukup. Kriteria yang terlalu tinggi juga dapat dipandang tidak sensitif terhadap kemajuan data observasi dan instrumen modern.

Limit Danjon membantu menghindari kedua kesalahan tersebut. Ia memberi informasi tentang batas bawah visibilitas, sehingga kalender tidak terlalu rendah. Tetapi ia juga mengingatkan bahwa batas bawah tidak sama dengan ambang aman, sehingga kalender tidak boleh berdiri tepat pada limit.

Dalam KHGT, pemahaman ini menghasilkan posisi yang proporsional. Elongasi  $8^\circ$  tidak serendah  $6,4^\circ$  dan tidak tepat pada  $7,7^\circ$ . Ia sedikit lebih tinggi daripada rekor mata telanjang, sehingga memberikan margin. Namun ia juga tidak terlalu tinggi, sehingga tetap dekat dengan realitas observasi modern.

## E. Limit Danjon, Crescent Width, dan Kecerlangan Sabit

Salah satu cara memahami Limit Danjon adalah melalui hubungan antara elongasi dan **crescent width**. Crescent width adalah ukuran lebar bagian Bulan yang diterangi Matahari. Semakin besar elongasi, umumnya semakin besar lebar sabit. Namun seperti telah disebutkan, crescent width tidak hanya ditentukan oleh elongasi; jarak Bulan dari Bumi juga berpengaruh.

Odeh menekankan bahwa untuk memprediksi visibilitas hilal secara lebih baik, parameter yang berkaitan dengan kecerlangan intrinsik sabit harus dipakai. Ia menyatakan bahwa umur Bulan tidak cukup baik untuk menggambarkan kecerlangan sabit, sementara crescent width lebih langsung menunjukkan keadaan sabit. Inilah sebabnya kriteria Odeh menggunakan topocentric crescent width bersama topocentric arc of vision.

Dalam konteks Limit Danjon, crescent width membantu menjelaskan mengapa sabit pada elongasi terlalu kecil sulit terlihat. Bukan hanya karena Bulan dekat dengan Matahari, tetapi karena bagian yang diterangi sangat sempit. Jika sabit terlalu tipis, cahaya yang diterima mata atau alat terlalu lemah dibanding latar langit senja.

Konsep ini memperkuat argumentasi KHGT. Elongasi  $8^\circ$  bukan hanya angka sudut, tetapi indikator bahwa sabit sudah memiliki keterpisahan dari Matahari yang lebih baik dan ketebalan yang lebih bermakna. Meskipun crescent width adalah parameter yang lebih langsung dalam model visibilitas, elongasi tetap menjadi parameter kalender yang kuat karena sederhana, dapat dihitung dengan presisi, dan berkaitan erat dengan pembentukan sabit.

Dengan demikian, KHGT menggunakan elongasi  $8^\circ$  sebagai parameter yang secara praktis mewakili aspek kecerlangan dan ketebalan sabit dalam bentuk yang lebih sederhana untuk kalender global.

## F. Limit Danjon dan Perbedaan Mata Telanjang serta Alat Optik

Pembahasan Limit Danjon tidak dapat dilepaskan dari perbedaan antara pengamatan mata telanjang dan pengamatan dengan alat optik. Mata manusia memiliki batas sensitivitas tertentu. Alat optik seperti binokular, teleskop, kamera CCD, atau pemrosesan citra digital dapat memperluas kemampuan deteksi. Karena itu, limit untuk mata telanjang dan limit untuk alat optik tidak selalu sama.

Data modern menunjukkan perbedaan ini secara jelas. Odeh menyebut minimum elongasi  $6,4^\circ$  untuk pengamatan dengan bantuan optik dan  $7,7^\circ$  untuk pengamatan mata telanjang. Perbedaan ini logis: alat optik dapat mengumpulkan lebih banyak cahaya, memperbesar citra, dan membantu pengamat menemukan sabit yang sangat tipis. Dalam beberapa kasus, teknik fotografi dan pemrosesan citra bahkan dapat mendeteksi sabit yang jauh lebih sulit bagi mata manusia.

Namun kalender global harus berhati-hati dalam menggunakan data alat optik. Jika kalender berbasis pada kemampuan alat optik ekstrem, maka ia berpotensi menjauh dari pengalaman rukyat biasa dan menempatkan umat pada batas yang hanya dapat dicapai dalam kondisi teknis khusus. Ini tidak berarti alat optik tidak sah atau tidak penting. Alat optik sangat penting untuk riset, validasi, dokumentasi, dan pengembangan model. Namun ambang kalender global sebaiknya tidak disamakan dengan limit instrumental ekstrem.

Elongasi  $8^\circ$  memiliki keunggulan karena berada di atas batas mata telanjang modern. Dengan demikian, ia tidak semata-mata bergantung pada kemampuan alat optik. Hal ini penting untuk legitimasi kalender berbasis hilal. Jika kriteria kalender berada di bawah batas mata telanjang dan hanya didukung oleh optik ekstrem, maka sebagian masyarakat dapat menganggap kalender terlalu jauh dari konsep hilal yang dapat diamati secara natural. Sebaliknya,  $8^\circ$  masih dapat dijelaskan sebagai ambang yang menghormati batas mata telanjang sekaligus menerima kemajuan observasi modern.

## G. Limit Danjon dan Prinsip Kehati-hatian Kalender

Dalam sistem kalender global, prinsip kehati-hatian sangat penting. Kalender tidak hanya digunakan oleh astronom, tetapi oleh jutaan bahkan miliaran orang untuk ibadah, pendidikan, administrasi, ekonomi, dan kehidupan sosial. Karena itu, kriteria kalender harus menghindari wilayah yang terlalu rapuh.

Wilayah dekat Limit Danjon adalah wilayah rapuh. Di sana, hilal sangat tipis, kontrasnya rendah, dan keberhasilan pengamatan sangat bergantung pada kondisi ideal. Jika kalender global menggunakan angka terlalu dekat dengan limit, maka setiap bulan yang berada di wilayah batas akan mudah diperdebatkan. Apakah hilal benar-benar mungkin terlihat? Apakah laporan ekstrem

dapat dipercaya? Apakah alat yang digunakan memadai? Apakah kondisi atmosfer setara di tempat lain? Pertanyaan semacam ini dapat mengganggu fungsi kalender sebagai sistem kepastian.

Oleh karena itu, kriteria kalender membutuhkan jarak aman dari limit. Dalam rekayasa sistem, ambang operasional biasanya tidak diletakkan tepat pada batas kegagalan. Demikian pula dalam kalender. Jika  $6,4^\circ$  adalah batas optik ekstrem dan  $7,7^\circ$  adalah rekor mata telanjang, maka  $8^\circ$  memberi jarak aman minimal dari keduanya. Jarak ini mungkin tidak besar, tetapi secara konseptual penting: ia menandakan bahwa KHGT tidak menggunakan limit ekstrem sebagai standar operasional.

Prinsip kehati-hatian ini juga berlaku untuk tinggi  $5^\circ$ . Bulan yang terlalu rendah terhadap horizon berada dalam kondisi yang sangat dipengaruhi atmosfer. Tinggi  $5^\circ$  memberi pengaman agar awal bulan tidak ditetapkan ketika Bulan terlalu dekat dengan horizon secara geometri. Dengan demikian,  $5^\circ$  dan  $8^\circ$  bersama-sama membentuk prinsip kehati-hatian: sabit harus cukup terpisah dari Matahari dan Bulan harus cukup tinggi.

## H. Limit Danjon dalam Perspektif KHGT

Dalam perspektif KHGT, Limit Danjon bukan tujuan akhir, tetapi dasar argumentasi. KHGT tidak berusaha menetapkan awal bulan pada limit paling rendah yang mungkin dicapai manusia atau alat. KHGT berusaha menyusun kalender yang stabil, global, dan berbasis data. Oleh karena itu, Limit Danjon digunakan untuk menentukan batas bawah yang harus dilampaui, bukan batas yang harus ditempati.

Kriteria elongasi  $8^\circ$  dapat dijelaskan dengan logika berikut:

1. Hilal memerlukan elongasi tertentu agar sabitnya terbentuk dan cukup bermakna.
2. Data modern menunjukkan bahwa limit optik ekstrem berada sekitar  $6,4^\circ$ .
3. Data mata telanjang ekstrem berada sekitar  $7,7^\circ$ .
4. Kalender global tidak sebaiknya berdiri pada batas ekstrem.
5. Elongasi  $8^\circ$  berada di atas kedua batas penting tersebut.
6. Karena itu,  $8^\circ$  merupakan ambang yang logis sebagai kriteria kalender global.

Argumen ini tidak menyatakan bahwa hilal pasti terlihat di semua lokasi ketika elongasi mencapai  $8^\circ$ . Pernyataan seperti itu keliru karena visibilitas lokal masih dipengaruhi oleh banyak faktor. Argumen yang lebih tepat adalah: ketika elongasi geosentris telah mencapai  $8^\circ$ , konfigurasi Bulan–Matahari telah melampaui batas ekstrem modern yang dikenal, sehingga lebih layak menjadi dasar kriteria kalender global.

Dengan demikian, KHGT tidak mereduksi visibilitas hilal menjadi satu angka, tetapi memakai angka  $8^\circ$  sebagai indikator global yang sederhana dan kuat. Untuk analisis lokal, model lebih kompleks seperti Odeh, Yallop, atau SAAO tetap dapat digunakan. Namun untuk kalender global,  $8^\circ$  menyediakan ambang yang komunikatif, stabil, dan berbasis data.

## I. Kesalahan Umum dalam Memahami Limit Danjon

Ada beberapa kesalahan umum dalam memahami Limit Danjon yang perlu dihindari sejak awal.

Pertama, menganggap Limit Danjon sebagai angka absolut yang tidak dapat berubah. Padahal, perkembangan alat, kualitas data, dan model atmosfer dapat mengubah pemahaman terhadap batas visibilitas. Angka limit harus dibaca dalam konteks metode pengamatan dan kualitas data.

Kedua, menganggap bahwa jika ada hilal terlihat di bawah angka tertentu, maka semua kriteria kalender harus diturunkan. Ini keliru. Rekorder ekstrem memperluas pengetahuan tentang batas kemampuan observasi, tetapi tidak otomatis menjadi ambang kalender.

Ketiga, mencampuradukkan pengamatan optik dan mata telanjang. Batas optik  $6,4^\circ$  tidak sama maknanya dengan batas mata telanjang  $7,7^\circ$ . Kalender global perlu mempertimbangkan perbedaan ini karena keduanya memiliki implikasi sosial dan epistemologis berbeda.

Keempat, mengabaikan tinggi Bulan. Elongasi penting, tetapi tidak cukup. Bulan dengan elongasi cukup dapat tetap sulit terlihat jika terlalu rendah. Karena itu, KHGT memadukan elongasi  $8^\circ$  dengan tinggi  $5^\circ$ .

Kelima, mencampuradukkan geosentris dan toposentris. Dalam observasi lokal, toposentris sangat penting; dalam kalender global, geosentris memberi keseragaman. Dokumen dasar buku ini secara jelas membedakan elongasi geosentris sebagai parameter yang lebih mutlak dan tinggi toposentris sebagai parameter yang dipengaruhi kondisi pengamat.

Dengan menghindari kesalahan-kesalahan ini, Limit Danjon dapat dipakai secara tepat: bukan sebagai angka tunggal yang menutup diskusi, tetapi sebagai konsep batas yang membantu membangun kriteria kalender global secara lebih rasional.

## J. Implikasi Konseptual untuk Pembahasan Berikutnya

Subbab ini telah menjelaskan bahwa Limit Danjon adalah konsep batas minimum elongasi Bulan–Matahari yang berkaitan dengan kemungkinan terbentuk dan terlihatnya sabit Bulan. Dalam perkembangan modern, data observasi menunjukkan bahwa batas ini perlu dibaca secara lebih kompleks, terutama karena perbedaan antara mata telanjang dan alat optik.

Bagi KHGT, makna terpenting Limit Danjon adalah bahwa kalender global harus memiliki jarak aman dari batas ekstrem visibilitas. Data  $6,4^\circ$  dan  $7,7^\circ$  sangat penting, tetapi keduanya lebih tepat dipahami sebagai batas observasional, bukan ambang operasional kalender global. Elongasi  $8^\circ$  memperoleh kekuatan karena berada di atas keduanya.

Dengan demikian, Limit Danjon menjadi pintu masuk untuk membangun pembelaan saintifik terhadap kriteria elongasi geosentris  $8^\circ$ . Namun untuk memahami konsep ini secara lebih lengkap, perlu dilihat sejarahnya: bagaimana Danjon merumuskan gagasannya, bagaimana astronom

modern menafsirkannya ulang, dan bagaimana data observasi mutakhir memperhalus batas tersebut.

Subbab berikutnya akan membahas Danjon 1936 dan problem panjang busur sabit sebagai akar historis konsep Limit Danjon.

## 2.2 Danjon 1936 dan Problem Panjang Busur Sabit

Pembahasan tentang Limit Danjon tidak dapat dilepaskan dari pertanyaan dasar: **mengapa sabit Bulan yang sangat muda menjadi sangat sulit atau bahkan tidak mungkin terlihat ketika elongasinya terlalu kecil?** Pertanyaan ini tidak hanya berkaitan dengan jarak sudut Bulan–Matahari, tetapi juga dengan bentuk fisik sabit yang tampak dari Bumi. Pada elongasi yang sangat kecil, sabit Bulan bukan hanya tipis, tetapi juga pendek, redup, terputus-putus, dan memiliki kontras yang sangat rendah terhadap langit senja. Inilah latar munculnya gagasan Danjon tentang batas minimum kenampakan sabit.

Secara historis, André Danjon dikenal karena mengajukan gagasan bahwa pada elongasi yang sangat kecil, sabit Bulan tidak lagi tampak sebagai busur utuh yang cukup panjang untuk dikenali. Sabit menjadi terlalu tipis dan terlalu pendek sehingga gagal melampaui ambang deteksi visual. Dengan kata lain, problem hilal muda bukan hanya problem “Bulan sudah berada di atas ufuk atau belum”, melainkan problem **apakah sabit yang terbentuk sudah memiliki panjang busur, ketebalan, dan kecerlangan yang cukup untuk dikenali sebagai hilal.**

Gagasan Danjon kemudian menjadi penting dalam ilmu falak modern karena memberi dasar fisik bagi pemahaman bahwa hilal tidak mungkin terlihat pada elongasi yang terlalu kecil. Namun perkembangan observasi modern menunjukkan bahwa nilai batas itu tidak dapat dipahami secara kaku. Data Schaefer, Odeh, ICOP, dan pengamatan modern memperlihatkan bahwa batas visibilitas dipengaruhi oleh alat, atmosfer, pengalaman pengamat, dan metode verifikasi. Dalam konteks KHGT, pembahasan Danjon tetap penting karena menjadi dasar untuk memahami mengapa elongasi  $8^\circ$  merupakan ambang yang lebih aman dibanding batas ekstrem  $6,4^\circ$  atau rekor mata telanjang sekitar  $7,7^\circ$ .

### A. Sabit Bulan sebagai Fenomena Geometri Cahaya

Sabit Bulan terbentuk karena posisi relatif Bulan, Bumi, dan Matahari. Setelah konjungsi, Bulan mulai bergerak menjauh dari Matahari secara sudut. Bagian Bulan yang diterangi Matahari mulai tampak dari Bumi sebagai sabit tipis. Semakin besar elongasi, semakin besar fraksi permukaan Bulan yang tampak bercahaya, dan semakin mudah sabit dikenali.

Namun pada elongasi yang sangat kecil, bagian terang Bulan sangat sempit. Sabit tidak hanya kecil dalam lebar, tetapi juga lemah dalam intensitas cahaya. Cahaya sabit harus bersaing dengan langit senja yang masih terang karena posisi Bulan masih dekat dengan Matahari. Jika sabit terlalu tipis, mata manusia atau alat optik sulit membedakannya dari latar cahaya senja.

Ini adalah problem dasar yang ingin dijelaskan oleh konsep Danjon. Sabit Bulan bukan titik cahaya seperti bintang. Ia adalah objek memanjang, tipis, dan berstruktur. Agar terlihat, sabit harus memiliki kombinasi beberapa sifat: lebar cukup, panjang busur cukup, kecerlangan cukup, dan kontras cukup. Jika salah satu atau beberapa unsur ini terlalu lemah, hilal tidak akan terdeteksi.

Odeh menjelaskan bahwa prediksi visibilitas hilal tidak dapat diandalkan hanya dengan satu parameter. Diperlukan parameter yang mewakili kecerlangan intrinsik sabit dan parameter yang mewakili jaraknya dari horizon. Ia menyatakan bahwa **crescent width** lebih langsung menggambarkan kecerlangan sabit dibanding umur Bulan, sedangkan **arc of vision** berhubungan dengan posisi Bulan terhadap horizon. Dengan demikian, gagasan Danjon tentang batas sabit dapat dipahami sebagai bagian dari problem yang lebih luas: sabit muda harus cukup “berbentuk” dan cukup “bercahaya” untuk dapat dikenali.

## B. Panjang Busur Sabit dan Ambang Deteksi Visual

Dalam pembahasan klasik Limit Danjon, salah satu isu penting adalah panjang busur sabit. Ketika elongasi kecil, sabit tidak tampak sebagai lengkungan yang panjang dan jelas. Bagian sabit yang cukup terang untuk terlihat hanya berupa busur sangat pendek. Dalam keadaan ekstrem, sabit dapat begitu pendek sehingga otak pengamat tidak mampu membedakannya sebagai bentuk Bulan.

Panjang busur sabit penting karena penglihatan manusia tidak hanya mendeteksi cahaya, tetapi juga pola. Sebuah titik redup mungkin sulit dikenali sebagai hilal. Sebaliknya, busur tipis yang cukup panjang lebih mudah dikenali karena memiliki bentuk khas. Hilal bukan sekadar cahaya, melainkan bentuk sabit. Oleh karena itu, visibilitas hilal berkaitan dengan kemampuan sistem visual untuk mengenali pola lengkung yang sangat lemah di atas latar langit senja.

Masalah panjang busur ini juga menjelaskan mengapa elongasi sangat penting. Elongasi yang lebih besar memberi peluang terbentuknya sabit yang lebih panjang dan lebih lebar. Semakin jauh Bulan dari Matahari secara sudut, semakin besar bagian Bulan yang diterangi yang dapat tampak dari Bumi. Sebaliknya, ketika elongasi terlalu kecil, sabit terlalu tipis dan terlalu pendek.

Namun panjang busur bukan satu-satunya faktor. Sabit yang cukup panjang pun dapat gagal terlihat jika terlalu rendah, jika langit terlalu terang, atau jika atmosfer buruk. Karena itu, dalam model modern, panjang busur harus dipahami bersama faktor lain seperti **crescent width**, **ARCV**, **DAZ**, dan kondisi atmosfer.

Schaefer menekankan bahwa visibilitas sabit Bulan merupakan problem yang melibatkan orbit Bulan, hamburan cahaya Bulan, hamburan atmosfer, dan fisiologi penglihatan. Pernyataan ini memperluas gagasan Danjon: batas visibilitas bukan hanya akibat bentuk sabit, tetapi juga akibat interaksi antara bentuk sabit dan sistem optik atmosfer-mata.



## C. Dari Busur Sabit ke Limit Elongasi

Gagasan Danjon menghubungkan bentuk sabit dengan limit elongasi. Jika elongasi terlalu kecil, sabit menjadi terlalu pendek dan terlalu tipis. Maka harus ada batas minimum elongasi di bawah mana sabit tidak mungkin terlihat. Inilah inti Limit Danjon.

Dalam literatur dan diskursus modern, nilai limit ini mengalami penafsiran ulang. Pada masa awal, limit sering dikaitkan dengan angka sekitar  $7^\circ$ . Namun data modern dan penggunaan alat optik memperlihatkan bahwa batas tersebut dapat lebih rendah dalam kondisi tertentu. Odeh, berdasarkan basis data 737 observasi, menyimpulkan bahwa limit Danjon untuk pengamatan dengan bantuan optik berada pada sekitar  $6,4^\circ$ .

Data ini sangat penting karena menunjukkan bahwa batas Danjon bukan nilai metafisik yang beku. Ia bergantung pada definisi “terlihat”, jenis pengamatan, kualitas alat, kualitas atmosfer, dan validitas laporan. Dengan alat optik, pengamat dapat mendeteksi sabit lebih tipis daripada mata telanjang. Dengan lokasi yang sangat baik dan persiapan presisi, rekor dapat mendekati batas ekstrem.

Namun justru karena batas itu dapat didorong oleh teknik dan kondisi khusus, kalender global harus berhati-hati. Jika limit optik  $6,4^\circ$  dijadikan kriteria kalender, maka kalender akan bergantung pada batas yang hanya dapat dicapai dalam kondisi ekstrem. Dalam konteks KHGT, lebih masuk akal menjadikan  $6,4^\circ$  sebagai bukti batas bawah, lalu memilih  $8^\circ$  sebagai ambang yang lebih aman.

Dengan demikian, hubungan antara panjang busur sabit dan elongasi memberi dasar fisik bagi angka  $8^\circ$ . Elongasi  $8^\circ$  menunjukkan bahwa sabit telah bergerak melewati wilayah ekstrem di mana busur sabit terlalu pendek dan terlalu rapuh secara visibilitas.

## D. Danjon dan Kritik terhadap Prinsip “Asal Wujud”

Gagasan Danjon secara tidak langsung menjadi kritik terhadap prinsip yang terlalu minimalis dalam penentuan awal bulan, yakni prinsip bahwa awal bulan cukup didasarkan pada keberadaan Bulan di atas ufuk setelah konjungsi. Prinsip seperti ini memang sederhana dan sangat mudah dihitung. Namun dari perspektif visibilitas hilal, “wujud” belum tentu berarti “hilal”.

Sebuah Bulan dapat berada di atas ufuk tetapi elongasinya masih sangat kecil. Dalam keadaan seperti itu, sabit belum cukup terbentuk secara visual. Jika sabit tidak memiliki panjang busur dan ketebalan yang bermakna, maka ia tidak memenuhi konsep hilal sebagai sabit muda yang dapat dikenali. Dengan kata lain, keberadaan geometris Bulan tidak identik dengan keberadaan fenomenologis hilal.

Limit Danjon memperjelas perbedaan ini. Ia menunjukkan bahwa ada batas fisik-visibilitas yang harus dilampaui agar sabit muda memiliki makna observasional. Dalam konteks kalender berbasis hilal, batas ini tidak boleh diabaikan. Kalender yang mengabaikan limit visibilitas berisiko terlalu abstrak dan terlalu jauh dari fenomena hilal.

KHGT dengan kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  menghindari kelemahan prinsip “asal wujud”. Dengan elongasi  $8^{\circ}$ , KHGT memastikan bahwa Bulan tidak hanya ada secara geometris, tetapi telah cukup terpisah dari Matahari untuk menghasilkan sabit yang bermakna. Dengan tinggi  $5^{\circ}$ , KHGT memastikan bahwa Bulan tidak hanya berada sedikit di atas horizon, tetapi memiliki posisi geometri yang lebih layak bagi kalender global.

Dengan demikian, Danjon membantu membangun argumentasi bahwa kalender Hijriah tidak cukup bertumpu pada eksistensi Bulan setelah konjungsi. Kalender berbasis hilal harus memperhatikan apakah sabit telah melampaui batas pembentukan dan visibilitas yang memadai.

## E. Danjon dan Kritik terhadap Umur Bulan sebagai Parameter Tunggal

Selain mengkritik prinsip “asal wujud”, gagasan Danjon juga membantu menjelaskan kelemahan umur Bulan sebagai parameter tunggal. Umur Bulan menunjukkan berapa lama waktu telah berlalu sejak konjungsi. Secara umum, semakin tua Bulan, semakin besar peluang hilal terlihat. Namun hubungan ini tidak cukup kuat karena umur Bulan tidak langsung menentukan panjang busur, lebar sabit, tinggi Bulan, atau elongasi.

Schaefer menunjukkan bahwa kriteria umur Bulan merupakan prediktor yang buruk. Dalam data individual yang ia kaji, Bulan yang sangat muda dapat terlihat, sementara Bulan yang jauh lebih tua dapat gagal terlihat. Ia menyimpulkan bahwa umur Bulan tidak dapat memberikan prediksi yang andal.

Odeh juga menyatakan bahwa umur Bulan sangat buruk dalam menggambarkan kecerlangan intrinsik sabit. Menurutnya, parameter yang lebih baik ialah ARCL atau elongasi, dan yang lebih langsung lagi ialah crescent width.

Dari perspektif Danjon, hal ini dapat dipahami dengan jelas. Yang menentukan sabit bukan umur semata, melainkan geometri iluminasi. Bulan berumur sama dapat memiliki elongasi berbeda karena kemiringan orbit Bulan terhadap ekliptika, posisi Bulan terhadap perigee-apogee, dan geometri relatif terhadap horizon. Karena itu, umur Bulan bukan ukuran langsung panjang busur sabit.

Kriteria KHGT yang memakai elongasi  $8^{\circ}$  lebih sesuai dengan pemahaman Danjon dibanding kriteria umur. Elongasi langsung berkaitan dengan pembentukan sabit, sedangkan umur hanya parameter waktu. Dengan demikian, pilihan elongasi sebagai syarat utama merupakan pilihan yang lebih fisik dan lebih dekat dengan realitas hilal.

## F. Problem Atmosfer dalam Pembacaan Busur Sabit

Panjang busur sabit tidak dapat dipisahkan dari atmosfer. Sabit yang secara geometri ada harus dilihat melalui atmosfer Bumi. Pada saat hilal muda diamati, langit barat masih terang oleh cahaya senja. Atmosfer menyebarkan cahaya Matahari dan menciptakan latar yang terang. Sabit yang sangat tipis harus memiliki kontras cukup terhadap latar ini.

Jika Bulan rendah, cahaya sabit melewati lapisan atmosfer yang lebih tebal. Akibatnya, cahaya hilal mengalami ekstingsi lebih besar. Selain itu, dekat horizon terdapat lebih banyak aerosol, debu, uap air, polusi, dan gangguan optik. Semua faktor ini membuat sabit pendek dan tipis semakin sulit terlihat.

Inilah alasan mengapa kriteria KHGT tidak cukup memakai elongasi. Meskipun elongasi menggambarkan pembentukan sabit, tinggi Bulan tetap diperlukan untuk menilai posisi terhadap horizon. Tinggi  $5^\circ$  dalam KHGT berfungsi sebagai syarat tambahan agar hilal tidak berada terlalu rendah dalam geometri global.

Schaefer menekankan bahwa elevasi tempat pengamatan dapat menentukan keberhasilan pengamatan hilal muda. Dalam pembahasan rekor, ia menyebut bahwa lokasi tinggi dan kondisi atmosfer kering dapat memperbaiki peluang visibilitas; elevasi dapat menentukan berhasil atau gagalnya pengamatan. Hal ini memperlihatkan bahwa problem hilal tidak hanya terletak pada sabit itu sendiri, tetapi juga pada medium atmosfer yang dilalui cahayanya.

Dengan demikian, problem panjang busur sabit harus dibaca bersama problem atmosfer. Sabit yang terlalu pendek dan terlalu rendah menghadapi dua hambatan sekaligus: bentuknya lemah dan lingkungannya tidak mendukung. Kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  menjawab dua hambatan itu melalui dua parameter.

## G. Dari Danjon ke Model Modern: Perluasan Kerangka

Gagasan Danjon membuka jalan bagi kajian batas visibilitas hilal, tetapi model modern bergerak lebih jauh. Peneliti modern tidak hanya bertanya pada elongasi minimum, tetapi juga pada kombinasi banyak parameter. Schaefer mengembangkan pendekatan teoretis yang memperhitungkan proses fisik dan fisiologis. Odeh mengembangkan kriteria berbasis database besar dengan menggunakan ARCV dan crescent width. Yallop dan SAAO juga mengembangkan model prediksi yang menggabungkan parameter geometris dan empiris.

Odeh menyatakan bahwa kriteria visibilitas modern harus menggunakan setidaknya dua variabel: satu yang berkaitan dengan kecerlangan sabit dan satu yang berkaitan dengan jaraknya dari horizon. Ini merupakan perluasan dari intuisi Danjon. Jika Danjon menyoroti batas sabit pada elongasi kecil, model modern menanyakan lebih rinci: seberapa lebar sabit, seberapa tinggi dari horizon, bagaimana beda azimutnya, bagaimana kondisi atmosfernya, dan apakah alat digunakan?

Namun kalender global tidak dapat selalu memakai seluruh kompleksitas model visibilitas lokal sebagai aturan operasional. Kalender membutuhkan kriteria yang dapat dihitung dengan mudah, konsisten, dan dapat dikomunikasikan. Karena itu, KHGT mengambil inti dari model modern: sabit harus cukup terbentuk dan posisinya cukup aman. Inti itu dirumuskan dalam dua parameter: elongasi  $8^\circ$  dan tinggi  $5^\circ$ .

Dengan demikian, KHGT bukan kembali ke model sederhana yang mengabaikan ilmu modern. Sebaliknya, KHGT menyederhanakan hasil pengetahuan modern menjadi kriteria kalender. Penyederhanaan ini bukan pelemahan, melainkan adaptasi dari model visibilitas menuju sistem kalender.

## H. Mengapa 8° Lebih Tepat daripada Angka Limit Ekstrem?

Jika Limit Danjon modern dapat mencapai 6,4° untuk optik, mengapa KHGT memilih 8°? Jawabannya terletak pada perbedaan antara **limit observasi** dan **kriteria kalender**.

Limit observasi adalah batas yang menunjukkan kemungkinan paling rendah dalam kondisi tertentu. Ia penting untuk riset dan validasi. Namun kriteria kalender adalah batas operasional yang dipakai oleh masyarakat luas. Ia membutuhkan stabilitas yang lebih besar. Angka limit ekstrem tidak selalu cocok untuk kalender karena terlalu dekat dengan wilayah ketidakpastian.

Angka 8° memiliki beberapa keunggulan. Pertama, ia berada di atas limit optik 6,4°, sehingga tidak bergantung pada deteksi instrumental ekstrem. Kedua, ia berada sedikit di atas rekor mata telanjang 7,7°, sehingga memiliki hubungan kuat dengan pengalaman observasional natural. Ketiga, ia sederhana dan mudah dikomunikasikan. Keempat, ia memberi margin ilmiah tanpa menjadi terlalu konservatif.

Dalam konteks panjang busur sabit, 8° menunjukkan bahwa sabit telah lebih berkembang daripada pada batas ekstrem. Busurnya lebih mungkin cukup panjang, lebarnya lebih mungkin cukup bermakna, dan cahayanya lebih mungkin melampaui ambang deteksi. Ini tidak berarti semua hilal dengan elongasi 8° pasti terlihat dari semua tempat. Namun untuk kalender global, 8° menunjukkan bahwa konfigurasi Bulan telah melewati batas ekstrem yang dikenal dalam observasi modern.

Karena itu, 8° adalah pilihan yang logis untuk KHGT. Ia bukan angka maksimal, bukan angka spekulatif, dan bukan angka yang diambil dari tradisi tanpa data. Ia adalah angka yang dapat dijelaskan melalui sejarah Limit Danjon dan rekam jejak observasi modern.

## I. Implikasi Fikih-Kalender dari Problem Panjang Busur Sabit

Meskipun pembahasan ini bersifat astronomis, implikasinya menyentuh wilayah fikih kalender. Dalam penentuan awal bulan, istilah “hilal” tidak semata berarti Bulan secara astronomis telah melewati konjungsi. Hilal menunjuk pada sabit muda yang menjadi tanda masuknya bulan. Jika sabit belum cukup terbentuk atau berada di bawah limit visibilitas, maka secara fenomenologis ia belum berfungsi sebagai tanda.

Problem panjang busur sabit membantu memperjelas makna ini. Bulan yang sudah ada secara posisi belum tentu sudah menjadi hilal dalam arti tanda visual. Maka kriteria kalender yang mempertimbangkan limit visibilitas lebih dekat dengan konsep hilal daripada kriteria yang hanya memakai konjungsi atau wujud geometris.

Dalam KHGT, konsep ini diterjemahkan menjadi kriteria global. Elongasi 8° menyatakan bahwa sabit telah cukup berkembang secara geometri. Tinggi 5° menyatakan bahwa posisinya tidak terlalu rendah. Dengan demikian, KHGT berusaha menjaga hubungan antara konsep hilal sebagai tanda dan kebutuhan kalender sebagai sistem global.

Ini penting karena kalender global tidak boleh kehilangan akar semantik dan astronomisnya. Jika kalender terlalu abstrak, ia dapat dikritik karena tidak lagi berbasis hilal. Jika kalender terlalu lokal, ia sulit menyatukan umat. KHGT berusaha menempuh jalan tengah: berbasis hilal, tetapi dirumuskan secara global.

## J. Transisi ke Pembahasan Reinterpretasi Modern

Danjon 1936 dan problem panjang busur sabit memberikan dasar historis bagi pemahaman bahwa hilal memiliki batas visibilitas. Pada elongasi yang terlalu kecil, sabit terlalu tipis, terlalu pendek, dan terlalu lemah untuk dikenali. Konsep ini menjadi dasar bagi pembicaraan limit minimum elongasi.

Namun perkembangan ilmu tidak berhenti pada Danjon. Peneliti modern seperti Schaefer dan Odeh menafsirkan ulang batas visibilitas dengan data yang lebih besar, model atmosfer yang lebih baik, dan perhatian pada fisiologi penglihatan serta alat optik. Hasilnya, Limit Danjon tidak lagi dipahami sebagai angka tunggal yang sederhana, tetapi sebagai batas yang perlu dibaca dalam konteks data, instrumen, dan kondisi pengamatan.

Bagi KHGT, reinterpretasi modern ini sangat penting. Ia memungkinkan kita menerima bahwa hilal dapat dideteksi pada elongasi sangat rendah dalam kondisi khusus, tanpa harus menjadikan angka ekstrem itu sebagai kriteria kalender. Dengan demikian, KHGT dapat menghormati data modern sekaligus menjaga stabilitas kalender melalui angka  $8^\circ$ .

## 2.3 McNally, Schaefer, dan Reinterpretasi Fisik Limit Danjon

Gagasan Danjon tentang batas minimum kenampakan sabit Bulan tidak berhenti sebagai konsep historis. Dalam perkembangan berikutnya, para peneliti mencoba menafsirkan kembali penyebab fisik mengapa hilal tidak dapat terlihat pada elongasi yang terlalu kecil. Reinterpretasi ini penting karena Limit Danjon semula sering dipahami sebagai batas geometri sederhana: jika jarak sudut Bulan–Matahari terlalu kecil, sabit terlalu pendek dan tidak terlihat. Namun kajian modern menunjukkan bahwa persoalannya lebih kompleks. Sabit tidak hanya ditentukan oleh panjang busur, tetapi juga oleh **kecerlangan permukaan sabit, kontras terhadap langit senja, hamburan atmosfer, ambang fisiologis mata, dan kemampuan alat optik.**

Dalam kerangka ini, nama-nama seperti **McNally** dan **Schaefer** penting karena keduanya membantu menggeser pembahasan Limit Danjon dari sekadar batas geometri menuju problem fisika visibilitas. Jika Danjon menekankan menyusutnya busur sabit pada elongasi kecil, reinterpretasi modern bertanya lebih lanjut: apakah penyebab utama hilal tidak terlihat adalah karena sabitnya memang tidak terbentuk cukup panjang, karena cahaya sabit terlalu lemah, karena hamburan atmosfer terlalu kuat, atau karena mata manusia tidak mampu membedakan kontrasnya?

Pertanyaan tersebut sangat penting bagi Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT). Kriteria kalender global tidak boleh hanya mengambil angka limit secara mentah. Ia harus memahami apa

yang sebenarnya dibatasi oleh limit tersebut. Jika Limit Danjon terutama menggambarkan batas ekstrem visibilitas dalam kondisi tertentu, maka kriteria kalender harus berada di atas limit itu. Dalam konteks ini, elongasi  $8^\circ$  menjadi angka yang memiliki daya argumentatif: ia berada di atas batas optik modern  $6,4^\circ$  dan di atas rekor mata telanjang sekitar  $7,7^\circ$ , sehingga memberi jarak aman dari wilayah fisik yang sangat rapuh.

## A. Reinterpretasi Fisik: Dari Busur Sabit ke Kontras Cahaya

Penafsiran awal terhadap Limit Danjon sering dikaitkan dengan berkurangnya panjang busur sabit. Pada elongasi kecil, sabit dianggap terlalu pendek sehingga tidak dapat dikenali. Penjelasan ini intuitif dan masih memiliki nilai. Namun secara fisik, sabit yang terlihat oleh mata bukan hanya masalah panjang busur. Sebuah objek langit terlihat apabila cahaya yang datang darinya cukup kuat dan memiliki kontras yang cukup terhadap latar belakang.

Dalam pengamatan hilal, latar belakangnya adalah langit senja. Langit senja terang karena cahaya Matahari masih dihamburkan oleh atmosfer. Semakin dekat Bulan ke Matahari, semakin kuat gangguan cahaya senja. Maka, sabit yang sangat tipis harus bersaing dengan latar langit yang terang. Jika kontrasnya terlalu rendah, sabit tidak akan terlihat meskipun secara geometris sudah ada.

Schaefer menekankan bahwa visibilitas hilal merupakan problem yang melibatkan banyak unsur: perhitungan orbit, hamburan cahaya Bulan, hamburan atmosfer, dan fisiologi penglihatan. Pernyataan ini menempatkan Limit Danjon dalam kerangka fisika pengamatan. Sabit tidak hanya harus terbentuk, tetapi juga harus cukup terang untuk mengalahkan latar senja dan cukup jelas untuk dikenali oleh sistem visual manusia.

Kontras cahaya menjadi kunci. Jika cahaya sabit sedikit lebih terang daripada latar, mata mungkin masih gagal mendeteksinya karena ambang kontras manusia terbatas. Jika pengamat menggunakan alat optik, ambang deteksi dapat berubah. Teleskop atau binokular dapat membantu memperbesar citra dan mengumpulkan cahaya, tetapi alat juga memiliki batas karena langit senja ikut diperbesar dan cahaya hamburan tetap menjadi latar yang mengganggu.

Dari sini tampak bahwa Limit Danjon bukan hanya batas panjang busur, melainkan batas **keterdeteksian kontras**. Pada elongasi sangat kecil, sabit terlalu tipis, cahaya terlalu lemah, dan latar terlalu terang. Semua faktor ini bekerja bersama menurunkan peluang visibilitas.

## B. McNally dan Kritik terhadap Penjelasan Geometri Tunggal

Dalam pembacaan modern, McNally sering dikaitkan dengan kritik terhadap penjelasan Limit Danjon yang terlalu bertumpu pada geometri murni. Gagasan bahwa sabit menghilang semata karena panjang busurnya menyusut dianggap belum cukup menjelaskan seluruh fenomena. Permukaan Bulan tidak halus sempurna. Topografi Bulan, bayangan pegunungan, kondisi iluminasi pada fase sangat muda, serta distribusi cahaya pada tepi sabit dapat memengaruhi tampilan sabit.



Kritik seperti ini penting karena menunjukkan bahwa “hilal tidak terlihat” bukan hanya akibat jarak sudut kecil, tetapi akibat gabungan berbagai faktor. Pada elongasi rendah, cahaya Matahari menyinari Bulan dari sudut sangat kecil. Bagian yang terlihat dari Bumi amat sempit. Topografi permukaan Bulan dapat membuat sabit tidak seragam; sebagian titik mungkin lebih terang, sebagian lain tertutup bayangan. Akibatnya, sabit tidak selalu tampak sebagai garis lengkung halus, tetapi dapat terputus atau sangat lemah.

Dalam konteks kalender, kritik ini mengajarkan kehati-hatian. Jika batas visibilitas dipengaruhi oleh topografi Bulan, atmosfer, alat, dan mata manusia, maka tidak bijaksana menetapkan kalender global tepat pada batas ekstrem. Kriteria kalender harus lebih stabil daripada detail fisik yang sangat sensitif.

Elongasi  $8^\circ$  memperoleh kekuatan dari prinsip ini. Ia tidak mencoba menentukan limit fisik paling rendah secara agresif. Ia mengambil posisi sedikit di atas rekor mata telanjang modern. Dengan demikian, KHGT menghindari jebakan menjadikan fenomena yang sangat sensitif sebagai dasar kalender operasional.

## C. Schaefer dan Model Teoretis Modern

Kontribusi Schaefer sangat penting karena ia menempatkan visibilitas hilal pada basis teoretis dan observasional yang lebih kuat. Dalam artikelnya, Schaefer menyatakan bahwa dalam dekade sebelumnya telah terjadi kemajuan besar dalam observasi dan teori visibilitas hilal. Ia mengumpulkan data observasi individual dan laporan Moonwatch, lalu menguji berbagai algoritma prediksi.

Salah satu hasil penting Schaefer adalah kritik terhadap kriteria sederhana seperti umur Bulan dan moonset-lag. Ia menunjukkan bahwa kriteria umur Bulan dapat menghasilkan prediksi yang buruk, dan moonset-lag juga tidak cukup andal. Sebaliknya, model teoretis modern yang memasukkan faktor fisik dan fisiologis memiliki performa lebih baik.

Dalam konteks Limit Danjon, pendekatan Schaefer penting karena ia memperlakukan hilal sebagai problem fisika pengamatan, bukan hanya geometri posisi. Sabit Bulan harus memiliki kecerlangan yang cukup; cahaya itu melewati atmosfer; langit senja memiliki kecerlangan latar; mata manusia memiliki ambang deteksi. Model yang baik harus memperhitungkan interaksi semua faktor tersebut.

Schaefer juga menekankan pentingnya validasi laporan pengamatan. Laporan hilal muda dapat keliru, sehingga harus diuji berdasarkan pengalaman pengamat, kesiapan observasi, ketepatan pelaporan, dan konsistensi dengan perhitungan astronomis. Ini menunjukkan bahwa wilayah dekat limit visibilitas adalah wilayah yang rawan kesalahan dan memerlukan verifikasi ketat.

Bagi KHGT, pelajaran ini sangat jelas. Jika laporan di dekat limit harus diperiksa sangat ketat, maka kalender global tidak boleh terlalu bergantung pada wilayah dekat limit. Kriteria kalender harus bergerak ke zona yang lebih aman. Elongasi  $8^\circ$  adalah bentuk penerapan prinsip itu.

## D. Data Observasi sebagai Ujian terhadap Teori Limit

Reinterpretasi fisik Limit Danjon tidak cukup dilakukan dengan teori. Ia harus diuji dengan data observasi. Di sinilah pentingnya data Schaefer dan Odeh. Schaefer menggunakan 294 observasi individual dan 1490 laporan Moonwatch untuk menguji berbagai kriteria. Odeh kemudian memperluas basis data menjadi 737 observasi yang berasal dari Schaefer, Jim Stamm, SAAO, Mohsen Mirsaeed, Alireza Mehrani, dan ICOP.

Data semacam ini memungkinkan peneliti membedakan antara teori yang tampak masuk akal dan teori yang benar-benar bekerja dalam pengamatan. Jika suatu parameter sering gagal menjelaskan data, parameter itu harus diturunkan statusnya. Jika kombinasi parameter lebih baik, kriteria harus diperbaiki.

Odeh menyimpulkan bahwa prediksi visibilitas hilal tidak dapat dibuat andal dengan satu parameter. Ia menggunakan topocentric arc of vision dan topocentric crescent width sebagai dua variabel utama. Pilihan ini menunjukkan bahwa visibilitas membutuhkan parameter yang menggambarkan kecerlangan sabit dan jaraknya dari horizon.

Dalam konteks Limit Danjon, data observasi menunjukkan bahwa batas visibilitas bukan angka teoretis kosong. Ia harus dibaca dari rekam jejak berhasil dan gagalnya pengamatan. Data Odeh menghasilkan kesimpulan limit  $6,4^\circ$  untuk bantuan optik. Namun data yang sama juga menunjukkan bahwa angka ekstrem tersebut berada pada wilayah khusus. Karena itu,  $6,4^\circ$  lebih tepat menjadi batas bawah riset daripada ambang kalender global.

## E. Pengaruh Atmosfer terhadap Batas Visibilitas

Salah satu aspek penting dalam reinterpretasi modern adalah atmosfer. Cahaya hilal sangat lemah, terutama pada elongasi kecil. Sebelum mencapai mata pengamat, cahaya tersebut melewati atmosfer Bumi. Atmosfer menyerap dan menghamburkan cahaya. Semakin rendah posisi Bulan, semakin panjang lintasan cahaya melalui atmosfer, sehingga ekstingsi semakin besar.

Atmosfer juga menyebabkan langit senja tetap terang. Cahaya Matahari yang berada di bawah horizon masih dihamburkan oleh molekul udara, aerosol, debu, dan uap air. Latar langit yang terang membuat sabit tipis semakin sulit dibedakan. Dalam kondisi atmosfer buruk, hilal yang secara geometri mungkin terlihat dapat gagal diamati.

Schaefer menekankan bahwa elevasi tempat dapat menentukan keberhasilan pengamatan hilal muda. Ia menjelaskan bahwa lokasi tinggi dan udara kering dapat meningkatkan peluang, sedangkan kelembapan dan aerosol rendah dapat merusak pengamatan. Dalam pembahasan rekor, ia bahkan menyebut bahwa elevasi dapat menentukan berhasil atau gagalnya usaha pengamatan.

Faktor atmosfer ini memperkuat argumentasi tinggi  $5^\circ$  dalam KHGT. Elongasi saja tidak cukup. Sabit yang telah cukup terpisah dari Matahari tetap sulit diamati jika terlalu rendah. Tinggi  $5^\circ$  memberi batas agar posisi Bulan tidak terlalu dekat dengan horizon secara geometri global.

Walaupun tinggi geosentris tidak identik dengan tinggi toposentris pengamat, ia tetap berfungsi sebagai syarat kalender global yang menghindarkan keputusan dari konfigurasi terlalu rendah.

Dengan demikian, reinterpretasi atmosferik terhadap Limit Danjon mendukung kombinasi dua parameter: elongasi untuk sabit, tinggi untuk horizon.

## F. Fisiologi Penglihatan dan Ambang Deteksi

Visibilitas hilal juga bergantung pada fisiologi penglihatan manusia. Mata manusia memiliki ambang kecerlangan dan ambang kontras. Objek yang secara fisik memancarkan atau memantulkan cahaya belum tentu terlihat jika intensitas dan kontrasnya berada di bawah ambang deteksi.

Pada hilal muda, sabit sangat tipis dan cahayanya lemah. Di sisi lain, langit senja masih terang. Pengamat harus mendeteksi busur yang tipis, redup, dan sering kali hanya tampak sesaat. Pengalaman pengamat sangat penting karena pengamat terlatih tahu di mana dan kapan harus melihat. Ia juga lebih mampu membedakan hilal dari artefak visual, awan tipis, atau ilusi optik.

Schaefer menilai pengalaman pengamat dan kesiapan observasi sebagai unsur penting dalam memvalidasi laporan hilal muda. Hal ini menunjukkan bahwa visibilitas tidak hanya persoalan benda langit, tetapi juga persoalan subjek pengamat. Hilal adalah fenomena optik yang berada di perbatasan kemampuan persepsi manusia.

Dalam konteks kalender global, ketergantungan pada ambang fisiologis manusia menjadi alasan tambahan untuk tidak memakai batas ekstrem sebagai kriteria. Jika suatu laporan hanya mungkin diperoleh oleh pengamat sangat terlatih dalam kondisi ideal, maka angka itu kurang layak menjadi dasar kalender global. Kalender harus dapat dijelaskan sebagai sistem yang tidak bergantung pada kemampuan ekstrem individu tertentu.

Elongasi  $8^\circ$  menjadi lebih kuat karena berada sedikit di atas batas mata telanjang ekstrem. Ia tidak menuntut kalender berdiri pada ambang fisiologis paling rendah. Ia memberi ruang bahwa hilal telah melewati fase yang secara visual terlalu rapuh.

## G. Alat Optik dan Pergeseran Limit

Alat optik memperumit sekaligus memperkaya diskusi Limit Danjon. Dengan binokular, teleskop, kamera, dan pemrosesan citra, pengamat dapat mendeteksi sabit yang lebih tipis dibanding mata telanjang. Ini membuat batas optik lebih rendah daripada batas visual biasa.

Data Odeh menunjukkan minimum elongasi  $6,4^\circ$  untuk pengamatan dengan bantuan optik, sedangkan minimum mata telanjang  $7,7^\circ$ . Perbedaan ini menunjukkan bahwa “terlihat” harus selalu diberi konteks: terlihat oleh siapa, dengan alat apa, dalam kondisi bagaimana, dan dengan prosedur verifikasi seperti apa.

Dalam ilmu observasi, penggunaan alat optik tentu sah dan penting. Ia memperluas kemampuan manusia dan memberi data yang lebih kaya. Namun dalam kalender global, perlu dibedakan antara **deteksi instrumental** dan **ambang kalender**. Jika kalender memakai batas instrumental ekstrem, maka kalender menjadi bergantung pada kemampuan teknis yang tidak selalu tersedia dan tidak selalu merepresentasikan pengalaman rukyat umum.

KHGT dengan elongasi  $8^\circ$  mengambil posisi yang lebih seimbang. Ia tidak menolak data optik, karena data  $6,4^\circ$  justru dipakai sebagai batas bawah penting. Namun ia tidak menjadikan batas optik sebagai ambang kalender. Ia memilih angka di atas rekor mata telanjang, sehingga lebih mudah diterima sebagai kriteria berbasis hilal yang tidak terlalu bergantung pada alat ekstrem.

Dengan demikian, alat optik membantu kita memahami bahwa sabit mungkin dapat dideteksi pada elongasi rendah, tetapi kalender global tetap memerlukan ambang yang lebih stabil.

## H. Reinterpretasi Limit Danjon dan Kriteria $8^\circ$

Reinterpretasi fisik Limit Danjon memberi landasan kuat bagi kriteria elongasi  $8^\circ$ . Jika Limit Danjon hanya dipahami sebagai angka kaku, maka perdebatan akan berhenti pada pertanyaan: berapa angka limit yang benar? Namun jika limit dipahami sebagai wilayah batas yang dipengaruhi geometri, atmosfer, alat, dan mata, maka pertanyaan kalender menjadi lebih matang: berapa ambang yang layak dipakai untuk sistem global?

Jawaban KHGT adalah  $8^\circ$ . Angka ini dapat dijelaskan melalui beberapa lapisan.

Pertama, secara observasional,  $8^\circ$  berada di atas data ekstrem  $6,4^\circ$  optik dan  $7,7^\circ$  mata telanjang.

Kedua, secara fisik, elongasi yang lebih besar berarti sabit lebih berkembang, lebih lebar, dan lebih mungkin memiliki kontras bermakna.

Ketiga, secara metodologis, angka  $8^\circ$  memberi buffer dari wilayah limit yang sangat sensitif terhadap faktor lokal dan alat.

Keempat, secara kalender, angka  $8^\circ$  sederhana, stabil, dan dapat dihitung global.

Kelima, secara komunikasi publik, angka  $8^\circ$  dapat dijelaskan sebagai pilihan yang tidak terlalu rendah dan tidak terlalu konservatif.

Dengan demikian, reinterpretasi fisik Limit Danjon tidak melemahkan kriteria  $8^\circ$ . Sebaliknya, ia memperkuatnya. Semakin kita memahami kompleksitas wilayah dekat limit, semakin jelas bahwa kalender global tidak boleh diletakkan tepat di wilayah tersebut.

## I. Relevansi Tinggi 5° dalam Kerangka Reinterpretasi

### Modern

Walaupun subbab ini terutama membahas Limit Danjon dan elongasi, reinterpretasi fisik juga mendukung tinggi 5°. Jika visibilitas hilal dipengaruhi atmosfer, maka posisi Bulan terhadap horizon menjadi parameter penting. Bulan yang terlalu rendah mengalami ekstingsi lebih kuat dan berada dalam latar cahaya senja yang lebih mengganggu.

Odeh menggunakan ARCV sebagai salah satu variabel utama karena parameter ini berkaitan dengan jarak Bulan dari horizon relatif terhadap Matahari. Model seperti ini menegaskan bahwa kecerlangan sabit saja tidak cukup. Sabit harus berada pada posisi yang memungkinkan kontrasnya muncul.

Dalam KHGT, tinggi geosentris 5° bukan pengganti ARCV dalam model visibilitas lokal. Ia adalah kriteria kalender global yang menyederhanakan kebutuhan agar Bulan tidak terlalu rendah. Dengan tinggi 5°, KHGT menghindari konfigurasi yang secara geometri terlalu dekat dengan horizon.

Maka, kombinasi 5°–8° dapat dibaca sebagai penyederhanaan dari dua pelajaran utama visibilitas modern: sabit harus cukup berkembang dan posisinya harus cukup aman. Elongasi 8° menjawab pelajaran pertama; tinggi 5° menjawab pelajaran kedua.

## J. Transisi: Dari Reinterpretasi Fisik ke Batas Fisik dan Statistik

Subbab ini menunjukkan bahwa McNally, Schaefer, dan kajian modern membantu menafsirkan ulang Limit Danjon sebagai problem fisika visibilitas, bukan sekadar problem geometri busur sabit. Faktor yang menentukan bukan hanya panjang sabit, tetapi juga kecerlangan, kontras, atmosfer, alat, dan fisiologi penglihatan. Schaefer menempatkan problem ini dalam kerangka teori dan observasi yang luas, sementara Odeh memperluas basis data dan menunjukkan pentingnya parameter yang lebih representatif seperti ARCV dan crescent width.

Implikasinya bagi KHGT sangat penting. Kriteria kalender global harus mengambil jarak dari wilayah limit ekstrem. Karena wilayah dekat limit sangat dipengaruhi banyak faktor, maka angka 8° menjadi pilihan yang lebih stabil dibanding 6,4° atau 7,7° sebagai ambang kalender. Angka 6,4° dan 7,7° tetap sangat berharga, tetapi lebih sebagai bukti batas bawah observasional daripada standar operasional kalender.

## 2.4 Limit Danjon sebagai Batas Fisik, Bukan Sekadar Batas Statistik

Limit Danjon sering dibicarakan dalam bentuk angka:  $7^\circ$ ,  $7,7^\circ$ ,  $6,4^\circ$ , atau angka lain yang muncul dalam literatur visibilitas hilal. Cara berbicara seperti ini berguna karena kalender memerlukan batas numerik. Namun jika angka-angka tersebut tidak dipahami secara metodologis, Limit Danjon mudah disalahartikan sebagai sekadar hasil statistik dari kumpulan laporan pengamatan. Padahal, Limit Danjon lebih tepat dipahami sebagai **batas fisik-visibilitas** yang muncul dari struktur geometri Bulan–Matahari, pembentukan sabit, kecerlangan permukaan Bulan, hamburan atmosfer, dan ambang deteksi pengamat.

Sebagai batas fisik, Limit Danjon bukan hanya mengatakan bahwa “dalam data historis, hilal jarang terlihat di bawah elongasi tertentu”. Ia mengatakan sesuatu yang lebih mendasar: pada elongasi yang terlalu kecil, sabit Bulan belum memiliki kondisi optik yang cukup untuk dikenali. Sabit terlalu tipis, terlalu pendek, terlalu redup, dan terlalu dekat dengan cahaya Matahari. Dengan demikian, batas ini bukan semata-mata garis statistik yang ditarik dari data, melainkan batas yang berakar pada sifat fisik fenomena hilal itu sendiri.

Namun sebagai konsep fisik, Limit Danjon tetap harus dibaca melalui data. Fisika memberi alasan mengapa sabit sangat muda sulit terlihat; observasi memberi bukti empiris di mana batas itu terjadi dalam kenyataan. Karena itu, pembahasan Limit Danjon harus memadukan dua hal: **model fisik** dan **rekam jejak observasi**. Schaefer menempatkan visibilitas hilal sebagai problem yang melibatkan orbit Bulan, hamburan cahaya Bulan, hamburan atmosfer, dan fisiologi penglihatan. Odeh kemudian memperkuat pemahaman empiris dengan basis 737 observasi dan menyimpulkan limit Danjon sekitar  $6,4^\circ$  untuk pengamatan optik.

Dalam kerangka Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT), pembedaan antara batas fisik dan batas statistik menjadi sangat penting. Kalender global tidak boleh hanya bertanya, “berapa angka terkecil yang pernah tercatat?” Kalender global harus bertanya, “berapa angka yang cukup aman, berakar pada batas fisik, dan layak dijadikan ambang sistem global?” Di sinilah elongasi geosentris  $8^\circ$  memperoleh kedudukan yang kuat.

### A. Batas Statistik dan Batas Fisik: Dua Pengertian yang Berbeda

Batas statistik adalah batas yang diperoleh dari sebaran data. Jika sejumlah besar laporan pengamatan dikumpulkan, peneliti dapat melihat pada elongasi berapa hilal pernah berhasil diamati, pada elongasi berapa hilal gagal diamati, dan pada rentang mana keberhasilan serta kegagalan bercampur. Dari sana dapat muncul angka minimum, rata-rata, atau zona transisi.

Batas fisik berbeda. Ia menunjuk pada alasan mengapa fenomena tertentu tidak mungkin atau hampir tidak mungkin terjadi di bawah kondisi tertentu. Dalam visibilitas hilal, batas fisik



berkaitan dengan apakah sabit Bulan cukup terbentuk dan cukup terang untuk mengalahkan cahaya latar langit senja.

Dua jenis batas ini saling berhubungan, tetapi tidak identik. Batas statistik dapat berubah jika data bertambah. Rekor baru dapat menurunkan angka minimum. Penggunaan alat baru dapat memperluas kemampuan deteksi. Observasi dari lokasi lebih baik dapat menghasilkan laporan yang sebelumnya tidak mungkin. Sebaliknya, batas fisik memberi kerangka mengapa perubahan itu tidak bisa berlangsung tanpa batas. Selalu ada batas optik dan geometris karena sabit tidak terbentuk secara bermakna pada elongasi yang terlalu kecil.

Dalam diskursus hilal, kekeliruan muncul ketika batas statistik ekstrem diperlakukan sebagai batas kalender. Misalnya, jika ada pengamatan optik pada elongasi  $6,4^\circ$ , angka itu tidak otomatis berarti kalender global harus memakai  $6,4^\circ$ . Angka tersebut menunjukkan batas ekstrem dalam data observasi, tetapi kalender memerlukan ambang operasional yang stabil.

Odeh menunjukkan bahwa minimum elongasi optik adalah  $6,4^\circ$  dan minimum mata telanjang adalah  $7,7^\circ$ . Dua angka ini penting sebagai data batas. Namun KHGT memerlukan angka yang bukan sekadar minimum statistik, melainkan ambang kalender. Elongasi  $8^\circ$  berfungsi sebagai ambang yang melampaui batas ekstrem tersebut.

## B. Mengapa Sabit Memiliki Batas Fisik?

Sabit Bulan memiliki batas fisik karena ia adalah hasil geometri iluminasi. Pada saat konjungsi, Bulan berada dekat arah Matahari. Bagian Bulan yang diterangi menghadap hampir sepenuhnya menjauhi Bumi, sehingga dari Bumi Bulan tidak tampak sebagai sabit. Setelah konjungsi, Bulan bergerak menjauh secara sudut dari Matahari. Barulah sebagian kecil sisi terang mulai tampak.

Pada elongasi sangat kecil, sabit yang terbentuk sangat sempit. Cahaya yang dipantulkan ke Bumi sangat sedikit. Selain itu, sabit berada dekat Matahari di langit, sehingga harus dilihat pada latar senja yang terang. Maka, ada dua hambatan sekaligus: sabitnya lemah dan latarnya terang.

Batas fisik muncul ketika cahaya sabit tidak cukup kuat untuk melampaui latar langit. Mata manusia atau alat optik tidak mendeteksi objek dalam ruang kosong; ia mendeteksi objek sebagai perbedaan cahaya terhadap latar. Jika perbedaan itu terlalu kecil, objek tidak terlihat.

Inilah sebabnya umur Bulan bukan parameter yang memadai. Umur hanya mengukur selang waktu sejak konjungsi, tetapi tidak langsung mengukur seberapa besar sabit yang terbentuk. Odeh menekankan bahwa umur Bulan sangat buruk untuk menggambarkan kecerlangan intrinsik sabit. Parameter yang lebih baik adalah elongasi, dan lebih langsung lagi crescent width.

Dalam konteks KHGT, elongasi  $8^\circ$  dipilih karena lebih dekat dengan fisika pembentukan sabit daripada umur Bulan. Elongasi menggambarkan keterpisahan Bulan dari Matahari, yang berkaitan dengan ketebalan sabit. Dengan demikian,  $8^\circ$  bukan sekadar angka statistik, tetapi angka yang merujuk pada kondisi fisik sabit yang lebih matang dibanding wilayah limit ekstrem.

## C. Peran Crescent Width dalam Memahami Batas Fisik

Crescent width atau lebar sabit adalah salah satu parameter paling penting untuk memahami batas fisik visibilitas. Semakin lebar sabit, semakin besar cahaya yang dipantulkan ke arah Bumi dan semakin mudah sabit dikenali. Namun pada elongasi kecil, lebar sabit sangat kecil sehingga cahaya yang datang sangat lemah.

Odeh memilih topocentric crescent width sebagai salah satu dari dua variabel utama dalam kriteria visibilitasnya. Ini menunjukkan bahwa batas visibilitas tidak cukup dijelaskan dengan umur atau lag. Harus ada parameter yang menggambarkan kecerlangan intrinsik sabit.

Crescent width membantu menjelaskan mengapa Limit Danjon bersifat fisik. Jika sabit terlalu sempit, maka cahaya yang dipantulkan tidak cukup untuk dideteksi, terutama di langit senja. Ini bukan sekadar karena “belum ada data yang berhasil”, melainkan karena objeknya memang belum cukup kuat secara optik.

Elongasi  $8^\circ$  dalam KHGT dapat dibaca sebagai parameter kalender yang mewakili aspek ini secara sederhana. KHGT tidak memakai crescent width secara langsung karena kalender global membutuhkan kriteria yang ringkas dan mudah dihitung. Namun elongasi  $8^\circ$  berkaitan erat dengan perkembangan crescent width. Semakin besar elongasi, semakin besar peluang sabit memiliki lebar yang memadai.

Dengan demikian, walaupun kriteria KHGT tidak menggunakan seluruh kompleksitas model Odeh, ia tetap mengambil inti fisiknya: sabit harus cukup berkembang. Elongasi  $8^\circ$  adalah representasi global dari prinsip tersebut.

## D. Atmosfer sebagai Pembentuk Batas Praktis

Selain geometri sabit, atmosfer Bumi membentuk batas praktis visibilitas. Cahaya hilal harus melewati atmosfer sebelum mencapai mata atau alat pengamat. Atmosfer menyerap dan menghamburkan cahaya. Di dekat horizon, lintasan cahaya melalui atmosfer lebih panjang, sehingga ekstingsi lebih kuat.

Pada saat yang sama, atmosfer menghamburkan cahaya Matahari dan membuat langit senja terang. Sabit hilal yang sangat tipis harus dilihat di atas latar yang terang ini. Jika langit terlalu terang atau atmosfer terlalu kotor, hilal tidak terlihat walaupun secara geometris sabit telah terbentuk.

Schaefer menekankan pentingnya kondisi lokasi dan elevasi. Dalam pembahasan rekor hilal, ia menyatakan bahwa lokasi tinggi dan udara kering dapat memperbaiki peluang visibilitas, sedangkan aerosol dan kelembapan dapat menggagalkan pengamatan; elevasi dapat menentukan berhasil atau gagalnya usaha melihat hilal.

Faktor atmosfer ini menunjukkan bahwa batas visibilitas bukan sekadar angka elongasi. Hilal pada elongasi tertentu dapat terlihat di lokasi tinggi dengan atmosfer jernih, tetapi gagal terlihat di lokasi

rendah dengan kelembapan tinggi. Karena itu, model visibilitas lokal perlu memperhitungkan atmosfer dan parameter toposentris.

Namun kalender global tidak dapat menggantungkan diri pada atmosfer lokal. KHGT membutuhkan kriteria yang stabil. Di sinilah tinggi geosentris  $5^\circ$  berperan sebagai syarat geometri global yang menghindari posisi Bulan terlalu rendah. Tinggi  $5^\circ$  tidak menghapus variasi atmosfer lokal, tetapi memberi batas agar kalender tidak ditetapkan pada konfigurasi yang terlalu rapuh terhadap horizon.

## E. Limit Danjon dan Validitas Laporan Ekstrem

Karena wilayah dekat Limit Danjon sangat sensitif, laporan pengamatan ekstrem harus divalidasi secara ketat. Kesalahan pengamatan dapat terjadi karena ilusi optik, awan tipis, jejak pesawat, pantulan, kesalahan arah, kesalahan waktu, atau harapan pengamat. Semakin dekat laporan pada batas ekstrem, semakin kuat kebutuhan verifikasinya.

Schaefer menegaskan bahwa laporan hilal muda perlu dinilai berdasarkan pengalaman pengamat, kesiapan observasi, ketepatan pelaporan, serta konsistensi dengan perhitungan. Ini menunjukkan bahwa data ekstrem tidak boleh dipakai tanpa kritik. Sebuah laporan ekstrem dapat menjadi sangat berharga jika valid, tetapi tetap tidak boleh langsung dijadikan ambang kalender.

Dalam ilmu observasi, rekor ekstrem berfungsi memperluas pengetahuan tentang batas. Namun dalam sistem kalender, rekor ekstrem harus diperlakukan sebagai bahan evaluasi, bukan pemicu langsung perubahan kriteria. Jika setiap rekor ekstrem langsung menurunkan kriteria kalender, maka kalender menjadi tidak stabil.

KHGT dengan elongasi  $8^\circ$  mengambil posisi metodologis yang tepat. Ia mengakui data ekstrem  $6,4^\circ$  dan  $7,7^\circ$ , tetapi tidak menjadikan keduanya sebagai ambang. Dengan mengambil  $8^\circ$ , KHGT memberi ruang verifikasi dan kehati-hatian. Kalender tidak berdiri di titik paling bawah yang pernah dilaporkan, tetapi pada angka yang telah melewati batas ekstrem tersebut.

## F. “Pernah Terlihat” Tidak Sama dengan “Layak Menjadi Kriteria”

Salah satu prinsip utama dalam buku ini adalah membedakan antara **pernah terlihat** dan **layak menjadi kriteria kalender**. Sesuatu yang pernah terjadi dalam kondisi khusus tidak otomatis menjadi dasar aturan umum. Ini berlaku dalam banyak bidang ilmu dan kebijakan, termasuk kalender.

Hilal yang pernah terlihat pada elongasi sangat rendah menunjukkan bahwa batas visibilitas dapat dicapai dalam kondisi ideal. Namun kalender global bukan kompetisi mencari hilal paling muda. Kalender adalah sistem sosial-keagamaan yang membutuhkan kepastian, stabilitas, dan kemampuan diterapkan secara luas.

Jika sebuah angka berasal dari pengamatan ekstrem dengan alat tertentu, lokasi tertentu, dan pengamat sangat terlatih, maka angka itu penting sebagai data ilmiah, tetapi terlalu rapuh untuk menjadi kriteria global. Kriteria kalender harus mengambil jarak dari ekstrem.

Inilah alasan mengapa  $6,4^\circ$  tidak cukup sebagai kriteria KHGT. Angka itu adalah limit optik ekstrem. Ia menunjukkan kemungkinan minimal dengan bantuan alat, bukan ambang aman bagi kalender global. Begitu pula  $7,7^\circ$  sebagai rekor mata telanjang tetap merupakan rekor, bukan kondisi normal. Elongasi  $8^\circ$  menjadi lebih tepat karena berada di atas keduanya.

Dengan demikian, KHGT tidak menyangkal data ekstrem. Sebaliknya, KHGT menempatkan data ekstrem pada tempatnya. Data ekstrem dipakai untuk mengetahui batas bawah, lalu kriteria kalender ditetapkan sedikit di atasnya sebagai bentuk kehati-hatian sistemik.

## G. Batas Fisik dan Zona Transisi

Limit Danjon sebaiknya tidak dipahami sebagai garis tajam, tetapi sebagai zona transisi. Di atas zona tertentu, hilal relatif lebih mudah terlihat. Di bawah zona tertentu, hilal praktis tidak terlihat. Di antara keduanya terdapat wilayah transisi yang sangat dipengaruhi kondisi lokal, alat, dan pengamat.

Odeh membagi visibilitas hilal dalam beberapa zona berdasarkan ARCV dan crescent width: terlihat mata telanjang, terlihat dengan bantuan optik dan mungkin mata telanjang, terlihat hanya dengan bantuan optik, serta tidak terlihat. Pembagian zona ini menunjukkan bahwa visibilitas bukan keadaan biner sederhana. Ada wilayah mudah, wilayah mungkin, wilayah sulit, dan wilayah mustahil.

Konsep zona ini sangat penting untuk kalender. Kalender global sebaiknya tidak diletakkan di zona transisi paling bawah. Jika kalender berada pada zona yang terlalu dekat dengan batas, keputusan awal bulan akan mudah diperdebatkan. Sebaliknya, kalender harus memilih ambang yang berada di atas wilayah ekstrem tetapi tidak terlalu jauh dari data.

Elongasi  $8^\circ$  dapat dipahami sebagai batas yang bergerak keluar dari zona ekstrem. Ia bukan jaminan visibilitas lokal universal, tetapi ia menunjukkan bahwa konfigurasi Bulan–Matahari telah melewati batas bawah modern. Dengan tambahan tinggi  $5^\circ$ , kriteria KHGT makin menjauh dari konfigurasi yang terlalu rapuh.

## H. Implikasi bagi Kriteria Geosentris $5^\circ$ – $8^\circ$

Memahami Limit Danjon sebagai batas fisik memperkuat kriteria geosentris  $5^\circ$ – $8^\circ$ . Jika batas visibilitas memiliki dasar fisik, maka kalender harus memperhitungkan parameter yang mewakili fisika tersebut. Elongasi mewakili pembentukan dan ketebalan sabit. Tinggi mewakili keterpisahan dari horizon dan pengaruh atmosfer.

Dalam KHGT, kedua parameter ini dipakai secara geosentris karena kalender global memerlukan acuan yang seragam. Dokumen dasar buku ini menjelaskan bahwa elongasi geosentris bersifat

lebih mutlak karena tidak dipengaruhi lokasi pengamat, sedangkan tinggi toposentris dipengaruhi kondisi lokal seperti lintang, bujur, ketinggian, dan refraksi.

Penggunaan geosentris tidak berarti mengabaikan kenyataan observasi lokal. Ia berarti bahwa kriteria kalender global membutuhkan bahasa yang berbeda dari prediksi observasi lokal. Untuk menilai peluang melihat hilal dari suatu kota, toposentris sangat penting. Namun untuk menetapkan kalender global, geosentris memberi stabilitas.

Dengan demikian, kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dapat dijelaskan sebagai berikut: elongasi  $8^{\circ}$  memastikan sabit telah melewati batas fisik ekstrem pembentukan dan keterdeteksian; tinggi  $5^{\circ}$  memastikan posisi Bulan tidak terlalu rendah secara geometri; geosentris memastikan kriteria dapat berlaku global.

## I. Dari Batas Fisik ke Kepastian Kalender

Kalender membutuhkan kepastian, sedangkan observasi hilal muda mengandung ketidakpastian. Tugas kriteria kalender adalah mengelola ketidakpastian itu secara ilmiah. Limit Danjon membantu mengidentifikasi wilayah yang terlalu tidak pasti. Kriteria kalender kemudian memilih ambang yang lebih stabil.

Jika kalender memakai batas terlalu rendah, ia masuk wilayah ketidakpastian tinggi. Jika kalender memakai batas terlalu tinggi, ia kehilangan kedekatan dengan data observasi. Maka, pilihan terbaik adalah ambang yang memiliki hubungan dengan batas fisik tetapi tidak berada tepat di atasnya. Itulah fungsi  $8^{\circ}$ .

Tinggi  $5^{\circ}$  menjalankan fungsi serupa terhadap horizon. Kalender tidak cukup memakai prinsip bahwa Bulan sudah positif di atas ufuk. Posisi terlalu rendah masih terlalu rentan. Dengan memberi batas  $5^{\circ}$ , KHGT menambah lapisan kepastian geometri.

Dengan demikian, KHGT tidak menghilangkan ketidakpastian observasi lokal, tetapi mengelolanya melalui kriteria kalender. Kalender tidak lagi bergantung pada apakah awan menutup hilal di satu lokasi, atau apakah seorang pengamat sangat terlatih berhasil melihat sabit ekstrem. Kalender menggunakan batas yang ditarik dari ilmu visibilitas, tetapi dirumuskan untuk fungsi global.

## J. Transisi ke Rekam Jejak $6,4^{\circ}$ dan $7,7^{\circ}$

Subbab ini menegaskan bahwa Limit Danjon harus dipahami sebagai batas fisik-visibilitas, bukan sekadar batas statistik. Data pengamatan memang penting untuk mengetahui angka-angka batas, tetapi angka tersebut memiliki makna karena berhubungan dengan fisika pembentukan sabit, kontras cahaya, atmosfer, dan ambang deteksi. Oleh karena itu, data ekstrem harus dipakai secara hati-hati.

Bagi KHGT, implikasinya jelas. Elongasi  $8^{\circ}$  lebih layak sebagai kriteria kalender global dibanding angka ekstrem  $6,4^{\circ}$  atau  $7,7^{\circ}$  karena ia memberi buffer dari batas fisik dan statistik sekaligus. Tinggi  $5^{\circ}$  melengkapi kriteria ini dengan memberi batas terhadap problem horizon. Keduanya

membentuk kriteria yang tidak terlalu rendah, tidak terlalu tinggi, dan dapat dipertanggungjawabkan sebagai ambang kalender global.

## 2.5 Batas $6,4^\circ$ dan $7,7^\circ$ dalam Rekam Jejak Observasi Modern

Dalam diskursus visibilitas hilal modern, angka  $6,4^\circ$  dan  $7,7^\circ$  memiliki posisi sangat penting. Keduanya bukan sekadar angka teknis, melainkan penanda batas observasional yang sering dipakai untuk membaca kembali makna Limit Danjon. Angka  $6,4^\circ$  biasanya dikaitkan dengan batas minimum pengamatan hilal menggunakan bantuan optik, sedangkan angka  $7,7^\circ$  dikaitkan dengan batas pengamatan mata telanjang yang sangat ekstrem. Dalam konteks Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT), dua angka ini menjadi landasan penting untuk menjelaskan mengapa **elongasi geosentris minimal  $8^\circ$**  merupakan pilihan yang rasional, proporsional, dan memiliki buffer ilmiah.

Jika angka  $6,4^\circ$  menunjukkan bahwa hilal secara ekstrem dapat dideteksi dengan bantuan optik, dan angka  $7,7^\circ$  menunjukkan bahwa hilal secara ekstrem dapat dilihat dengan mata telanjang, maka angka  $8^\circ$  berada pada posisi strategis: ia berada di atas keduanya. Dengan demikian,  $8^\circ$  tidak mengabaikan capaian observasi modern, tetapi juga tidak menjadikan rekor ekstrem sebagai ambang kalender global. Dalam desain kalender, posisi seperti ini penting karena kalender tidak hanya membutuhkan kemungkinan minimal, tetapi membutuhkan batas yang cukup stabil untuk dipakai secara luas.

Dokumen dasar buku ini menyatakan bahwa  $7,7^\circ$  merujuk pada rekor observasi mata telanjang John Pierce, sedangkan  $6,4^\circ$  merujuk pada batas mutlak visibilitas hilal dengan alat optik/teleskop yang dikaitkan dengan Jim Stamm dan dianalisis dalam kerangka Odeh. Odeh juga menyatakan bahwa minimum elongasi untuk hilal yang dapat dilihat dengan bantuan optik adalah  $6,4^\circ$ , sedangkan minimum elongasi untuk hilal yang dapat dilihat dengan mata telanjang adalah  $7,7^\circ$ .

### A. Mengapa Angka $6,4^\circ$ Menjadi Penting?

Angka  $6,4^\circ$  menjadi penting karena ia sering dipahami sebagai salah satu batas modern terendah dalam visibilitas hilal dengan bantuan optik. Dalam artikel Odeh, kriteria visibilitas baru dibangun berdasarkan 737 observasi yang mencakup data Schaefer, data Jim Stamm, data SAAO, data Mohsen Mirsaeed, data Alireza Mehrani, dan data ICOP. Dari basis data besar itu, Odeh menyatakan bahwa ditemukan Limit Danjon sebesar  $6,4^\circ$ .

Makna ilmiah angka  $6,4^\circ$  adalah bahwa pada kondisi tertentu, dengan bantuan alat, hilal dapat dideteksi pada elongasi yang sangat rendah. Ini memperlihatkan bahwa batas klasik yang lebih tinggi perlu dibaca ulang. Dalam sejarahnya, Limit Danjon sering diasosiasikan dengan angka sekitar  $7^\circ$ . Namun data modern, terutama dengan penggunaan instrumen optik, memperlihatkan bahwa deteksi dapat menembus batas tersebut.



Akan tetapi, angka  $6,4^\circ$  harus dibaca hati-hati. Ia tidak mewakili kondisi umum. Ia bukan batas aman pengamatan biasa. Ia juga bukan angka yang secara otomatis dapat diangkat menjadi kriteria kalender global. Sebaliknya, ia adalah angka ekstrem yang menunjukkan batas bawah kemampuan observasi modern dengan bantuan alat.

Perbedaan antara **batas deteksi optik** dan **kriteria kalender global** harus ditegaskan. Batas deteksi optik menjawab pertanyaan: “seberapa kecil elongasi hilal yang masih pernah berhasil dideteksi dengan alat?” Kriteria kalender global menjawab pertanyaan berbeda: “berapa elongasi minimum yang cukup layak untuk menjadi dasar awal bulan bagi seluruh dunia?” Jawaban untuk pertanyaan kedua tidak harus sama dengan jawaban untuk pertanyaan pertama.

Dalam KHGT, angka  $6,4^\circ$  berfungsi sebagai fondasi bawah. Ia menunjukkan bahwa  $8^\circ$  bukan angka yang terlalu konservatif karena tidak terlalu jauh dari batas observasi modern. Namun  $6,4^\circ$  juga menunjukkan bahwa wilayah di bawah  $8^\circ$  adalah wilayah yang sangat dekat dengan batas ekstrem, sehingga tidak ideal untuk kalender global.

## B. Jim Stamm dan Pengamatan Optik Ekstrem

Angka  $6,4^\circ$  sering dikaitkan dengan pengamatan optik ekstrem yang melibatkan Jim Stamm. Schaefer mencatat bahwa Jim Stamm melakukan pengamatan hilal dengan teleskop dan menjadi salah satu rekor penting dalam visibilitas hilal muda. Dalam artikel Schaefer, Stamm disebut sebagai pemegang rekor pengamatan dengan bantuan optik pada usia Bulan sekitar 12,1 jam setelah konjungsi. Laporan itu diperiksa dengan cermat dan dinilai memenuhi kriteria reliabilitas karena Stamm berpengalaman, melaporkan secara cepat, melakukan persiapan observasi yang sangat baik, dan rincian laporannya konsisten dengan perhitungan.

Keterangan ini penting karena memperlihatkan bahwa pengamatan ekstrem bukan pengamatan biasa. Stamm tidak sekadar melihat ke langit secara spontan. Ia menyiapkan teleskop, memfokuskan alat sebelumnya, mengarahkan teleskop dengan bantuan pengamatan bintang, dan mengetahui posisi target secara presisi. Dengan kata lain, keberhasilan pengamatan ekstrem membutuhkan persiapan teknis tinggi.

Dari sudut pandang ilmu observasi, hal ini luar biasa. Data seperti ini memperluas pengetahuan manusia tentang batas deteksi hilal. Namun dari sudut pandang kalender global, justru perlu ditarik pelajaran berbeda: jika suatu batas hanya dapat dicapai dengan persiapan teknis sangat tinggi, alat optik, dan kondisi yang sangat mendukung, maka batas itu terlalu rendah untuk menjadi kriteria kalender umum.

Ini bukan penolakan terhadap alat optik. Dalam astronomi modern, alat optik memiliki kedudukan penting. Teleskop, binokular, kamera, dan teknik pencitraan dapat membantu memvalidasi model visibilitas. Namun kalender global tidak seharusnya menggantungkan ambangnya pada deteksi optik ekstrem. Kalender harus memiliki ambang yang lebih stabil daripada rekor instrumentasi.

Dalam konteks ini, elongasi  $8^\circ$  dapat dibaca sebagai batas yang menghormati data Stamm/Odeh, tetapi tidak mengubah batas optik ekstrem menjadi kriteria kalender.

## C. Makna Angka $7,7^\circ$ dalam Pengamatan Mata Telanjang

Jika  $6,4^\circ$  merepresentasikan batas optik ekstrem, maka  $7,7^\circ$  merepresentasikan capaian yang lebih dekat dengan konsep rukyat natural: pengamatan mata telanjang. Dokumen dasar buku ini menyebut angka  $7,7^\circ$  sebagai rekor observasi mata telanjang yang dikaitkan dengan John Pierce tahun 1990 dan tercatat dalam basis data ICOP. Odeh juga menyebut bahwa minimum elongasi untuk hilal mata telanjang adalah  $7,7^\circ$ .

Angka  $7,7^\circ$  memiliki kedudukan khusus karena ia berada sangat dekat dengan kriteria elongasi  $8^\circ$ . Jika hilal pernah terlihat dengan mata telanjang pada elongasi sekitar  $7,7^\circ$ , maka memilih  $8^\circ$  sebagai kriteria kalender berarti mengambil angka yang sedikit berada di atas rekor tersebut. Secara metodologis, ini sangat kuat. Kalender tidak mengambil batas yang terlalu jauh dari data, tetapi juga tidak memakai rekor ekstrem sebagai ambang.

Dalam konteks rukyat, pengamatan mata telanjang memiliki makna sosial-keagamaan yang lebih dekat dengan tradisi klasik daripada pengamatan optik. Karena itu, jika kriteria kalender global berada sedikit di atas rekor mata telanjang, kriterianya lebih mudah dijelaskan kepada publik. Ia tidak terlalu bergantung pada teknologi ekstrem, tetapi juga tidak mengabaikan data modern.

Namun, sama seperti  $6,4^\circ$ , angka  $7,7^\circ$  tetap harus dibaca sebagai rekor ekstrem. Rekor mata telanjang terjadi dalam kondisi khusus: pengamat berpengalaman, lokasi baik, langit bersih, perhitungan posisi tepat, dan waktu pengamatan optimal. Rekor bukan keadaan rata-rata. Maka, menjadikan  $7,7^\circ$  persis sebagai kriteria kalender masih terlalu dekat dengan batas. Angka  $8^\circ$  memberi margin kecil yang penting.

Dengan demikian,  $7,7^\circ$  menjadi salah satu argumen terkuat bagi  $8^\circ$ . Ia menunjukkan bahwa  $8^\circ$  bukan angka tinggi yang mengabaikan data;  $8^\circ$  justru angka yang hampir langsung bertumpu pada rekor mata telanjang, tetapi dengan tambahan buffer.

## D. John Pierce dan Pentingnya Validasi Rekor Mata Telanjang

Schaefer membahas pengamatan John Pierce sebagai salah satu rekor penting dalam pengamatan hilal muda dengan mata telanjang. Dalam artikelnya, Schaefer menjelaskan bahwa Pierce mengamati dari Collins Gap, Tennessee, memiliki pengalaman sebelumnya dalam pengamatan sabit, dan melakukan observasi bersama beberapa pengamat lain. Posisi Bulan telah dihitung sebelumnya sehingga para pengamat mengetahui dengan tepat ke mana harus melihat. Schaefer menerima laporan itu sebagai benar karena tidak menemukan anomali dan karena detailnya konsisten dengan perhitungan.

Keterangan ini penting untuk dua alasan.

Pertama, ia menunjukkan bahwa laporan mata telanjang ekstrem dapat valid jika memenuhi syarat ilmiah. Pengalaman observer, persiapan, waktu, lokasi, dan konsistensi data sangat penting.

Rukyat bukan sekadar kesaksian spontan; dalam konteks hilal muda ekstrem, rukyat harus menjadi observasi yang terstruktur.

Kedua, ia menunjukkan bahwa angka  $7,7^\circ$  bukan angka sembarangan. Ia berasal dari rekam jejak observasi yang diperhatikan dalam literatur visibilitas hilal modern. Karena itu, angka ini layak menjadi rujukan dalam argumentasi KHGT.

Namun sekali lagi, validitas rekor tidak berarti rekor harus menjadi kriteria. Justru karena rekor memerlukan keadaan sangat baik, kriteria kalender harus sedikit di atasnya. KHGT dengan elongasi  $8^\circ$  mengambil posisi ini. Ia menerima data Pierce sebagai bukti kemampuan mata telanjang modern, tetapi tidak menempatkan kalender tepat pada batas kemampuan ekstrem itu.

## E. $6,4^\circ$ dan $7,7^\circ$ sebagai Batas, Bukan Standar Kalender

Kekeliruan yang sering muncul dalam diskursus kriteria hilal adalah memperlakukan angka batas sebagai standar kalender. Jika hilal pernah terlihat pada elongasi  $6,4^\circ$  dengan alat, maka dianggap kriteria  $6,4^\circ$  cukup. Jika hilal pernah terlihat pada  $7,7^\circ$  dengan mata telanjang, maka dianggap kriteria  $7,7^\circ$  cukup. Cara berpikir ini tidak tepat.

Angka batas menunjukkan **kemungkinan ekstrem**, bukan **kelayakan umum**. Dalam penyusunan kalender, angka yang dipakai harus mempertimbangkan stabilitas sistem. Kalender berbeda dari eksperimen observasi. Eksperimen observasi boleh mengejar batas paling rendah. Kalender harus memilih batas yang dapat dipertanggungjawabkan sebagai aturan luas.

Dalam ilmu pengambilan keputusan, ambang operasional biasanya tidak diletakkan pada batas kegagalan. Jika sebuah jembatan mampu menahan beban maksimum tertentu, batas operasi normal tidak dibuat persis sama dengan beban maksimum itu. Ada faktor keamanan. Prinsip yang sama berlaku dalam kalender. Jika  $6,4^\circ$  adalah batas optik ekstrem dan  $7,7^\circ$  adalah rekor mata telanjang ekstrem, maka  $8^\circ$  berfungsi sebagai faktor keamanan minimal.

Dengan demikian, angka  $6,4^\circ$  dan  $7,7^\circ$  justru memperkuat  $8^\circ$ . Keduanya menunjukkan bahwa kriteria  $8^\circ$  berada pada posisi yang sangat dekat dengan data, tetapi tetap memiliki jarak aman. Tanpa data  $6,4^\circ$  dan  $7,7^\circ$ , angka  $8^\circ$  mungkin tampak seperti kesepakatan arbitrer. Dengan data tersebut,  $8^\circ$  tampak sebagai pilihan yang berargumentasi.

## F. Hubungan $6,4^\circ$ – $7,7^\circ$ dengan Limit Danjon Modern

Dalam perkembangan modern, Limit Danjon tidak lagi dipahami sebagai satu angka klasik yang tidak berubah. Pengamatan optik dan basis data yang lebih besar memperlihatkan bahwa batas visibilitas dapat berbeda menurut alat dan kondisi. Karena itu, lebih tepat membedakan antara **limit optik** dan **limit mata telanjang**.

Angka  $6,4^\circ$  dapat diposisikan sebagai limit optik modern. Ia menunjukkan batas bawah kemampuan deteksi dengan alat dalam kondisi tertentu. Angka  $7,7^\circ$  dapat diposisikan sebagai limit

mata telanjang ekstrem. Ia menunjukkan batas bawah kemampuan visual manusia dalam kondisi sangat baik.

Dua limit ini berhubungan dengan konsep Danjon, tetapi bukan dalam arti sederhana. Jika Danjon klasik menekankan batas sabit akibat panjang busur yang terlalu pendek, data modern menunjukkan bahwa alat optik, atmosfer, dan pengalaman pengamat dapat menggeser batas deteksi. Namun pergeseran itu tidak menghapus konsep batas fisik. Sabit tetap membutuhkan elongasi minimum agar cukup terbentuk.

Odeh menyimpulkan limit  $6,4^\circ$  berdasarkan basis data observasi besar. Artinya, dalam kondisi optik terbaik yang terekam, batas bisa turun sampai sekitar angka itu. Tetapi karena kriteria kalender tidak sama dengan limit optik, KHGT tidak perlu memakai  $6,4^\circ$  sebagai ambang.

Dengan memilih  $8^\circ$ , KHGT menyerap pelajaran dari Limit Danjon modern tanpa jatuh pada batas ekstrem. Ini adalah sikap metodologis yang sehat: data ekstrem dihargai, tetapi kalender diberi margin.

## G. Kriteria $8^\circ$ sebagai Buffer terhadap Dua Batas Ekstrem

Posisi  $8^\circ$  dapat dipahami melalui konsep **buffer**. Buffer adalah jarak aman dari batas ekstrem. Dalam KHGT,  $8^\circ$  menjadi buffer terhadap dua batas sekaligus:  $6,4^\circ$  optik dan  $7,7^\circ$  mata telanjang.

Terhadap  $6,4^\circ$ ,  $8^\circ$  memberi jarak sekitar  $1,6^\circ$ . Dalam visibilitas hilal, perbedaan  $1,6^\circ$  pada elongasi rendah bukan hal kecil. Sabit bertambah tebal, keterpisahan dari Matahari meningkat, dan peluang kontras membaik. Dengan demikian,  $8^\circ$  jauh lebih aman daripada  $6,4^\circ$ .

Terhadap  $7,7^\circ$ ,  $8^\circ$  memberi jarak sekitar  $0,3^\circ$ . Jarak ini kecil, tetapi bermakna. Ia menunjukkan bahwa KHGT tidak terlalu konservatif. Kriteria  $8^\circ$  masih sangat dekat dengan rekor mata telanjang, tetapi tidak persis di atas rekor. Ini memberi sinyal bahwa kalender mengambil posisi hati-hati tanpa berlebihan.

Kombinasi dua buffer ini menjadikan  $8^\circ$  angka yang proporsional. Jika angka yang dipilih  $10^\circ$  atau  $12^\circ$ , kriteria mungkin terlalu konservatif. Jika angka yang dipilih  $6,4^\circ$  atau  $7^\circ$ , kriteria terlalu dekat dengan limit ekstrem. Angka  $8^\circ$  berada di tengah: cukup rendah untuk tetap realistis, cukup tinggi untuk stabil.

Dalam argumentasi KHGT, posisi ini harus terus ditekankan. Elongasi  $8^\circ$  bukan sekadar syarat teknis, tetapi hasil pembacaan terhadap data ekstrem dan kebutuhan kalender.

## H. Mengapa Data $6,4^\circ$ Tidak Cukup untuk Kalender Global?

Sebagian orang mungkin berargumen: jika Odeh menemukan limit  $6,4^\circ$ , mengapa tidak memakai  $6,4^\circ$  saja? Jawaban pertama: karena  $6,4^\circ$  adalah batas optik, bukan batas kalender. Jawaban kedua: karena kalender global harus dapat dijelaskan tidak hanya kepada astronom, tetapi kepada umat

yang memahami hilal sebagai fenomena sabit muda yang secara natural memiliki makna visual. Jawaban ketiga: karena  $6,4^\circ$  berada terlalu dekat dengan wilayah ketidakpastian.

Wilayah  $6,4^\circ$  sangat ekstrem. Pada elongasi seperti itu, sabit sangat tipis dan deteksinya sangat bergantung pada alat, pengalaman, dan kondisi atmosfer. Jika kalender global memakai  $6,4^\circ$ , maka kalender akan lebih mudah dikritik karena menempatkan awal bulan pada kondisi yang mungkin hanya dicapai oleh observasi optik khusus.

Selain itu, KHGT bertujuan menyatukan kalender, bukan sekadar membuktikan kemungkinan melihat hilal. Penyatuan memerlukan angka yang dapat diterima lebih luas. Angka  $8^\circ$  lebih komunikatif karena berada di atas batas mata telanjang ekstrem. Ia dapat dikatakan: “kriteria ini tidak mengambil batas teleskop ekstrem, tetapi berada di atas batas pengamatan mata telanjang yang tercatat.”

Dengan demikian,  $6,4^\circ$  tetap penting sebagai data. Namun perannya adalah menunjukkan batas bawah, bukan menentukan kriteria global.

## I. Mengapa Data $7,7^\circ$ Tidak Langsung Menjadi Kriteria $7,7^\circ$ ?

Pertanyaan berikutnya: jika  $7,7^\circ$  adalah batas mata telanjang, mengapa tidak memakai  $7,7^\circ$  saja? Jawabannya terletak pada prinsip pembulatan, komunikasi, dan buffer.

Pertama,  $7,7^\circ$  adalah angka rekor yang sangat spesifik. Dalam kriteria kalender, angka bulat sering lebih mudah dipakai dan dikomunikasikan, selama pembulatan itu tidak merusak basis ilmiah. Membulatkan ke atas menjadi  $8^\circ$  memberi kejelasan dan kehati-hatian.

Kedua,  $7,7^\circ$  tetap merupakan rekor ekstrem. Menggunakannya persis sebagai ambang berarti kalender berdiri tepat pada batas mata telanjang terbaik yang tercatat. Ini terlalu rapuh untuk sistem global.

Ketiga,  $8^\circ$  memberi margin kecil yang secara metodologis penting. Margin  $0,3^\circ$  mungkin tampak kecil, tetapi dalam konteks elongasi rendah, ia menunjukkan prinsip bahwa kalender tidak mengambil angka minimum persis. Kalender perlu sedikit berada di atas rekor.

Keempat,  $8^\circ$  lebih mudah dipadukan dengan tinggi  $5^\circ$  sebagai pasangan kriteria sederhana. Kombinasi  $5^\circ$ – $8^\circ$  memiliki bentuk yang komunikatif dan kuat: tinggi minimal  $5^\circ$ , elongasi minimal  $8^\circ$ . Angka ini lebih mudah menjadi bahasa kebijakan kalender daripada  $5^\circ$ – $7,7^\circ$ .

Dengan demikian,  $8^\circ$  bukan pengabaian terhadap  $7,7^\circ$ , melainkan penerjemahan rekor  $7,7^\circ$  menjadi kriteria kalender yang lebih aman.

## J. Implikasi bagi Tinggi 5° dalam KHGT

Walaupun subbab ini berfokus pada elongasi 6,4°, 7,7°, dan 8°, implikasinya juga menyentuh tinggi 5°. Jika elongasi 8° dipilih sebagai buffer terhadap batas ketebalan sabit, maka tinggi 5° dipilih sebagai buffer terhadap problem horizon.

Dua parameter ini bekerja dengan logika yang sama. Elongasi terlalu kecil membuat sabit terlalu tipis dan terlalu dekat dengan Matahari. Tinggi terlalu rendah membuat sabit terlalu dekat dengan horizon dan terlalu rentan terhadap atmosfer. Maka, KHGT menetapkan dua syarat: sabit harus cukup berkembang dan posisinya harus cukup tinggi.

Dokumen dasar buku ini membedakan elongasi geosentris dan tinggi toposentris dalam konteks observasi. Elongasi geosentris disebut lebih mutlak karena tidak dipengaruhi lokasi pengamat, sedangkan tinggi toposentris sangat dipengaruhi kondisi lokal. Dalam KHGT, penggunaan tinggi geosentris 5° dimaksudkan sebagai syarat geometri global, bukan sebagai pengganti analisis toposentris lokal.

Maka, jika 8° adalah buffer terhadap limit Danjon, 5° adalah buffer terhadap horizon. Keduanya membentuk kriteria kalender global yang lebih kuat daripada kriteria tunggal.

## K. Nilai Strategis 6,4° dan 7,7° bagi Pembelaan KHGT

Dalam argumentasi KHGT, angka 6,4° dan 7,7° memiliki nilai strategis karena membantu menjawab kritik utama terhadap kriteria 8°. Jika ada yang mengatakan 8° terlalu tinggi, maka jawabannya: 8° hanya sedikit di atas rekor mata telanjang 7,7° dan masih dekat dengan data observasi modern. Jika ada yang mengatakan 8° terlalu rendah, maka jawabannya: 8° sudah berada di atas limit optik 6,4° dan di atas rekor mata telanjang, sehingga memiliki margin.

Dengan demikian, 8° berada pada posisi defensif yang kuat. Ia dapat membela diri dari dua sisi. Terhadap kritik konservatif, ia menunjukkan kedekatan dengan data. Terhadap kritik permisif, ia menunjukkan jarak dari batas ekstrem. Posisi ini sangat penting untuk kriteria global.

Kriteria kalender yang baik harus dapat menjawab kritik dari dua arah. Jika terlalu rendah, ia dituduh tidak hati-hati. Jika terlalu tinggi, ia dituduh tidak empiris. Angka 8° memiliki keseimbangan yang relatif baik. Ia empiris sekaligus hati-hati.

Inilah sebabnya subbab ini menjadi pusat argumentasi Bab 2. Limit Danjon modern tidak hanya memberi informasi tentang batas visibilitas, tetapi juga menyediakan dasar untuk memilih ambang kalender yang lebih bijak.



## L. Transisi ke Pembahasan Kriteria Kalender dan Rekor Ekstrem

Subbab ini telah menunjukkan bahwa angka  $6,4^\circ$  dan  $7,7^\circ$  adalah dua angka penting dalam rekam jejak observasi hilal modern. Angka  $6,4^\circ$  menunjukkan batas optik ekstrem, sedangkan  $7,7^\circ$  menunjukkan batas mata telanjang ekstrem. Keduanya memperkuat argumen bahwa elongasi  $8^\circ$  adalah pilihan yang rasional untuk KHGT.

Namun masih ada pertanyaan metodologis yang perlu dijawab: mengapa limit ekstrem tidak otomatis menjadi kriteria kalender? Mengapa rekor yang valid sekalipun tidak boleh langsung dijadikan ambang global? Jawaban atas pertanyaan ini akan dibahas pada subbab berikutnya.

## 2.6 Mengapa Limit Ekstrem Tidak Otomatis Layak Menjadi Kriteria Kalender

Dalam ilmu visibilitas hilal, rekor ekstrem memiliki daya tarik besar. Rekor menunjukkan batas kemampuan manusia, alat, atmosfer, dan metode prediksi astronomi. Ketika hilal dilaporkan terlihat pada elongasi sangat kecil, usia Bulan sangat muda, atau tinggi sangat rendah, laporan semacam itu segera menjadi perhatian karena dapat mengubah pemahaman tentang batas visibilitas. Akan tetapi, dalam penyusunan kalender, terutama **Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT)**, rekor ekstrem tidak boleh langsung dijadikan kriteria kalender.

Di sinilah perlu dibedakan secara tegas antara **limit observasional** dan **kriteria kalender**. Limit observasional menjawab pertanyaan: *seberapa rendah batas hilal pernah berhasil diamati?* Kriteria kalender menjawab pertanyaan lain: *ambang astronomis apa yang cukup stabil, dapat dihitung, dapat dikomunikasikan, dan layak dijadikan dasar penetapan awal bulan secara global?* Dua pertanyaan ini saling berkaitan, tetapi tidak identik.

Dalam konteks hilal modern, angka  $6,4^\circ$  dan  $7,7^\circ$  adalah contoh limit ekstrem. Angka  $6,4^\circ$  dikaitkan dengan batas pengamatan menggunakan alat optik, sedangkan  $7,7^\circ$  dikaitkan dengan pengamatan mata telanjang. Odeh menyatakan bahwa minimum elongasi untuk pengamatan dengan bantuan optik adalah  $6,4^\circ$ , sedangkan minimum elongasi untuk mata telanjang adalah  $7,7^\circ$ . Dokumen dasar buku ini juga menempatkan  $6,4^\circ$  sebagai batas optik/teleskop dan  $7,7^\circ$  sebagai rekor mata telanjang.

Kedua angka tersebut sangat penting. Namun pentingnya angka itu justru terletak pada statusnya sebagai **batas ekstrem**, bukan sebagai standar kalender. Kalender global tidak seharusnya berdiri tepat di wilayah ekstrem, karena wilayah ekstrem selalu memiliki ketidakpastian tinggi. Kriteria KHGT berupa **elongasi geosentris  $8^\circ$**  dapat dipahami sebagai pilihan yang mengambil pelajaran dari limit ekstrem, tetapi tidak terjebak pada ekstrem itu.

## A. Rekor Ekstrem adalah Data Ilmiah, Bukan Norma Kalender

Rekor ekstrem mempunyai nilai ilmiah karena memperluas pengetahuan tentang batas visibilitas. Jika sebelumnya diduga hilal tidak mungkin terlihat di bawah elongasi tertentu, lalu ada laporan valid yang menunjukkan keberhasilan pada elongasi lebih rendah, maka teori dan model perlu ditinjau. Dalam sains, data ekstrem yang valid sangat penting karena dapat memperbaiki batas, mengoreksi asumsi, dan memacu model baru.

Namun kalender bukan laboratorium rekor. Kalender adalah sistem waktu yang dipakai masyarakat luas. Ia harus stabil, prediktif, dan dapat dipertanggungjawabkan. Karena itu, kalender tidak cukup didasarkan pada pertanyaan “apakah pernah ada satu kasus ekstrem?” Kalender harus bertanya “apakah batas ini cukup stabil untuk dijadikan aturan?”

Schaefer menekankan bahwa laporan hilal muda harus diseleksi secara ketat. Ia menerima laporan ekstrem seperti John Pierce dan Jim Stamm bukan karena sekadar ada klaim, tetapi karena laporan itu memenuhi kriteria: pengamat berpengalaman, persiapan baik, pelaporan cepat, dan konsistensi dengan perhitungan astronomis. Ini menunjukkan bahwa data ekstrem memerlukan verifikasi lebih tinggi daripada data biasa.

Jika data ekstrem saja memerlukan verifikasi ketat, maka menjadikannya kriteria kalender global tentu memerlukan kehati-hatian yang lebih besar. Sebuah rekor valid tetaplah rekor. Rekor menunjukkan bahwa sesuatu dapat terjadi dalam kondisi sangat khusus, bukan bahwa kondisi tersebut layak menjadi standar operasional bagi seluruh dunia Islam.

Dalam konteks KHGT, data  $6,4^\circ$  dan  $7,7^\circ$  berfungsi sebagai batas rujukan. Keduanya menunjukkan bahwa hilal modern dapat dideteksi pada elongasi rendah. Namun kriteria kalender yang lebih bijak adalah angka yang sedikit berada di atas batas tersebut. Di sinilah  $8^\circ$  menjadi rasional.

## B. Wilayah Dekat Limit adalah Wilayah Ketidakpastian Tinggi

Wilayah dekat Limit Danjon adalah wilayah yang sangat sensitif. Pada elongasi sangat kecil, sabit Bulan sangat tipis, sangat redup, dan sangat dekat dengan Matahari. Sedikit perubahan kondisi atmosfer, ketinggian lokasi, kualitas horizon, alat, pengalaman pengamat, atau waktu observasi dapat menentukan terlihat atau tidaknya hilal.

Schaefer menjelaskan bahwa visibilitas hilal melibatkan perhitungan orbit, hamburan cahaya Bulan, hamburan atmosfer, dan fisiologi penglihatan. Artinya, hilal muda bukan sekadar objek geometri. Ia adalah fenomena optik yang berada di batas kemampuan deteksi. Pada wilayah ekstrem, faktor kecil dapat menghasilkan perbedaan besar.

Odeh juga menunjukkan bahwa prediksi visibilitas tidak dapat dibuat andal dengan satu parameter saja. Diperlukan parameter yang berkaitan dengan kecerlangan intrinsik sabit dan parameter yang berkaitan dengan jaraknya dari horizon. Ini memperlihatkan bahwa menggunakan satu angka ekstrem secara langsung sebagai kriteria kalender akan menyederhanakan problem secara berlebihan.

Wilayah dekat  $6,4^\circ$  jelas merupakan wilayah sangat ekstrem karena terkait bantuan optik. Wilayah sekitar  $7,7^\circ$  juga ekstrem karena merupakan rekor mata telanjang. Maka, jika kalender global memakai angka-angka ini secara langsung, kalender diletakkan di zona yang sangat rapuh. Ia akan mudah diperdebatkan setiap kali kondisi Bulan berada dekat ambang.

Elongasi  $8^\circ$  mengurangi kerentanan itu. Memang  $8^\circ$  tidak menjamin hilal terlihat dari semua lokasi, tetapi ia menandai bahwa konfigurasi Bulan–Matahari telah melewati batas ekstrem yang terekam. Dalam kalender global, melewati batas ekstrem lebih penting daripada sekadar menyentuh batas ekstrem.

## C. Kriteria Kalender Memerlukan Faktor Keamanan

Dalam sistem teknis, faktor keamanan adalah prinsip umum. Suatu batas operasi tidak diletakkan persis pada batas kegagalan. Jika suatu material dapat menahan beban maksimum tertentu, penggunaan normalnya diberi margin di bawah batas maksimum. Jika sebuah sistem dapat gagal pada suhu tertentu, ambang operasional dibuat dengan jarak aman dari suhu itu. Prinsip yang sama dapat diterapkan pada kalender.

Limit observasional adalah batas kemampuan. Kriteria kalender adalah batas operasional. Karena itu, kriteria kalender harus mempunyai faktor keamanan terhadap limit observasional. Dalam konteks KHGT, **elongasi  $8^\circ$**  berperan sebagai faktor keamanan terhadap dua batas penting:  $6,4^\circ$  optik dan  $7,7^\circ$  mata telanjang.

Terhadap  $6,4^\circ$ , angka  $8^\circ$  memberi jarak yang cukup bermakna. Pada elongasi rendah, tambahan sekitar  $1,6^\circ$  berarti sabit lebih berkembang, lebih tebal, dan lebih terpisah dari Matahari. Terhadap  $7,7^\circ$ , angka  $8^\circ$  memberi margin kecil tetapi penting. Margin ini menunjukkan bahwa kalender tidak berdiri tepat pada rekor mata telanjang.

Prinsip yang sama berlaku pada tinggi hilal. Jika Bulan terlalu rendah, ia berada di wilayah atmosfer yang paling bermasalah. Kriteria **tinggi hilal geosentris  $5^\circ$**  memberi faktor keamanan terhadap horizon. Kalender tidak hanya menuntut Bulan berada di atas ufuk, tetapi menuntut posisi yang lebih bermakna secara geometri.

Dengan demikian, kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  dapat dibaca sebagai sistem dua faktor keamanan. Elongasi  $8^\circ$  memberi keamanan terhadap sabit yang terlalu tipis; tinggi  $5^\circ$  memberi keamanan terhadap posisi yang terlalu rendah. Keduanya membangun kalender yang lebih stabil dibanding kriteria yang berdiri tepat pada limit.

## D. Rekor Ekstrem Sulit Direplikasi

Salah satu alasan utama mengapa rekor ekstrem tidak boleh langsung menjadi kriteria kalender ialah karena rekor ekstrem sulit direplikasi. Rekor biasanya terjadi karena kombinasi kondisi yang jarang: pengamat sangat berpengalaman, lokasi sangat baik, langit sangat transparan, alat presisi, horizon bersih, waktu observasi tepat, dan posisi hilal sudah dihitung dengan akurat.

Dalam pembahasan Schaefer tentang Jim Stamm, tampak jelas bahwa pengamatan ekstrem optik memerlukan persiapan yang sangat cermat. Stamm melakukan prefokus teleskop, mengarahkan alat dengan observasi bintang, dan mengetahui posisi hilal secara presisi. Schaefer menerima laporan itu setelah mengecek detailnya dan tidak menemukan inkonsistensi dengan perhitungan.

Demikian pula, pengamatan John Pierce tidak dapat dianggap sebagai pengamatan biasa. Schaefer menyebut bahwa Pierce berpengalaman, melakukan ekspedisi khusus bersama beberapa pengamat, dan posisi Bulan telah dihitung sebelumnya sehingga arah pencarian diketahui.

Hal-hal ini menunjukkan bahwa rekor ekstrem bukan pengalaman umum. Ia terjadi dalam kondisi terkontrol dan dengan pengamat terlatih. Kalender global tidak seharusnya bergantung pada kondisi yang sulit direplikasi. Kalender harus dapat bekerja secara stabil tanpa menunggu kombinasi sempurna pengamat, alat, lokasi, dan atmosfer.

Dengan memilih elongasi  $8^\circ$ , KHGT tidak menolak rekor. KHGT mengakui rekor sebagai data, tetapi tidak menggantungkan kalender pada rekor. Ini adalah perbedaan metodologis yang sangat penting.

## E. Penggunaan Alat Optik dan Masalah Representasi Kalender

Pengamatan dengan alat optik sangat penting bagi astronomi modern. Teleskop, binokular, kamera, dan pemrosesan citra dapat memperluas kemampuan deteksi dan menghasilkan data yang lebih presisi. Namun dalam penetapan kalender global, batas optik ekstrem perlu dibaca hati-hati.

Jika kriteria kalender diambil dari limit optik  $6,4^\circ$ , maka kalender berpotensi bergantung pada kemampuan teknis yang tidak mewakili pengalaman rukyat umum. Hilal pada elongasi demikian mungkin hanya dapat dideteksi dengan alat, pengamat terlatih, dan kondisi ideal. Dalam kerangka sosial-keagamaan, hal ini dapat menimbulkan persoalan penerimaan: apakah kalender berbasis hilal sebaiknya memakai ambang yang hanya dapat dicapai oleh alat optik ekstrem?

Jawaban KHGT adalah mengambil jalan tengah. Data optik tetap dihormati sebagai bagian dari bukti ilmiah. Namun kalender global tidak memakai batas optik ekstrem sebagai ambang. Kriteria  $8^\circ$  berada di atas rekor mata telanjang  $7,7^\circ$ , sehingga lebih dekat dengan konsep hilal yang memiliki makna visual alami, meskipun tetap berbasis hisab.

Ini bukan berarti alat optik tidak relevan. Alat optik tetap penting untuk validasi, dokumentasi, pendidikan, dan riset visibilitas. Namun statusnya dalam kalender berbeda dari statusnya dalam

observasi ilmiah. Dalam kalender, alat optik ekstrem tidak seharusnya menentukan ambang global secara langsung.

## **F. Limit Ekstrem dan Problem Klaim Lemah**

Wilayah ekstrem juga rentan terhadap klaim lemah. Semakin sulit objek diamati, semakin besar kemungkinan kesalahan persepsi. Pengamat dapat salah mengira awan tipis, pantulan, jejak atmosfer, atau artefak visual sebagai hilal. Karena itu, laporan hilal pada kondisi ekstrem harus diuji lebih ketat.

Schaefer menyebut adanya kemungkinan laporan muda yang salah dan menekankan perlunya kriteria reliabilitas laporan. Ini bukan berarti semua laporan ekstrem harus dicurigai secara negatif, tetapi berarti prosedur verifikasi harus lebih kuat.

Jika kalender global memakai batas ekstrem, maka kalender akan lebih sering berada dalam wilayah yang membutuhkan verifikasi sangat ketat. Hal ini bertentangan dengan fungsi kalender sebagai sistem yang harus memberi kepastian jauh hari. Kalender tidak boleh setiap saat bergantung pada debat validitas klaim ekstrem.

Kriteria 8° membantu mengurangi problem ini. Dengan berada di atas batas ekstrem, kalender tidak terlalu mudah terguncang oleh klaim-klaim hilal pada elongasi sangat rendah. Jika ada laporan hilal di bawah 8°, laporan itu tetap berharga untuk riset dan evaluasi, tetapi tidak otomatis mengubah keputusan kalender KHGT. Dengan demikian, kalender tetap stabil, sementara ilmu observasi tetap berkembang.

## **G. Kriteria Global Berbeda dari Kompetisi Hilal Termuda**

Pengamatan hilal termuda sering menjadi ajang ilmiah dan amatir yang menarik. Para pengamat berusaha memecahkan rekor dengan persiapan terbaik. Kegiatan ini positif bagi perkembangan astronomi karena menghasilkan data baru, meningkatkan keterampilan observasi, dan memperkaya basis data visibilitas.

Namun kalender global memiliki tujuan berbeda. Kalender bukan kompetisi mencari batas paling rendah. Kalender adalah instrumen penataan waktu. Tujuannya bukan memecahkan rekor, tetapi menetapkan tanggal secara konsisten.

Schaefer menyebut pengamatan sabit muda sebagai semacam kompetisi ramah di kalangan astronom amatir modern, tetapi ia sekaligus menekankan perlunya kehati-hatian terhadap laporan muda. Pernyataan ini memberi pelajaran penting: rekor boleh dicari, tetapi kalender tidak boleh disandarkan pada semangat rekor.

KHGT perlu berdiri di luar logika kompetisi. Ia memakai data rekor untuk mengetahui batas bawah, tetapi menetapkan kriteria dengan mempertimbangkan stabilitas global. Dengan demikian, KHGT menghargai pengamat ekstrem tanpa menjadikan kalender sebagai arena ekstrem.

## H. Kalender Global Memerlukan Komunikasi Publik yang Sederhana

Kriteria kalender tidak hanya harus benar secara ilmiah, tetapi juga harus dapat dijelaskan kepada masyarakat. Angka yang terlalu dekat dengan limit ekstrem dapat sulit dikomunikasikan. Jika masyarakat mendengar bahwa awal bulan ditetapkan berdasarkan elongasi yang hanya mungkin terlihat dengan alat optik dalam kondisi sangat ideal, penerimaan publik dapat melemah.

Angka  $8^\circ$  lebih mudah dijelaskan. Penjelasan sederhananya adalah: data modern menunjukkan hilal dengan alat pernah mencapai sekitar  $6,4^\circ$ , dan mata telanjang sekitar  $7,7^\circ$ ; maka kalender global mengambil ambang  $8^\circ$  sebagai batas aman di atas rekor. Penjelasan ini komunikatif, berbasis data, dan tidak berlebihan.

Tinggi  $5^\circ$  juga mudah dijelaskan: hilal tidak cukup hanya ada di atas ufuk; ia harus memiliki tinggi minimum agar tidak berada terlalu rendah dalam wilayah horizon yang penuh gangguan. Dengan demikian, kombinasi  $5^\circ$ – $8^\circ$  menjadi rumusan yang dapat dipahami masyarakat: Bulan harus cukup tinggi dan cukup jauh dari Matahari.

Komunikasi publik ini penting bagi KHGT. Kalender global hanya dapat berhasil jika kriterianya tidak hanya dihitung oleh ahli, tetapi juga dipahami oleh umat. Kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  memiliki keunggulan karena sederhana, berbasis data, dan dapat dijelaskan secara naratif.

## I. Stabilitas Kalender dan Evaluasi Ilmiah

Menyatakan bahwa limit ekstrem tidak otomatis menjadi kriteria kalender bukan berarti menutup pintu revisi ilmiah. Kalender tetap harus terbuka terhadap data baru. Jika pada masa depan terkumpul data global yang lebih besar, lebih valid, dan menunjukkan pola berbeda secara konsisten, kriteria dapat dievaluasi. Namun evaluasi tidak boleh dilakukan berdasarkan satu atau dua rekor sporadis.

Perubahan kriteria kalender harus memenuhi standar: data cukup banyak, validasi kuat, model fisik jelas, implikasi kalender diuji, dan penerimaan sosial dipertimbangkan. Inilah perbedaan antara perkembangan ilmu observasi dan perubahan sistem kalender. Ilmu dapat bergerak cepat mengikuti data baru, sedangkan kalender memerlukan stabilitas institusional.

KHGT dengan  $5^\circ$ – $8^\circ$  dapat dipahami sebagai kriteria yang stabil tetapi tidak tertutup. Stabil karena tidak mudah berubah oleh klaim ekstrem tunggal. Terbuka karena tetap dapat dievaluasi dengan basis data observasi masa depan. Sikap ini penting agar kalender tidak dogmatis, tetapi juga tidak rapuh.

Odeh menunjukkan bahwa basis data besar dapat menghasilkan kriteria baru. Pelajaran dari sini ialah bahwa revisi kriteria harus berbasis database yang luas, bukan laporan terpisah. KHGT harus mengikuti prinsip yang sama.



## J. Mengapa $8^\circ$ Lebih Layak daripada $6,4^\circ$ atau $7,7^\circ$ sebagai Ambang Kalender

Setelah membedakan limit ekstrem dan kriteria kalender, dapat dirumuskan alasan mengapa  $8^\circ$  lebih layak daripada  $6,4^\circ$  atau  $7,7^\circ$  sebagai ambang kalender global.

Pertama,  $8^\circ$  berada di atas limit optik. Dengan demikian, kalender tidak bergantung pada deteksi instrumental ekstrem.

Kedua,  $8^\circ$  berada di atas rekor mata telanjang. Dengan demikian, kalender tidak berdiri tepat pada batas kemampuan visual ekstrem.

Ketiga,  $8^\circ$  tetap dekat dengan data observasi. Maka, ia tidak terlalu konservatif.

Keempat,  $8^\circ$  mudah dikomunikasikan dan dipadukan dengan tinggi  $5^\circ$ .

Kelima,  $8^\circ$  memiliki fungsi buffer. Ia memberi jarak aman dari wilayah ketidakpastian tinggi.

Keenam,  $8^\circ$  sesuai dengan fungsi kalender global yang membutuhkan stabilitas, bukan sekadar kemungkinan minimal.

Dengan demikian,  $8^\circ$  adalah angka yang proporsional: tidak terlalu rendah, tidak terlalu tinggi, dan memiliki hubungan kuat dengan data observasi modern.

## K. Tinggi $5^\circ$ sebagai Pasangan Metodologis Elongasi $8^\circ$

Elongasi  $8^\circ$  sendiri belum cukup. Sabit yang cukup berkembang tetap harus berada pada posisi yang layak terhadap horizon. Karena itu, tinggi  $5^\circ$  menjadi pasangan metodologisnya.

Jika elongasi menjawab pertanyaan “apakah sabit cukup berkembang?”, tinggi menjawab pertanyaan “apakah posisi Bulan cukup aman dari problem horizon?” Dalam model visibilitas lokal, posisi terhadap horizon sangat penting karena berkaitan dengan ekstingsi atmosfer dan cahaya senja. Odeh memakai ARCV sebagai variabel penting karena visibilitas membutuhkan parameter yang berhubungan dengan jarak Bulan dari horizon.

Dalam KHGT, tinggi geosentris  $5^\circ$  bukan klaim bahwa hilal pasti terlihat di setiap lokasi. Ia adalah syarat geometri global. Bersama elongasi  $8^\circ$ , tinggi  $5^\circ$  membentuk kriteria yang lebih lengkap. Kalender tidak hanya menghindari sabit terlalu tipis, tetapi juga menghindari posisi Bulan terlalu rendah.

Maka, kriteria KHGT  $5^\circ$ – $8^\circ$  adalah bentuk kehati-hatian ganda: kehati-hatian terhadap limit Danjon dan kehati-hatian terhadap horizon.

## L. Penutup Subbab: Dari Limit Danjon menuju Rekam Observasi Modern

Limit ekstrem memiliki nilai ilmiah yang tinggi, tetapi tidak otomatis menjadi kriteria kalender. Angka  $6,4^\circ$  dan  $7,7^\circ$  sangat penting karena menunjukkan batas kemampuan observasi modern. Namun keduanya adalah batas ekstrem. Kalender global membutuhkan angka yang sedikit lebih aman, lebih stabil, dan lebih komunikatif. Elongasi  $8^\circ$  menjawab kebutuhan itu.

Dengan demikian, pembahasan Limit Danjon pada Bab 2 memperlihatkan bahwa KHGT tidak mengambil angka  $5^\circ$ – $8^\circ$  secara arbitrer. Angka  $8^\circ$  berakar pada rekam jejak observasi modern, tetapi ditempatkan sebagai ambang kalender dengan buffer ilmiah. Angka  $5^\circ$  melengkapi  $8^\circ$  dengan memberi batas terhadap problem horizon. Keduanya membentuk dasar awal bagi pembelaan saintifik KHGT.

---

## Simpulan Bab 2

Bab ini telah membahas Limit Danjon sebagai konsep kunci dalam memahami batas visibilitas hilal. Limit Danjon tidak boleh dipahami secara sempit sebagai angka tunggal yang kaku, tetapi sebagai batas fisik-visibilitas yang dipengaruhi oleh geometri Bulan–Matahari, panjang busur sabit, lebar sabit, kecerlangan sabit, hamburan atmosfer, alat optik, dan fisiologi penglihatan.

Pembahasan historis menunjukkan bahwa Danjon menaruh perhatian pada problem sabit yang terlalu tipis dan terlalu pendek pada elongasi kecil. Reinterpretasi modern melalui McNally, Schaefer, Odeh, dan basis data observasi memperlihatkan bahwa batas visibilitas perlu dibaca lebih kompleks. Schaefer menegaskan bahwa visibilitas hilal melibatkan orbit, atmosfer, cahaya, dan penglihatan manusia. Odeh memperluas basis data menjadi 737 observasi dan menyimpulkan adanya batas optik modern sekitar  $6,4^\circ$ .

Dua angka penting dalam rekam jejak modern adalah  $6,4^\circ$  dan  $7,7^\circ$ . Angka  $6,4^\circ$  menunjukkan batas optik ekstrem, sedangkan  $7,7^\circ$  menunjukkan batas mata telanjang ekstrem. Keduanya penting sebagai bukti ilmiah, tetapi tidak otomatis layak menjadi kriteria kalender global. Kalender memerlukan margin, stabilitas, komunikasi publik, dan kemampuan diberlakukan secara global.

Dalam kerangka KHGT, elongasi geosentris  $8^\circ$  memperoleh kekuatan karena berada di atas kedua batas tersebut. Ia bukan angka arbitrer, tetapi angka yang mengambil pelajaran dari limit ekstrem sambil memberi buffer ilmiah. Tinggi hilal geosentris  $5^\circ$  melengkapi elongasi  $8^\circ$  dengan memberi batas terhadap problem horizon. Dengan demikian, Bab 2 memperkuat dasar konseptual bahwa kriteria KHGT  $5^\circ$ – $8^\circ$  memiliki landasan ilmiah yang dapat dipertanggungjawabkan.

---

## Daftar Pustaka Bab 2

Caldwell, J. A. R., & Laney, C. D. (2000). *First visibility of the lunar crescent*. *African Skies*, 5, 15–23. Data bibliografis perlu diverifikasi ulang sebelum naskah final.

Doggett, L. E., & Schaefer, B. E. (1994). Lunar crescent visibility. *Icarus*, 107(2), 388–403. Data bibliografis perlu diverifikasi ulang sebelum naskah final.

McNally, D. (1983). The length of the lunar crescent. *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, 24, 417–429. Data bibliografis perlu diverifikasi ulang sebelum naskah final.

Odeh, M. Sh. (2006). New criterion for lunar crescent visibility. *Experimental Astronomy*, 18, 39–64.

Schaefer, B. E. (1996). Lunar crescent visibility. *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, 37, 759–768.

Sultan, A. H. (2007). *First visibility of the lunar crescent: Beyond Danjon's limit*. Data bibliografis perlu diverifikasi ulang sebelum naskah final.

Yallop, B. D. (1997). *A method for predicting the first sighting of the new crescent moon* (NAO Technical Note No. 69). Royal Greenwich Observatory.

## BAB 3 — Rekor Observasi Hilal Modern: Dari Pierce, Stamm, Schaefer hingga ICOP

### 3.1 Tradisi Observasi Hilal dan Kelahiran Data Modern

Tradisi observasi hilal memiliki sejarah panjang dalam peradaban Islam dan astronomi dunia. Sejak masa awal kalender kamariah, penentuan awal bulan sangat bergantung pada kemampuan manusia mengenali sabit muda di langit senja. Dalam konteks Islam, hilal bukan sekadar objek astronomis, melainkan tanda waktu ibadah. Ia menjadi penanda masuknya Ramadan, Syawal, Zulhijah, dan bulan-bulan lain dalam sistem penanggalan Hijriah. Karena itu, observasi hilal sejak awal memiliki kedudukan ganda: sebagai kegiatan empiris astronomis dan sebagai praktik keagamaan.

Namun tradisi observasi hilal klasik berbeda dengan tradisi observasi hilal modern. Pada masa klasik, data pengamatan sering bersifat lokal, tersebar, tidak selalu memiliki metadata lengkap, dan sulit diverifikasi ulang dengan standar astronomi modern. Informasi tentang lokasi, waktu, tinggi tempat, kondisi atmosfer, instrumen, elongasi, tinggi Bulan, beda azimuth, dan parameter lain sering tidak tercatat secara rinci. Akibatnya, data historis memiliki nilai penting sebagai warisan tradisi, tetapi tidak selalu cukup kuat untuk membangun model visibilitas hilal yang presisi.

Kelahiran data modern mengubah keadaan ini. Dalam astronomi kontemporer, observasi hilal mulai dicatat dengan parameter yang lebih sistematis. Pengamat tidak hanya melaporkan “terlihat” atau “tidak terlihat”, tetapi juga menyertakan waktu pengamatan, lokasi geografis, elevasi, kondisi cuaca, alat yang dipakai, pengalaman pengamat, serta parameter astronomis seperti umur Bulan, lag, tinggi Bulan, elongasi, ARCV, DAZ, dan crescent width. Dengan data seperti ini, observasi hilal dapat dianalisis secara ilmiah, diuji terhadap model, dan digunakan untuk menyusun kriteria kalender yang lebih kuat.

Bab ini akan menunjukkan bahwa rekam jejak observasi modern merupakan fondasi penting bagi argumentasi Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT). Kriteria **tinggi hilal geosentris  $5^\circ$**  dan **elongasi geosentris  $8^\circ$**  tidak dapat dipahami hanya sebagai angka normatif. Ia harus diletakkan di atas data observasi yang menunjukkan batas-batas visibilitas hilal. Data modern tentang rekor mata telanjang sekitar  $7,7^\circ$  dan batas optik sekitar  $6,4^\circ$  menjadi salah satu dasar utama untuk memahami mengapa elongasi  $8^\circ$  layak dipilih sebagai ambang kalender global.

#### A. Observasi Hilal sebagai Praktik Empiris

Observasi hilal pada dasarnya adalah praktik empiris. Seorang pengamat menghadapkan dirinya pada fenomena langit yang nyata: apakah sabit Bulan muda tampak setelah Matahari terbenam atau tidak. Namun empiris tidak berarti sederhana. Hilal muda adalah objek yang sangat sulit

diamati karena ia sangat tipis, redup, dekat dengan cahaya Matahari, dan sering berada rendah di atas horizon.

Keberhasilan observasi tidak hanya ditentukan oleh ada atau tidaknya Bulan secara geometris. Banyak faktor menentukan keberhasilan pengamatan: elongasi Bulan–Matahari, tinggi Bulan, beda azimut, umur Bulan, lag, lebar sabit, kecerlangan langit senja, transparansi atmosfer, kelembapan, aerosol, elevasi lokasi, ketajaman penglihatan, pengalaman observer, dan bantuan alat optik.

Schaefer menegaskan bahwa visibilitas hilal merupakan problem kompleks yang melibatkan perhitungan orbit, hamburan cahaya Bulan, hamburan atmosfer, dan fisiologi penglihatan. Pernyataan ini penting karena menunjukkan bahwa observasi hilal tidak boleh direduksi menjadi peristiwa visual biasa. Hilal muda berada di batas kemampuan pengamatan manusia, sehingga data observasinya harus diperlakukan secara ilmiah.

Dalam tradisi lama, laporan hilal sering dipandang dari sisi kesaksian. Dalam tradisi modern, kesaksian itu perlu dilengkapi dengan data astronomis. Bukan untuk merendahkan kesaksian, tetapi untuk memastikan bahwa laporan tersebut dapat diuji, dibandingkan, dan dimasukkan ke dalam basis data ilmiah. Rukyat yang baik bukan hanya melihat, tetapi juga mencatat, memverifikasi, dan menghubungkan pengamatan dengan perhitungan.

Di sinilah tradisi observasi modern memberi kontribusi besar. Ia mengubah rukyat dari peristiwa lokal yang berdiri sendiri menjadi data global yang dapat dianalisis. Ketika ratusan hingga ribuan laporan dikumpulkan, pola visibilitas mulai tampak. Dari pola inilah kriteria modern dapat dikembangkan.

## **B. Keterbatasan Laporan Historis**

Laporan historis tentang hilal memiliki nilai penting, tetapi juga memiliki keterbatasan. Banyak laporan lama tidak menyertakan data lengkap. Lokasi kadang hanya disebut secara umum. Waktu pengamatan tidak selalu presisi. Kondisi atmosfer tidak dijelaskan. Alat yang dipakai tidak diketahui. Parameter astronomis harus direkonstruksi ulang, dan dalam beberapa kasus mungkin tidak dapat dipastikan.

Keterbatasan ini membuat data historis sulit digunakan sebagai dasar tunggal untuk kriteria modern. Sebuah laporan hilal yang tampak mengesankan dapat menjadi problematis jika tidak ada informasi cukup untuk memverifikasi posisi Bulan dan Matahari. Kesalahan kalender, kesalahan waktu, perbedaan lokasi, atau salah identifikasi objek dapat memengaruhi kesimpulan.

Schaefer menunjukkan pentingnya menilai reliabilitas laporan hilal muda. Ia menyebut bahwa laporan yang dapat diterima harus didukung oleh pengalaman pengamat, kesiapan pengamatan, pelaporan yang cepat, dan konsistensi rincian dengan perhitungan astronomis. Ini berarti tidak semua laporan historis atau modern dapat diterima begitu saja. Semakin ekstrem sebuah laporan, semakin ketat pula standar verifikasi.

Keterbatasan laporan historis tidak berarti tradisi lama diabaikan. Sebaliknya, tradisi itu menjadi latar penting. Namun untuk membangun kriteria KHGT, diperlukan basis data yang lebih modern dan terstandar. Kalender global tidak dapat bertumpu pada laporan yang tidak memiliki metadata memadai. Ia membutuhkan data yang dapat diuji secara astronomis.

Karena itu, peralihan menuju observasi modern adalah kebutuhan ilmiah. Ia memungkinkan ilmu falak bergerak dari narasi pengamatan menuju analisis data.

## C. Moonwatch dan Sistematisasi Data Observasi

Salah satu tonggak penting dalam modernisasi data hilal adalah pengumpulan laporan observasi secara sistematis. Schaefer mencatat adanya lima Moonwatch yang menghasilkan 1490 laporan, serta 252 laporan individual dari literatur astronomi yang kemudian diperluas menjadi 294 observasi individual. Data semacam ini penting karena menyediakan basis empiris yang jauh lebih kuat daripada laporan terpisah.

Moonwatch memiliki nilai metodologis besar. Pertama, ia memungkinkan pengujian kriteria dengan data banyak pengamat. Kedua, ia menyediakan laporan terlihat dan tidak terlihat, sehingga model tidak hanya dibangun dari keberhasilan pengamatan. Ketiga, ia memberi gambaran wilayah ketidakpastian, yaitu kondisi ketika hilal kadang terlihat dan kadang tidak. Keempat, ia membantu mengevaluasi kriteria lama seperti umur Bulan dan lag.

Schaefer menggunakan data observasi untuk menguji algoritma prediksi. Ia menunjukkan bahwa kriteria umur Bulan dan moonset-lag memiliki kelemahan besar, sedangkan model teoretis modern lebih unggul. Hasil ini sangat penting bagi kalender, karena menunjukkan bahwa kriteria sederhana yang populer belum tentu kuat secara data.

Bagi KHGT, pelajaran dari Moonwatch sangat jelas. Kalender global harus dibangun di atas parameter yang terbukti relevan, bukan parameter yang hanya mudah dihitung. Umur Bulan dan lag dapat tetap dicatat, tetapi tidak layak menjadi fondasi utama kriteria global. Kriteria tinggi dan elongasi lebih dekat dengan fisika visibilitas karena tinggi berkaitan dengan horizon, sedangkan elongasi berkaitan dengan pembentukan dan ketebalan sabit.

## D. Data Negatif dan Arti Penting Gagal Melihat Hilal

Dalam tradisi populer, keberhasilan melihat hilal sering lebih dihargai daripada kegagalan. Laporan “hilal terlihat” dianggap penting, sementara laporan “hilal tidak terlihat” sering dipandang kurang menarik. Dalam sains, keduanya sama penting. Data negatif adalah bagian esensial dari model visibilitas.

Jika hanya data keberhasilan yang dikumpulkan, model akan cenderung terlalu optimistis. Misalnya, satu laporan hilal terlihat pada elongasi rendah dapat memberi kesan bahwa kriteria rendah cukup. Padahal, mungkin ada banyak kegagalan pada kondisi serupa yang tidak tercatat atau tidak diperhatikan. Data negatif membantu menunjukkan bahwa keberhasilan ekstrem bukan keadaan umum.



Odeh menyusun kriteria visibilitas berdasarkan data yang mencakup berbagai kategori, termasuk kondisi hilal yang terlihat, terlihat dengan bantuan optik, dan tidak terlihat. Modelnya membagi visibilitas ke dalam zona-zona berdasarkan ARCV dan crescent width. Pembagian zona seperti ini tidak mungkin dibuat hanya dari data keberhasilan. Ia membutuhkan data keberhasilan dan kegagalan sekaligus.

Bagi KHGT, data negatif memperkuat prinsip kehati-hatian. Jika banyak pengamatan gagal di wilayah parameter tertentu, maka kalender global tidak boleh terlalu dekat dengan wilayah tersebut. Rekor ekstrem tetap penting, tetapi harus dibaca bersama kegagalan-kegagalan lain. Inilah alasan mengapa limit  $6,4^\circ$  dan  $7,7^\circ$  tidak otomatis menjadi kriteria kalender. Kriteria  $8^\circ$  mengambil jarak dari wilayah ekstrem tersebut.

Data negatif juga memperlihatkan bahwa visibilitas bukan biner sederhana. Hilal tidak berpindah dari “mustahil” menjadi “pasti terlihat” pada satu angka. Ada zona transisi. Kalender global harus memilih ambang yang cukup aman dalam zona itu.

## E. ICOP dan Globalisasi Data Hilal

Islamic Crescent Observation Project (ICOP) menjadi salah satu tonggak penting dalam globalisasi data hilal. Odeh menjelaskan bahwa ICOP didirikan pada 1998 sebagai proyek global di bawah Arab Union for Astronomy and Space Sciences dan Jordanian Astronomical Society. Tujuannya adalah mengumpulkan informasi observasi hilal awal bulan dari berbagai negara dan wilayah.

Peran ICOP penting karena hilal adalah fenomena global. Peluang visibilitas berbeda menurut lokasi. Wilayah barat sering memiliki peluang lebih baik daripada wilayah timur pada tanggal yang sama. Lintang, musim, kemiringan ekliptika, dan kondisi lokal juga memengaruhi hasil pengamatan. Karena itu, basis data yang terbatas pada satu negara atau satu kawasan tidak cukup.

Dengan data global, pola visibilitas dapat dibaca lebih luas. Data dari kawasan tropis, subtropis, lintang tinggi, gurun, pesisir, pegunungan, dan kota besar dapat dibandingkan. Variasi pengamatan menjadi lebih kaya. Hal ini membantu menyusun model yang lebih representatif bagi kalender global.

Dalam artikel Odeh, 323 data ICOP menjadi bagian penting dari total 737 observasi yang digunakan untuk membangun kriteria baru. Ini menunjukkan bahwa ICOP bukan sekadar forum pelaporan, tetapi sumber data ilmiah yang berdampak pada pengembangan kriteria visibilitas.

Bagi KHGT, globalisasi data semacam ini sangat penting. Kalender global harus belajar dari data global, bukan hanya dari pengalaman lokal. Jika KHGT hendak berlaku untuk seluruh dunia, maka basis empirisnya juga harus bersifat lintas wilayah.

## F. Dari Data Lokal ke Model Global

Setiap pengamatan hilal terjadi di lokasi tertentu. Namun jika data dari banyak lokasi dikumpulkan, peneliti dapat menyusun pola global. Proses inilah yang mengubah data lokal menjadi model global.

Data lokal memberi informasi konkret: pada tanggal, lokasi, dan kondisi tertentu, hilal terlihat atau tidak terlihat. Model global mencari hubungan umum antara hasil itu dan parameter astronomis. Misalnya, apakah hilal lebih mungkin terlihat ketika elongasi lebih besar? Bagaimana pengaruh tinggi? Bagaimana kombinasi ARCV dan crescent width memisahkan zona terlihat dan tidak terlihat? Seberapa lemah umur Bulan sebagai prediktor?

Odeh menyatakan bahwa visibilitas hilal tidak dapat diprediksi andal dengan satu parameter; diperlukan minimal dua parameter, satu terkait kecerlangan intrinsik sabit dan satu terkait jarak dari horizon. Pernyataan ini lahir dari pembacaan terhadap data. Model global tidak muncul dari spekulasi, tetapi dari rekam observasi.

KHGT melakukan langkah berikutnya. Ia tidak hanya membutuhkan model prediksi visibilitas, tetapi kriteria kalender. Data lokal menjadi model visibilitas; model visibilitas memberi dasar bagi kriteria kalender; kriteria kalender kemudian dipakai untuk sistem global. Inilah alur epistemik yang sehat.

Dalam alur ini, kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  bukan pengganti seluruh model visibilitas. Ia adalah bentuk penyederhanaan untuk kalender global. Elongasi  $8^{\circ}$  menyerap pelajaran tentang batas pembentukan sabit. Tinggi  $5^{\circ}$  menyerap pelajaran tentang problem horizon. Keduanya dirumuskan secara geosentris agar dapat berlaku sebagai bahasa kalender global.

## G. Rekor Modern sebagai Batas Bawah, Bukan Norma Umum

Rekor observasi modern seperti John Pierce dan Jim Stamm memiliki nilai khusus. Pierce dikaitkan dengan pengamatan mata telanjang ekstrem, sedangkan Stamm dengan pengamatan optik ekstrem. Schaefer membahas keduanya dan menilai laporan tersebut dengan standar reliabilitas.

Rekor seperti ini penting karena menunjukkan batas bawah kemampuan pengamatan. Namun rekor tidak boleh disalahpahami sebagai norma umum. Sebuah rekor adalah hasil luar biasa, bukan kondisi rata-rata. Jika kalender global menggunakan rekor sebagai kriteria, maka kalender akan berada pada batas yang hanya dapat dicapai dalam kondisi sangat baik.

Dokumen dasar buku ini menempatkan  $7,7^{\circ}$  sebagai rekor mata telanjang dan  $6,4^{\circ}$  sebagai batas optik. Dalam argumentasi KHGT, kedua angka ini dipakai sebagai bukti bahwa elongasi  $8^{\circ}$  memiliki dasar empiris. Namun keduanya tidak dipakai sebagai ambang kalender. Perbedaan ini harus dijaga secara konsisten.

Kriteria  $8^\circ$  lebih tepat karena ia berada di atas rekor. Ia menunjukkan bahwa kalender tidak mengabaikan data modern, tetapi juga tidak menjadikan rekor sebagai standar. Ini sejalan dengan prinsip buffer ilmiah yang telah dibahas pada bab sebelumnya.

## H. Standar Metadata dalam Observasi Modern

Agar observasi hilal berguna bagi kriteria kalender, laporan harus memiliki metadata yang memadai. Tanpa metadata, laporan sulit diverifikasi. Dalam observasi modern, informasi minimal yang seharusnya dicatat mencakup:

1. lokasi pengamatan dengan lintang dan bujur;
2. elevasi tempat pengamatan;
3. tanggal dan waktu pengamatan dengan zona waktu jelas;
4. kondisi atmosfer, termasuk awan, kelembapan, transparansi, dan polusi;
5. kondisi horizon;
6. alat yang digunakan, jika ada;
7. pengalaman pengamat;
8. metode pencarian hilal;
9. arah dan posisi hilal relatif terhadap Matahari;
10. parameter astronomis seperti elongasi, tinggi, umur Bulan, lag, ARCV, DAZ, dan crescent width;
11. hasil pengamatan: terlihat, tidak terlihat, terlihat dengan alat, atau terlihat mata telanjang;
12. dokumentasi visual jika tersedia.

Schaefer menekankan bahwa laporan hilal muda harus konsisten dengan perhitungan astronomis. Ini hanya dapat dilakukan jika metadata tersedia. Tanpa metadata, laporan menjadi sulit dipakai dalam model.

Bagi KHGT, standar metadata menjadi agenda penting. Jika kalender global ingin terus dievaluasi secara ilmiah, maka data observasi masa depan harus dikumpulkan dengan standar yang baik. Kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  dapat dipertahankan saat ini berdasarkan data yang ada, tetapi tetap perlu dikawal dengan observasi modern yang lebih baik.

## I. Observasi Modern dan Kebutuhan Kalender Global

Kelahiran data observasi modern membantu menggeser perdebatan kalender dari polemik metodologis menuju argumentasi berbasis bukti. Sebelumnya, perdebatan sering berhenti pada pertanyaan apakah harus rukyat atau hisab. Data modern memungkinkan pertanyaan yang lebih maju: parameter apa yang paling relevan? Berapa batas ekstrem visibilitas? Bagaimana membedakan rekor dari kriteria? Bagaimana menyusun kalender global yang berbasis data?

Schaefer dan Odeh memberi dua pelajaran utama. Dari Schaefer, kita belajar bahwa kriteria sederhana seperti umur dan lag tidak cukup kuat. Dari Odeh, kita belajar bahwa basis data besar dapat menghasilkan model visibilitas yang lebih baik dan bahwa limit optik modern berada sekitar  $6,4^\circ$ .

KHGT mengambil pelajaran tersebut dan menerjemahkannya ke dalam kriteria kalender. Kalender global membutuhkan parameter yang mudah dihitung dan memiliki makna fisik. Tinggi dan elongasi memenuhi syarat itu. Elongasi  $8^\circ$  berhubungan dengan batas pembentukan sabit; tinggi  $5^\circ$  berhubungan dengan problem horizon. Keduanya kemudian dinyatakan secara geosentris untuk menjaga stabilitas global.

Dengan demikian, observasi modern tidak bertentangan dengan KHGT. Justru observasi modern memberi fondasi bagi KHGT. Rukyat tidak ditinggalkan; rukyat ditingkatkan statusnya menjadi sumber data ilmiah global.

## J. Transisi ke Pembahasan John Pierce

Subbab ini telah menunjukkan bahwa tradisi observasi hilal modern lahir dari kebutuhan untuk mencatat, memverifikasi, dan menganalisis pengamatan secara lebih sistematis. Data modern berbeda dari laporan historis karena dilengkapi parameter astronomis dan metadata yang memungkinkan pengujian model. Moonwatch, Schaefer, ICOP, dan Odeh menjadi bagian penting dari perubahan ini.

Bagi KHGT, kelahiran data modern sangat menentukan. Kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  tidak dapat dipertahankan hanya dengan argumentasi normatif. Ia perlu bertumpu pada rekam jejak observasi. Data  $6,4^\circ$  dan  $7,7^\circ$  menunjukkan batas modern visibilitas hilal; elongasi  $8^\circ$  kemudian berdiri sebagai ambang global yang lebih aman.

## 3.2 John Pierce 1990: Rekor Hilal Muda Mata Telanjang

Pengamatan John Pierce pada tahun 1990 menempati posisi penting dalam sejarah observasi hilal modern karena sering dikaitkan dengan salah satu batas ekstrem pengamatan hilal menggunakan **mata telanjang**. Dalam diskursus visibilitas hilal, rekor seperti ini tidak hanya bernilai sebagai catatan astronomi amatir, tetapi juga sebagai data penting untuk memahami sejauh mana kemampuan pengamatan manusia terhadap sabit Bulan yang sangat muda. Dalam konteks Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT), rekor Pierce memiliki nilai argumentatif yang sangat besar karena berkaitan langsung dengan pembelaan kriteria **elongasi geosentris minimal  $8^\circ$** .

Dokumen dasar buku ini menyebut bahwa angka  $7,7^\circ$  merujuk pada rekor observasi mata telanjang yang dilakukan oleh John Pierce pada tahun 1990 dan tercatat dalam basis data ICOP sebagai salah satu rekor penting. Sementara itu, Odeh juga menyebut bahwa minimum elongasi untuk hilal yang dapat dilihat dengan mata telanjang adalah  $7,7^\circ$ . Dengan demikian, angka  $7,7^\circ$  menjadi salah satu titik rujukan utama dalam membangun argumentasi bahwa elongasi  $8^\circ$  bukan angka yang terlalu tinggi, tetapi justru angka yang sangat dekat dengan rekor pengamatan mata telanjang modern, dengan tambahan margin kecil yang diperlukan untuk kalender global.

Namun rekor Pierce tidak boleh dipahami secara simplistik. Ia bukan sekadar bukti bahwa “hilal dapat terlihat pada  $7,7^\circ$ ”, lalu angka itu langsung dapat dijadikan kriteria kalender. Rekor Pierce

harus dibaca sebagai **data ekstrem yang valid**, bukan sebagai **ambang kalender operasional**. Di sinilah pentingnya analisis metodologis: bagaimana laporan itu dinilai, apa kondisi pengamatannya, mengapa ia diterima dalam literatur, dan bagaimana posisinya dalam pembelaan kriteria KHGT  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ .

## A. Posisi John Pierce dalam Sejarah Observasi Hilal Modern

Dalam artikel *Lunar Crescent Visibility*, Bradley E. Schaefer membahas sejumlah rekor pengamatan hilal muda yang dilaporkan oleh para pengamat modern. Ia menyebut John Pierce sebagai pemegang rekor pengamatan hilal muda dengan mata telanjang pada umur sekitar 15,0 jam setelah konjungsi. Schaefer menerima laporan tersebut sebagai pengamatan yang benar setelah menilai pengalaman pengamat, persiapan observasi, konfirmasi pengamatan, dan kesesuaian detail laporan dengan perhitungan astronomis.

Kedudukan Pierce penting karena rekor mata telanjang memiliki makna berbeda dari rekor optik. Pengamatan optik dapat memperluas kemampuan manusia melalui teleskop, binokular, atau instrumen pencitraan. Sebaliknya, pengamatan mata telanjang lebih dekat dengan tradisi rukyat klasik, yaitu mengenali hilal secara langsung tanpa alat. Karena itu, angka rekor mata telanjang sering memiliki bobot sosial-keagamaan yang lebih mudah dipahami dalam diskursus kalender Islam.

Namun pengamatan Pierce tetap merupakan pengamatan ekstrem. Tidak setiap orang, tidak setiap lokasi, dan tidak setiap kondisi langit dapat mereplikasi hasil tersebut. Schaefer mencatat bahwa Pierce bukan pengamat acak; ia memiliki pengalaman sebelumnya dalam mengamati sabit muda. Pengamatan juga dilakukan secara terencana, dengan posisi Bulan yang telah dihitung sebelumnya.

Keterangan ini sangat penting. Rekor Pierce menunjukkan batas kemampuan mata telanjang dalam kondisi sangat baik, tetapi ia tidak mewakili kondisi pengamatan umum. Dengan demikian, rekor ini harus digunakan sebagai rujukan batas bawah, bukan sebagai standar kalender yang diambil mentah-mentah.

## B. Kondisi Pengamatan Pierce: Pengalaman, Persiapan, dan Konfirmasi

Schaefer menjelaskan bahwa John Pierce melakukan pengamatan dari Collins Gap di Tennessee bagian timur. Pierce memiliki pengalaman sebelumnya dalam pengamatan sabit Bulan muda. Pengamatan dilakukan sebagai ekspedisi khusus bersama beberapa pengamat. Mereka telah menghitung posisi Bulan relatif terhadap titik terbenam Matahari pada waktu tertentu, sehingga mengetahui secara presisi arah pencarian hilal. Pierce melihat Bulan dengan mata telanjang, dan pengamatan tersebut juga dikonfirmasi menggunakan teleskop oleh beberapa orang.

Beberapa unsur dari laporan ini perlu diperhatikan.

Pertama, **pengamat berpengalaman**. Dalam pengamatan hilal muda, pengalaman sangat menentukan. Pengamat berpengalaman tahu kapan harus mulai mencari, di mana posisi hilal, bagaimana membedakan sabit dari awan tipis atau artefak visual, dan bagaimana menjaga konsentrasi pada wilayah langit yang tepat.

Kedua, **persiapan posisi**. Pierce dan timnya tidak mencari hilal secara umum di langit barat. Mereka telah mengetahui posisi Bulan berdasarkan perhitungan. Ini mengurangi ketidakpastian pencarian. Dalam pengamatan hilal ekstrem, mengetahui posisi target adalah syarat penting karena hilal sering sangat redup dan hanya tampak sesaat.

Ketiga, **konfirmasi pengamatan**. Schaefer mencatat bahwa pengamatan Pierce tidak berdiri sendiri. Ada konfirmasi dengan teleskop dan keterlibatan pengamat lain. Ini meningkatkan reliabilitas laporan.

Keempat, **konsistensi dengan perhitungan**. Schaefer menyatakan bahwa laporan tersebut tidak mengandung anomali dan ia menerimanya sebagai benar.

Empat faktor ini menunjukkan bahwa rekor Pierce bukan laporan spontan tanpa kontrol. Ia memiliki karakter observasi modern: terencana, terhitung, dikonfirmasi, dan diuji. Inilah sebabnya rekor tersebut layak dipakai sebagai data penting dalam diskursus visibilitas hilal.

## C. Angka $7,7^\circ$ dan Hubungannya dengan Mata Telanjang

Dalam kerangka buku ini, aspek terpenting dari rekor Pierce adalah kaitannya dengan angka  $7,7^\circ$ . Dokumen dasar menyebut  $7,7^\circ$  sebagai elongasi geosentris rekor mata telanjang yang dikaitkan dengan John Pierce. Odeh juga menegaskan bahwa minimum elongasi untuk hilal yang terlihat dengan mata telanjang adalah  $7,7^\circ$ .

Angka  $7,7^\circ$  penting karena ia berada sangat dekat dengan kriteria KHGT  $8^\circ$ . Selisih  $0,3^\circ$  menunjukkan bahwa  $8^\circ$  bukan angka yang terlalu jauh dari capaian observasi modern. Sebaliknya,  $8^\circ$  dapat dipahami sebagai pembulatan ke atas dari batas ekstrem mata telanjang, sehingga memberikan margin kecil tetapi penting.

Dalam kalender global, margin kecil ini memiliki makna metodologis. Jika angka  $7,7^\circ$  adalah rekor, maka memakai  $7,7^\circ$  persis sebagai kriteria berarti menempatkan kalender tepat pada batas ekstrem. Hal itu kurang ideal karena rekor terjadi dalam kondisi sangat khusus. Dengan membulatkan ke atas menjadi  $8^\circ$ , KHGT tidak mengabaikan rekor, tetapi juga tidak menempatkan kalender tepat pada titik rekor.

Secara ilmiah, ini dapat disebut **buffer minimal**. Buffer tersebut tidak terlalu besar sehingga membuat kalender terlalu konservatif, tetapi cukup untuk menunjukkan bahwa kalender tidak berdiri pada batas paling rendah yang pernah dicapai. Dalam konteks ini, elongasi  $8^\circ$  adalah angka yang proporsional: dekat dengan data, tetapi sedikit lebih aman daripada data ekstrem.



## D. Pierce sebagai Bukti bahwa 8° Tidak Terlalu Tinggi

Salah satu kritik yang mungkin diajukan terhadap kriteria 8° adalah bahwa angka itu dianggap terlalu tinggi. Rekor Pierce membantu menjawab kritik ini. Jika hilal pernah dilihat dengan mata telanjang pada sekitar 7,7°, maka kriteria 8° hanya sedikit di atas batas tersebut. Dengan demikian, 8° tidak dapat disebut sebagai angka yang terlalu konservatif.

Justru 8° dapat dipahami sebagai angka yang sangat dekat dengan batas empirik mata telanjang. Jika kriteria dinaikkan jauh, misalnya ke 10° atau 12°, kritik “terlalu konservatif” mungkin lebih kuat. Namun angka 8° berada hanya sedikit di atas batas rekor. Ini menunjukkan bahwa KHGT tetap sensitif terhadap data observasi modern.

Dalam konteks kalender global, kedekatan dengan rekor ini penting. Kalender tidak boleh terlalu rendah, tetapi juga tidak boleh terlalu tinggi. Kriteria terlalu rendah membuat kalender rapuh karena terlalu dekat dengan wilayah ketidakpastian. Kriteria terlalu tinggi membuat kalender lambat dan kurang responsif terhadap data. Angka 8° berada di antara dua risiko tersebut.

Dengan demikian, rekor Pierce berfungsi sebagai bukti bahwa 8° adalah angka yang realistis. Ia tidak dipilih karena kehati-hatian berlebihan, tetapi karena pembacaan terhadap data mata telanjang ekstrem.

## E. Pierce sebagai Bukti bahwa 7,7° Tetap Bukan Kriteria Kalender

Di sisi lain, rekor Pierce juga menunjukkan mengapa angka 7,7° tidak sebaiknya langsung dijadikan kriteria kalender. Meskipun valid, laporan Pierce tetap memiliki karakter ekstrem. Ia memerlukan pengamat berpengalaman, lokasi dan kondisi yang mendukung, perhitungan posisi yang presisi, serta konfirmasi pengamatan.

Jika kalender global memakai 7,7° sebagai ambang, maka kalender ditempatkan tepat di batas kemampuan mata telanjang terbaik yang tercatat. Ini berisiko karena kalender global membutuhkan stabilitas lebih tinggi daripada observasi rekor.

Ada perbedaan antara **mungkin terlihat oleh pengamat terbaik dalam kondisi sangat baik dan layak dijadikan batas kalender global**. Yang pertama adalah data observasi. Yang kedua adalah keputusan sistemik. Kriteria kalender harus mempertimbangkan ketidakpastian, replikasi, komunikasi publik, dan kebutuhan global. Oleh karena itu, 8° lebih layak daripada 7,7° sebagai angka kalender.

Dengan kata lain, rekor Pierce mendukung 8° dalam dua arah. Ia menunjukkan bahwa 8° tidak terlalu tinggi karena dekat dengan 7,7°. Namun ia juga menunjukkan bahwa 7,7° sendiri adalah rekor ekstrem yang perlu diberi margin. Maka, 8° adalah pembacaan kalender yang matang terhadap data Pierce.

## F. Rekor Mata Telanjang dan Legitimasi Hilal dalam Tradisi Rukyat

Pengamatan mata telanjang memiliki nilai simbolik dan historis dalam tradisi rukyat. Dalam banyak komunitas Muslim, hilal dipahami sebagai sabit muda yang dapat disaksikan secara visual. Meskipun hisab modern dapat menentukan posisi Bulan dengan presisi tinggi, pengalaman melihat hilal tetap memiliki makna keagamaan, sosial, dan edukatif.

Karena itu, rekor mata telanjang seperti Pierce memiliki nilai khusus. Ia menunjukkan batas kemampuan natural manusia dalam melihat hilal. Jika kriteria KHGT  $8^\circ$  berada di atas batas mata telanjang tersebut, maka KHGT lebih mudah dijelaskan sebagai kalender yang tetap berakar pada konsep hilal visual, bukan semata-mata pada deteksi instrumental.

Hal ini penting dalam komunikasi publik. Jika KHGT hanya memakai angka yang berasal dari batas optik  $6,4^\circ$ , sebagian masyarakat mungkin menganggap kalender terlalu teknis dan terlalu jauh dari tradisi rukyat. Tetapi karena  $8^\circ$  berada di atas rekor mata telanjang  $7,7^\circ$ , KHGT dapat menjelaskan bahwa kriterianya tidak dibangun di atas batas teleskop ekstrem, melainkan di atas batas yang sudah melewati capaian mata telanjang modern.

Dengan demikian, rekor Pierce membantu menjembatani astronomi modern dan tradisi rukyat. Ia memperlihatkan bahwa data mata telanjang tetap relevan dalam era hisab global. KHGT tidak menolak pengalaman visual; KHGT menjadikannya salah satu fondasi untuk menentukan ambang global.

## G. Keterbatasan Rekor Pierce sebagai Dasar Tunggal

Walaupun sangat penting, rekor Pierce tidak boleh dijadikan satu-satunya dasar kriteria. Kriteria kalender harus dibangun dari kumpulan data, bukan dari satu rekor. Satu laporan, sevalid apa pun, hanya menunjukkan bahwa suatu kondisi dapat terjadi. Ia belum menunjukkan distribusi keberhasilan dan kegagalan dalam berbagai kondisi.

Schaefer sendiri tidak hanya membahas satu rekor, tetapi mengumpulkan dan menguji banyak observasi. Ia menggunakan 294 observasi individual serta 1490 laporan Moonwatch untuk menguji berbagai algoritma visibilitas. Odeh juga tidak membangun kriteria hanya dari satu rekor, tetapi dari 737 observasi.

Hal ini menunjukkan prinsip penting: rekor memberi batas bawah, sedangkan kriteria membutuhkan basis data yang lebih luas. Dalam KHGT, rekor Pierce digunakan sebagai salah satu argumen untuk  $8^\circ$ , tetapi bukan satu-satunya. Angka  $8^\circ$  juga harus dibaca bersama data optik  $6,4^\circ$ , model Odeh, kritik Schaefer terhadap umur dan lag, serta kebutuhan kalender global yang stabil.

Dengan demikian, penggunaan rekor Pierce dalam buku ini bersifat proporsional. Ia penting, tetapi tidak absolut. Ia menjadi titik rujukan, bukan satu-satunya fondasi.

## H. Pierce, Schaefer, dan Standar Keandalan Laporan Hilal

Schaefer memberi perhatian besar pada keandalan laporan hilal muda. Dalam kasus Pierce, ia tidak menerima laporan hanya karena pengamat mengaku melihat hilal. Ia mengevaluasi pengalaman pengamat, waktu laporan, persiapan, keterlibatan pengamat lain, dan konsistensi dengan perhitungan.

Standar semacam ini sangat penting bagi pengembangan data hilal modern. Tanpa standar keandalan, basis data visibilitas dapat tercemar oleh laporan keliru. Laporan keliru di wilayah ekstrem sangat berbahaya karena dapat menurunkan kriteria secara tidak sah. Jika satu laporan salah pada elongasi sangat rendah diterima, maka model visibilitas dapat menjadi terlalu optimistis.

Dalam konteks KHGT, standar keandalan ini mendukung prinsip bahwa kriteria kalender harus berbasis data valid. Bukan semua laporan rukyat dapat langsung menjadi dasar kriteria. Data harus diseleksi. Rekor harus diverifikasi. Parameter harus dihitung ulang. Hanya dengan cara itu kriteria kalender memperoleh legitimasi ilmiah.

Rekor Pierce layak diperhatikan karena telah dibahas dan diterima oleh Schaefer setelah evaluasi. Namun tetap saja, posisinya adalah rekor. Maka, KHGT mengambil angka  $8^\circ$  sebagai ambang yang menghormati data valid tersebut, tetapi tetap memberi margin.

## I. Konsekuensi bagi Kriteria $5^\circ$ – $8^\circ$

Rekor Pierce berkontribusi langsung pada pembelaan kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$ , terutama pada bagian elongasi  $8^\circ$ . Hubungannya dapat dirumuskan sebagai berikut.

Pertama, jika hilal mata telanjang ekstrem tercatat pada sekitar  $7,7^\circ$ , maka elongasi  $8^\circ$  memiliki dasar observasional.

Kedua, karena  $7,7^\circ$  adalah rekor ekstrem, angka itu tidak ideal dijadikan ambang kalender secara persis.

Ketiga, pembulatan ke atas menjadi  $8^\circ$  memberi buffer yang kecil tetapi penting.

Keempat, karena  $8^\circ$  masih sangat dekat dengan  $7,7^\circ$ , kriteria ini tidak terlalu konservatif.

Kelima, karena  $8^\circ$  juga berada di atas limit optik  $6,4^\circ$ , kriteria ini tidak terlalu permisif.

Dengan demikian, rekor Pierce membantu menunjukkan bahwa elongasi  $8^\circ$  adalah titik tengah yang kuat antara keberanian empiris dan kehati-hatian kalender.

Kriteria tinggi  $5^\circ$  melengkapi argumen ini. Meskipun Pierce terutama relevan terhadap elongasi, pengamatan hilal ekstrem juga mengingatkan bahwa posisi Bulan terhadap horizon sangat penting. Hilal muda yang sangat tipis akan semakin sulit jika terlalu rendah. Maka,  $8^\circ$  membutuhkan

pasangan tinggi  $5^\circ$  agar kalender tidak hanya memperhatikan ketebalan sabit, tetapi juga posisi geometri Bulan.

## J. Pelajaran Metodologis dari Rekor Pierce

Ada beberapa pelajaran metodologis dari rekor Pierce yang penting bagi buku ini.

Pertama, data observasi modern harus dinilai secara kritis. Rekor tidak boleh diterima tanpa verifikasi.

Kedua, pengamatan mata telanjang ekstrem tetap mungkin terjadi, tetapi membutuhkan kondisi dan pengamat yang sangat baik.

Ketiga, angka rekor dapat menjadi dasar penting untuk merumuskan kriteria, tetapi tidak otomatis menjadi kriteria.

Keempat, kriteria kalender global memerlukan margin dari rekor ekstrem.

Kelima, kriteria  $8^\circ$  dapat dipertahankan karena ia merupakan pembacaan yang proporsional terhadap rekor mata telanjang  $7,7^\circ$ .

Pelajaran-pelajaran ini memperkuat arah argumentasi KHGT. Kalender global harus menghargai data rukyat, tetapi tidak boleh bergantung pada kejadian ekstrem bulanan. KHGT menggunakan data rekor untuk membangun ambang yang stabil.

## K. Transisi ke Rekor Jim Stamm

Subbab ini telah menempatkan John Pierce 1990 sebagai rekor penting dalam sejarah pengamatan hilal muda mata telanjang. Rekor tersebut menunjukkan bahwa hilal dapat terlihat oleh mata telanjang pada kondisi yang sangat dekat dengan limit modern, sekitar  $7,7^\circ$  elongasi. Namun rekor ini juga memperlihatkan bahwa kondisi ekstrem memerlukan pengamat berpengalaman, perhitungan presisi, konfirmasi, dan keadaan langit yang mendukung.

Bagi KHGT, makna terpenting rekor Pierce adalah dukungannya terhadap elongasi  $8^\circ$ . Angka  $8^\circ$  berada sedikit di atas rekor mata telanjang, sehingga memiliki basis empiris sekaligus margin kalender. Dengan demikian,  $8^\circ$  tidak terlalu tinggi, tetapi juga tidak berdiri tepat di atas rekor ekstrem.

## 3.3 Jim Stamm 1996: Rekor Optik dan Tantangan Ambang Ekstrem

Pengamatan Jim Stamm pada tahun 1996 merupakan salah satu titik penting dalam sejarah modern visibilitas hilal karena berkaitan dengan batas kemampuan **alat optik** dalam mendeteksi sabit

Bulan yang sangat muda. Jika John Pierce sering dikaitkan dengan rekor mata telanjang, maka Jim Stamm menempati posisi penting dalam diskursus pengamatan berbantuan teleskop. Dalam konteks Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT), rekor Stamm menjadi sangat penting karena ia berada di balik pembicaraan tentang batas elongasi rendah sekitar  $6,4^\circ$ , yaitu angka yang kemudian sering dipakai dalam diskusi Limit Danjon modern.

Namun posisi data Stamm harus dibaca secara hati-hati. Pengamatan optik ekstrem memberi bukti bahwa hilal dapat dideteksi pada kondisi yang lebih rendah daripada kemampuan mata telanjang. Tetapi kemampuan mendeteksi secara optik tidak otomatis berarti bahwa angka tersebut layak menjadi ambang kalender global. Kalender global membutuhkan stabilitas, keterulangan, komunikasi publik, dan margin dari batas ekstrem. Karena itu, dalam kerangka KHGT, data Stamm lebih tepat dipakai sebagai **bukti batas bawah optik**, bukan sebagai **kriteria kalender operasional**.

Schaefer mencatat Jim Stamm sebagai pemegang rekor pengamatan hilal dengan bantuan optik pada umur sekitar **12,1 jam** setelah konjungsi. Stamm menggunakan teleskop 8 inci dengan pembesaran 50 kali dari wilayah dekat Tucson, Arizona. Laporan tersebut dinilai kuat karena Stamm memiliki pengalaman panjang, melaporkan hasilnya secara cepat, melakukan persiapan observasi sangat teliti, dan rincian pengamatannya konsisten dengan perhitungan astronomis. Dalam dokumen dasar buku ini, pengamatan optik tersebut dikaitkan dengan batas elongasi  $6,4^\circ$ , yang kemudian dianalisis oleh Odeh sebagai salah satu dasar Limit Danjon modern.

## A. Posisi Jim Stamm dalam Rekam Jejak Observasi Modern

Jim Stamm penting karena pengamatannya memperlihatkan batas yang dapat dicapai oleh observasi hilal ketika manusia dibantu instrumen optik. Dalam observasi mata telanjang, pengamat bergantung sepenuhnya pada sensitivitas visual natural, pengalaman, dan kondisi langit. Dalam observasi optik, teleskop atau binokular dapat membantu memperbesar citra, mengumpulkan cahaya, dan mengarahkan pencarian ke posisi yang lebih presisi.

Schaefer menjelaskan bahwa Stamm mengamati sabit muda pada 21 Januari 1996 pukul 00:57 UT, sekitar 12,1 jam setelah konjungsi, menggunakan teleskop 8 inci pada pembesaran 50 kali. Ia juga mencatat bahwa Stamm telah memiliki rekam jejak panjang dalam pencarian sabit muda dan mempersiapkan pengamatan dengan sangat serius. Stamm memfokuskan teleskop pada malam sebelumnya dan mengarahkan teleskop dengan bantuan observasi bintang yang waktunya sudah dihitung.

Keterangan ini menunjukkan bahwa pengamatan Stamm bukan pengamatan biasa. Ia merupakan observasi dengan tingkat persiapan teknis yang tinggi. Hal ini penting bagi sains karena data semacam itu membantu memperluas batas empiris visibilitas hilal. Namun hal yang sama juga menjadi alasan mengapa data ini tidak boleh langsung diterjemahkan menjadi kriteria kalender umum. Sesuatu yang dapat dicapai melalui pengamatan optik yang sangat teliti tidak otomatis menjadi batas yang layak untuk kalender global.

Dengan kata lain, Stamm memperlihatkan apa yang mungkin dicapai di tepi batas optik, sedangkan KHGT harus menentukan apa yang layak dijadikan dasar kalender yang stabil. Dua hal ini berkaitan, tetapi tidak sama.

## B. Batas Optik $6,4^\circ$ dan Makna Ilmiahnya

Angka  $6,4^\circ$  menjadi salah satu angka paling penting dalam diskusi modern tentang Limit Danjon. Odeh, berdasarkan 737 observasi, menyatakan bahwa dari database tersebut ditemukan Limit Danjon sebesar  $6,4^\circ$ . Dalam uraian lebih rinci, Odeh menyebut bahwa minimum elongasi untuk hilal yang dapat dilihat dengan bantuan optik adalah  $6,4^\circ$ , sedangkan minimum untuk mata telanjang adalah  $7,7^\circ$ .

Makna ilmiah  $6,4^\circ$  adalah bahwa dengan bantuan optik dan kondisi yang sangat menguntungkan, sabit Bulan dapat terdeteksi pada elongasi yang lebih rendah daripada batas mata telanjang. Ini memperlihatkan bahwa kemampuan instrumental dapat mendorong batas visibilitas ke wilayah yang sebelumnya dianggap hampir tidak mungkin. Dalam kajian astronomi, data ini penting karena memperhalus pemahaman tentang Limit Danjon, terutama mengenai perbedaan antara limit mata manusia dan limit alat.

Namun  $6,4^\circ$  bukan angka yang dapat dipakai begitu saja untuk kalender global. Ia adalah batas bawah optik. Pada elongasi demikian, sabit sangat tipis, sangat redup, dan sangat dekat dengan cahaya Matahari. Keberhasilan pengamatan sangat bergantung pada alat, arah pencarian presisi, pengalaman pengamat, dan atmosfer yang mendukung. Karena itu,  $6,4^\circ$  lebih tepat dipahami sebagai **batas riset observasional**, bukan **ambang kalender global**.

Dalam konteks KHGT, angka  $6,4^\circ$  tetap sangat berharga. Ia menunjukkan bahwa  $8^\circ$  tidak terlalu jauh dari data modern. Tetapi justru karena  $6,4^\circ$  adalah batas optik ekstrem, kalender global perlu mengambil jarak darinya. Elongasi  $8^\circ$  memberikan jarak sekitar  $1,6^\circ$  dari limit optik tersebut. Dalam wilayah elongasi rendah, tambahan  $1,6^\circ$  berarti sabit sudah lebih berkembang, lebih tebal, dan lebih jauh dari Matahari secara sudut.

## C. Mengapa Pengamatan Optik Tidak Sama dengan Kriteria Kalender?

Pertanyaan penting yang harus dijawab adalah: jika hilal dapat dilihat dengan alat pada elongasi  $6,4^\circ$ , mengapa KHGT tidak memakai  $6,4^\circ$  sebagai kriteria? Jawabannya terletak pada perbedaan antara **kemampuan deteksi** dan **kelayakan kalender**.

Kemampuan deteksi berbicara tentang batas teknis: apa yang dapat dilihat oleh pengamat tertentu, dengan alat tertentu, pada lokasi tertentu, dalam kondisi tertentu. Kelayakan kalender berbicara tentang sistem: angka apa yang cukup stabil, mudah dihitung, dapat diterima, dan layak dipakai untuk menetapkan awal bulan bagi seluruh dunia.

Pengamatan Stamm adalah contoh kemampuan deteksi ekstrem. Schaefer menggambarkan persiapan Stamm sebagai salah satu yang paling ekstensif di antara usaha pengamatan sabit muda



yang ia ketahui. Stamm telah memfokuskan teleskop sebelumnya dan mengarahkannya dengan pengamatan bintang. Artinya, keberhasilan tersebut bergantung pada prosedur teknis yang tidak mewakili pengamatan biasa.

Kalender global tidak dapat disusun seolah-olah setiap bulan dan setiap tempat memiliki pengamat seperti Stamm, alat seperti Stamm, lokasi sebaik Stamm, dan kondisi langit sebaik saat pengamatan itu. Kalender memerlukan ambang yang tidak bergantung pada performa ekstrem individu dan instrumen.

Karena itu,  $6,4^\circ$  harus ditempatkan sebagai data batas bawah, sedangkan  $8^\circ$  ditempatkan sebagai ambang kalender yang lebih aman. KHGT tidak menolak data optik, tetapi tidak menjadikan limit optik sebagai standar kalender.

## **D. Stamm dan Problem Replikasi Observasi Ekstrem**

Salah satu karakter utama rekor ekstrem adalah sulit direplikasi. Rekor ekstrem biasanya terjadi ketika banyak faktor ideal bertemu: pengamat berpengalaman, posisi Bulan diketahui presisi, alat optik siap, atmosfer mendukung, horizon baik, dan waktu pengamatan tepat. Jika salah satu faktor itu melemah, hasilnya dapat gagal.

Dalam kasus Stamm, faktor-faktor ideal itu tampak jelas. Ia adalah pengamat berpengalaman. Ia melaporkan hasil dengan cepat. Ia melakukan persiapan teknis tinggi. Schaefer menilai detail laporannya konsisten dengan perhitungan, termasuk perubahan warna, panjang busur sabit, dan waktu pengamatan yang sesuai ekspektasi.

Dari sisi ilmiah, hal ini membuat laporan Stamm kuat. Dari sisi kalender, hal ini justru menunjukkan bahwa angka yang dihasilkan merupakan batas ekstrem. Kalender tidak semestinya mengambil angka yang hanya dapat dicapai dalam kondisi sangat spesifik.

Problem replikasi ini menjadi argumen penting bagi KHGT. Kriteria kalender global harus menghindari ambang yang terlalu dekat dengan kondisi sulit direplikasi. Jika suatu angka hanya dapat dicapai oleh pengamat terbaik dengan alat sangat baik dan persiapan presisi, maka angka itu terlalu rendah untuk kalender global.

Elongasi  $8^\circ$  lebih layak karena memberikan ruang dari kondisi ekstrem tersebut. Ia tidak menuntut kalender berdiri di titik rekor optik, tetapi tetap mengakui bahwa rekor optik tersebut memperlihatkan batas bawah sabit modern.

## **E. Antara Optik, Mata Telanjang, dan Legitimasi Hilal**

Dalam diskursus kalender Islam, perbedaan antara pengamatan optik dan mata telanjang memiliki konsekuensi epistemologis dan sosial. Dari sudut astronomi, alat optik sah sebagai instrumen pengamatan. Bahkan, banyak kemajuan astronomi tidak mungkin terjadi tanpa alat. Namun dari sudut pemaknaan hilal dalam tradisi umat, mata telanjang tetap memiliki kedekatan simbolik dengan praktik rukyat klasik.

Oleh karena itu, kalender global harus berhati-hati jika mengambil batas yang hanya berbasis optik ekstrem. Jika ambang kalender terlalu dekat dengan limit optik, masyarakat dapat bertanya: apakah ini masih kalender berbasis hilal yang secara wajar dapat dikenali, atau sudah menjadi kalender berbasis deteksi instrumental yang sangat khusus?

KHGT dengan elongasi  $8^\circ$  memiliki posisi yang lebih komunikatif. Angka  $8^\circ$  berada di atas limit mata telanjang  $7,7^\circ$  dan jauh di atas limit optik  $6,4^\circ$ . Dengan demikian, KHGT tidak bergantung pada optik ekstrem sebagai ambang. Data optik tetap dihargai sebagai bagian dari rekam observasi, tetapi kriteria kalender diletakkan di atas batas mata telanjang.

Ini memberikan legitimasi ganda. Dari sisi astronomi,  $8^\circ$  masih dekat dengan data observasi modern. Dari sisi sosial-keagamaan,  $8^\circ$  lebih mudah dijelaskan karena tidak berada di bawah batas mata telanjang ekstrem. Ia menunjukkan bahwa KHGT tetap berakar pada konsep hilal visual, meskipun keputusan kalendernya dihitung secara global.

## F. Peran Stamm dalam Menegaskan Buffer $8^\circ$

Rekor Stamm memperkuat argumentasi buffer dalam KHGT. Jika pengamatan optik ekstrem berada pada  $6,4^\circ$ , maka elongasi  $8^\circ$  memberi jarak sekitar  $1,6^\circ$  dari batas tersebut. Dalam konteks sabit muda, tambahan elongasi ini memiliki makna fisik: sabit lebih lebar, keterpisahan dari Matahari lebih besar, dan peluang kontras terhadap langit senja meningkat.

Angka  $8^\circ$  juga berada di atas rekor mata telanjang  $7,7^\circ$ . Dengan demikian, buffer terhadap Stamm bersifat lebih besar, sedangkan buffer terhadap Pierce bersifat kecil tetapi penting. Posisi ini menunjukkan bahwa  $8^\circ$  berada pada titik seimbang: tidak serendah batas teleskop, tidak tepat pada rekor mata telanjang, dan tidak setinggi angka yang terlalu konservatif.

Dalam desain kalender, buffer seperti ini penting. Kalender global harus menghindari dua risiko. Risiko pertama adalah terlalu agresif, yaitu menetapkan awal bulan pada kondisi yang secara observasional masih sangat rapuh. Risiko kedua adalah terlalu konservatif, yaitu menunda awal bulan terlalu jauh dari kemungkinan visibilitas modern. Elongasi  $8^\circ$  menghindari keduanya.

Dengan demikian, Stamm tidak melemahkan kriteria  $8^\circ$ . Sebaliknya, ia memberi titik bawah yang membuat  $8^\circ$  tampak sebagai angka aman. Tanpa data Stamm,  $8^\circ$  mungkin hanya dibandingkan dengan rekor mata telanjang. Dengan data Stamm, terlihat bahwa  $8^\circ$  juga memiliki jarak signifikan dari limit optik ekstrem.

## G. Kelemahan Menggunakan $6,4^\circ$ sebagai Kriteria Kalender

Menggunakan  $6,4^\circ$  sebagai kriteria kalender global memiliki beberapa kelemahan.

Pertama,  $6,4^\circ$  terlalu dekat dengan limit optik. Kalender akan berdiri pada batas ekstrem kemampuan alat, bukan pada zona yang lebih stabil.

Kedua,  $6,4^\circ$  tidak mewakili pengamatan mata telanjang. Karena batas mata telanjang berada sekitar  $7,7^\circ$ , kriteria  $6,4^\circ$  akan berada di bawah batas pengalaman visual natural yang tercatat. Ini dapat menimbulkan problem penerimaan dalam komunitas yang masih mengaitkan awal bulan dengan konsep hilal visual.

Ketiga,  $6,4^\circ$  sangat sensitif terhadap kondisi lokal. Pada elongasi rendah, sedikit perbedaan atmosfer atau alat dapat menentukan berhasil tidaknya pengamatan.

Keempat,  $6,4^\circ$  tidak cukup sebagai parameter tunggal. Odeh sendiri tidak membangun prediksi visibilitas hanya dengan elongasi, melainkan menggunakan ARCV dan crescent width. Maka menjadikan  $6,4^\circ$  sebagai kriteria tunggal atau ambang utama kalender akan menyederhanakan model secara berlebihan.

Kelima,  $6,4^\circ$  dapat membuat kalender global terlalu bergantung pada kasus ekstrem. Padahal, kalender membutuhkan stabilitas dan keterulangan.

Kelemahan-kelemahan ini menunjukkan mengapa KHGT lebih tepat menggunakan  $8^\circ$  daripada  $6,4^\circ$  sebagai batas elongasi. Angka  $6,4^\circ$  tetap menjadi data penting, tetapi bukan angka operasional kalender global.

## H. Stamm, Odeh, dan Perubahan Konsep Limit Danjon

Pengamatan optik seperti Stamm dan analisis Odeh berkontribusi pada perubahan pemahaman tentang Limit Danjon. Limit Danjon tidak lagi dapat dipahami sebagai angka klasik yang sederhana. Data modern menunjukkan bahwa batas visibilitas berbeda menurut metode pengamatan. Mata telanjang memiliki batas lebih tinggi, sedangkan alat optik dapat menurunkan batas deteksi.

Odeh mengembangkan kriteria baru berdasarkan 737 observasi dan menemukan limit  $6,4^\circ$ . Ia juga menjelaskan bahwa prediksi visibilitas harus memakai parameter yang lebih representatif, terutama topocentric arc of vision dan topocentric crescent width. Ini menunjukkan bahwa visibilitas bukan hanya soal elongasi minimum, tetapi kombinasi kecerlangan sabit dan posisi terhadap horizon.

Dalam kerangka KHGT, pembaruan konsep Limit Danjon ini memberi dua pelajaran. Pertama, data modern harus dihargai; kalender tidak boleh mengabaikan temuan ilmiah. Kedua, data modern harus diterjemahkan secara tepat; limit optik bukan kriteria kalender.

Kriteria  $8^\circ$  merupakan bentuk penerjemahan yang tepat. Ia menerima bahwa limit optik dapat turun sampai  $6,4^\circ$ , tetapi tetap memilih angka yang lebih stabil untuk kalender global.

## I. Tinggi 5° sebagai Penyeimbang Data Optik

Pengamatan optik ekstrem sering menekankan kemampuan mendeteksi sabit yang sangat tipis. Namun dalam kalender, elongasi saja tidak cukup. Bulan juga harus memiliki posisi yang cukup baik terhadap horizon. Di sinilah tinggi 5° menjadi penting.

Dalam model visibilitas, jarak Bulan dari horizon sangat berpengaruh karena atmosfer dekat horizon lebih tebal dan cahaya senja lebih mengganggu. Oleh menggunakan ARCV sebagai salah satu parameter utama karena visibilitas membutuhkan informasi tentang posisi Bulan relatif terhadap horizon.

KHGT menyederhanakan prinsip ini melalui tinggi hilal geosentris minimal 5°. Tinggi ini bukan pengganti model lokal, tetapi syarat kalender global. Ia memastikan bahwa kalender tidak hanya menilai sabit dari elongasi, tetapi juga dari posisi geometri Bulan.

Dengan demikian, data Stamm memperkuat kebutuhan kombinasi. Jika hanya menggunakan elongasi rendah, kalender dapat terlalu dekat dengan batas optik. Dengan menambahkan tinggi 5° dan menaikkan elongasi ke 8°, KHGT membentuk kriteria yang lebih seimbang: sabit cukup berkembang dan posisi Bulan cukup aman.

## J. Implikasi Metodologis untuk KHGT

Rekor Stamm memberi beberapa implikasi metodologis penting.

Pertama, data optik ekstrem penting untuk memahami batas bawah visibilitas, tetapi tidak otomatis menjadi kriteria kalender.

Kedua, kriteria kalender harus memiliki margin dari batas optik.

Ketiga, alat optik memperluas data ilmiah, tetapi kalender global perlu tetap komunikatif dan dapat diterima dalam kerangka hilal sebagai tanda waktu.

Keempat, elongasi 8° adalah bentuk penggunaan data optik secara hati-hati: data optik diakui, tetapi ambang kalender diletakkan di atas batas mata telanjang.

Kelima, tinggi 5° diperlukan agar kriteria tidak hanya berfokus pada ketebalan sabit, tetapi juga pada problem horizon.

Dengan implikasi ini, KHGT dapat menjawab kritik dari dua arah. Kepada pihak yang ingin memakai 6,4°, KHGT menjelaskan bahwa angka itu adalah limit optik ekstrem. Kepada pihak yang menganggap 8° terlalu rendah atau terlalu tinggi, KHGT menjelaskan bahwa 8° berada pada posisi seimbang antara data optik dan mata telanjang.

## K. Transisi ke Data Schaefer yang Lebih Luas

Subbab ini telah menunjukkan bahwa Jim Stamm 1996 penting sebagai simbol batas optik modern. Pengamatan Stamm, sebagaimana dibahas Schaefer, memperlihatkan bahwa dengan alat, persiapan presisi, dan kondisi mendukung, hilal dapat dideteksi pada usia dan elongasi yang sangat rendah. Data Odeh kemudian menempatkan limit optik modern pada sekitar  $6,4^\circ$ .

Namun seperti rekor Pierce, rekor Stamm tetap harus ditempatkan sebagai data ekstrem. Ia berharga bagi ilmu visibilitas, tetapi terlalu rendah untuk menjadi ambang kalender global. KHGT menggunakan data Stamm untuk memahami batas bawah, lalu memilih elongasi  $8^\circ$  sebagai ambang yang lebih aman. Dengan tinggi  $5^\circ$ , kriteria tersebut dilengkapi oleh syarat posisi geometri terhadap horizon.

## 3.4 Data Schaefer: 294 Observasi Individual dan 1490 Moonwatch

Data Bradley E. Schaefer merupakan salah satu tonggak penting dalam kajian visibilitas hilal modern. Nilainya tidak hanya terletak pada pencatatan rekor hilal muda, tetapi terutama pada cara Schaefer memperlakukan observasi hilal sebagai **basis pengujian algoritma**. Dengan demikian, data hilal tidak berhenti sebagai kumpulan cerita pengamatan, melainkan menjadi bahan ilmiah untuk menilai apakah suatu kriteria benar-benar memiliki daya prediksi.

Dalam artikel *Lunar Crescent Visibility*, Schaefer melaporkan penggunaan dua kelompok data besar. Pertama, **294 observasi individual** yang dikumpulkan dari berbagai sumber dan laporan pengamatan. Kedua, **1490 observasi Moonwatch** dari lima kegiatan pengamatan sistematis. Dua kelompok data ini digunakan untuk menguji berbagai algoritma visibilitas hilal, termasuk kriteria umur Bulan, moonset-lag, relasi tinggi–azimut, dan algoritma teoretis modern.

Kekuatan utama data Schaefer adalah kemampuannya menunjukkan bahwa beberapa parameter yang populer dalam tradisi kalender ternyata lemah secara prediktif. Umur Bulan dan lag Bulan, misalnya, tampak sederhana dan intuitif, tetapi dalam pengujian Schaefer keduanya tidak cukup andal. Sebaliknya, model yang lebih memperhatikan geometri, cahaya, atmosfer, dan fisiologi penglihatan menunjukkan performa yang lebih baik.

Bagi Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT), data Schaefer sangat penting karena memberi pelajaran metodologis: **kriteria kalender harus diuji terhadap data observasi, bukan hanya dipilih karena sederhana atau populer**. Kriteria KHGT berupa tinggi hilal geosentris  $5^\circ$  dan elongasi geosentris  $8^\circ$  harus dibaca dalam semangat ini. Ia memilih parameter yang lebih dekat dengan fisika visibilitas—tinggi dan elongasi—bukan parameter yang terbukti lemah seperti umur Bulan atau lag semata.

## A. Schaefer dan Perubahan Cara Membaca Data Hilal

Sebelum pendekatan modern berkembang, banyak kriteria hilal disusun berdasarkan pengalaman umum, tradisi regional, atau generalisasi sederhana. Jika Bulan sudah cukup tua, hilal dianggap mungkin terlihat. Jika Bulan terbenam cukup lama setelah Matahari, hilal dianggap mungkin terlihat. Jika Bulan sudah berada di atas ufuk, awal bulan dianggap dapat dipertimbangkan. Kriteria semacam ini mudah dipahami, tetapi belum tentu benar secara ilmiah.

Schaefer mengubah cara membaca data hilal dengan menempatkan laporan observasi sebagai bahan evaluasi model. Artinya, setiap kriteria harus diuji: apakah ia berhasil memprediksi hilal terlihat ketika memang terlihat, dan gagal ketika memang tidak terlihat? Jika kriteria sering salah, maka kriteria tersebut harus dikritik, betapapun mudah atau populernya ia.

Dalam artikelnya, Schaefer menyatakan bahwa visibilitas sabit Bulan merupakan problem yang kompleks karena melibatkan perhitungan orbit, hamburan cahaya Bulan, hamburan atmosfer, dan fisiologi penglihatan manusia. Pernyataan ini mengandung konsekuensi besar: kriteria yang hanya memakai satu parameter sederhana hampir pasti tidak cukup mewakili kompleksitas hilal.

Pendekatan Schaefer ini penting bagi KHGT karena kalender global tidak boleh dibangun dari intuisi sederhana. Jika kalender hendak berlaku global, ia harus memakai parameter yang telah dipertimbangkan secara ilmiah. Kriteria tinggi  $5^\circ$  dan elongasi  $8^\circ$  menjadi lebih kuat karena keduanya berkaitan langsung dengan dua aspek fisik: posisi Bulan terhadap horizon dan keterpisahan Bulan dari Matahari.

## B. 294 Observasi Individual: Fungsi dan Maknanya

Schaefer menyebut adanya 294 observasi individual yang dikumpulkan dari literatur dan komunikasi dengan pengamat. Data ini mencakup pengamatan yang berhasil maupun gagal, dengan berbagai parameter astronomis seperti ARCL, ARCV, DAZ, umur Bulan, lag, serta hasil terlihat atau tidak terlihat.

Data individual memiliki nilai penting karena mencatat berbagai kasus nyata. Di dalamnya terdapat pengamatan normal, pengamatan sulit, pengamatan ekstrem, dan juga kegagalan pengamatan. Dengan data seperti ini, peneliti dapat menguji apakah suatu kriteria bekerja dalam berbagai kondisi.

Salah satu pelajaran dari data individual adalah bahwa rekor ekstrem hanya sebagian kecil dari keseluruhan gambaran. John Pierce dan Jim Stamm memang penting, tetapi keduanya tidak boleh mendominasi seluruh kriteria. Kriteria yang baik harus menjelaskan banyak data, bukan hanya satu atau dua rekor.

Data individual juga membantu menguji parameter populer. Misalnya, jika umur Bulan dianggap kriteria kuat, maka seharusnya Bulan yang lebih tua hampir selalu terlihat dan Bulan yang lebih muda hampir selalu tidak terlihat. Namun Schaefer menunjukkan bahwa kenyataannya tidak



sesederhana itu. Ada Bulan muda yang terlihat, dan ada Bulan yang jauh lebih tua tetapi gagal terlihat.

Bagi KHGT, pelajaran ini sangat relevan. Kriteria kalender tidak boleh memakai umur Bulan sebagai dasar utama. Umur Bulan dapat menjadi informasi tambahan, tetapi bukan fondasi. Elongasi dan tinggi jauh lebih representatif karena berkaitan dengan bentuk sabit dan posisi terhadap horizon.

## C. 1490 Moonwatch: Pentingnya Data Kolektif dan Sistematis

Selain data individual, Schaefer juga menggunakan **1490 observasi Moonwatch** dari lima kegiatan pengamatan. Data Moonwatch sangat penting karena bersifat lebih sistematis dan kolektif. Banyak pengamat mengamati pada malam-malam tertentu, sehingga data yang terkumpul tidak hanya berasal dari kasus-kasus menarik atau rekor ekstrem.

Kelebihan data Moonwatch adalah menyediakan gambaran statistik yang lebih luas. Dalam data seperti ini, peneliti dapat melihat pola keberhasilan dan kegagalan secara lebih representatif. Moonwatch juga membantu mengurangi bias yang mungkin muncul jika hanya memakai laporan individual yang cenderung mencatat kasus luar biasa.

Data Moonwatch memberi gambaran tentang zona ketidakpastian. Dalam visibilitas hilal, tidak selalu ada batas tajam antara terlihat dan tidak terlihat. Ada wilayah parameter ketika sebagian pengamat berhasil melihat, sebagian gagal. Wilayah ini sangat penting untuk kalender karena menunjukkan bahwa kriteria yang terlalu dekat dengan batas akan selalu menimbulkan perdebatan.

Schaefer menggunakan data Moonwatch untuk menguji berbagai algoritma dan menyimpulkan bahwa kriteria kuno serta kriteria sederhana memiliki kelemahan besar. Model teoretis modern lebih baik karena mampu mengurangi kesalahan sistematis dan zona ketidakpastian dibanding model lain.

Bagi KHGT, data Moonwatch mengajarkan bahwa kriteria global harus memilih ambang yang keluar dari wilayah terlalu tidak pasti. Kriteria elongasi  $8^\circ$  dan tinggi  $5^\circ$  dapat dipahami sebagai upaya menetapkan ambang yang memiliki buffer dari batas ekstrem.

## D. Kritik Schaefer terhadap Kriteria Umur Bulan

Salah satu kontribusi penting Schaefer adalah kritik terhadap kriteria umur Bulan. Umur Bulan adalah selang waktu antara konjungsi dan waktu pengamatan. Parameter ini sangat populer karena sederhana. Banyak orang beranggapan bahwa semakin tua Bulan, semakin mudah hilal terlihat. Secara umum, anggapan ini tidak sepenuhnya salah. Namun sebagai kriteria, umur Bulan terlalu lemah.

Schaefer menunjukkan bahwa umur Bulan tidak memberikan prediksi yang andal. Dalam data individual, Bulan yang sangat muda dapat terlihat, sedangkan Bulan yang jauh lebih tua dapat

gagal terlihat. Ia bahkan menunjukkan bahwa pada rentang umur tertentu, prediksi berbasis umur dapat sering salah dan tidak memberikan kepastian yang memadai.

Kelemahan umur Bulan dapat dijelaskan secara astronomis. Umur tidak langsung menunjukkan elongasi. Dua Bulan dengan umur sama dapat memiliki elongasi berbeda karena posisi Bulan terhadap ekliptika, kecepatan gerak Bulan, dan jaraknya dari Bumi. Umur juga tidak menunjukkan tinggi Bulan terhadap horizon. Bulan yang lebih tua tetapi rendah dapat lebih sulit terlihat daripada Bulan yang lebih muda tetapi posisinya menguntungkan.

Odeh juga menegaskan hal serupa. Ia menyatakan bahwa umur Bulan sangat buruk dalam menggambarkan kecerlangan intrinsik sabit. Parameter yang lebih baik untuk menggambarkan kecerlangan adalah elongasi, dan yang lebih langsung lagi adalah crescent width.

Dengan demikian, data Schaefer dan analisis Odeh sama-sama melemahkan penggunaan umur sebagai kriteria utama. KHGT yang memakai elongasi  $8^\circ$  dan tinggi  $5^\circ$  berada pada jalur yang lebih kuat karena memilih parameter yang lebih dekat dengan fisika hilal.

## E. Kritik Schaefer terhadap Moonset-Lag

Moonset-lag adalah selisih waktu antara terbenam Matahari dan terbenam Bulan. Dalam tradisi lama, lag sering digunakan sebagai indikator sederhana. Jika Bulan terbenam cukup lama setelah Matahari, hilal dianggap mungkin terlihat. Kriteria Babilonia, misalnya, dikenal memakai lag lebih dari 48 menit sebagai salah satu syarat. Odeh mencatat bahwa kriteria Babilonia memakai umur Bulan lebih dari 24 jam dan lag lebih dari 48 menit.

Namun Schaefer menunjukkan bahwa moonset-lag juga lemah. Lag memang berkaitan dengan kesempatan pengamatan: jika Bulan terbenam terlalu cepat setelah Matahari, waktu untuk melihat hilal sangat pendek. Tetapi lag tidak cukup menjelaskan ketebalan sabit, elongasi, tinggi aktual, beda azimut, atau kondisi atmosfer.

Sebuah Bulan dapat memiliki lag cukup panjang tetapi elongasi kecil atau posisi tidak menguntungkan. Sebaliknya, lag tertentu dapat menghasilkan kondisi berbeda pada lintang dan musim yang berbeda. Karena itu, lag sebagai parameter tunggal tidak memadai.

Dalam pengujian Schaefer, kriteria moonset-lag tidak mampu menghasilkan prediksi yang meyakinkan secara global. Bagi KHGT, kritik ini penting karena kalender global harus menghindari parameter yang hanya mudah tetapi lemah. Lag dapat tetap digunakan sebagai informasi tambahan dalam analisis lokal, tetapi tidak layak menjadi dasar utama KHGT.

Tinggi dan elongasi lebih kuat. Tinggi menggambarkan posisi terhadap horizon, sedangkan elongasi menggambarkan keterpisahan dari Matahari. Keduanya lebih langsung terkait dengan visibilitas dibanding lag.

## F. Relasi Tinggi–Azimut dan Batas Prediksi

Schaefer juga membahas kriteria berbasis relasi tinggi dan azimut. Kriteria semacam ini lebih maju daripada umur dan lag karena mulai memperhitungkan geometri posisi Bulan terhadap Matahari. Tinggi menunjukkan seberapa jauh Bulan dari horizon, sedangkan beda azimut menunjukkan posisi horizontal Bulan relatif terhadap Matahari. Kombinasi keduanya dapat membantu menggambarkan jarak visual Bulan dari cahaya senja.

Namun Schaefer menunjukkan bahwa kriteria tinggi–azimut pun belum sempurna. Ia lebih baik daripada umur dan lag, tetapi masih belum setara dengan model teoretis modern. Dalam ringkasan pengujian, kriteria altitude/azimuth hanya dapat memberi prediksi meyakinkan dalam sebagian kasus, sedangkan model teoretis modern jauh lebih unggul.

Pelajaran bagi KHGT adalah bahwa tinggi saja tidak cukup. Tinggi  $5^\circ$  harus dipasangkan dengan elongasi  $8^\circ$ . Jika hanya memakai tinggi, kalender dapat menetapkan awal bulan ketika Bulan cukup tinggi tetapi sabit belum cukup berkembang. Jika hanya memakai elongasi, kalender dapat menetapkan awal bulan ketika sabit cukup berkembang tetapi Bulan terlalu rendah. Kombinasi keduanya lebih masuk akal.

Dengan demikian, KHGT tidak sekadar memakai satu parameter. Ia memakai pasangan parameter yang mencerminkan dua sisi utama visibilitas: kecerlangan/keterbentukan sabit dan posisi terhadap horizon. Walaupun kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  lebih sederhana daripada model teoretis penuh, ia lebih kuat daripada kriteria tunggal yang terlalu sederhana.

## G. Model Teoretis Modern sebagai Pembanding

Schaefer menilai bahwa model teoretis modern adalah prediktor terbaik dibanding berbagai kriteria lain yang diuji. Model teoretis modern memperhitungkan proses fisik yang lebih lengkap: geometri orbit, cahaya sabit, hamburan atmosfer, kecerlangan langit, dan fisiologi penglihatan.

Ini menunjukkan arah perkembangan ilmu visibilitas hilal: dari kriteria sederhana menuju model fisik yang lebih komprehensif. Namun kalender global tidak selalu dapat memakai model penuh sebagai kriteria operasional. Kalender membutuhkan aturan yang jelas, sederhana, dapat dihitung jauh hari, dan mudah dikomunikasikan.

Kriteria KHGT  $5^\circ$ – $8^\circ$  dapat dipahami sebagai penyederhanaan kalender dari pelajaran model teoretis modern. Ia tidak mengklaim menggantikan model Schaefer atau Odeh dalam prediksi lokal rinci. Ia mengambil inti parameter yang penting: tinggi dan elongasi. Dengan demikian, KHGT berdiri di antara dua kebutuhan: cukup sederhana untuk kalender, cukup ilmiah untuk dipertanggungjawabkan.

Kriteria semacam ini sah secara metodologis jika disertai kesadaran bahwa ia adalah kriteria kalender, bukan model visibilitas lokal yang lengkap. Untuk penelitian observasi lokal, model Schaefer, Odeh, Yallop, atau SAAO tetap relevan. Untuk kalender global,  $5^\circ$ – $8^\circ$  menyediakan ambang yang lebih stabil.

## H. Data Schaefer dan Pembelaan Elongasi 8°

Data Schaefer mendukung pembelaan elongasi 8° melalui beberapa jalur.

Pertama, Schaefer memperlihatkan pentingnya parameter yang berkaitan dengan fisika visibilitas. Karena umur dan lag lemah, kalender harus mencari parameter yang lebih bermakna. Elongasi adalah salah satunya karena berkaitan dengan pembentukan sabit.

Kedua, Schaefer membahas rekor John Pierce dan Jim Stamm. Pierce berkaitan dengan pengamatan mata telanjang ekstrem, sedangkan Stamm dengan optik ekstrem. Rekor-rekor ini kemudian menjadi bagian dari diskursus angka 7,7° dan 6,4° dalam kajian Odeh.

Ketiga, Schaefer menekankan verifikasi ketat terhadap laporan ekstrem. Ini mendukung gagasan bahwa kriteria kalender harus memiliki margin dari batas ekstrem.

Keempat, data Moonwatch menunjukkan adanya zona ketidakpastian. Kalender global sebaiknya tidak berdiri terlalu dekat dengan zona ekstrem. Elongasi 8° memberi buffer dari limit optik dan rekor mata telanjang.

Dengan demikian, Schaefer tidak secara langsung menetapkan kriteria KHGT 8°, tetapi datanya memberi dasar metodologis yang kuat untuk membela 8° sebagai ambang global.

## I. Data Schaefer dan Pembelaan Tinggi 5°

Data Schaefer juga relevan untuk pembelaan tinggi 5°. Dalam visibilitas hilal, posisi Bulan terhadap horizon sangat menentukan. Bulan yang rendah menghadapi atmosfer lebih tebal, cahaya senja lebih kuat, dan gangguan horizon lebih besar. Schaefer menekankan bahwa lokasi dan elevasi dapat menentukan keberhasilan pengamatan; tempat tinggi dan udara kering dapat meningkatkan peluang visibilitas.

Walaupun KHGT memakai tinggi geosentris, bukan tinggi toposentris observasi lokal, prinsip yang diambil tetap sejalan: posisi Bulan tidak boleh terlalu rendah. Tinggi 5° memberi syarat geometri agar kalender tidak ditetapkan ketika Bulan berada dalam wilayah yang terlalu dekat dengan horizon.

Kriteria tinggi 5° juga melengkapi elongasi. Data Schaefer menunjukkan bahwa parameter sederhana tunggal tidak cukup. Maka, kombinasi tinggi dan elongasi menjadi lebih kuat. Tinggi tanpa elongasi lemah; elongasi tanpa tinggi juga tidak cukup. Keduanya bersama-sama lebih mendekati realitas fisik visibilitas.

Dalam kerangka KHGT, tinggi 5° adalah cara kalender global menyerap pelajaran tentang horizon tanpa harus bergantung pada setiap kondisi lokal. Ini adalah penyederhanaan global dari realitas lokal.

## J. Schaefer sebagai Jembatan menuju Odeh dan ICOP

Data Schaefer tidak berdiri sendiri. Ia menjadi salah satu basis yang kemudian digunakan dan diperluas oleh Odeh. Dalam artikel Odeh, disebutkan bahwa kriteria barunya dibangun dengan menggabungkan 294 data Schaefer, data Jim Stamm, SAAO, Mohsen Mirsaeed, Alireza Mehrani, dan 323 data ICOP, sehingga totalnya menjadi 737 observasi.

Ini menunjukkan kesinambungan ilmiah. Schaefer menyediakan salah satu fondasi awal yang kuat. Odeh memperluasnya dengan data ICOP dan sumber lain. Dari sini, pemahaman tentang visibilitas hilal menjadi lebih kaya.

Bagi KHGT, kesinambungan Schaefer–Odeh sangat penting. Argumen kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  tidak berdiri pada satu peneliti atau satu rekor, tetapi pada alur pengembangan data observasi modern. Schaefer menunjukkan kelemahan kriteria sederhana dan pentingnya model modern. Odeh memperluas basis data dan menegaskan batas  $6,4^{\circ}$  serta  $7,7^{\circ}$ . Keduanya bersama-sama memperkuat posisi  $8^{\circ}$  sebagai ambang kalender global.

## 3.5 Data Odeh: 737 Observasi dan Peran ICOP

Data Mohammad Sh. Odeh memiliki posisi sangat penting dalam perkembangan modern kajian visibilitas hilal. Jika Schaefer memperlihatkan pentingnya pengujian algoritma dengan data observasi dan menunjukkan kelemahan kriteria sederhana seperti umur Bulan serta moonset-lag, maka Odeh melanjutkan tahap berikutnya: menyusun kriteria baru berdasarkan basis data observasi yang lebih luas, lebih beragam, dan secara langsung berkaitan dengan proyek pengamatan global.

Dalam artikel “**New Criterion for Lunar Crescent Visibility**”, Odeh menyatakan bahwa kriteria barunya dibangun berdasarkan **737 observasi**. Hampir separuh data tersebut berasal dari **Islamic Crescent Observation Project (ICOP)**, sebuah proyek global yang bertujuan mengumpulkan laporan pengamatan hilal dari berbagai negara dan wilayah. Model Odeh menggunakan dua variabel utama, yaitu **topocentric arc of vision (ARCV)** dan **topocentric crescent width (W)**. Dari basis data tersebut, Odeh menemukan batas Danjon modern sekitar  $6,4^{\circ}$  untuk pengamatan dengan bantuan optik.

Bagi Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT), data Odeh penting dalam tiga lapisan. Pertama, data ini memperkuat kebutuhan agar kriteria kalender tidak hanya berbasis intuisi, tetapi berbasis observasi global. Kedua, data ini menunjukkan bahwa visibilitas hilal tidak cukup dijelaskan oleh umur Bulan atau lag, melainkan harus melibatkan parameter yang berkaitan dengan kecerlangan sabit dan posisi terhadap horizon. Ketiga, data ini menyediakan dasar penting bagi pembelaan elongasi  $8^{\circ}$ , karena angka  $8^{\circ}$  berada di atas limit optik  $6,4^{\circ}$  dan di atas batas mata telanjang  $7,7^{\circ}$  yang disebut Odeh sebagai minimum elongasi bagi pengamatan visual natural.

## A. Kedudukan Odeh dalam Rangkaian Schaefer–ICOP

Odeh tidak memulai dari ruang kosong. Ia berdiri di atas tradisi penelitian visibilitas hilal yang telah berkembang melalui data historis, pengamatan modern, dan model prediktif sebelumnya. Dalam artikelnya, Odeh menyebut berbagai kriteria lama dan modern, mulai dari Babilonia, astronom Muslim klasik, Fotheringham, Maunder, Bruin, Schaefer, Yallop, hingga SAAO. Ini menunjukkan bahwa kriteria Odeh adalah bagian dari rangkaian panjang upaya manusia memahami kapan sabit Bulan pertama kali dapat terlihat.

Namun kontribusi Odeh berbeda karena ia memanfaatkan basis data yang besar dan mutakhir. Ia menggabungkan:

1. **294 rekaman dari daftar Schaefer;**
2. **6 rekaman dari daftar Jim Stamm;**
3. **42 rekaman dari daftar SAAO;**
4. **15 rekaman dari Mohsen Mirsaeed;**
5. **57 rekaman dari Alireza Mehrani;**
6. **323 rekaman dari ICOP.**

Gabungan semua data itu menghasilkan **737 rekaman observasi**.

Komposisi data ini penting karena menunjukkan kesinambungan antara Schaefer dan Odeh. Schaefer menyediakan basis observasi dan kritik terhadap algoritma lama; Odeh memperluas basis itu melalui data ICOP dan sumber lain. Dengan demikian, kriteria Odeh tidak berdiri hanya pada teori, melainkan pada rekam pengamatan yang lebih luas.

Bagi KHGT, kesinambungan ini penting karena kriteria kalender global harus memiliki akar pada data global. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  tidak boleh dibela hanya dengan satu rekor atau satu lembaga. Ia perlu dibaca dalam rantai data: dari Schaefer, Pierce, Stamm, ICOP, hingga Odeh.

## B. ICOP sebagai Infrastruktur Data Global

Islamic Crescent Observation Project (ICOP) menjadi bagian penting dari karya Odeh. ICOP didirikan pada tahun 1998 sebagai proyek global di bawah Arab Union for Astronomy and Space Sciences dan Jordanian Astronomical Society. Tujuannya adalah mengumpulkan informasi observasi hilal awal bulan dari berbagai negara dan wilayah di dunia.

Kehadiran ICOP mengubah karakter data hilal. Sebelum proyek semacam ini, banyak pengamatan hilal bersifat lokal, terpisah, dan tidak selalu terstandar. ICOP berusaha mengumpulkan laporan dari banyak tempat sehingga pola visibilitas dapat dibaca secara lebih global. Ini penting karena hilal tidak memiliki peluang visibilitas yang sama di semua wilayah. Lokasi barat sering lebih menguntungkan daripada timur; lintang, musim, elevasi, dan atmosfer juga memengaruhi hasil.

Dengan ICOP, data hilal tidak lagi hanya menjadi catatan lokal, tetapi bagian dari basis observasi internasional. Data global memungkinkan peneliti melihat variasi visibilitas dari berbagai lintang

dan bujur. Semakin global datanya, semakin kuat dasar untuk membangun kriteria yang tidak hanya berlaku bagi satu wilayah.

Bagi KHGT, peran ICOP memberi pelajaran penting: kalender global memerlukan pembelajaran dari observasi global. Jika KHGT hendak menyatukan kalender, maka ia tidak boleh hanya bertumpu pada pengalaman lokal atau regional. Ia harus membaca data visibilitas dari dunia yang lebih luas.

Dalam hal ini, ICOP menjadi jembatan antara rukyat dan kalender global. Rukyat tetap dilakukan di lokasi-lokasi tertentu, tetapi laporannya dikumpulkan menjadi pengetahuan global. Pengetahuan global inilah yang kemudian dapat menjadi dasar kriteria kalender.

## C. Mengapa 737 Observasi Penting?

Jumlah **737 observasi** dalam karya Odeh penting bukan hanya karena besar, tetapi karena memberi variasi data. Dalam visibilitas hilal, variasi sangat penting. Hilal dapat terlihat dalam satu kondisi dan tidak terlihat dalam kondisi lain yang tampaknya mirip. Atmosfer, alat, pengalaman pengamat, horizon, dan waktu observasi semuanya berpengaruh.

Basis data yang besar membantu mengurangi risiko membangun kriteria dari kasus kebetulan. Jika kriteria disusun hanya dari beberapa laporan, terutama laporan ekstrem, maka kriteria dapat bias. Sebaliknya, basis data besar memungkinkan peneliti melihat pola lebih umum: di mana wilayah hilal mudah terlihat, di mana hanya terlihat dengan alat, di mana mungkin terlihat, dan di mana tidak terlihat.

Odeh membagi data pengamatan ke dalam kelompok-kelompok visibilitas dan menyusun kriteria berbasis zona. Dalam Tabel V artikelnya, ia membedakan zona A, B, dan C: zona A untuk hilal terlihat mata telanjang, zona B untuk hilal terlihat dengan bantuan optik dan mungkin juga mata telanjang, serta zona C untuk hilal yang terlihat hanya dengan bantuan optik.

Pendekatan zona ini sangat relevan untuk kalender. Ia menunjukkan bahwa visibilitas hilal bukan keadaan biner sederhana. Ada wilayah mudah, wilayah sedang, wilayah sulit, dan wilayah sangat sulit. Kriteria kalender global sebaiknya tidak diletakkan pada zona paling ekstrem, karena zona itu sangat rentan terhadap variasi kondisi.

Dari sinilah elongasi  $8^\circ$  memperoleh makna. Jika  $6,4^\circ$  adalah batas optik ekstrem dalam basis data Odeh, maka  $8^\circ$  adalah ambang yang keluar dari wilayah terlalu ekstrem. Ia tetap dekat dengan data, tetapi tidak berdiri pada titik limit.

## D. Dua Variabel Utama Odeh: ARCV dan Crescent Width

Salah satu kontribusi paling penting Odeh adalah pemilihan dua variabel utama: **topocentric arc of vision (ARCV)** dan **topocentric crescent width (W)**. Pemilihan ini tidak bersifat sembarangan. Odeh menegaskan bahwa visibilitas hilal tidak dapat diprediksi secara andal dengan satu parameter



saja. Diperlukan paling tidak dua parameter: satu yang berkaitan dengan kecerlangan intrinsik sabit, dan satu yang berkaitan dengan jaraknya dari horizon.

**Crescent width** mewakili kecerlangan intrinsik sabit. Semakin lebar bagian Bulan yang diterangi, semakin besar cahaya yang dapat dipantulkan ke arah Bumi. Dalam konteks ini, **crescent width** lebih bermakna daripada umur Bulan. Umur Bulan hanya menunjukkan waktu sejak konjungsi, tetapi tidak langsung menunjukkan seberapa tebal sabit. Odeh secara eksplisit menyatakan bahwa umur Bulan sangat buruk dalam menggambarkan kecerlangan intrinsik sabit.

**ARCV** mewakili posisi sabit terhadap horizon. Hilal yang terlalu dekat dengan horizon akan menghadapi atmosfer yang lebih tebal, ekstingsi lebih kuat, dan cahaya senja yang lebih mengganggu. Karena itu, jarak vertikal Bulan dari Matahari atau horizon sangat penting.

Dua variabel ini memberi pelajaran kuat bagi KHGT. Kriteria kalender global harus memuat dua aspek: sabit harus cukup berkembang dan posisinya harus cukup aman. Dalam KHGT, dua aspek ini disederhanakan menjadi **elongasi 8°** dan **tinggi 5°**. Elongasi menjadi proksi praktis bagi perkembangan sabit; tinggi menjadi proksi geometri bagi jarak dari horizon.

Meskipun KHGT tidak memakai ARCV dan **crescent width** secara langsung sebagai kriteria kalender, semangatnya sejalan dengan Odeh: satu parameter saja tidak cukup. Kalender harus menggabungkan aspek kecerlangan sabit dan aspek posisi.

## E. Mengapa Odeh Mengkritik Umur Bulan?

Odeh memberikan kritik tegas terhadap penggunaan umur Bulan sebagai indikator utama visibilitas. Ia menjelaskan bahwa umur Bulan tidak berkorelasi kuat dengan kecerlangan intrinsik sabit. Contohnya, Bulan berumur 10 jam yang berada pada posisi tertentu dapat memiliki kecerlangan yang hampir sama dengan Bulan berumur 0 jam tetapi berada beberapa derajat dari ekliptika.

Kritik ini penting karena umur Bulan masih sering digunakan dalam diskursus awam maupun sebagian praktik kalender. Umur Bulan memang mudah dipahami, tetapi mudah dipahami bukan berarti kuat secara fisik. Umur tidak langsung memberi tahu elongasi, **crescent width**, tinggi Bulan, beda azimut, atau kondisi atmosfer.

Schaefer juga menunjukkan kelemahan kriteria umur Bulan dalam pengujian algoritma. Dengan demikian, Schaefer dan Odeh bertemu dalam satu kesimpulan: umur Bulan tidak layak menjadi fondasi utama kriteria visibilitas.

Bagi KHGT, kritik ini memperkuat pilihan tinggi dan elongasi. Kriteria 5°–8° tidak menjadikan umur Bulan sebagai syarat utama. Umur Bulan dapat dipakai sebagai informasi tambahan atau konfirmasi, tetapi bukan dasar utama. Dasar utama harus parameter yang memiliki hubungan fisik lebih langsung dengan hilal.

Elongasi 8° memiliki hubungan dengan pembentukan sabit. Tinggi 5° memiliki hubungan dengan posisi terhadap horizon. Karena itu, keduanya lebih kuat daripada umur.

## F. Limit $6,4^\circ$ dalam Kriteria Odeh

Salah satu hasil paling sering dikutip dari Odeh adalah limit  $6,4^\circ$ . Dalam abstraknya, Odeh menyatakan bahwa dari database yang digunakan, ditemukan Limit Danjon sebesar  $6,4^\circ$ . Dalam bagian kesimpulan dan pembahasan, ia juga menyebut bahwa minimum elongasi untuk hilal yang terlihat dengan bantuan optik adalah  $6,4^\circ$ , sementara minimum elongasi untuk mata telanjang adalah  $7,7^\circ$ .

Limit  $6,4^\circ$  memperlihatkan bahwa alat optik dapat menurunkan batas deteksi hilal. Ini adalah temuan penting untuk ilmu observasi. Namun bagi kalender global,  $6,4^\circ$  harus dibaca sebagai **batas optik ekstrem**. Ia bukan ambang aman untuk sistem kalender.

Jika kalender memakai  $6,4^\circ$ , maka kalender berada tepat pada batas kemampuan optik dalam data Odeh. Ini terlalu dekat dengan wilayah yang sangat sulit, sangat sensitif, dan sangat bergantung pada kondisi lokal. Kalender global memerlukan angka yang lebih stabil.

Maka, KHGT memilih  $8^\circ$ . Angka  $8^\circ$  tidak mengabaikan temuan Odeh; justru temuan Odeh menjadi salah satu alasan memilih  $8^\circ$ . Karena kita tahu batas optik berada di  $6,4^\circ$  dan batas mata telanjang berada di  $7,7^\circ$ , maka  $8^\circ$  menjadi angka yang berfungsi sebagai buffer.

Dengan demikian, Odeh tidak hanya penting bagi pihak yang ingin memakai  $6,4^\circ$ . Odeh juga penting bagi pembelaan  $8^\circ$ , karena ia menyediakan data batas bawah yang membuat  $8^\circ$  tampak proporsional.

## G. Batas Mata Telanjang $7,7^\circ$ dalam Data Odeh

Selain  $6,4^\circ$ , angka  $7,7^\circ$  juga sangat penting. Odeh menyebut  $7,7^\circ$  sebagai minimum elongasi untuk hilal yang terlihat dengan mata telanjang. Angka ini berhubungan dengan rekor mata telanjang yang dalam dokumen dasar dikaitkan dengan John Pierce.

Dalam konteks KHGT,  $7,7^\circ$  adalah salah satu argumen paling kuat bagi  $8^\circ$ . Jika batas mata telanjang ekstrem berada di  $7,7^\circ$ , maka  $8^\circ$  hanya sedikit di atasnya. Ini menunjukkan bahwa KHGT tidak terlalu konservatif. Ia tidak menetapkan angka jauh di atas data, tetapi sangat dekat dengan batas empiris mata telanjang.

Namun karena  $7,7^\circ$  adalah batas ekstrem, kalender tidak sebaiknya memakai  $7,7^\circ$  persis. Pembulatan ke atas menjadi  $8^\circ$  memberikan margin metodologis. Margin  $0,3^\circ$  memang kecil, tetapi penting sebagai prinsip bahwa kalender tidak berdiri tepat di titik rekor.

Dengan demikian, data Odeh memberikan dua sisi argumentasi:  $6,4^\circ$  menunjukkan batas optik yang terlalu rendah untuk kalender global;  $7,7^\circ$  menunjukkan batas mata telanjang yang mendekati  $8^\circ$ . Keduanya bersama-sama membuat  $8^\circ$  menjadi angka yang seimbang.

## H. Peran Odeh dalam Menjelaskan Kriteria Dua Parameter

Kriteria Odeh tidak berhenti pada limit elongasi. Justru inti model Odeh adalah penggunaan dua variabel, ARCV dan crescent width. Ini penting karena menunjukkan bahwa hilal tidak cukup dinilai dari satu angka.

Dalam konteks KHGT, hal ini memperkuat penggunaan pasangan  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ . Jika Odeh menuntut dua parameter dalam visibilitas lokal—satu mewakili kecerlangan sabit dan satu mewakili posisi terhadap horizon—maka KHGT juga menggunakan dua parameter kalender global: elongasi dan tinggi.

Elongasi  $8^{\circ}$  bukan padanan langsung crescent width, tetapi berkaitan erat dengan perkembangan sabit. Semakin besar elongasi, umumnya semakin besar bagian Bulan yang diterangi. Tinggi  $5^{\circ}$  bukan padanan langsung ARCV, tetapi berkaitan dengan posisi Bulan terhadap horizon. Dengan demikian,  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dapat dipandang sebagai bentuk kalender-global dari prinsip dua parameter.

Perbedaannya adalah bahwa Odeh memakai parameter toposentris untuk prediksi observasi lokal, sedangkan KHGT memakai parameter geosentris untuk kalender global. Perbedaan ini bukan kontradiksi, melainkan perbedaan fungsi. Toposentris diperlukan untuk prediksi lokal; geosentris diperlukan untuk stabilitas global.

Dokumen dasar buku ini menjelaskan bahwa elongasi geosentris bersifat lebih mutlak dan tidak dipengaruhi lokasi pengamat, sedangkan tinggi toposentris dipengaruhi lokasi, ketinggian, kelengkungan Bumi, dan refraksi atmosfer. KHGT memakai geosentris karena kebutuhan utamanya adalah kalender global, bukan prediksi observasi lokal di satu titik.

## I. Data Odeh dan Kritik terhadap Kriteria Terlalu Rendah

Data Odeh sering dipakai untuk mendukung kriteria yang lebih rendah, terutama karena adanya angka  $6,4^{\circ}$ . Namun jika dibaca secara metodologis, data Odeh juga dapat digunakan untuk mengkritik kriteria yang terlalu rendah. Mengapa? Karena  $6,4^{\circ}$  adalah limit optik ekstrem, bukan zona aman.

Jika sebuah kriteria kalender memakai batas  $6,4^{\circ}$ , maka ia memakai angka yang berada pada tepi bawah kemampuan alat. Ini berisiko karena kalender global menjadi sangat dekat dengan wilayah ketidakpastian. Pada wilayah ini, keberhasilan pengamatan bergantung pada alat, pengalaman, dan atmosfer.

Data Odeh justru menunjukkan bahwa visibilitas perlu dikelompokkan dalam zona, bukan diputuskan dengan satu batas minimum. Zona-zona ini memperlihatkan bahwa kondisi optik, mata telanjang, mudah, sulit, dan mustahil harus dibedakan. Kriteria kalender global sebaiknya tidak memakai batas zona optik paling ekstrem sebagai ambang.

Dengan demikian, pembelaan KHGT terhadap  $8^\circ$  dapat memakai Odeh sebagai dasar. Argumennya bukan menolak  $6,4^\circ$ , melainkan menempatkannya secara tepat:  $6,4^\circ$  adalah batas bawah optik;  $8^\circ$  adalah ambang kalender global yang lebih aman.

## J. Data Odeh dan Kritik terhadap Kriteria Terlalu Tinggi

Sebaliknya, data Odeh juga membantu mengkritik kriteria yang terlalu tinggi. Jika ada kriteria kalender yang menetapkan elongasi jauh di atas  $8^\circ$ , maka data observasi modern menunjukkan bahwa kriteria itu mungkin terlalu konservatif. Batas mata telanjang ekstrem berada sekitar  $7,7^\circ$ , dan batas optik lebih rendah lagi. Maka, menaikkan ambang terlalu jauh dapat membuat kalender kehilangan kedekatan dengan data visibilitas.

Kekuatan  $8^\circ$  terletak pada keseimbangannya. Ia tidak serendah  $6,4^\circ$ , tetapi juga tidak jauh di atas  $7,7^\circ$ . Ini membuatnya proporsional. Ia cukup aman, tetapi tidak berlebihan.

Dalam kalender global, proporsionalitas sangat penting. Kriteria terlalu rendah dapat menghasilkan keputusan yang rapuh. Kriteria terlalu tinggi dapat menunda awal bulan secara tidak perlu. Kriteria  $8^\circ$  berada pada posisi tengah yang dapat dipertanggungjawabkan dengan data Odeh.

Tinggi  $5^\circ$  juga dapat dibaca dengan cara serupa. Ia lebih kuat daripada sekadar posisi Bulan positif di atas ufuk, tetapi tidak terlalu tinggi sehingga kalender menjadi terlalu konservatif. Dengan demikian,  $5^\circ$ – $8^\circ$  adalah kriteria yang berusaha menjaga keseimbangan antara data dan kehati-hatian.

## K. Relevansi Data Odeh bagi KHGT

Relevansi data Odeh bagi KHGT dapat dirumuskan dalam beberapa poin.

Pertama, Odeh menunjukkan pentingnya basis data global. KHGT sebagai kalender global harus bertumpu pada data lintas wilayah, bukan laporan lokal terbatas.

Kedua, Odeh menunjukkan kelemahan parameter tunggal. KHGT menjawabnya dengan memakai dua parameter utama: tinggi dan elongasi.

Ketiga, Odeh menunjukkan bahwa umur Bulan bukan parameter kuat. KHGT tidak menjadikan umur Bulan sebagai fondasi utama.

Keempat, Odeh menyediakan batas optik  $6,4^\circ$  dan batas mata telanjang  $7,7^\circ$ . KHGT menggunakan keduanya untuk membela elongasi  $8^\circ$ .

Kelima, Odeh membedakan zona visibilitas. KHGT memetik pelajaran bahwa kalender global tidak boleh diletakkan pada zona ekstrem paling bawah.

Keenam, Odeh memakai parameter toposentris untuk observasi lokal, sementara KHGT menerjemahkan pelajaran itu ke parameter geosentris untuk kalender global.

Dengan demikian, data Odeh bukan hanya bahan akademik tambahan. Ia merupakan salah satu pilar utama bagi pembelaan kriteria KHGT  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ .

## L. Transisi ke Validitas Laporan Observasi

Subbab ini telah menunjukkan bahwa data Odeh dan ICOP memperluas basis observasi hilal modern. Dengan 737 observasi, Odeh menyusun kriteria baru yang lebih kaya dibanding kriteria sederhana. Modelnya menekankan ARCV dan crescent width, sekaligus menyimpulkan limit optik  $6,4^{\circ}$  dan batas mata telanjang  $7,7^{\circ}$ .

Bagi KHGT, temuan Odeh memberikan fondasi penting. Elongasi  $8^{\circ}$  berdiri di atas dua batas tersebut sebagai ambang kalender yang memiliki buffer. Tinggi  $5^{\circ}$  melengkapi prinsip dua parameter dengan memberi syarat geometri terhadap horizon. Dengan demikian, KHGT dapat dikatakan mengambil pelajaran dari data Odeh, tetapi menerjemahkannya ke dalam sistem kalender global yang lebih stabil.

## 3.6 Validitas Laporan Observasi: Pengamat, Alat, Atmosfer, dan Konsistensi Hitungan

Validitas laporan observasi hilal merupakan salah satu isu paling penting dalam kajian visibilitas Bulan sabit. Data observasi hanya berguna bagi ilmu falak dan kalender apabila data tersebut dapat dipercaya, diverifikasi, dan dianalisis secara astronomis. Sebuah laporan hilal yang tidak jelas lokasi, waktu, alat, kondisi langit, arah pengamatan, atau parameter astronomisnya sulit dipakai sebagai dasar ilmiah. Sebaliknya, laporan yang lengkap, konsisten, dan dapat diuji dapat memperkaya basis data global serta membantu menyempurnakan kriteria kalender.

Dalam konteks Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT), validitas laporan observasi menjadi lebih penting lagi. KHGT tidak dibangun dari klaim sporadis, tetapi dari pembacaan sistematis terhadap rekam jejak observasi. Jika data observasi yang dipakai lemah, maka argumentasi kriteria juga melemah. Sebaliknya, jika data yang dipakai sudah melalui verifikasi yang baik, maka kriteria seperti **tinggi hilal geosentris  $5^{\circ}$**  dan **elongasi geosentris  $8^{\circ}$**  memperoleh fondasi yang lebih kuat.

Schaefer menekankan bahwa laporan hilal muda harus diperiksa secara ketat. Ia menyebut bahwa laporan yang reliabel biasanya ditandai oleh pengalaman pengamat, kesiapan observasi, ketepatan atau kecepatan pelaporan, serta konsistensi detail laporan dengan perhitungan astronomis. Prinsip ini menjadi dasar penting bagi seluruh pembahasan validitas. Hilal muda, terutama yang berada dekat limit ekstrem, sangat rawan salah identifikasi. Karena itu, semakin ekstrem sebuah laporan, semakin kuat pula tuntutan verifikasinya.

### A. Mengapa Validitas Laporan Hilal Sangat Penting?

Observasi hilal berbeda dari pengamatan objek langit yang terang dan mudah dikenali. Hilal muda biasanya sangat tipis, redup, dekat dengan cahaya Matahari, dan sering berada rendah di atas

horizon. Kondisi ini membuat pengamatan hilal rawan kesalahan. Objek lain atau fenomena atmosfer dapat disangka sebagai hilal: awan tipis, jejak pesawat, pantulan cahaya, garis kontras di horizon, atau ilusi visual akibat harapan pengamat.

Validitas laporan menjadi penting karena data hilal sering dipakai untuk membangun kriteria. Jika laporan yang salah masuk ke dalam basis data, maka kriteria dapat menjadi terlalu rendah atau terlalu optimistis. Satu laporan ekstrem yang keliru dapat memberi kesan bahwa hilal mungkin terlihat pada kondisi yang sebenarnya tidak realistis. Dalam jangka panjang, data lemah dapat merusak model visibilitas.

Schaefer menyebut bahwa dalam pengamatan hilal muda terdapat kemungkinan laporan yang keliru, sehingga laporan harus dinilai dengan standar yang ketat. Hal ini memperlihatkan bahwa ilmu visibilitas hilal bukan sekadar mengumpulkan sebanyak mungkin laporan, tetapi menyaring laporan agar hanya data yang dapat dipertanggungjawabkan yang masuk ke dalam analisis.

Bagi KHGT, prinsip ini sangat penting. Kriteria  $8^\circ$  tidak boleh dibangun dari laporan-laporan ekstrem yang tidak terverifikasi. Justru, kekuatan  $8^\circ$  terletak pada pembacaan hati-hati terhadap data modern yang telah dikaji oleh peneliti seperti Schaefer dan Odeh. Angka  $6,4^\circ$  dan  $7,7^\circ$  penting karena muncul dalam konteks data yang dianalisis, bukan sekadar klaim bebas.

## **B. Pengalaman Pengamat sebagai Faktor Validitas**

Pengalaman pengamat merupakan faktor utama dalam validitas laporan hilal. Pengamat berpengalaman memiliki kemampuan lebih baik dalam memahami kondisi langit senja, memperkirakan posisi Bulan, membedakan hilal dari gangguan visual, dan menjaga konsentrasi pada waktu yang tepat. Ia juga lebih memahami batas-batas pengamatan sehingga tidak mudah tergesa-gesa menyimpulkan bahwa objek samar adalah hilal.

Dalam kasus John Pierce dan Jim Stamm, Schaefer memberi perhatian besar pada pengalaman pengamat. Pierce disebut memiliki pengalaman sebelumnya dalam pengamatan sabit muda, sedangkan Stamm memiliki rekam jejak panjang dalam pencarian hilal muda. Ini menjadi salah satu alasan laporan mereka dinilai kuat. Rekor ekstrem tidak hanya diterima karena angka astronomisnya menarik, tetapi karena pengamatnya memiliki kredibilitas.

Pengalaman pengamat juga memengaruhi kemampuan menemukan hilal. Hilal muda tidak selalu tampak terus-menerus. Ia bisa hanya terlihat beberapa detik, muncul samar, lalu hilang karena perubahan kontras langit. Pengamat yang tidak terbiasa dapat melewatkan momen tersebut atau justru salah mengenali fenomena lain sebagai hilal.

Namun pengalaman saja tidak cukup. Pengamat berpengalaman pun dapat keliru jika tidak ada data pendukung. Karena itu, pengalaman harus dipadukan dengan metadata, perhitungan posisi, konfirmasi pengamat lain, dan dokumentasi. Dalam standar modern, pengalaman adalah syarat penting, tetapi bukan satu-satunya syarat.

Bagi KHGT, faktor pengalaman mengajarkan bahwa rekor ekstrem tidak boleh dijadikan kriteria umum. Jika suatu batas hanya dapat dicapai oleh pengamat sangat berpengalaman, maka angka itu

lebih tepat menjadi data limit, bukan ambang kalender global. Elongasi  $8^\circ$  mengambil jarak dari batas-batas ekstrem semacam itu.

## C. Persiapan Observasi dan Pengetahuan Posisi Hilal

Persiapan observasi menentukan keberhasilan dan validitas laporan. Pengamat hilal muda tidak cukup datang ke lokasi dan melihat ke arah barat secara umum. Ia harus mengetahui kapan Matahari terbenam, kapan waktu terbaik pengamatan, di mana posisi Bulan relatif terhadap Matahari, berapa ketinggian Bulan, berapa beda azimut, dan seberapa lama Bulan berada di atas horizon.

Schaefer mencatat bahwa John Pierce dan timnya telah menghitung posisi Bulan relatif terhadap titik terbenam Matahari sehingga mengetahui ke mana harus melihat. Dalam kasus Jim Stamm, persiapannya bahkan lebih teknis: ia memfokuskan teleskop pada malam sebelumnya dan mengarahkan teleskop dengan bantuan pengamatan bintang yang waktunya telah dihitung.

Persiapan semacam ini meningkatkan validitas laporan karena mengurangi peluang salah arah. Hilal muda sering tidak dapat dicari secara acak. Jika pengamat melihat objek pada posisi yang tidak sesuai dengan perhitungan, maka laporan harus dicurigai. Sebaliknya, jika objek tampak pada posisi yang tepat dan waktu yang sesuai, laporan menjadi lebih kuat.

Dalam observasi modern, pengetahuan posisi hilal harus dilengkapi dengan data hisab. Perhitungan dapat menentukan tinggi, elongasi, azimut, lag, ARCV, dan parameter lain. Laporan yang konsisten dengan data ini lebih dapat diterima. Laporan yang bertentangan dengan data astronomis perlu diperiksa lebih kritis.

Bagi KHGT, hubungan antara observasi dan hisab seperti ini sangat penting. Rukyat tidak berdiri melawan hisab; rukyat membutuhkan hisab untuk validasi. Hisab memberi kerangka posisi, sedangkan rukyat memberi data empiris. Keduanya bekerja bersama.

## D. Alat Optik: Memperkuat atau Memperumit Validitas?

Alat optik memiliki dua sisi. Di satu sisi, alat dapat memperkuat observasi. Teleskop, binokular, kamera, atau sensor digital dapat membantu menemukan sabit yang sangat tipis, memperbesar citra, dan memberikan dokumentasi. Di sisi lain, penggunaan alat juga memperumit validitas karena hasil pengamatan harus ditafsirkan sesuai karakter alat.

Dalam kasus Jim Stamm, teleskop berperan penting. Schaefer menyebut Stamm menggunakan teleskop 8 inci dengan pembesaran 50 kali dan melakukan persiapan teknis yang sangat cermat. Pengamatan seperti ini sangat bernilai bagi ilmu observasi karena memperluas batas deteksi.

Namun batas optik tidak sama dengan batas mata telanjang. Odeh menyebut minimum elongasi dengan bantuan optik adalah  $6,4^\circ$ , sedangkan minimum untuk mata telanjang adalah  $7,7^\circ$ . Perbedaan ini menunjukkan bahwa validitas laporan harus selalu mencatat metode pengamatan.



Laporan “terlihat” tidak cukup; harus jelas apakah terlihat dengan mata telanjang, binokular, teleskop, kamera, atau pemrosesan citra.

Dalam konteks kalender, perbedaan ini sangat menentukan. Kriteria global tidak boleh mencampuradukkan data optik dan mata telanjang seolah-olah sama. Data optik dapat menunjukkan batas bawah fisik, tetapi kalender global mungkin memerlukan ambang yang lebih tinggi agar tidak bergantung pada instrumen ekstrem.

KHGT dengan elongasi  $8^\circ$  menempatkan data optik secara tepat. Batas  $6,4^\circ$  dihargai sebagai data penting, tetapi kriteria kalender diletakkan di atas batas mata telanjang  $7,7^\circ$ . Ini membantu menjaga legitimasi kriteria  $8^\circ$  sebagai ambang global yang tidak terlalu bergantung pada deteksi instrumental ekstrem.

## E. Atmosfer dan Horizon sebagai Penentu Validitas

Kondisi atmosfer sangat memengaruhi pengamatan hilal. Atmosfer yang jernih, kering, dan stabil meningkatkan peluang melihat hilal. Sebaliknya, kelembapan tinggi, aerosol, debu, polusi, kabut, awan tipis, dan cahaya senja yang kuat dapat membuat hilal gagal terlihat walaupun secara geometri sudah memungkinkan.

Schaefer menekankan bahwa elevasi lokasi dapat menentukan keberhasilan pengamatan hilal muda. Lokasi yang tinggi membantu pengamat berada di atas lapisan aerosol rendah dan mengurangi gangguan atmosfer. Ia menyatakan bahwa elevasi dapat menentukan berhasil atau gagalnya suatu usaha pengamatan.

Horizon juga penting. Horizon yang tertutup gedung, bukit, pepohonan, awan rendah, atau kabut dapat menggagalkan pengamatan. Bahkan horizon yang tampak bersih pun dapat memiliki lapisan atmosfer yang lebih tebal sehingga kontras hilal melemah. Karena itu, laporan observasi harus mencatat kondisi horizon.

Bagi validitas laporan, informasi atmosfer dan horizon tidak boleh dianggap tambahan kecil. Laporan yang menyatakan hilal terlihat pada kondisi ekstrem tetapi tidak menjelaskan atmosfer dan horizon menjadi lemah. Sebaliknya, laporan yang menyebut transparansi langit, ketinggian lokasi, keadaan horizon, dan kondisi awan lebih kuat untuk dianalisis.

Bagi KHGT, faktor atmosfer dan horizon memperkuat alasan tinggi  $5^\circ$ . Bulan yang terlalu rendah sangat rentan terhadap gangguan atmosfer. Tinggi geosentris  $5^\circ$  dalam KHGT berfungsi sebagai syarat geometri global agar awal bulan tidak ditetapkan pada posisi Bulan yang terlalu dekat dengan horizon. Walaupun kondisi lokal tetap bervariasi, kriteria  $5^\circ$  memberi buffer terhadap problem rendahnya Bulan.

## F. Konsistensi Hitungan sebagai Uji Laporan

Salah satu standar utama validitas laporan hilal adalah konsistensi dengan perhitungan astronomis. Jika laporan menyatakan hilal terlihat pada waktu, arah, atau posisi yang tidak sesuai dengan posisi

Bulan yang sebenarnya, laporan itu harus ditolak atau setidaknya diragukan. Sebaliknya, jika laporan sesuai dengan perhitungan, validitasnya meningkat.

Schaefer secara eksplisit menilai laporan Pierce dan Stamm berdasarkan konsistensi dengan perhitungan. Dalam kasus Stamm, ia menyebut bahwa rincian laporan—termasuk panjang busur, perubahan warna, dan waktu—sesuai dengan yang diharapkan. Ini menunjukkan bahwa pengamatan valid tidak hanya ditentukan oleh kesaksian visual, tetapi juga oleh kesesuaian dengan model astronomis.

Konsistensi hitungan mencakup beberapa unsur:

1. waktu konjungsi;
2. waktu terbenam Matahari;
3. waktu terbenam Bulan;
4. tinggi Bulan saat pengamatan;
5. elongasi Bulan–Matahari;
6. azimut Bulan dan Matahari;
7. beda azimut;
8. umur Bulan;
9. lag;
10. ARCV;
11. crescent width;
12. arah sabit dan bentuk iluminasi.

Jika laporan menyebut hilal terlihat jauh dari posisi yang dihitung, maka kemungkinan salah identifikasi meningkat. Jika laporan menyebut bentuk atau arah sabit yang bertentangan dengan geometri iluminasi, laporan perlu diperiksa. Dengan demikian, hisab menjadi alat validasi rukyat.

Dalam KHGT, prinsip ini penting karena kalender global berbasis hisab tidak berarti mengabaikan observasi. Sebaliknya, observasi yang baik justru harus konsisten dengan hisab. Hisab menjadi bahasa ilmiah untuk menilai apakah suatu laporan layak masuk dalam basis data.

## G. Metadata sebagai Syarat Ilmiah Observasi Hilal

Metadata adalah informasi pendukung yang menjelaskan konteks pengamatan. Tanpa metadata, laporan hilal sulit digunakan secara ilmiah. Dalam basis data modern, metadata sangat penting karena memungkinkan peneliti menghitung ulang parameter dan membandingkan laporan dengan model.

Metadata minimal seharusnya mencakup lokasi pengamatan, koordinat, elevasi, waktu, zona waktu, alat, kondisi atmosfer, kondisi horizon, pengalaman pengamat, metode pencarian, hasil pengamatan, dan dokumentasi. Jika memungkinkan, laporan juga perlu mencantumkan parameter astronomis seperti elongasi, tinggi, ARCV, DAZ, lag, umur Bulan, dan crescent width.

Odeh menggunakan data observasi yang dihitung dengan perangkat Accurate Times dan menyusun parameter pengamatan dalam basis data besar. Ini menunjukkan pentingnya

standardisasi data. Observasi tidak hanya dilaporkan secara naratif, tetapi diubah menjadi data yang dapat diolah.

Bagi KHGT, metadata memiliki fungsi strategis. Jika kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  hendak terus dievaluasi, maka data observasi masa depan harus dikumpulkan dengan standar metadata yang baik. Laporan tanpa metadata mungkin tetap bernilai sosial, tetapi nilainya terbatas untuk riset kalender.

KHGT tidak boleh dibangun dari data kabur. Ia membutuhkan data yang dapat diuji. Karena itu, peningkatan kualitas metadata observasi hilal menjadi agenda penting bagi pengembangan kalender global.

## H. Klasifikasi Laporan: Terlihat, Tidak Terlihat, Optik, dan Mata Telanjang

Validitas juga berkaitan dengan klasifikasi laporan. Tidak cukup menulis “hilal terlihat” atau “hilal tidak terlihat”. Harus jelas kategori pengamatannya. Apakah terlihat mata telanjang? Terlihat dengan binokular? Terlihat dengan teleskop? Terlihat pada kamera tetapi tidak oleh mata? Terlihat setelah pemrosesan citra? Atau tidak terlihat meskipun dicari dengan alat?

Odeh membedakan zona visibilitas berdasarkan kemungkinan terlihat mata telanjang, terlihat dengan bantuan optik, dan terlihat hanya dengan alat. Klasifikasi ini sangat penting karena setiap kategori memiliki makna berbeda.

Bagi kalender global, perbedaan optik dan mata telanjang sangat penting. Batas optik  $6,4^{\circ}$  dan batas mata telanjang  $7,7^{\circ}$  tidak boleh disamakan. Jika laporan optik diperlakukan sama dengan mata telanjang, kriteria dapat menjadi terlalu rendah. Jika data optik diabaikan sepenuhnya, ilmu visibilitas kehilangan informasi penting tentang batas fisik.

KHGT mengambil jalan tengah. Data optik diterima sebagai bagian dari rekam observasi, tetapi kriteria kalender dipilih di atas batas mata telanjang ekstrem. Dengan cara ini, KHGT menghargai kemajuan instrumen tanpa menjadikan batas instrumen sebagai standar kalender global.

## I. Laporan Gagal Melihat Hilal sebagai Data Valid

Validitas tidak hanya berlaku untuk laporan berhasil melihat hilal. Laporan gagal melihat hilal juga penting, asalkan dilakukan secara serius dan memiliki metadata yang baik. Data negatif membantu menentukan batas visibilitas dan mencegah kriteria menjadi terlalu optimistik.

Jika banyak pengamat berpengalaman gagal melihat hilal pada parameter tertentu, data itu sangat penting. Ia menunjukkan bahwa kondisi tersebut belum aman untuk visibilitas. Sebaliknya, jika hanya laporan berhasil yang dicatat, model akan bias.

Schaefer menggunakan data yang mencakup keberhasilan dan kegagalan untuk menguji algoritma. Odeh juga menyusun kriteria berdasarkan kelompok data yang mencakup berbagai kondisi terlihat dan tidak terlihat.

Bagi KHGT, data gagal melihat hilal memperkuat prinsip buffer. Jika wilayah dekat limit sering menghasilkan kegagalan, maka kalender global tidak boleh berdiri di wilayah itu. Elongasi  $8^\circ$  dan tinggi  $5^\circ$  membantu menjauhkan kalender dari kondisi paling rapuh.

Karena itu, komunitas pengamat hilal perlu menghargai laporan negatif. Gagal melihat bukan kegagalan ilmiah jika dilakukan dengan prosedur baik. Ia adalah data yang berharga.

## J. Validitas dan Risiko Kriteria yang Terlalu Rendah

Kriteria yang terlalu rendah biasanya bergantung pada laporan ekstrem. Masalahnya, laporan ekstrem paling membutuhkan validasi. Jika validasinya lemah, kriteria yang dibangun di atasnya juga lemah. Karena itu, kriteria kalender yang terlalu rendah memiliki risiko epistemik: ia dapat terlalu banyak bertumpu pada kasus yang sulit diverifikasi atau sulit direplikasi.

Batas optik  $6,4^\circ$  adalah data penting, tetapi ia berada pada wilayah ekstrem. Jika dijadikan kriteria kalender, maka kalender akan sangat dekat dengan wilayah di mana validitas laporan harus diperiksa sangat ketat. Ini tidak ideal bagi kalender global.

Kriteria  $8^\circ$  mengurangi risiko tersebut. Dengan berada di atas batas optik dan mata telanjang ekstrem, KHGT tidak mudah terguncang oleh laporan di bawah ambang. Jika ada laporan hilal di bawah  $8^\circ$ , laporan itu tetap berharga untuk riset, tetapi tidak otomatis mengubah kalender. Ini menjaga stabilitas sistem.

Tinggi  $5^\circ$  juga mengurangi risiko laporan di horizon rendah. Hilal yang terlalu rendah rawan salah identifikasi dan gangguan atmosfer. Dengan syarat tinggi, kalender lebih aman dari wilayah pengamatan yang paling sulit.

## K. Validitas Observasi dan Pembelaan KHGT

Validitas laporan observasi mendukung KHGT dalam beberapa cara.

Pertama, ia menunjukkan bahwa kriteria kalender harus dibangun dari data yang disaring, bukan klaim bebas.

Kedua, ia menegaskan bahwa rekor ekstrem seperti Pierce dan Stamm penting karena telah dinilai dengan standar tertentu, bukan karena sekadar menarik.

Ketiga, ia membantu membedakan limit observasi dan kriteria kalender. Laporan ekstrem valid tetap tidak otomatis menjadi ambang kalender.

Keempat, ia memperkuat penggunaan  $8^\circ$  sebagai angka dengan buffer dari wilayah ekstrem.

Kelima, ia mendukung tinggi  $5^\circ$  sebagai perlindungan dari problem horizon dan atmosfer.

Dengan demikian, KHGT bukan sistem yang antiobservasi. Justru KHGT membutuhkan observasi yang lebih disiplin. Rukyat dalam KHGT bukan sekadar peristiwa lokal, tetapi bagian dari basis data global untuk memvalidasi dan memperkuat kalender.

## L. Transisi ke Pelajaran Kalender dari Rekor Ekstrem

Subbab ini telah menegaskan bahwa validitas laporan observasi merupakan syarat mendasar bagi ilmu visibilitas hilal dan penyusunan kriteria kalender. Pengamat, alat, atmosfer, horizon, metadata, dan konsistensi hitungan semuanya menentukan apakah sebuah laporan layak menjadi data ilmiah.

Bagi KHGT, validitas data adalah fondasi pembelaan kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ . Angka  $8^{\circ}$  memperoleh kekuatan karena dibaca dari rekam observasi modern yang telah dianalisis, bukan dari klaim sporadis. Angka  $5^{\circ}$  memperoleh kekuatan karena mempertimbangkan problem horizon dan atmosfer. Dengan demikian, KHGT menempatkan rukyat sebagai data ilmiah yang harus diverifikasi dan diintegrasikan dengan hisab.

## 3.7 Pelajaran Kalender dari Rekor Ekstrem

Rekor ekstrem dalam observasi hilal selalu menarik perhatian karena ia memperlihatkan batas kemampuan manusia, alat, atmosfer, dan model astronomi. Rekor John Pierce menunjukkan kemampuan mata telanjang pada kondisi sangat baik. Rekor Jim Stamm menunjukkan kemampuan instrumen optik dalam mendeteksi sabit yang lebih muda dan lebih tipis. Data Schaefer menunjukkan bahwa laporan-laporan seperti itu harus diuji secara metodologis. Data Odeh dan ICOP memperluas cakupan observasi sehingga angka ekstrem dapat dibaca dalam kerangka basis data yang lebih luas.

Namun bagi kalender, pelajaran terpenting dari rekor ekstrem bukanlah bahwa kalender harus mengambil angka rekor sebagai kriteria. Pelajaran yang lebih tepat adalah: **rekor ekstrem menunjukkan batas bawah visibilitas, sedangkan kalender global membutuhkan ambang operasional yang lebih stabil daripada batas bawah tersebut**. Inilah perbedaan mendasar antara logika observasi ekstrem dan logika kalender global.

Dalam konteks Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT), rekor ekstrem perlu ditempatkan secara proporsional. Angka  $6,4^{\circ}$  untuk pengamatan optik dan  $7,7^{\circ}$  untuk pengamatan mata telanjang sangat penting karena menunjukkan batas modern visibilitas hilal. Odeh menyatakan bahwa minimum elongasi hilal yang terlihat dengan bantuan optik adalah  $6,4^{\circ}$ , sedangkan minimum elongasi mata telanjang adalah  $7,7^{\circ}$ . Akan tetapi, kedua angka itu adalah batas ekstrem. KHGT memilih **elongasi geosentris  $8^{\circ}$**  karena angka ini berada di atas keduanya, sehingga memberi margin kecil tetapi penting bagi kalender global.

## A. Rekor Ekstrem sebagai Penanda Batas, Bukan Standar Umum

Rekor ekstrem berfungsi sebagai penanda batas. Ia memberi tahu sampai sejauh mana hilal dapat dideteksi dalam kondisi terbaik yang tercatat. Dalam ilmu observasi, data seperti ini sangat berharga karena membantu memperbaiki model, menguji teori, dan memperluas pemahaman tentang batas fisik-visibilitas hilal.

Namun rekor tidak sama dengan kondisi umum. Rekor terjadi ketika sejumlah faktor ideal berkumpul: pengamat berpengalaman, lokasi menguntungkan, horizon baik, atmosfer jernih, alat memadai, posisi Bulan diketahui tepat, dan waktu pengamatan optimal. Dalam kasus John Pierce dan Jim Stamm, Schaefer menegaskan pentingnya pengalaman pengamat, persiapan, konfirmasi, serta konsistensi laporan dengan perhitungan astronomis.

Karena itu, rekor ekstrem tidak boleh langsung diubah menjadi kriteria kalender. Jika kalender global memakai angka yang sama dengan rekor, maka kalender berdiri tepat di batas kemampuan terbaik yang pernah tercatat. Ini terlalu rapuh untuk sistem yang harus dipakai masyarakat luas.

KHGT mengambil pelajaran yang berbeda. Rekor Pierce dan Stamm dihargai sebagai data batas bawah. Namun kriteria kalender ditempatkan sedikit di atas batas tersebut. Elongasi  $8^\circ$  bukan penolakan terhadap rekor, melainkan penerjemahan rekor menjadi ambang kalender yang lebih aman.

## B. Dari Rekor Pierce ke Elongasi $8^\circ$

Rekor John Pierce memiliki nilai khusus karena berkaitan dengan pengamatan mata telanjang. Dalam tradisi rukyat, mata telanjang memiliki kedekatan historis dan simbolik dengan praktik melihat hilal. Dokumen dasar buku ini menyebut  $7,7^\circ$  sebagai rekor mata telanjang yang dikaitkan dengan Pierce.

Jika rekor mata telanjang berada sekitar  $7,7^\circ$ , maka angka  $8^\circ$  dalam KHGT menjadi sangat logis. Ia hanya sedikit di atas rekor tersebut. Dengan demikian,  $8^\circ$  tidak dapat disebut terlalu konservatif. Ia justru sangat dekat dengan data observasi mata telanjang modern.

Namun selisih kecil dari  $7,7^\circ$  ke  $8^\circ$  tetap penting. Selisih ini menunjukkan bahwa kalender tidak memakai angka rekor secara persis. Kalender mengambil jarak minimal dari batas ekstrem. Dalam desain sistem, jarak seperti ini disebut margin atau buffer. Bagi KHGT, buffer itu berfungsi menjaga kalender agar tidak berdiri tepat di titik paling rapuh.

Dengan demikian, Pierce memberi dua pelajaran sekaligus. Pertama, hilal mata telanjang dapat terlihat pada elongasi sangat rendah sekitar  $7,7^\circ$ . Kedua, karena  $7,7^\circ$  adalah rekor, kalender global lebih layak memakai angka sedikit di atasnya, yaitu  $8^\circ$ .

## C. Dari Rekor Stamm ke Kritik terhadap Ambang $6,4^\circ$

Jim Stamm memberi pelajaran berbeda. Rekornya menunjukkan kemampuan alat optik untuk mendeteksi hilal pada kondisi yang lebih ekstrem daripada mata telanjang. Dalam karya Odeh, batas optik modern diletakkan sekitar  $6,4^\circ$ .

Angka  $6,4^\circ$  penting untuk ilmu observasi, tetapi terlalu rendah untuk kalender global. Jika KHGT memakai  $6,4^\circ$  sebagai ambang, maka kalender akan sangat dekat dengan batas optik ekstrem. Padahal pengamatan semacam itu memerlukan alat, persiapan, pengalaman, dan kondisi langit yang sangat baik. Schaefer menggambarkan pengamatan Stamm sebagai pengamatan yang dipersiapkan secara sangat teliti, termasuk pemfokusan teleskop sebelumnya dan pengarahan alat dengan bantuan bintang.

Pelajaran dari Stamm bukan bahwa kalender harus memakai  $6,4^\circ$ . Pelajaran yang lebih tepat adalah bahwa  $6,4^\circ$  menjadi batas bawah optik yang harus dilampaui oleh kriteria kalender global. Dalam hal ini,  $8^\circ$  memberi jarak sekitar  $1,6^\circ$  dari batas optik. Pada elongasi rendah, jarak ini bermakna karena sabit menjadi lebih tebal, lebih terpisah dari Matahari, dan lebih mungkin memiliki kontras yang baik.

Dengan demikian, data Stamm memperkuat kriteria  $8^\circ$ . Ia menunjukkan bahwa  $8^\circ$  tidak mengabaikan limit optik, tetapi justru mengambil posisi aman di atasnya.

## D. Data Schaefer: Kritik terhadap Parameter Sederhana

Pelajaran kalender berikutnya datang dari data Schaefer. Schaefer tidak hanya mencatat rekor, tetapi menguji algoritma. Ia menggunakan 294 observasi individual dan 1490 laporan Moonwatch untuk menilai berbagai kriteria visibilitas. Hasilnya menunjukkan bahwa kriteria umur Bulan dan moonset-lag lemah, sedangkan model teoretis modern jauh lebih baik.

Pelajaran ini sangat penting bagi KHGT. Kalender global tidak boleh hanya memakai parameter yang mudah, seperti umur Bulan atau lag. Parameter yang mudah belum tentu kuat secara fisik. Umur Bulan tidak langsung menunjukkan ketebalan sabit. Lag tidak langsung menunjukkan elongasi dan posisi relatif Bulan terhadap Matahari. Karena itu, kriteria yang lebih baik harus memakai parameter yang lebih bermakna.

Tinggi dan elongasi memenuhi kebutuhan tersebut. Elongasi berkaitan dengan keterpisahan Bulan dari Matahari dan perkembangan sabit. Tinggi berkaitan dengan posisi Bulan terhadap horizon. Keduanya lebih dekat dengan problem visibilitas dibanding umur dan lag.

Dengan demikian, data Schaefer mendukung struktur dasar KHGT  $5^\circ$ – $8^\circ$ . Kriteria ini tidak bertumpu pada umur Bulan atau lag sebagai syarat utama, melainkan pada dua parameter yang lebih berhubungan dengan fisika hilal.



## E. Data Odeh: Pelajaran tentang Dua Parameter

Odeh memberi pelajaran kalender yang sangat jelas: visibilitas hilal tidak cukup diprediksi dengan satu parameter. Ia menggunakan dua variabel utama, yaitu **topocentric arc of vision** dan **topocentric crescent width**. Menurut Odeh, satu parameter harus mewakili kecerlangan intrinsik sabit, sedangkan parameter lain harus mewakili jaraknya dari horizon.

Prinsip ini sangat relevan bagi KHGT. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  juga memakai dua parameter. Elongasi  $8^{\circ}$  mewakili perkembangan sabit dan keterpisahan dari Matahari. Tinggi  $5^{\circ}$  mewakili posisi Bulan terhadap horizon. Memang, KHGT tidak memakai ARCV dan crescent width secara langsung seperti Odeh, karena KHGT adalah kriteria kalender global, bukan model observasi lokal. Namun prinsip dasarnya sama: satu parameter saja tidak cukup.

Perbedaan lainnya ialah Odeh menggunakan parameter toposentris untuk prediksi visibilitas lokal, sedangkan KHGT memakai parameter geosentris untuk kalender global. Perbedaan ini bukan kontradiksi. Toposentris diperlukan ketika pertanyaannya adalah “apakah hilal terlihat dari lokasi tertentu?” Geosentris diperlukan ketika pertanyaannya adalah “apakah konfigurasi Bulan–Matahari memenuhi syarat global untuk pergantian bulan?”

Dengan demikian, KHGT mengambil pelajaran dari Odeh, tetapi menerjemahkannya ke dalam bahasa kalender global.

## F. Rekor Ekstrem dan Prinsip Buffer Kalender

Dari Pierce, Stamm, Schaefer, dan Odeh, tampak satu prinsip besar: kalender membutuhkan **buffer** dari batas ekstrem. Buffer adalah jarak aman antara limit observasi dan ambang operasional. Tanpa buffer, kalender mudah masuk wilayah ketidakpastian tinggi.

Elongasi  $8^{\circ}$  merupakan buffer terhadap dua batas:  $6,4^{\circ}$  optik dan  $7,7^{\circ}$  mata telanjang. Terhadap  $6,4^{\circ}$ ,  $8^{\circ}$  memberi jarak cukup besar. Terhadap  $7,7^{\circ}$ ,  $8^{\circ}$  memberi jarak kecil tetapi penting. Kombinasi ini membuat  $8^{\circ}$  tidak terlalu permisif dan tidak terlalu konservatif.

Tinggi  $5^{\circ}$  juga merupakan buffer, tetapi terhadap problem horizon. Bulan yang terlalu rendah berada dalam wilayah yang sangat dipengaruhi atmosfer, refraksi, aerosol, cahaya senja, dan gangguan horizon. Dengan syarat tinggi  $5^{\circ}$ , KHGT menghindari keputusan awal bulan pada posisi Bulan yang terlalu rapuh.

Jadi, kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  adalah kriteria dengan dua lapis buffer: buffer terhadap sabit yang terlalu tipis dan buffer terhadap posisi yang terlalu rendah. Inilah salah satu alasan mengapa kriteria ini lebih kokoh sebagai kriteria kalender global dibanding kriteria yang terlalu dekat dengan limit observasi.

## G. Rekor Ekstrem Tidak Boleh Mengendalikan Kalender Bulanan

Jika setiap laporan ekstrem langsung memengaruhi kalender, maka kalender akan menjadi tidak stabil. Satu laporan di bawah ambang dapat memicu tuntutan penurunan kriteria. Laporan lain yang lebih ekstrem dapat memicu revisi berikutnya. Akibatnya, kalender kehilangan fungsi sebagai sistem yang memberi kepastian.

Sains observasi memang harus terbuka terhadap rekor baru. Namun kalender memiliki logika institusional yang berbeda. Perubahan kriteria kalender harus didasarkan pada akumulasi data, bukan laporan tunggal. Odeh sendiri membangun kriterianya dari 737 observasi, bukan dari satu rekor.

KHGT perlu mengikuti prinsip ini. Jika pada masa depan muncul laporan hilal di bawah  $8^\circ$ , laporan itu harus diverifikasi dan dicatat. Namun laporan tersebut tidak otomatis membatalkan kriteria  $8^\circ$ . Ia menjadi bagian dari data untuk evaluasi jangka panjang. Kriteria baru hanya layak dipertimbangkan jika terdapat basis data luas, valid, konsisten, dan didukung model fisik yang lebih baik.

Dengan demikian, KHGT dapat stabil sekaligus ilmiah. Stabil karena tidak mudah berubah oleh klaim ekstrem. Ilmiah karena tetap membuka ruang evaluasi berbasis data.

## H. Pelajaran tentang Data Positif dan Data Negatif

Rekor ekstrem adalah data positif: hilal berhasil terlihat. Namun kalender tidak boleh hanya belajar dari data positif. Data negatif—hilal tidak terlihat meskipun dicari—sama pentingnya. Schaefer dan Odeh sama-sama memperlihatkan pentingnya kumpulan data yang mencakup keberhasilan dan kegagalan observasi.

Data negatif membantu menunjukkan wilayah yang tidak aman. Jika dalam kondisi tertentu banyak pengamat gagal melihat hilal, maka kondisi itu tidak layak dijadikan dasar kalender global, meskipun ada satu laporan berhasil. Dengan kata lain, kriteria kalender harus membaca distribusi data, bukan hanya titik ekstrem.

KHGT dengan  $8^\circ$  dapat dipahami sebagai kriteria yang tidak hanya terpukau pada rekor, tetapi memperhitungkan kebutuhan keluar dari zona ekstrem. Data positif menunjukkan bahwa  $7,7^\circ$  pernah dicapai; data negatif dan ketidakpastian dekat limit menunjukkan bahwa  $8^\circ$  lebih aman.

Tinggi  $5^\circ$  juga didukung oleh pelajaran data negatif. Hilal rendah sering gagal terlihat karena atmosfer dan horizon. Maka, kalender global memerlukan tinggi minimum, bukan sekadar elongasi.

## I. Pelajaran untuk Edukasi Publik

Rekor ekstrem sering disalahpahami oleh publik. Ketika masyarakat mendengar bahwa hilal pernah terlihat pada  $6,4^\circ$  atau  $7,7^\circ$ , sebagian mungkin bertanya: mengapa kalender tidak memakai angka itu? Di sinilah edukasi publik diperlukan.

Penjelasan yang perlu diberikan adalah bahwa rekor tidak sama dengan kriteria. Rekor menunjukkan batas kemampuan terbaik; kriteria kalender menunjukkan batas aman untuk sistem. Dalam bahasa sederhana: **sesuatu yang pernah mungkin terjadi dalam kondisi luar biasa tidak otomatis menjadi aturan umum untuk seluruh dunia.**

Kriteria KHGT  $8^\circ$  mudah dijelaskan melalui narasi ini. Hilal dengan alat pernah mencapai  $6,4^\circ$ . Hilal mata telanjang pernah mencapai  $7,7^\circ$ . Maka kalender global mengambil  $8^\circ$  sebagai ambang aman di atas keduanya. Tinggi  $5^\circ$  ditambahkan agar Bulan tidak terlalu rendah. Penjelasan ini sederhana, ilmiah, dan komunikatif.

Edukasi publik semacam ini penting agar KHGT tidak dipahami sebagai angka yang dipaksakan. Masyarakat perlu melihat bahwa  $5^\circ$ – $8^\circ$  adalah hasil pembacaan terhadap data observasi modern dan kebutuhan kalender global.

## J. Pelajaran untuk Desain Kalender Global

Dari seluruh rekam observasi modern, dapat dirumuskan beberapa prinsip desain kalender global.

Pertama, kalender harus berbasis data observasi, tetapi tidak boleh dikendalikan oleh rekor ekstrem.

Kedua, kalender harus memakai parameter yang bermakna secara fisik. Umur dan lag dapat menjadi informasi tambahan, tetapi tinggi dan elongasi lebih kuat sebagai fondasi.

Ketiga, kalender harus memiliki buffer dari limit observasi. Ambang tidak boleh diletakkan tepat pada batas optik atau batas mata telanjang ekstrem.

Keempat, kalender harus menggunakan kriteria yang cukup sederhana untuk dihitung dan dikomunikasikan.

Kelima, kalender global memerlukan acuan yang seragam. Karena itu, parameter geosentris memiliki peran strategis.

Keenam, kalender harus terbuka terhadap evaluasi, tetapi perubahan kriteria harus berbasis data luas dan valid.

Kriteria KHGT  $5^\circ$ – $8^\circ$  memenuhi prinsip-prinsip ini secara relatif kuat. Ia berbasis data, memakai parameter fisik, memiliki buffer, sederhana, geosentris, dan tetap terbuka untuk evaluasi ilmiah.

## K. Kesimpulan Subbab

Rekor ekstrem dalam observasi hilal modern memberi pelajaran yang sangat penting bagi kalender. John Pierce menunjukkan batas mata telanjang sekitar  $7,7^\circ$ . Jim Stamm dan analisis Odeh menunjukkan batas optik sekitar  $6,4^\circ$ . Schaefer menunjukkan pentingnya verifikasi laporan dan kelemahan kriteria sederhana. Odeh menunjukkan perlunya dua parameter dan pentingnya basis data global.

Namun pelajaran utama dari seluruh data ini bukanlah bahwa kalender harus memakai angka ekstrem. Sebaliknya, pelajaran utamanya ialah bahwa kalender global harus mengambil angka yang berada di atas limit ekstrem. Dalam konteks KHGT, angka itu adalah elongasi geosentris  $8^\circ$ . Dengan tambahan tinggi geosentris  $5^\circ$ , KHGT memiliki kriteria yang tidak hanya berbasis data, tetapi juga memiliki margin terhadap ketidakpastian observasi.

Dengan demikian, Bab 3 memperlihatkan bahwa rekam jejak observasi modern bukan ancaman bagi KHGT, melainkan fondasi penting untuk membelanya. Data Pierce, Stamm, Schaefer, Odeh, dan ICOP justru membantu menunjukkan bahwa kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  adalah pilihan yang logis, seimbang, dan berbasis bukti.

## Simpulan Bab 3

Bab ini telah membahas rekam jejak observasi hilal modern dari tradisi pengamatan menuju basis data ilmiah. Observasi hilal modern berbeda dari laporan historis yang sering minim metadata. Dalam observasi modern, data dicatat dengan parameter yang lebih lengkap: lokasi, waktu, alat, kondisi atmosfer, tinggi, elongasi, ARCV, DAZ, crescent width, umur Bulan, lag, dan hasil terlihat atau tidak terlihat.

John Pierce 1990 penting sebagai rekor hilal muda mata telanjang. Rekor ini berkaitan dengan batas elongasi sekitar  $7,7^\circ$ , yang menjadi salah satu dasar kuat bagi pembelaan elongasi  $8^\circ$  dalam KHGT. Namun karena  $7,7^\circ$  adalah rekor ekstrem, kalender global lebih layak memakai  $8^\circ$  sebagai ambang dengan margin kecil.

Jim Stamm 1996 penting sebagai rekor optik. Pengamatannya menunjukkan bahwa dengan alat, persiapan presisi, dan kondisi mendukung, hilal dapat dideteksi pada batas yang lebih rendah. Dalam analisis Odeh, batas optik modern berada sekitar  $6,4^\circ$ . Akan tetapi,  $6,4^\circ$  adalah limit optik ekstrem, bukan kriteria kalender global. Angka ini justru memperkuat kebutuhan buffer menuju  $8^\circ$ .

Data Schaefer menunjukkan bahwa visibilitas hilal harus diuji dengan observasi. Dengan 294 observasi individual dan 1490 Moonwatch, Schaefer menunjukkan kelemahan parameter sederhana seperti umur Bulan dan moonset-lag. Ini mendukung penggunaan parameter yang lebih fisik, seperti tinggi dan elongasi.

Data Odeh dan ICOP memperluas basis observasi menjadi 737 rekaman dan menunjukkan pentingnya dua variabel: ARCV dan crescent width. Prinsip dua parameter ini relevan bagi KHGT, yang memakai tinggi  $5^\circ$  dan elongasi  $8^\circ$  sebagai kriteria kalender global.

Kesimpulan besar Bab 3 adalah bahwa rekor observasi ekstrem harus dihargai sebagai data ilmiah, tetapi tidak otomatis dijadikan kriteria kalender. Kriteria kalender global harus berdiri sedikit di atas batas ekstrem, memiliki buffer, dan dapat dikomunikasikan. Dalam kerangka ini, kriteria KHGT **tinggi hilal geosentris  $5^\circ$**  dan **elongasi geosentris  $8^\circ$**  memperoleh basis observasional yang kuat.

---

## Daftar Pustaka Bab 3

Caldwell, J. A. R., & Laney, C. D. (2000). *First visibility of the lunar crescent*. *African Skies*, 5, 15–23. Data bibliografis perlu diverifikasi ulang sebelum naskah final.

Doggett, L. E., & Schaefer, B. E. (1994). Lunar crescent visibility. *Icarus*, 107(2), 388–403. Data bibliografis perlu diverifikasi ulang sebelum naskah final.

Odeh, M. Sh. (2006). New criterion for lunar crescent visibility. *Experimental Astronomy*, 18, 39–64.

Schaefer, B. E. (1996). Lunar crescent visibility. *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, 37, 759–768.

Yallop, B. D. (1997). *A method for predicting the first sighting of the new crescent moon* (NAO Technical Note No. 69). Royal Greenwich Observatory.

# BAB 4 — Parameter Astronomis Visibilitas Hilal: Umur Bulan, Lag, Tinggi, Elongasi, ARCV, DAZ, dan Crescent Width

## 4.1 Mengapa Hilal Sulit Diprediksi?

Prediksi visibilitas hilal merupakan salah satu persoalan paling kompleks dalam astronomi praktis dan ilmu falak. Kesulitannya bukan terletak pada ketidakmampuan menghitung posisi Bulan dan Matahari. Posisi Bulan dan Matahari dapat dihitung dengan presisi tinggi menggunakan teori orbit dan ephemeris modern. Kesulitannya terletak pada pertanyaan yang lebih rumit: **apakah sabit Bulan yang sangat tipis, redup, dan dekat dengan cahaya senja itu benar-benar dapat dikenali oleh mata manusia atau alat optik dari suatu lokasi tertentu?**

Dengan kata lain, menghitung **posisi Bulan** jauh lebih mudah daripada memprediksi **kenampakan hilal**. Posisi adalah masalah geometri langit. Kenampakan adalah masalah geometri, optika, atmosfer, fisiologi penglihatan, kualitas instrumen, pengalaman observer, dan kondisi lokal. Karena itu, dua keadaan yang secara hitungan tampak mirip dapat menghasilkan hasil observasi berbeda: di satu tempat hilal terlihat, di tempat lain gagal terlihat; oleh satu pengamat terlihat, oleh pengamat lain tidak; dengan teleskop terdeteksi, dengan mata telanjang tidak.

Schaefer menegaskan bahwa visibilitas sabit Bulan merupakan masalah yang sulit karena melibatkan perhitungan orbit, hamburan cahaya Bulan, hamburan atmosfer, dan fisiologi visual manusia. Pernyataan ini sangat penting karena menunjukkan bahwa prediksi hilal tidak dapat disederhanakan menjadi satu angka seperti umur Bulan, lag, atau sekadar “Bulan sudah di atas ufuk”. Hilal adalah fenomena ambang: ia berada pada batas antara ada secara geometris dan tampak secara visual.

Bagi Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT), kesulitan prediksi hilal memberi pelajaran metodologis yang penting. Karena hilal sulit diprediksi dengan parameter sederhana, maka kriteria kalender global harus memilih parameter yang benar-benar bermakna secara fisik dan cukup stabil secara sistemik. Dalam kerangka ini, **tinggi hilal geosentris  $5^\circ$**  dan **elongasi geosentris  $8^\circ$**  bukan sekadar angka, melainkan upaya menyederhanakan kompleksitas visibilitas menjadi kriteria kalender yang tetap berbasis data dan memiliki margin dari wilayah ekstrem.

### A. Hilal sebagai Fenomena Ambang

Hilal muda adalah fenomena ambang karena berada pada batas keterlihatan. Setelah konjungsi, Bulan mulai bergerak menjauh dari Matahari. Pada fase awal ini, sabit yang terbentuk masih sangat tipis. Sebagian kecil permukaan Bulan yang diterangi Matahari mulai tampak dari Bumi, tetapi cahayanya lemah. Pada saat yang sama, Bulan masih dekat dengan Matahari sehingga pengamat harus mencarinya di langit senja yang terang.

Fenomena ambang memiliki karakter khusus. Perbedaan kecil dalam kondisi fisik dapat menghasilkan perbedaan besar dalam hasil observasi. Tambahan sedikit elongasi dapat membuat sabit lebih tebal. Kenaikan sedikit tinggi Bulan dapat mengurangi pengaruh atmosfer dekat horizon. Perubahan kecil dalam transparansi langit dapat menentukan apakah hilal muncul atau hilang. Pengamat yang mengetahui posisi hilal secara presisi dapat berhasil, sementara pengamat lain yang tidak terlatih gagal.

Karena itu, prediksi hilal tidak sama dengan prediksi terbit atau terbenam Bulan. Terbit dan terbenam adalah peristiwa geometris yang dapat dihitung jelas. Visibilitas hilal adalah peristiwa optik-fisiologis. Ia bergantung pada apakah cahaya sabit cukup kuat dibanding latar langit dan apakah mata atau alat dapat mengenalinya.

Odeh menegaskan bahwa visibilitas hilal tidak dapat diprediksi secara andal menggunakan satu parameter. Diperlukan paling tidak dua parameter: satu terkait kecerlangan intrinsik sabit, dan satu terkait jarak Bulan dari horizon yang berhubungan dengan ekstingsi atmosfer. Ini menunjukkan bahwa hilal adalah fenomena multi-parameter. Kriteria tunggal cenderung gagal karena mengabaikan sebagian realitas fisik.

Dalam konteks KHGT, pemahaman hilal sebagai fenomena ambang mendukung penggunaan dua parameter utama. Elongasi  $8^\circ$  berkaitan dengan perkembangan sabit. Tinggi  $5^\circ$  berkaitan dengan posisi terhadap horizon. Keduanya bersama-sama lebih kuat daripada satu parameter tunggal.

## B. Perbedaan antara “Bulan Ada” dan “Hilal Terlihat”

Salah satu sumber kesalahpahaman dalam kalender Hijriah adalah pencampuradukan antara keberadaan geometris Bulan dan visibilitas hilal. Bulan dapat berada di atas ufuk setelah Matahari terbenam, tetapi belum tentu hilalnya terlihat. Bahkan, Bulan dapat secara astronomis sudah melewati konjungsi, tetapi sabit yang terbentuk masih terlalu tipis untuk dikenali.

“Bulan ada” adalah pernyataan posisi. “Hilal terlihat” adalah pernyataan visibilitas. Keduanya tidak identik. Agar hilal terlihat, diperlukan beberapa kondisi tambahan: elongasi cukup, sabit cukup lebar, posisi cukup tinggi, langit cukup gelap, atmosfer cukup bersih, dan pengamat atau alat cukup mampu.

Limit Danjon membantu menjelaskan perbedaan ini. Pada elongasi terlalu kecil, sabit belum cukup berkembang. Dalam data modern, Odeh menyebut batas optik ekstrem sekitar  $6,4^\circ$  dan batas mata telanjang sekitar  $7,7^\circ$ . Artinya, di bawah batas-batas tersebut, keberadaan Bulan secara geometri tidak otomatis menjadi hilal yang bermakna secara visual.

Kriteria KHGT  $8^\circ$  dapat dipahami sebagai cara menghindari penyamaan “wujud Bulan” dengan “hilal yang layak menjadi dasar kalender global”. Dengan elongasi  $8^\circ$ , KHGT menuntut agar Bulan tidak hanya ada, tetapi sudah cukup terpisah dari Matahari sehingga sabitnya memiliki dasar fisik yang lebih kuat. Dengan tinggi  $5^\circ$ , KHGT menuntut agar posisi Bulan tidak terlalu rendah secara geometri.



Dengan demikian, kesulitan prediksi hilal mengajarkan bahwa kalender berbasis hilal harus melampaui prinsip minimalis. Kalender global perlu memastikan bahwa konfigurasi Bulan–Matahari telah melewati batas yang lebih bermakna daripada sekadar keberadaan geometris.

## C. Kompleksitas Geometri Bulan–Matahari

Hilal sulit diprediksi karena konfigurasi Bulan–Matahari tidak hanya ditentukan oleh satu parameter. Beberapa parameter geometri bekerja sekaligus: elongasi, tinggi Bulan, beda azimut, arc of vision, umur Bulan, lag, dan posisi Bulan terhadap ekliptika.

**Elongasi** atau arc of light menunjukkan jarak sudut Bulan dari Matahari. Parameter ini penting karena berkaitan dengan ketebalan sabit. Semakin besar elongasi, semakin besar bagian Bulan yang diterangi yang tampak dari Bumi. Dokumen dasar buku ini menjelaskan bahwa elongasi geosentris menentukan seberapa tebal sabit yang terbentuk akibat pantulan cahaya Matahari dan lebih tepat dipakai untuk menggambarkan konfigurasi fisik Bulan–Matahari secara global.

**Tinggi Bulan** menunjukkan posisi Bulan terhadap horizon. Bulan yang terlalu rendah sulit terlihat karena cahaya harus melewati atmosfer lebih tebal dan bersaing dengan cahaya senja yang kuat. Dokumen dasar menjelaskan bahwa tinggi toposentris dipengaruhi lokasi geografis, ketinggian tempat, kelengkungan Bumi, dan refraksi atmosfer.

**Beda azimut** atau DAZ menunjukkan perbedaan arah horizontal Bulan dan Matahari. Parameter ini memengaruhi posisi Bulan terhadap cahaya senja. Dua hilal dengan elongasi sama dapat memiliki peluang visibilitas berbeda jika beda azimutnya berbeda, karena posisi vertikal dan horizontal terhadap Matahari memengaruhi kontras dan kemudahan pencarian.

**Arc of vision** atau ARCV menunjukkan beda tinggi Bulan dan Matahari. Dalam model Odeh, ARCV menjadi salah satu parameter utama karena berkaitan dengan jarak Bulan dari horizon dan lingkungan cahaya senja.

Karena banyak parameter bekerja bersama, prediksi hilal menjadi sulit. Kriteria yang memakai satu parameter akan mengabaikan sebagian geometri. Inilah alasan mengapa KHGT memakai kombinasi tinggi dan elongasi. Walaupun lebih sederhana daripada model visibilitas penuh, kombinasi ini menangkap dua aspek utama: ketebalan sabit dan posisi terhadap horizon.

## D. Kompleksitas Atmosfer

Atmosfer merupakan salah satu penyebab utama hilal sulit diprediksi. Sabit Bulan muda sangat redup. Cahaya yang dipantulkannya harus melewati atmosfer Bumi sebelum sampai ke mata pengamat. Atmosfer menyerap dan menghamburkan cahaya. Semakin rendah Bulan, semakin panjang lintasan cahaya melalui atmosfer, sehingga ekstingsi semakin besar.

Atmosfer juga membuat langit senja terang. Setelah Matahari terbenam, cahaya Matahari masih dihamburkan oleh molekul udara, aerosol, uap air, debu, dan polusi. Latar langit yang terang ini

membuat hilal tipis sulit dibedakan. Jika atmosfer jernih dan kering, peluang visibilitas meningkat. Jika atmosfer lembap, berdebu, berkabut, atau penuh aerosol, peluang menurun.

Schaefer mencatat bahwa elevasi lokasi dapat menentukan keberhasilan pengamatan hilal muda. Lokasi tinggi membantu pengamat berada di atas lapisan atmosfer rendah yang penuh aerosol, sedangkan lokasi rendah lebih rentan terhadap gangguan. Ini memperlihatkan bahwa visibilitas hilal tidak semata ditentukan oleh posisi Bulan, tetapi juga oleh medium atmosfer.

Atmosfer sangat lokal dan berubah-ubah. Dua lokasi dengan parameter astronomis sama dapat berbeda hasil karena cuaca dan transparansi langit. Bahkan lokasi yang sama dapat memberi hasil berbeda dari bulan ke bulan. Hal ini membuat rukyat lokal sulit dijadikan dasar kalender global yang prediktif.

KHGT menjawab problem ini dengan mengambil kriteria geometri global. Tinggi  $5^\circ$  tidak menghapus variasi atmosfer lokal, tetapi memberi batas agar kalender tidak ditetapkan ketika Bulan terlalu rendah dan terlalu rentan terhadap atmosfer. Elongasi  $8^\circ$  memastikan sabit cukup berkembang sehingga memiliki peluang kontras lebih baik. Dengan demikian, kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  adalah cara menyederhanakan kompleksitas atmosfer ke dalam ambang geometri yang lebih stabil.

## E. Kompleksitas Cahaya Senja dan Kontras

Hilal muda selalu dicari di dekat waktu terbenam Matahari. Pada saat itu, langit belum gelap. Cahaya senja masih kuat, terutama di dekat horizon barat. Hilal yang tipis harus memiliki kontras cukup terhadap latar langit ini.

Masalahnya, mata manusia tidak hanya memerlukan cahaya dari objek, tetapi juga perbedaan cahaya antara objek dan latar. Jika sabit sedikit lebih terang daripada langit, tetapi perbedaannya berada di bawah ambang kontras, hilal tidak terlihat. Alat optik dapat membantu, tetapi langit terang juga ikut diperbesar atau terdeteksi oleh alat.

Schaefer memasukkan hamburan cahaya Bulan, hamburan atmosfer, dan fisiologi penglihatan sebagai bagian dari problem visibilitas. Ini menunjukkan bahwa prediksi hilal harus mempertimbangkan kontras, bukan hanya posisi.

Elongasi berpengaruh terhadap kontras karena semakin besar elongasi, semakin tebal sabit dan semakin kuat cahaya yang dipantulkan. Tinggi juga berpengaruh karena semakin tinggi Bulan, biasanya latar langit lebih gelap dibanding dekat horizon. Maka, elongasi dan tinggi sama-sama relevan terhadap problem kontras.

Kriteria  $8^\circ$  dapat dibaca sebagai batas agar sabit tidak terlalu tipis. Kriteria  $5^\circ$  dapat dibaca sebagai batas agar Bulan tidak terlalu tenggelam dalam latar horizon yang terang. Kombinasi ini tidak menjamin visibilitas lokal mutlak, tetapi memberi dasar kalender yang lebih aman daripada kriteria minimal.

## F. Kompleksitas Fisiologi Penglihatan

Penglihatan manusia memiliki batas. Mata tidak dapat mendeteksi semua cahaya yang secara fisik ada. Objek harus cukup terang, cukup kontras, cukup besar secara sudut, dan cukup stabil untuk dikenali. Hilal muda sering berada di ambang semua syarat tersebut.

Selain itu, pengamatan hilal tidak hanya bergantung pada mata, tetapi juga pada otak sebagai sistem pengenalan pola. Hilal adalah bentuk sabit tipis. Pengamat harus mengenali pola lengkung yang sangat lemah. Dalam kondisi langit senja, pola ini dapat mudah dikacaukan dengan awan tipis, garis cahaya, atau artefak visual.

Pengalaman pengamat menjadi faktor penting. Schaefer menekankan bahwa laporan hilal muda yang reliabel biasanya terkait dengan pengalaman pengamat, kesiapan observasi, dan konsistensi laporan dengan perhitungan. Ini menunjukkan bahwa visibilitas hilal tidak hanya persoalan benda langit, tetapi juga persoalan kemampuan manusia.

Karena faktor manusia sangat bervariasi, prediksi hilal menjadi sulit. Pengamat terlatih mungkin melihat hilal yang gagal dilihat pengamat awam. Pengamat yang tahu posisi Bulan mungkin berhasil, sementara pengamat lain tidak. Dalam kalender global, variasi manusia ini tidak dapat dijadikan dasar utama.

KHGT menghindari ketergantungan langsung pada kemampuan visual individual. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  tidak menunggu apakah pengamat tertentu berhasil melihat hilal setiap bulan. Ia menggunakan parameter global yang dibangun dari data observasi, tetapi tidak bergantung pada performa observer pada saat penetapan kalender.

## G. Kompleksitas Instrumen Optik

Alat optik memperluas kemampuan pengamatan, tetapi juga menambah kompleksitas prediksi. Dengan teleskop, binokular, kamera, atau sensor digital, hilal dapat dideteksi pada kondisi yang lebih sulit daripada mata telanjang. Data Odeh menunjukkan perbedaan minimum elongasi antara pengamatan optik dan mata telanjang:  $6,4^{\circ}$  untuk optik dan  $7,7^{\circ}$  untuk mata telanjang.

Perbedaan ini menunjukkan bahwa prediksi visibilitas harus selalu menyebut metode pengamatan. “Hilal terlihat” tidak cukup sebagai kategori tunggal. Apakah terlihat dengan mata telanjang? Dengan binokular? Dengan teleskop? Dengan kamera? Setelah pemrosesan citra? Setiap kategori memiliki ambang berbeda.

Instrumen juga menimbulkan pertanyaan kalender. Jika hilal dapat dideteksi dengan alat pada elongasi sangat rendah, apakah kalender harus mengikuti batas alat? Dalam KHGT, jawabannya tidak secara langsung. Data alat penting untuk mengetahui batas fisik, tetapi kriteria kalender global tidak harus memakai batas optik ekstrem.

Elongasi  $8^{\circ}$  menunjukkan sikap tengah. Ia tidak mengabaikan data optik  $6,4^{\circ}$ , tetapi tidak menjadikannya ambang. Ia berada di atas batas mata telanjang  $7,7^{\circ}$ , sehingga lebih stabil dan lebih

mudah diterima sebagai kriteria kalender global. Dengan demikian, kompleksitas instrumen justru memperkuat kebutuhan membedakan antara limit observasi dan kriteria kalender.

## H. Variasi Lokasi dan Masalah Globalisasi Kalender

Hilal sulit diprediksi juga karena Bumi adalah bola yang berotasi. Posisi Bulan terhadap horizon berbeda dari satu tempat ke tempat lain. Wilayah barat biasanya memiliki peluang lebih baik daripada wilayah timur pada tanggal yang sama karena Bulan semakin jauh dari Matahari seiring waktu. Lintang juga berpengaruh karena kemiringan ekliptika terhadap horizon berbeda menurut musim dan lokasi.

Dalam rukyat lokal, variasi lokasi ini wajar. Namun dalam kalender global, variasi ini menjadi problem. Jika setiap lokasi memakai hasilnya sendiri, perbedaan awal bulan akan terus terjadi. Jika kalender global menunggu satu lokasi terbaik, muncul persoalan verifikasi, zona waktu, dan penerimaan internasional.

Karena itu, KHGT memerlukan kriteria global yang tidak sepenuhnya bergantung pada variasi lokasi. Penggunaan parameter geosentris membantu menyediakan bahasa bersama. Dokumen dasar buku ini menjelaskan bahwa elongasi geosentris lebih mutlak karena tidak dipengaruhi paralaks lokasi pengamat. Dalam konteks KHGT, tinggi geosentris  $5^\circ$  juga berfungsi sebagai batas geometri global.

Penggunaan geosentris tidak berarti mengabaikan realitas lokal. Untuk prediksi observasi lokal, toposentris tetap penting. Tetapi untuk kalender global, geosentris memberi stabilitas yang tidak dimiliki parameter lokal. Inilah salah satu alasan mengapa KHGT berbeda dari imkan rukyat lokal.

## I. Zona Ketidakpastian dalam Visibilitas Hilal

Karena banyak faktor berpengaruh, visibilitas hilal memiliki zona ketidakpastian. Pada kondisi tertentu, hilal hampir pasti tidak terlihat. Pada kondisi lain, hilal relatif mudah terlihat. Di antara keduanya terdapat zona ketika hasil dapat berbeda-beda tergantung atmosfer, alat, observer, dan lokasi.

Odeh membagi kriteria visibilitas ke dalam zona berdasarkan ARCV dan crescent width: zona hilal terlihat mata telanjang, zona terlihat dengan bantuan optik dan mungkin mata telanjang, serta zona terlihat hanya dengan bantuan optik. Pembagian ini menunjukkan bahwa visibilitas bukan keadaan hitam-putih.

Schaefer juga menunjukkan bahwa kriteria sederhana seperti umur dan lag gagal mengurangi zona ketidakpastian secara memadai. Ini memperkuat kesimpulan bahwa prediksi hilal membutuhkan parameter yang lebih kuat.

Kalender global harus menghindari zona ketidakpastian ekstrem. Jika ambang kalender diletakkan terlalu dekat dengan limit, maka setiap bulan di dekat batas akan menjadi kontroversial. Kriteria

$5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  berfungsi untuk menjauhkan kalender dari wilayah paling rapuh. Elongasi  $8^{\circ}$  berada di atas batas optik dan mata telanjang ekstrem; tinggi  $5^{\circ}$  memberi jarak dari horizon rendah.

Dengan demikian, KHGT bukan bertujuan memprediksi semua detail visibilitas lokal, tetapi memilih ambang kalender yang cukup keluar dari zona ekstrem.

## J. Mengapa Parameter Sederhana Sering Menyesatkan?

Parameter sederhana seperti umur Bulan, lag, atau wujud di atas ufuk sering menarik karena mudah dipahami. Namun kesederhanaan dapat menyesatkan jika parameter itu tidak cukup mewakili fisika hilal.

Umur Bulan tidak langsung menunjukkan ketebalan sabit. Lag tidak langsung menunjukkan elongasi dan posisi terhadap cahaya senja. Wujud di atas ufuk tidak menunjukkan apakah sabit sudah cukup terbentuk. Inilah mengapa Schaefer dan Odeh sama-sama mengkritik parameter sederhana sebagai prediktor utama.

Kriteria yang baik tidak harus paling kompleks, tetapi harus memilih parameter yang tepat. Tinggi dan elongasi relatif sederhana, tetapi lebih bermakna daripada umur dan lag. Keduanya masih dapat dihitung dan dikomunikasikan, tetapi memiliki hubungan fisik dengan visibilitas.

Dalam KHGT, tinggi  $5^{\circ}$  dan elongasi  $8^{\circ}$  adalah kompromi metodologis: cukup sederhana untuk kalender, cukup bermakna untuk sains. Ia tidak serumit model Odeh atau Schaefer, tetapi jauh lebih kuat daripada parameter minimalis.

## K. Implikasi bagi Kriteria KHGT $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$

Kesulitan prediksi hilal memberi beberapa implikasi langsung bagi KHGT.

Pertama, kriteria global harus menghindari parameter yang lemah. Umur Bulan dan lag tidak layak menjadi fondasi utama.

Kedua, kriteria global harus memakai parameter yang mewakili dua sisi utama visibilitas: sabit dan horizon. Elongasi mewakili sabit; tinggi mewakili horizon.

Ketiga, kriteria global harus memiliki buffer dari limit ekstrem. Elongasi  $8^{\circ}$  memberi buffer dari  $6,4^{\circ}$  optik dan  $7,7^{\circ}$  mata telanjang. Tinggi  $5^{\circ}$  memberi buffer dari horizon.

Keempat, kriteria global harus stabil dan komunikatif.  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  mudah dihitung dan dijelaskan, tetapi tetap berbasis data.

Kelima, kriteria global harus dibedakan dari model visibilitas lokal. Model lokal boleh lebih kompleks dan toposentris; kriteria KHGT memakai parameter geosentris untuk stabilitas kalender dunia.

Dengan demikian, justru karena hilal sulit diprediksi, KHGT membutuhkan kriteria seperti  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ . Jika hilal mudah diprediksi dengan satu parameter, mungkin kriteria sederhana cukup. Tetapi karena hilal adalah fenomena kompleks, kriteria kalender harus memilih parameter yang bermakna dan memiliki margin.

## L. Transisi ke Kritik terhadap Umur Bulan

Subbab ini telah menjelaskan bahwa hilal sulit diprediksi karena merupakan fenomena ambang yang melibatkan geometri Bulan–Matahari, ketebalan sabit, cahaya senja, atmosfer, horizon, instrumen, fisiologi penglihatan, pengalaman observer, dan variasi lokasi. Kesulitan ini membuat parameter sederhana sering gagal.

Bagi KHGT, pelajaran utamanya adalah bahwa kalender global harus memakai parameter yang lebih bermakna secara fisik. Elongasi  $8^{\circ}$  berkaitan dengan perkembangan sabit, sedangkan tinggi  $5^{\circ}$  berkaitan dengan posisi terhadap horizon. Keduanya membentuk kriteria yang lebih kuat daripada umur Bulan atau lag.

## 4.2 Umur Bulan: Parameter Populer tetapi Lemah

Umur Bulan adalah salah satu parameter yang paling sering disebut dalam diskursus penentuan awal bulan Hijriah. Secara sederhana, umur Bulan adalah selang waktu antara saat konjungsi atau ijtimak dengan waktu pengamatan, biasanya saat Matahari terbenam. Jika konjungsi terjadi pukul tertentu, lalu Matahari terbenam beberapa jam kemudian, maka selisih waktu itu disebut umur Bulan pada saat pengamatan. Karena konsepnya mudah dipahami, umur Bulan sering dipakai dalam penjelasan awam, laporan rukyat, bahkan dalam sebagian diskusi kalender.

Secara intuitif, umur Bulan tampak masuk akal. Semakin lama waktu berlalu sejak konjungsi, Bulan bergerak semakin jauh dari Matahari, sabit cenderung semakin tebal, dan peluang terlihat cenderung meningkat. Karena alasan ini, banyak orang menganggap umur Bulan sebagai indikator penting visibilitas hilal. Dalam tradisi lama, bahkan muncul anggapan bahwa Bulan dengan umur tertentu—misalnya lebih dari 24 jam—seharusnya sudah mungkin terlihat. Odeh mencatat bahwa kriteria Babilonia memakai dua syarat sederhana: umur Bulan lebih dari 24 jam dan lag Bulan lebih dari 48 menit.

Namun dalam kajian visibilitas hilal modern, umur Bulan terbukti sebagai parameter yang lemah apabila digunakan sebagai dasar utama. Umur Bulan memang memberi informasi waktu, tetapi tidak langsung memberi informasi fisik yang paling menentukan kenampakan hilal. Umur Bulan tidak langsung menunjukkan elongasi, tidak langsung menunjukkan tinggi Bulan, tidak langsung menunjukkan lebar sabit, tidak langsung menunjukkan beda azimut, dan tidak langsung menunjukkan kondisi atmosfer. Karena itu, dua Bulan dengan umur sama dapat memiliki peluang visibilitas yang sangat berbeda.

Schaefer secara tegas menunjukkan bahwa kriteria umur Bulan merupakan prediktor yang buruk. Dalam data yang ia analisis, hilal yang sangat muda dapat terlihat, sedangkan Bulan yang jauh lebih tua dapat gagal terlihat. Ia menyimpulkan bahwa kriteria umur tidak dapat memberikan prediksi yang andal untuk visibilitas hilal. Odeh juga menegaskan bahwa umur Bulan sangat buruk dalam menggambarkan kecerlangan intrinsik sabit; parameter yang lebih baik ialah *elongasi*, dan yang lebih langsung lagi ialah **crescent width** atau lebar sabit.

Dalam konteks Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT), kritik terhadap umur Bulan sangat penting. KHGT tidak dapat dibangun di atas parameter yang populer tetapi lemah secara fisik. Kalender global membutuhkan parameter yang lebih stabil dan lebih dekat dengan realitas visibilitas. Karena itu, kriteria **tinggi hilal geosentris  $5^\circ$**  dan **elongasi geosentris  $8^\circ$**  lebih kuat daripada kriteria berbasis umur Bulan semata.

## A. Mengapa Umur Bulan Tampak Menarik?

Umur Bulan tampak menarik karena mudah dihitung dan mudah dijelaskan. Tidak diperlukan konsep geometri yang rumit untuk memahaminya. Jika konjungsi terjadi pada pagi hari dan Matahari terbenam pada sore hari, maka umur Bulan sekitar beberapa jam. Jika konjungsi terjadi sehari sebelumnya, umur Bulan dapat mencapai lebih dari 24 jam. Pola ini mudah dipahami oleh masyarakat awam.

Selain itu, umur Bulan memiliki hubungan umum dengan perkembangan fase Bulan. Setelah konjungsi, Bulan memang bergerak menjauh dari Matahari secara sudut. Seiring waktu, sabit cenderung bertambah tebal. Karena itu, secara sangat kasar, Bulan yang lebih tua biasanya lebih mudah terlihat daripada Bulan yang sangat muda.

Namun hubungan umum ini tidak cukup untuk menjadi kriteria. Dalam ilmu, parameter yang berguna secara intuitif belum tentu cukup akurat secara prediktif. Umur Bulan hanya menunjukkan waktu sejak konjungsi, bukan posisi aktual Bulan terhadap Matahari dan horizon. Padahal visibilitas hilal ditentukan oleh geometri dan optika, bukan oleh waktu semata.

Sebuah analogi sederhana dapat dipakai. Jika seseorang bertanya apakah matahari sudah cukup tinggi untuk mengeringkan tanah, informasi “Matahari sudah terbit dua jam lalu” membantu, tetapi tidak cukup. Kita masih perlu mengetahui musim, lintang tempat, awan, kelembapan, dan sudut Matahari. Demikian pula umur Bulan memberi informasi awal, tetapi tidak cukup untuk menilai hilal.

Karena kesederhanaannya, umur Bulan tetap berguna sebagai informasi pendukung. Namun menjadikannya dasar utama kalender adalah kesalahan metodologis. Dalam KHGT, umur Bulan dapat dipakai sebagai data tambahan atau konfirmasi, tetapi bukan syarat utama. Parameter utama harus tetap tinggi dan elongasi.



## B. Kelemahan Fisik Umur Bulan

Kelemahan utama umur Bulan adalah bahwa ia tidak menggambarkan geometri Bulan–Matahari secara langsung. Hilal terlihat bukan karena Bulan “sudah berumur sekian jam”, tetapi karena sabitnya telah terbentuk cukup tebal, cukup jauh dari Matahari, dan cukup tinggi terhadap horizon.

Umur Bulan tidak langsung menentukan elongasi. Dalam satu kasus, Bulan berumur 15 jam dapat memiliki elongasi yang lebih menguntungkan daripada Bulan berumur lebih tua dalam kasus lain, bergantung pada kecepatan gerak Bulan, jarak Bulan dari Bumi, dan posisi Bulan terhadap ekliptika. Karena orbit Bulan berbentuk elips dan miring terhadap ekliptika, penambahan umur tidak selalu menghasilkan konfigurasi visibilitas yang sama.

Umur Bulan juga tidak langsung menentukan tinggi Bulan. Pada lokasi tertentu, Bulan yang lebih tua dapat berada rendah di horizon, sementara Bulan yang lebih muda di lokasi lain dapat memiliki posisi lebih baik. Tinggi Bulan sangat dipengaruhi geometri lokal, lintang, musim, dan kemiringan ekliptika terhadap horizon.

Lebih jauh lagi, umur Bulan tidak langsung menentukan **crescent width**. Odeh menegaskan bahwa **crescent width** adalah parameter yang lebih baik untuk menggambarkan kecerlangan intrinsik sabit. Ia menunjukkan bahwa umur Bulan tidak cukup karena Bulan dengan umur yang sama tidak selalu memiliki lebar sabit yang sama.

Dengan demikian, umur Bulan adalah parameter waktu, bukan parameter optik. Ia tidak mengukur ketebalan sabit, tidak mengukur kontras, dan tidak mengukur posisi terhadap horizon. Karena itu, ia lemah sebagai kriteria visibilitas.

## C. Bukti Schaefer: Umur Bulan sebagai Prediktor Buruk

Schaefer memberikan kritik kuat terhadap kriteria umur Bulan melalui pengujian data observasi. Dalam artikelnya, ia menggunakan data 294 observasi individual dan 1490 laporan Moonwatch untuk menguji beberapa algoritma visibilitas. Salah satu kesimpulan pentingnya ialah bahwa kriteria umur Bulan tidak dapat menghasilkan prediksi yang andal.

Dalam data Schaefer, Bulan muda dapat terlihat pada umur sekitar 15 jam, sedangkan Bulan yang jauh lebih tua dapat gagal terlihat. Ini memperlihatkan bahwa umur bukan pemisah yang jelas antara terlihat dan tidak terlihat. Jika umur Bulan adalah parameter yang kuat, maka seharusnya ada ambang umur tertentu yang relatif dapat memisahkan kondisi terlihat dan tidak terlihat. Namun data menunjukkan wilayah tumpang tindih yang besar.

Schaefer juga menunjukkan bahwa kriteria umur Bulan dapat menghasilkan banyak prediksi salah. Ia menyatakan bahwa pada rentang umur tertentu, kriteria umur tidak lebih baik daripada dugaan kasar. Pernyataan ini sangat penting bagi kalender, karena kalender membutuhkan kriteria yang mengurangi ketidakpastian, bukan mempertahankannya.

Bagi KHGT, hasil Schaefer menjadi peringatan. Kalender global tidak boleh disusun berdasarkan parameter yang telah terbukti lemah. Jika umur Bulan dijadikan dasar utama, maka kalender akan rentan menghasilkan keputusan yang tidak sejalan dengan visibilitas fisik hilal. Sebaliknya, kriteria tinggi dan elongasi lebih dapat dipertanggungjawabkan karena keduanya berkaitan langsung dengan aspek geometri yang menentukan kenampakan.

## D. Kritik Odeh terhadap Umur Bulan

Odeh memberikan penjelasan fisik mengapa umur Bulan lemah. Ia menyatakan bahwa visibilitas hilal tidak dapat diprediksi secara andal menggunakan satu parameter. Secara khusus, ia menegaskan bahwa umur Bulan sangat buruk dalam menggambarkan kecerlangan intrinsik sabit.

Odeh memberi contoh bahwa Bulan dengan umur tertentu belum tentu lebih terang daripada Bulan dengan umur berbeda jika posisi geometrinya berbeda. Parameter yang lebih baik ialah **ARCL** atau elongasi, karena lebar sabit meningkat ketika Bulan menjauh dari Matahari. Namun Odeh juga menambahkan bahwa elongasi pun belum sempurna karena pada elongasi yang sama, lebar sabit dapat berbeda bergantung pada jarak Bulan dari Bumi. Karena itu, parameter yang lebih langsung ialah **crescent width**.

Kritik ini sangat penting. Ia menunjukkan bahwa umur Bulan bukan hanya lemah secara statistik, tetapi juga lemah secara fisik. Umur tidak mengukur apa yang perlu diukur. Jika yang ingin diketahui adalah kecerlangan sabit, maka umur hanyalah indikator tidak langsung yang kasar. Jika yang ingin diketahui adalah kemungkinan terlihat dari horizon, umur tidak memberikan informasi yang cukup.

Dengan demikian, kajian Odeh memperkuat kesimpulan Schaefer. Keduanya, dari arah yang berbeda, menunjukkan bahwa umur Bulan tidak layak menjadi parameter utama. Schaefer menolaknya melalui pengujian algoritma terhadap data. Odeh menolaknya melalui analisis fisik terhadap kecerlangan sabit dan kebutuhan dua parameter.

Dalam KHGT, hal ini mendukung penggunaan elongasi  $8^\circ$ . Elongasi lebih dekat dengan perkembangan sabit dibanding umur. Walaupun **crescent width** lebih langsung dalam model visibilitas lokal, elongasi lebih sederhana dan cocok untuk kalender global. Karena itu, elongasi  $8^\circ$  dapat dipahami sebagai parameter kalender yang lebih bermakna daripada umur Bulan.

## E. Umur Bulan dan Ilusi Kepastian

Salah satu bahaya penggunaan umur Bulan adalah menciptakan ilusi kepastian. Ketika seseorang mendengar bahwa Bulan sudah berumur 20 jam, 24 jam, atau 30 jam, ia mungkin menganggap hilal pasti terlihat. Padahal tidak selalu demikian. Umur yang besar tidak menjamin tinggi yang cukup, elongasi yang cukup, atau kondisi atmosfer yang baik.

Sebaliknya, umur yang relatif muda tidak selalu berarti mustahil. Dalam kondisi geometri yang sangat menguntungkan, hilal muda dapat terlihat. Rekor John Pierce dan Jim Stamm menunjukkan bahwa pengamatan ekstrem dapat terjadi pada umur Bulan yang sangat muda, meskipun tetap

memerlukan kondisi dan pengamat khusus. Schaefer mencatat Pierce pada umur sekitar 15,0 jam untuk mata telanjang dan Stamm pada 12,1 jam dengan bantuan teleskop.

Ini menunjukkan bahwa umur Bulan tidak memiliki hubungan satu-ke-satu dengan visibilitas. Umur dapat memberi gambaran kasar, tetapi tidak cukup untuk keputusan. Dalam wilayah dekat awal bulan, perbedaan beberapa jam tidak selalu menentukan jika geometri lain tidak mendukung.

Ilusi kepastian ini berbahaya bagi kalender. Jika masyarakat terlalu fokus pada umur Bulan, mereka dapat salah memahami mengapa hilal gagal terlihat meskipun Bulan “sudah tua”, atau mengapa hilal mungkin terlihat meskipun Bulan “masih muda”. Edukasi kalender harus menjelaskan bahwa umur hanyalah salah satu informasi, bukan kriteria utama.

KHGT dengan  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  membantu menghindari ilusi ini. Ia tidak bertanya berapa umur Bulan sebagai syarat utama, tetapi bertanya apakah Bulan cukup tinggi dan cukup jauh dari Matahari. Ini lebih sesuai dengan fisika hilal.

## **F. Umur Bulan, Elongasi, dan Gerak Bulan yang Tidak Seragam**

Salah satu alasan teknis kelemahan umur Bulan adalah gerak Bulan tidak seragam. Bulan bergerak dalam orbit elips mengelilingi Bumi. Kecepatannya berbeda ketika dekat perigee dan apogee. Selain itu, orbit Bulan miring terhadap ekliptika, sehingga posisi Bulan terhadap Matahari dan horizon berubah secara kompleks.

Akibatnya, umur yang sama tidak selalu menghasilkan elongasi yang sama. Dua peristiwa konjungsi yang sama-sama diikuti pengamatan 18 jam kemudian dapat menghasilkan konfigurasi berbeda. Dalam satu kasus, Bulan mungkin bergerak lebih cepat menjauh dari Matahari secara sudut; dalam kasus lain, lebih lambat. Dalam satu kasus, Bulan berada pada posisi yang membuatnya tinggi di atas horizon; dalam kasus lain, rendah.

Elongasi lebih kuat daripada umur karena langsung mengukur keterpisahan sudut Bulan–Matahari. Dokumen dasar buku ini menjelaskan bahwa elongasi geosentris menentukan seberapa tebal sabit Bulan yang terbentuk akibat pantulan cahaya Matahari. Dengan demikian, elongasi lebih dekat dengan penyebab fisik visibilitas daripada umur.

Dalam KHGT, penggunaan elongasi geosentris  $8^{\circ}$  menunjukkan bahwa kalender memilih parameter yang langsung berkaitan dengan konfigurasi Bulan–Matahari. Umur Bulan dapat berubah maknanya bergantung pada geometri, tetapi elongasi memberikan informasi sudut yang lebih langsung.

## **G. Umur Bulan dan Problem Lokasi**

Umur Bulan juga tidak memperhitungkan lokasi pengamat. Padahal visibilitas hilal sangat dipengaruhi lokasi. Pada waktu yang sama, tinggi Bulan terhadap horizon berbeda di berbagai tempat. Wilayah barat memperoleh waktu lebih lama setelah konjungsi dibanding wilayah timur

pada tanggal yang sama. Lintang dan musim juga memengaruhi kemiringan ekliptika terhadap horizon.

Dua lokasi dengan umur Bulan yang sama secara lokal dapat memiliki kondisi visibilitas berbeda. Bahkan umur Bulan saat Matahari terbenam di satu lokasi dapat berbeda dari lokasi lain karena perbedaan zona waktu dan waktu terbenam Matahari. Namun umur tetap tidak memberi informasi cukup tentang tinggi atau beda azimut.

Inilah sebabnya model visibilitas lokal memakai parameter toposentris seperti ARCV, DAZ, dan crescent width. Odeh menggunakan topocentric ARCV dan topocentric crescent width untuk memprediksi visibilitas lokal.

KHGT memiliki kebutuhan berbeda. Kalender global memerlukan parameter yang lebih seragam. Karena itu, KHGT memakai tinggi dan elongasi geosentris sebagai kriteria kalender. Umur Bulan tidak cocok sebagai kriteria global karena tidak cukup mewakili variasi lokasi maupun konfigurasi fisik.

## H. Umur Bulan dan Kriteria Babilonia: Pelajaran Sejarah

Kriteria umur Bulan memiliki akar sejarah panjang. Odeh mencatat bahwa kriteria Babilonia menyatakan hilal terlihat dengan mata telanjang jika umur Bulan lebih dari 24 jam dan lag lebih dari 48 menit. Kriteria ini dapat dipahami dalam konteks sejarah. Pada masa itu, pengamatan dilakukan dengan instrumen terbatas dan model astronomi belum berkembang seperti sekarang. Aturan sederhana dibutuhkan untuk membantu prediksi.

Namun perkembangan data modern menunjukkan keterbatasan kriteria tersebut. Schaefer menguji kriteria umur dan lag dan menunjukkan bahwa keduanya tidak dapat menghasilkan prediksi yang kuat. Ini bukan berarti kriteria Babilonia tidak bernilai historis. Justru ia menunjukkan tahap awal upaya manusia menyusun aturan kalender dari pengalaman. Tetapi untuk kalender global modern, kriteria semacam itu tidak cukup.

Pelajaran sejarahnya adalah bahwa kriteria kalender berkembang seiring data dan teori. Apa yang dapat diterima sebagai pendekatan awal dalam sejarah tidak harus dipertahankan sebagai kriteria utama ketika data modern menunjukkan kelemahannya. KHGT harus berdiri di atas pengetahuan terbaru, bukan sekadar parameter yang mudah diwarisi.

Dengan demikian, umur Bulan dapat ditempatkan sebagai bagian dari sejarah kriteria, tetapi bukan fondasi KHGT.

## I. Mengapa Umur Bulan Tetap Berguna sebagai Informasi Tambahan?

Meskipun lemah sebagai kriteria utama, umur Bulan tidak sepenuhnya tidak berguna. Umur tetap memberikan informasi umum tentang perkembangan fase Bulan. Dalam laporan observasi, umur

Bulan berguna sebagai metadata. Ia membantu membandingkan satu pengamatan dengan pengamatan lain dan memberi gambaran kasar tentang kemudaan hilal.

Umur Bulan juga dapat membantu komunikasi awal kepada masyarakat. Misalnya, jika Bulan baru berumur beberapa jam, masyarakat dapat diberi penjelasan bahwa hilal biasanya sangat sulit karena sabit belum berkembang. Namun penjelasan itu harus segera dilengkapi dengan parameter lain, terutama elongasi dan tinggi.

Dalam riset, umur Bulan dapat dicatat bersama parameter lain. Tetapi analisis tidak boleh berhenti pada umur. Umur harus dibaca bersama elongasi, tinggi, ARCV, DAZ, crescent width, lag, dan kondisi atmosfer.

Dalam KHGT, umur Bulan dapat berfungsi sebagai **konfirmasi tambahan**, bukan syarat utama. Jika kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  terpenuhi, umur Bulan dapat membantu menjelaskan tahap fase Bulan. Namun keputusan kalender tetap harus didasarkan pada tinggi dan elongasi geosentris sebagai parameter utama.

Dengan demikian, kritik terhadap umur Bulan bukan berarti membuangnya sepenuhnya, melainkan menempatkannya pada posisi yang tepat.

## J. Implikasi bagi KHGT: Mengapa Tidak Berbasis Umur?

KHGT tidak menjadikan umur Bulan sebagai kriteria utama karena beberapa alasan.

Pertama, umur Bulan lemah secara fisik. Ia tidak langsung mengukur ketebalan sabit atau kecerlangan intrinsik.

Kedua, umur Bulan lemah secara prediktif. Schaefer menunjukkan bahwa kriteria umur menghasilkan banyak kesalahan dan tidak dapat memberi kepastian memadai.

Ketiga, umur Bulan tidak cukup mewakili lokasi dan horizon. Ia tidak menunjukkan apakah Bulan cukup tinggi.

Keempat, umur Bulan tidak cukup untuk kalender global karena tidak memberi parameter geometri yang stabil.

Kelima, umur Bulan mudah menciptakan ilusi kepastian di masyarakat.

Sebaliknya, tinggi  $5^{\circ}$  dan elongasi  $8^{\circ}$  lebih kuat. Elongasi  $8^{\circ}$  berada di atas limit optik  $6,4^{\circ}$  dan batas mata telanjang  $7,7^{\circ}$ . Tinggi  $5^{\circ}$  memberi batas terhadap problem horizon. Keduanya bersama-sama lebih bermakna daripada umur.

Dengan demikian, KHGT tidak menolak umur Bulan sebagai informasi, tetapi menolak menjadikannya fondasi kriteria. Ini adalah pilihan metodologis yang sejalan dengan data observasi modern.

## K. Hubungan Umur Bulan dengan Argumen $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$

Kritik terhadap umur Bulan secara langsung memperkuat argumen  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ . Jika umur Bulan lemah, maka kalender harus mencari parameter yang lebih baik. Parameter itu harus memenuhi dua syarat: memiliki hubungan fisik dengan visibilitas dan dapat digunakan dalam sistem kalender global.

Elongasi memenuhi syarat pertama karena berkaitan dengan jarak sudut Bulan–Matahari dan ketebalan sabit. Ia memenuhi syarat kedua karena dapat dihitung secara geosentris dan berlaku sebagai parameter global.

Tinggi memenuhi syarat pertama karena berkaitan dengan posisi terhadap horizon dan pengaruh atmosfer. Ia memenuhi syarat kedua karena dalam KHGT dinyatakan secara geosentris sebagai batas kalender global.

Dengan demikian,  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  adalah jawaban terhadap kelemahan umur. Kalender tidak lagi bertumpu pada “berapa jam sejak konjungsi”, tetapi pada “apakah sabit cukup berkembang dan Bulan cukup tinggi.” Ini perubahan penting dari parameter waktu menuju parameter geometri.

## L. Transisi ke Moonset-Lag

Subbab ini telah menunjukkan bahwa umur Bulan adalah parameter populer tetapi lemah. Popularitasnya berasal dari kesederhanaan, bukan dari kekuatan prediktif. Data Schaefer dan analisis Odeh sama-sama menunjukkan bahwa umur Bulan tidak cukup andal untuk memprediksi visibilitas hilal. Umur tidak langsung menggambarkan elongasi, tinggi, crescent width, kondisi atmosfer, atau posisi terhadap horizon.

Bagi KHGT, kritik terhadap umur Bulan memperkuat pilihan kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ . Elongasi  $8^{\circ}$  lebih dekat dengan pembentukan sabit, sedangkan tinggi  $5^{\circ}$  lebih dekat dengan problem horizon. Umur Bulan tetap dapat dicatat sebagai informasi tambahan, tetapi tidak boleh menjadi fondasi utama kalender global.

## 4.3 Moonset Lag: Sederhana tetapi Tidak Cukup Andal

**Moonset lag** atau **selisih waktu terbenam Bulan dan Matahari** adalah salah satu parameter klasik dalam prediksi visibilitas hilal. Parameter ini menunjukkan berapa lama Bulan masih berada di atas horizon setelah Matahari terbenam. Jika Matahari terbenam pukul 18.00 dan Bulan terbenam pukul 18.40, maka moonset lag-nya adalah 40 menit. Secara intuitif, semakin lama Bulan berada di atas horizon setelah Matahari terbenam, semakin besar peluang pengamat menemukan hilal karena waktu observasi lebih panjang dan langit berangsur lebih gelap.

Karena kesederhanaannya, lag telah lama dipakai dalam berbagai tradisi kalender. Odeh mencatat bahwa kriteria Babilonia menggunakan dua syarat sederhana: umur Bulan lebih dari 24 jam dan

lag Bulan lebih dari 48 menit. Kriteria ini dapat dipahami dalam konteks historis karena masyarakat kuno memerlukan aturan praktis untuk memperkirakan awal bulan. Namun dalam kajian visibilitas hilal modern, moonset lag terbukti tidak cukup andal sebagai kriteria utama.

Schaefer menunjukkan bahwa kriteria moonset-lag memiliki kelemahan besar. Dalam pengujian terhadap data observasi, kriteria lag tidak mampu memberikan prediksi yang meyakinkan secara global. Ia dapat menghasilkan wilayah ketidakpastian yang sangat luas sehingga tidak cukup kuat untuk menjadi dasar kalender modern. Dengan demikian, seperti umur Bulan, lag adalah parameter yang berguna sebagai informasi tambahan, tetapi lemah jika dijadikan fondasi utama.

Dalam konteks Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT), kritik terhadap lag sangat penting. KHGT tidak boleh dibangun di atas parameter yang hanya menunjukkan **durasi kesempatan pengamatan**, tetapi tidak menjelaskan apakah sabit cukup tebal, cukup jauh dari Matahari, dan cukup tinggi secara geometri. Karena itu, kriteria **tinggi hilal geosentris  $5^\circ$**  dan **elongasi geosentris  $8^\circ$**  lebih kuat daripada kriteria berbasis lag semata.

## A. Pengertian Moonset Lag dan Daya Tariknya

Moonset lag adalah selisih waktu antara terbenam Matahari dan terbenam Bulan. Jika Bulan terbenam setelah Matahari, maka ada jendela waktu untuk mengamati hilal. Semakin panjang selisih waktunya, semakin lama Bulan tersedia di langit senja. Dari sisi praktis, parameter ini memang tampak masuk akal.

Lag menarik karena mudah dipahami oleh pengamat. Ia tidak membutuhkan penjelasan geometri yang rumit. Masyarakat awam dapat dengan mudah memahami bahwa jika Bulan terbenam terlalu cepat setelah Matahari, pengamat hampir tidak memiliki waktu untuk melihat hilal. Sebaliknya, jika Bulan terbenam lama setelah Matahari, peluang pengamatan tampak lebih baik.

Namun daya tarik ini tidak boleh menutupi kelemahannya. Lag hanya menunjukkan **waktu keberadaan Bulan di atas horizon setelah Matahari terbenam**, bukan kualitas sabit. Lag tidak memberi informasi langsung tentang elongasi, crescent width, beda azimut, kecerlangan sabit, atau kondisi atmosfer. Dengan kata lain, lag menjelaskan “berapa lama Bulan masih ada”, tetapi tidak menjelaskan “apakah hilalnya cukup terbentuk dan cukup kontras untuk terlihat”.

Sebuah Bulan dapat memiliki lag cukup panjang tetapi sabitnya sangat tipis. Sebaliknya, dalam kondisi tertentu, Bulan dengan lag yang tidak terlalu panjang dapat memiliki elongasi dan posisi yang lebih menguntungkan. Karena itu, lag tidak cukup sebagai indikator utama visibilitas.

## B. Mengapa Lag Tampak Logis tetapi Lemah secara Fisik?

Lag tampak logis karena semakin lama Bulan berada di atas ufuk setelah Matahari terbenam, langit menjadi semakin gelap dan pengamat memiliki waktu lebih banyak. Tetapi visibilitas hilal tidak hanya ditentukan oleh lamanya waktu observasi. Hilal harus cukup terang, cukup tebal, cukup jauh dari Matahari, dan cukup tinggi dari horizon.



Lag tidak mengukur ketebalan sabit. Untuk mengetahui ketebalan sabit, parameter yang lebih relevan adalah elongasi atau crescent width. Odeh menegaskan bahwa parameter yang berkaitan dengan kecerlangan intrinsik sabit diperlukan dalam prediksi visibilitas; ia memilih crescent width karena lebih langsung menggambarkan bagian Bulan yang diterangi.

Lag juga tidak mengukur keterpisahan Bulan dari Matahari secara sudut. Bulan yang terbenam lama setelah Matahari belum tentu memiliki elongasi yang cukup besar, karena konfigurasi azimut dan lintang ekliptika dapat membuat lag terlihat menguntungkan tanpa menjamin sabit cukup tebal.

Lag juga tidak menjelaskan kualitas horizon. Bulan yang terbenam lama setelah Matahari tetapi berada rendah dalam jangka waktu lama tetap menghadapi atmosfer tebal, ekstingsi kuat, dan cahaya senja. Dalam pengamatan hilal, posisi terhadap horizon sangat menentukan. Karena itu, parameter seperti tinggi Bulan atau ARCV lebih bermakna dibanding lag tunggal.

Dengan demikian, lag lemah secara fisik karena hanya mengukur durasi, bukan geometri optik sabit.

## C. Kritik Schaefer terhadap Moonset Lag

Schaefer menguji kriteria moonset-lag terhadap data observasi. Ia menunjukkan bahwa kriteria lag, seperti kriteria umur Bulan, tidak mampu memberikan prediksi yang andal. Dalam pembahasannya, kriteria lag menghasilkan kesalahan yang signifikan dan zona ketidakpastian yang luas.

Kritik Schaefer penting karena didasarkan pada data, bukan sekadar penilaian teoretis. Ia menggunakan 294 observasi individual dan 1490 laporan Moonwatch untuk menilai berbagai kriteria visibilitas. Jika lag benar-benar parameter kuat, maka seharusnya terdapat batas lag yang cukup jelas memisahkan kondisi terlihat dan tidak terlihat. Namun kenyataannya, hasil observasi menunjukkan tumpang tindih besar.

Kelemahan ini dapat dipahami dari fakta bahwa lag tidak menangkap struktur penuh geometri Bulan–Matahari. Lag hanya memberi tahu kapan Bulan terbenam relatif terhadap Matahari. Tetapi ia tidak memberi tahu apakah Bulan berada tepat di atas Matahari, jauh ke utara atau selatan, cukup terpisah secara elongasi, atau cukup tinggi pada waktu terbaik pengamatan.

Karena itu, Schaefer menilai kriteria lag sebagai salah satu kriteria sederhana yang tidak cukup untuk prediksi modern. Hal ini mendukung argumen bahwa kalender global tidak boleh mengandalkan lag sebagai parameter utama.

## D. Perbedaan antara Durasi Observasi dan Kualitas Observasi

Moonset lag pada dasarnya berkaitan dengan durasi observasi. Jika lag pendek, waktu pengamatan singkat. Jika lag panjang, waktu pengamatan lebih panjang. Tetapi durasi bukan kualitas. Dalam visibilitas hilal, kualitas observasi ditentukan oleh kombinasi beberapa faktor:

1. seberapa tebal sabit;
2. seberapa jauh sabit dari Matahari;
3. seberapa tinggi Bulan dari horizon;
4. seberapa gelap latar langit;
5. seberapa bersih atmosfer;
6. seberapa baik horizon;
7. seberapa terampil pengamat;
8. apakah alat optik digunakan.

Lag hanya berhubungan langsung dengan sebagian kecil dari faktor tersebut. Ia memberi waktu tambahan, tetapi tidak menjamin sabit cukup terang. Ia juga tidak menjamin posisi Bulan berada pada area langit yang mudah diamati.

Sebagai contoh konseptual, dua hilal dapat memiliki lag sama, tetapi peluang visibilitas berbeda. Hilal pertama mungkin memiliki elongasi lebih besar dan beda azimut yang menguntungkan, sehingga sabitnya lebih tebal dan lebih mudah dikenali. Hilal kedua mungkin memiliki elongasi lebih kecil dan sabit sangat tipis, sehingga meskipun lag sama, peluang terlihat jauh lebih rendah.

Karena itu, dalam kalender, lag tidak boleh disamakan dengan visibilitas. Ia hanya salah satu informasi bantu. Kalender global membutuhkan parameter yang lebih langsung mencerminkan kualitas geometri hilal. Tinggi dan elongasi lebih memenuhi kebutuhan ini.

## E. Lag dan Pengaruh Lintang serta Musim

Moonset lag juga dipengaruhi oleh lintang tempat dan kemiringan ekliptika terhadap horizon. Pada musim dan lintang tertentu, Bulan dapat terbenam lebih lama setelah Matahari meskipun kondisi sabit belum terlalu baik. Pada konfigurasi lain, lag bisa lebih pendek tetapi posisi Bulan relatif terhadap Matahari lebih menguntungkan.

Kemiringan ekliptika terhadap horizon sangat menentukan. Jika ekliptika tegak terhadap horizon barat, Bulan cenderung berada lebih tinggi setelah Matahari terbenam, dan peluang visibilitas lebih baik. Jika ekliptika landai, Bulan dapat berada rendah meskipun sudah memiliki elongasi tertentu. Lag tidak selalu menangkap perbedaan ini secara memadai.

Inilah sebabnya kriteria yang hanya memakai lag sulit berlaku global. Dunia memiliki lintang beragam. Kalender global tidak dapat memakai parameter yang sangat dipengaruhi konfigurasi lokal tanpa memperjelas hubungannya dengan geometri Bulan–Matahari.

Dalam KHGT, penggunaan parameter geosentris berfungsi untuk mengatasi sebagian problem ini. Elongasi geosentris memberi ukuran global keterpisahan Bulan–Matahari. Tinggi hilal geosentris memberi batas geometri global. Keduanya lebih stabil untuk kalender global dibanding lag yang sangat terkait dengan horizon lokal.

## F. Lag, Waktu Terbaik Pengamatan, dan Keterbatasannya

Dalam beberapa model visibilitas, lag tetap dipakai secara tidak langsung untuk menentukan **waktu terbaik pengamatan**. Yallop, yang juga dirujuk oleh Odeh, menggunakan pendekatan bahwa waktu terbaik dapat diperkirakan dari waktu Matahari terbenam ditambah sebagian dari lag. Odeh menyebut bahwa seluruh perhitungan dalam kriterianya dilakukan pada waktu terbaik pengamatan, yang dapat didekati dengan formula: waktu terbaik = waktu Matahari terbenam +  $4/9 \times \text{lag}$ .

Ini menunjukkan bahwa lag tidak sepenuhnya tidak berguna. Lag berguna untuk memperkirakan kapan pengamatan optimal dilakukan. Jika Bulan terbenam lama setelah Matahari, waktu terbaik pengamatan biasanya terjadi beberapa saat setelah Matahari terbenam ketika langit lebih gelap tetapi Bulan belum terlalu rendah. Namun fungsi ini berbeda dari menjadikan lag sebagai kriteria utama.

Lag sebagai penentu waktu terbaik adalah parameter bantu dalam model yang lebih kompleks. Lag sebagai ambang tunggal adalah penyederhanaan yang lemah. Perbedaan ini penting.

Dalam KHGT, lag dapat tetap dicatat untuk analisis observasi lokal dan edukasi rukyat. Namun keputusan kalender global tidak seharusnya berbasis lag. Kalender global lebih membutuhkan kriteria yang menunjukkan kondisi sabit dan posisi Bulan secara lebih langsung. Itulah fungsi elongasi  $8^\circ$  dan tinggi  $5^\circ$ .

## G. Lag dan Zona Ketidakpastian

Salah satu kelemahan utama lag adalah menghasilkan zona ketidakpastian luas. Jika kriteria lag menetapkan bahwa hilal terlihat ketika Bulan terbenam lebih dari jumlah menit tertentu setelah Matahari, kenyataan observasi tidak selalu mengikuti batas itu. Ada kasus dengan lag cukup panjang tetapi hilal gagal terlihat, dan ada kasus dengan lag lebih pendek tetapi hilal dapat terlihat dalam kondisi tertentu.

Schaefer menunjukkan bahwa kriteria moonset-lag tidak mampu menghasilkan prediksi yang yakin dalam skala global. Ini berarti lag tidak cukup memisahkan zona terlihat dan tidak terlihat. Dalam kalender global, kriteria seperti ini berbahaya karena dapat memperluas perdebatan.

Zona ketidakpastian harus diperkecil, bukan diperbesar. Kriteria yang baik membantu mengurangi area abu-abu. Lag tidak cukup untuk itu karena ia tidak memuat informasi tentang ketebalan sabit dan geometri relatif Bulan–Matahari secara lengkap.

Elongasi  $8^\circ$  dan tinggi  $5^\circ$  membantu mengurangi ketidakpastian karena keduanya menangkap dua aspek penting. Elongasi memberi batas bahwa sabit cukup terpisah dari Matahari; tinggi memberi batas bahwa Bulan tidak terlalu rendah. Keduanya bersama-sama lebih baik daripada lag.

## H. Lag dan Perbedaan antara Imkan Rukyat Lokal dan KHGT

Dalam imkan rukyat lokal, lag masih dapat berguna sebagai bagian dari informasi pengamatan. Pengamat perlu tahu berapa lama Bulan masih berada di atas horizon. Jika lag sangat pendek, pengamatan menjadi sulit karena waktu pencarian terbatas. Karena itu, dalam panduan observasi lokal, lag dapat tetap dicantumkan.

Namun KHGT memiliki fungsi berbeda. KHGT bukan panduan observasi lokal, tetapi sistem kalender global. Ia memerlukan kriteria yang berlaku seragam dan tidak terlalu terikat pada durasi lokal Bulan di atas horizon. Lag bersifat sangat lokal karena bergantung pada waktu terbenam Matahari dan Bulan di lokasi tertentu.

Karena itu, lag kurang cocok sebagai kriteria KHGT. Penggunaan lag dapat mengembalikan kalender global ke problem lokalitas. Sementara itu, KHGT membutuhkan parameter yang dapat dihitung secara global dengan acuan seragam. Dokumen dasar buku ini menjelaskan bahwa elongasi geosentris lebih mutlak karena tidak dipengaruhi lokasi pengamat. Inilah salah satu alasan elongasi geosentris lebih sesuai untuk kalender global dibanding lag lokal.

Tinggi geosentris  $5^\circ$  juga berfungsi sebagai parameter global. Meski tidak menggantikan tinggi toposentris untuk observasi lokal, ia memberi batas geometri yang lebih seragam bagi kalender.

## I. Mengapa Lag Tidak Cukup untuk Mendukung KHGT?

KHGT membutuhkan kriteria yang dapat membangun kepastian global. Lag tidak cukup untuk tujuan ini karena beberapa alasan.

Pertama, lag tidak langsung menggambarkan ketebalan sabit. Kalender berbasis hilal harus memperhatikan apakah sabit cukup terbentuk. Elongasi lebih tepat untuk fungsi ini.

Kedua, lag tidak langsung menggambarkan tinggi Bulan pada waktu terbaik pengamatan. Bulan dapat memiliki lag tertentu tetapi tetap berada dalam posisi rendah yang sulit.

Ketiga, lag tidak menangkap beda azimut dan geometri ekliptika.

Keempat, lag sangat lokal, sedangkan KHGT membutuhkan kriteria global.

Kelima, data Schaefer menunjukkan bahwa lag sebagai kriteria menghasilkan prediksi yang lemah.

Keenam, lag dapat menciptakan ilusi bahwa “waktu cukup lama” berarti “hilal mungkin terlihat”, padahal sabitnya mungkin belum cukup tebal.

Dengan demikian, KHGT lebih tepat memakai tinggi dan elongasi daripada lag. Lag dapat tetap menjadi metadata observasi, tetapi bukan fondasi kriteria kalender global.

## J. Kriteria $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ sebagai Koreksi terhadap Kelemahan Lag

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dapat dipahami sebagai koreksi terhadap kelemahan moonset lag. Lag hanya menjelaskan durasi;  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  menjelaskan kondisi geometri yang lebih bermakna.

**Elongasi  $8^{\circ}$**  menjawab pertanyaan: apakah Bulan sudah cukup jauh dari Matahari sehingga sabitnya lebih mungkin terbentuk dan cukup tebal? Data Odeh menunjukkan bahwa batas optik ekstrem berada pada  $6,4^{\circ}$  dan batas mata telanjang pada  $7,7^{\circ}$ . Maka  $8^{\circ}$  memberi ambang yang berada di atas keduanya.

**Tinggi  $5^{\circ}$**  menjawab pertanyaan: apakah Bulan tidak terlalu rendah secara geometri? Jika Bulan terlalu dekat horizon, waktu lag yang panjang pun tidak selalu membantu karena atmosfer dan cahaya senja tetap mengganggu.

Dengan demikian,  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  lebih informatif daripada lag. Ia tidak hanya mengatakan bahwa Bulan masih ada setelah Matahari terbenam, tetapi bahwa Bulan berada dalam konfigurasi yang lebih layak sebagai dasar kalender global.

## K. Lag sebagai Informasi Pendukung, Bukan Syarat Utama

Kritik terhadap lag tidak berarti lag harus dihapus dari laporan observasi. Lag tetap penting sebagai informasi pendukung. Dalam panduan rukyat, lag membantu menentukan rentang waktu pencarian. Dalam analisis observasi, lag dapat membantu memahami mengapa pengamatan berhasil atau gagal. Dalam model tertentu, lag membantu memperkirakan waktu terbaik.

Namun statusnya harus jelas: lag adalah **parameter bantu**, bukan **kriteria utama**. Jika dipakai sebagai kriteria utama, lag terlalu lemah. Jika dipakai bersama parameter lain dalam model lokal, lag masih berguna.

Dalam KHGT, lag sebaiknya tidak menjadi syarat kalender. Kriteria utama tetap tinggi dan elongasi geosentris. Lag dapat dicatat untuk kepentingan edukasi, observasi, dan evaluasi, tetapi tidak menentukan awal bulan secara global.

Penempatan ini menjaga keseimbangan. KHGT tidak membuang parameter klasik secara total, tetapi menempatkannya sesuai kekuatan ilmiahnya.

## L. Transisi ke Parameter Tinggi Hilal

Subbab ini telah menunjukkan bahwa moonset lag adalah parameter sederhana tetapi tidak cukup andal. Ia berguna untuk menunjukkan durasi kesempatan pengamatan, tetapi tidak cukup menjelaskan ketebalan sabit, elongasi, tinggi Bulan, beda azimut, kondisi atmosfer, atau kualitas

horizon. Data Schaefer menunjukkan bahwa kriteria lag memiliki kelemahan besar dan tidak cukup kuat sebagai prediktor visibilitas hilal.

Bagi KHGT, kelemahan lag memperkuat kebutuhan menggunakan parameter yang lebih bermakna secara fisik. Elongasi  $8^\circ$  memberi batas terhadap perkembangan sabit, sedangkan tinggi  $5^\circ$  memberi batas terhadap posisi Bulan dari horizon. Dengan demikian, kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  lebih sesuai untuk kalender global daripada kriteria berbasis lag semata.

## 4.4 Tinggi Hilal: Antara Horizon Lokal dan Kebutuhan Kriteria Global

Tinggi hilal adalah salah satu parameter paling penting dalam kajian visibilitas Bulan sabit. Secara umum, tinggi hilal menunjukkan posisi Bulan terhadap ufuk atau horizon pada waktu tertentu, biasanya saat Matahari terbenam atau pada waktu terbaik pengamatan. Semakin tinggi Bulan di atas horizon, semakin besar peluang hilal untuk diamati, karena cahaya sabit melewati lapisan atmosfer yang lebih tipis, latar langit cenderung lebih gelap, dan gangguan horizon relatif berkurang. Sebaliknya, hilal yang terlalu rendah berada dalam wilayah pengamatan yang paling sulit: dekat cahaya senja, dekat kabut horizon, dekat aerosol, dan mudah tertutup awan rendah atau penghalang lokal.

Namun tinggi hilal bukan parameter yang sederhana. Ia harus selalu dijelaskan: **tinggi menurut siapa, dari titik acuan mana, terhadap horizon apa, dan untuk fungsi apa?** Dalam observasi lokal, tinggi hilal biasanya dibicarakan secara **toposentris**, yaitu dihitung dari sudut pandang pengamat di permukaan Bumi. Dalam kalender global, terutama Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT), tinggi dapat dipertimbangkan secara **geosentris**, yaitu menggunakan acuan pusat Bumi agar lebih seragam untuk sistem kalender dunia.

Pembedaan ini sangat penting. Banyak perdebatan kriteria hilal menjadi tidak produktif karena istilah “tinggi hilal” dipakai tanpa menjelaskan apakah yang dimaksud adalah tinggi toposentris atau geosentris, apakah dihitung dari pusat Bulan atau tepi Bulan, apakah memasukkan refraksi atau tidak, dan apakah digunakan untuk prediksi observasi lokal atau penetapan kalender global.

Dokumen dasar buku ini menjelaskan bahwa tinggi hilal toposentris dihitung dari sudut pandang pengamat di permukaan Bumi dan dipengaruhi oleh letak geografis, kelengkungan Bumi, ketinggian tempat, dan refraksi atmosfer. Sebaliknya, elongasi geosentris dipahami sebagai parameter yang lebih mutlak karena dihitung dari pusat Bumi dan tidak dipengaruhi paralaks lokal. Dalam kerangka KHGT, pemahaman ini diperluas: kalender global memerlukan parameter yang stabil dan seragam, sehingga tinggi hilal geosentris  $5^\circ$  dapat diposisikan sebagai syarat geometri global, bukan sebagai pengganti seluruh analisis observasi lokal.

### A. Pengertian Tinggi Hilal

Tinggi hilal adalah sudut antara Bulan dan horizon. Jika Bulan tepat berada di ufuk, tingginya sekitar  $0^\circ$ . Jika Bulan berada  $5^\circ$  di atas ufuk, berarti jarak sudut vertikalnya dari horizon adalah  $5^\circ$ .

Dalam praktik rukyat, tinggi hilal biasanya diperhatikan saat Matahari terbenam atau pada waktu terbaik pengamatan.

Tinggi hilal penting karena pengamat berada di permukaan Bumi. Objek yang dekat horizon lebih sulit diamati daripada objek yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan beberapa faktor:

1. cahaya objek harus melewati lapisan atmosfer yang lebih tebal;
2. ekstingsi atmosfer lebih kuat;
3. cahaya senja lebih terang di dekat horizon;
4. aerosol, debu, uap air, dan polusi lebih banyak di lapisan rendah;
5. horizon dapat tertutup awan, bukit, bangunan, pepohonan, atau kabut;
6. refraksi atmosfer lebih besar dan lebih tidak stabil dekat horizon.

Dengan demikian, tinggi bukan sekadar angka posisi. Tinggi berhubungan langsung dengan kualitas lingkungan optik tempat hilal diamati. Hilal dengan elongasi cukup tetapi sangat rendah tetap sulit terlihat. Sebaliknya, hilal dengan posisi lebih tinggi biasanya memperoleh kondisi kontras yang lebih baik, meskipun tetap membutuhkan elongasi dan ketebalan sabit yang memadai.

Dalam model visibilitas modern, tinggi atau parameter terkait tinggi selalu hadir. Odeh menggunakan **arc of vision (ARCV)**, yaitu beda tinggi Bulan dan Matahari, sebagai salah satu variabel utama bersama crescent width. Ia menegaskan bahwa visibilitas membutuhkan setidaknya satu parameter yang terkait kecerlangan sabit dan satu parameter yang terkait jaraknya dari horizon. Ini menunjukkan bahwa tinggi atau jarak vertikal dari horizon tidak dapat diabaikan.

## B. Tinggi Toposentris dalam Observasi Lokal

Dalam observasi lokal, tinggi hilal yang paling relevan adalah tinggi **toposentris**. Toposentris berarti posisi Bulan dihitung dari sudut pandang pengamat di permukaan Bumi. Karena pengamat tidak berada di pusat Bumi, posisi Bulan yang dilihat pengamat berbeda dari posisi geosentris. Perbedaan ini terutama disebabkan oleh paralaks Bulan, karena Bulan relatif dekat dengan Bumi dibanding Matahari.

Tinggi toposentris sangat penting bagi rukyat karena pengamat melihat dari tempat tertentu. Jika seorang pengamat berada di Semarang, Jakarta, Makkah, atau Santiago, tinggi Bulan terhadap horizon lokalnya dapat berbeda. Perbedaan lintang, bujur, elevasi, horizon, dan refraksi membuat kondisi observasi berubah.

Dokumen dasar buku ini menjelaskan bahwa tinggi hilal toposentris dipengaruhi oleh letak geografis, ketinggian tempat pengamatan, kelengkungan Bumi, dan refraksi atmosfer lokal. Karena itu, untuk memprediksi apakah hilal dapat terlihat dari lokasi tertentu, tinggi toposentris tidak dapat diabaikan.

Dalam imkan rukyat lokal, tinggi toposentris memang lebih operasional. Ia menjawab pertanyaan: “seberapa tinggi Bulan terlihat oleh pengamat ini dari horizon tempat ini?” Jika tujuannya adalah



panduan observasi, maka tinggi toposentris harus dipakai bersama parameter lain seperti elongasi, DAZ, ARCV, crescent width, lag, dan kondisi atmosfer.

Namun KHGT memiliki tujuan berbeda. KHGT bukan panduan rukyat lokal semata, melainkan sistem kalender global. Karena itu, tinggi toposentris yang berubah menurut lokasi tidak cukup sebagai kriteria tunggal kalender global. Ia perlu dibedakan dari tinggi geosentris yang lebih seragam untuk keperluan sistem kalender.

## C. Tinggi Geosentris dalam Kriteria Kalender Global

Tinggi geosentris adalah tinggi yang dihitung dengan acuan pusat Bumi. Dalam konteks KHGT, penggunaan tinggi geosentris dimaksudkan untuk memberi batas geometri global yang tidak terlalu bergantung pada horizon lokal. Ini penting karena kalender global harus memiliki aturan yang dapat dihitung secara seragam untuk seluruh dunia.

Jika kriteria kalender memakai tinggi toposentris dari satu lokasi tertentu, maka muncul pertanyaan: lokasi mana yang dipakai? Apakah Makkah, Greenwich, wilayah paling barat, wilayah paling timur, atau lokasi tertentu yang menjadi rujukan? Setiap pilihan lokasi membawa konsekuensi dan dapat menimbulkan perbedaan. Jika kalender global ingin menghindari lokalitas berlebihan, parameter geosentris lebih sesuai sebagai bahasa sistem.

Tinggi geosentris  $5^\circ$  dalam KHGT dapat dipahami sebagai syarat bahwa secara geometri global, Bulan telah mencapai ketinggian minimum yang bermakna. Ia bukan klaim bahwa dari setiap lokasi di Bumi Bulan pasti memiliki tinggi toposentris  $5^\circ$ . Ia juga bukan klaim bahwa hilal pasti terlihat di semua tempat. Ia adalah **ambang kalender**, bukan **jaminan observasi lokal universal**.

Pembedaan ini penting agar kriteria KHGT tidak disalahpahami. Kriteria  $5^\circ$  geosentris tidak menggantikan perhitungan toposentris untuk kebutuhan rukyat lokal. Pengamat tetap perlu menghitung tinggi toposentris di lokasinya. Namun untuk keputusan kalender global, tinggi geosentris memberi batas yang lebih stabil.

Dengan demikian, tinggi  $5^\circ$  dalam KHGT berfungsi seperti elongasi  $8^\circ$ : keduanya adalah parameter kalender global. Elongasi  $8^\circ$  memastikan sabit cukup terpisah dari Matahari; tinggi  $5^\circ$  memastikan posisi Bulan tidak terlalu rendah secara geometri.

## D. Mengapa Horizon Menjadi Problem Besar?

Horizon adalah wilayah langit yang paling bermasalah untuk observasi hilal. Objek yang dekat horizon tampak melalui lapisan atmosfer yang lebih tebal dibanding objek yang tinggi di langit. Ketebalan atmosfer efektif ini membuat cahaya objek melemah. Fenomena ini disebut ekstingsi atmosfer.

Selain itu, horizon sering memiliki gangguan lokal. Di banyak tempat, horizon barat tidak benar-benar datar dan bersih. Ada gunung, bukit, pepohonan, bangunan, kabut, awan rendah, polusi, atau

lapisan debu. Bahkan jika horizon tampak terbuka, lapisan atmosfer dekat horizon sering lebih buram daripada langit yang lebih tinggi.

Schaefer menekankan bahwa elevasi tempat dapat menentukan keberhasilan pengamatan hilal muda. Lokasi tinggi dapat membantu pengamat berada di atas lapisan aerosol rendah dan memperbaiki transparansi langit. Ini menunjukkan bahwa problem horizon bukan sekadar geometri, tetapi juga fisika atmosfer dan kondisi lokal.

Dalam konteks kalender, problem horizon memberi alasan kuat untuk tidak memakai kriteria yang terlalu rendah. Jika Bulan hanya sedikit di atas horizon, peluang terlihat sangat bergantung pada kondisi lokal. Kalender global tidak boleh berdiri pada kondisi yang terlalu mudah diganggu horizon. Tinggi  $5^\circ$  berfungsi sebagai buffer terhadap problem ini.

Dengan kata lain, tinggi  $5^\circ$  bukan angka dekoratif. Ia adalah batas untuk menghindari wilayah langit paling tidak stabil dalam observasi hilal. Meskipun dinyatakan secara geosentris dalam KHGT, logika dasarnya tetap berasal dari pengalaman observasional: hilal yang terlalu rendah terlalu rapuh untuk dijadikan dasar kalender global.

## E. Tinggi Hilal dan Cahaya Senja

Tinggi hilal juga berhubungan dengan cahaya senja. Hilal diamati setelah Matahari terbenam, tetapi langit belum langsung gelap. Dekat horizon barat, cahaya senja masih kuat. Jika Bulan rendah, hilal berada dalam latar langit yang terang. Jika Bulan lebih tinggi, latar langit biasanya sedikit lebih gelap dan kontras lebih baik.

Kontras adalah kunci visibilitas. Hilal muda tidak terlihat hanya karena ada cahaya yang dipantulkan Bulan; ia terlihat jika cahaya itu cukup kontras terhadap latar langit. Sabit yang tipis dan redup dapat tenggelam dalam cahaya senja jika posisinya terlalu rendah.

Odeh memilih ARCV sebagai parameter karena jarak vertikal Bulan dari Matahari/horizon sangat penting terhadap kondisi cahaya senja dan atmosfer. Ini memperlihatkan bahwa model modern tidak mengabaikan tinggi. Justru tinggi atau parameter terkait tinggi menjadi salah satu kunci utama.

Dalam KHGT, tinggi  $5^\circ$  menyederhanakan prinsip ini. Kalender global tidak memakai ARCV secara langsung sebagai kriteria, tetapi memakai tinggi sebagai batas geometri. Tujuannya sama: menghindari posisi Bulan yang terlalu rendah dan terlalu tenggelam dalam cahaya senja.

## F. Tinggi Hilal Tidak Cukup Tanpa Elongasi

Walaupun tinggi sangat penting, tinggi saja tidak cukup. Bulan dapat berada cukup tinggi tetapi sabitnya masih terlalu tipis jika elongasinya kecil. Dalam kasus seperti itu, cahaya sabit belum cukup kuat meskipun posisi terhadap horizon relatif baik. Karena itu, tinggi harus dipasangkan dengan elongasi.

Ini adalah kelemahan kriteria yang hanya memakai tinggi. Ia memperhatikan horizon, tetapi belum tentu memperhatikan ketebalan sabit. Kalender berbasis hilal harus memastikan bahwa sabit sudah cukup berkembang. Elongasi adalah parameter yang lebih langsung untuk menggambarkan keterpisahan Bulan dari Matahari. Dokumen dasar buku ini menjelaskan bahwa elongasi geosentris berkaitan dengan ketebalan sabit yang terbentuk akibat pantulan cahaya Matahari.

Kriteria KHGT  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  menjadi kuat karena memadukan keduanya. Tinggi  $5^{\circ}$  menjawab problem horizon. Elongasi  $8^{\circ}$  menjawab problem ketebalan sabit. Jika salah satu tidak terpenuhi, konfigurasi Bulan belum cukup layak untuk kalender global.

Dengan demikian, tinggi  $5^{\circ}$  bukan kriteria tunggal. Ia adalah bagian dari sistem dua parameter. Kekuatan KHGT terletak pada kombinasi ini, bukan pada salah satu angka secara terpisah.

## **G. Mengapa Tinggi $5^{\circ}$ Lebih Kuat daripada Sekadar Positif di Atas Ufuk?**

Sebagian kriteria kalender minimalis cukup menuntut bahwa Bulan sudah berada di atas ufuk setelah Matahari terbenam. Namun dari sudut visibilitas, syarat ini terlalu lemah. Bulan yang hanya  $0,5^{\circ}$  atau  $1^{\circ}$  di atas horizon masih berada dalam wilayah yang sangat sulit. Ia dapat tertutup refraksi, kabut, awan rendah, polusi, atau horizon fisik. Sabitnya pun sering tenggelam dalam cahaya senja.

Tinggi positif hanya menunjukkan bahwa Bulan belum terbenam. Ia tidak menunjukkan bahwa hilal memiliki peluang observasional bermakna. Dalam kalender berbasis hilal, perbedaan ini penting. “Bulan belum terbenam” tidak sama dengan “hilal layak menjadi tanda awal bulan global.”

Tinggi  $5^{\circ}$  memberi batas lebih kuat. Ia menolak prinsip minimal bahwa Bulan cukup berada sedikit di atas horizon. Dengan  $5^{\circ}$ , KHGT menyatakan bahwa posisi Bulan harus memiliki ketinggian geometri yang lebih aman. Ini bukan berarti  $5^{\circ}$  menjamin visibilitas lokal di semua tempat, tetapi  $5^{\circ}$  memberi ambang kalender yang lebih bermakna daripada sekadar positif.

Tinggi  $5^{\circ}$  juga sejalan dengan prinsip buffer. Jika elongasi  $8^{\circ}$  adalah buffer dari limit Danjon, maka tinggi  $5^{\circ}$  adalah buffer dari horizon. Keduanya menghindarkan kalender dari kondisi yang terlalu dekat dengan batas fisik.

## **H. Tinggi Hilal dan Perbedaan Toposentris–Geosentris dalam Praktik**

Perbedaan antara tinggi toposentris dan geosentris sering menimbulkan kebingungan. Dalam praktik rukyat, tinggi yang dilihat pengamat adalah tinggi toposentris. Tetapi dalam KHGT, tinggi geosentris dipakai untuk kriteria global. Bagaimana menjembatani keduanya?

Jawabannya adalah membedakan fungsi. Untuk observasi lokal, gunakan toposentris. Untuk kalender global, gunakan geosentris. Fungsi keduanya berbeda.

Toposentris menjawab pertanyaan observasional: “apakah dari lokasi ini Bulan cukup tinggi untuk diamati?” Geosentris menjawab pertanyaan kalender: “apakah konfigurasi Bulan secara global telah melewati batas geometri minimum?”

Dokumen dasar buku ini menyatakan bahwa dalam praktik beberapa kriteria, tinggi hilal sering dihitung secara toposentris karena terkait pengamatan lokal, sedangkan elongasi dihitung secara geosentris karena berkaitan dengan konfigurasi fisik Bulan–Matahari yang lebih mutlak. KHGT memperkuat arah global dengan menggunakan parameter geosentris untuk menjaga keseragaman kalender.

Dengan demikian, tidak perlu mempertentangkan toposentris dan geosentris secara mutlak. Keduanya sah pada konteksnya. Kesalahan terjadi jika parameter observasi lokal dipaksa menjadi kriteria global tanpa penyesuaian, atau jika parameter global disalahpahami sebagai prediksi observasi lokal langsung.

## I. Tinggi $5^\circ$ dan Stabilitas Kalender Global

Kalender global membutuhkan stabilitas. Jika kriteria terlalu dekat dengan horizon, kalender menjadi sensitif terhadap variasi lokal. Perbedaan kecil dalam lokasi, elevasi, refraksi, atau horizon dapat menghasilkan keputusan berbeda. Ini bertentangan dengan tujuan KHGT yang ingin menyatukan kalender.

Tinggi geosentris  $5^\circ$  membantu memberi stabilitas. Ia menetapkan bahwa konfigurasi Bulan harus melewati batas tertentu secara global. Dengan demikian, kalender tidak ditentukan oleh kondisi horizon lokal yang sangat beragam.

Stabilitas ini penting untuk perencanaan ibadah, pendidikan, administrasi, dan kehidupan sosial umat. Kalender global harus dapat dihitung jauh hari dan berlaku seragam. Jika kalender terlalu bergantung pada horizon lokal, maka ia kembali ke problem rukyat lokal yang bervariasi.

Tinggi  $5^\circ$  juga membantu komunikasi publik. Masyarakat dapat memahami bahwa Bulan tidak cukup hanya “ada”; ia harus cukup tinggi. Penjelasan ini mudah diterima karena pengalaman sehari-hari menunjukkan bahwa objek dekat horizon lebih sulit dilihat daripada objek yang lebih tinggi.

## J. Hubungan Tinggi $5^\circ$ dengan Elongasi $8^\circ$ dalam KHGT

Kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  harus selalu dibaca sebagai pasangan. Tinggi  $5^\circ$  tanpa elongasi  $8^\circ$  tidak cukup, karena Bulan bisa cukup tinggi tetapi sabit terlalu tipis. Elongasi  $8^\circ$  tanpa tinggi  $5^\circ$  juga tidak cukup, karena sabit bisa cukup berkembang tetapi terlalu rendah terhadap horizon.

Pasangan ini menjawab dua pertanyaan utama:

1. **Apakah sabit sudah cukup berkembang?**  
Dijawab oleh elongasi  $8^\circ$ .
2. **Apakah posisi Bulan tidak terlalu rendah?**  
Dijawab oleh tinggi  $5^\circ$ .

Dengan dua syarat ini, KHGT menghindari kelemahan parameter tunggal. Ia juga sejalan dengan pelajaran Odeh bahwa visibilitas membutuhkan parameter yang mewakili kecerlangan sabit dan parameter yang mewakili jarak dari horizon.

Secara argumentatif, tinggi  $5^\circ$  memperkuat elongasi  $8^\circ$ . Jika hanya ada  $8^\circ$ , kritik dapat muncul bahwa elongasi tidak memperhatikan horizon. Jika hanya ada  $5^\circ$ , kritik dapat muncul bahwa tinggi tidak memperhatikan ketebalan sabit. Dengan keduanya, KHGT memiliki struktur yang lebih seimbang.

## K. Implikasi bagi Kalender Hijriah Global Tunggal

Pembahasan tinggi hilal memiliki beberapa implikasi langsung bagi KHGT.

Pertama, KHGT harus membedakan antara kriteria observasi lokal dan kriteria kalender global. Tinggi toposentris penting untuk observasi; tinggi geosentris penting untuk kalender global.

Kedua, tinggi  $5^\circ$  memberi buffer terhadap horizon. Ia menghindarkan kalender dari posisi Bulan yang terlalu rendah.

Ketiga, tinggi  $5^\circ$  tidak boleh dipisahkan dari elongasi  $8^\circ$ . Keduanya bekerja sebagai pasangan parameter.

Keempat, tinggi  $5^\circ$  membantu menjelaskan bahwa KHGT bukan sekadar kalender “wujud Bulan”, tetapi kalender berbasis konfigurasi hilal yang lebih bermakna.

Kelima, penggunaan tinggi geosentris memperkuat stabilitas global dan mengurangi ketergantungan pada variasi lokal.

Dengan demikian, tinggi hilal adalah parameter kunci dalam pembelaan KHGT. Ia menunjukkan bahwa kalender global harus tetap memperhatikan problem horizon, meskipun tidak menggantungkan diri pada horizon lokal tertentu.

## L. Transisi ke Elongasi atau Arc of Light

Subbab ini telah menjelaskan bahwa tinggi hilal merupakan parameter penting karena berkaitan dengan horizon, atmosfer, cahaya senja, dan stabilitas kalender. Dalam observasi lokal, tinggi toposentris sangat penting karena pengamat melihat dari permukaan Bumi. Dalam KHGT, tinggi geosentris  $5^\circ$  berfungsi sebagai syarat geometri global agar Bulan tidak berada terlalu rendah.

Namun tinggi saja tidak cukup. Kalender berbasis hilal juga harus memastikan bahwa sabit telah cukup terbentuk. Untuk itu, parameter yang sangat penting adalah **elongasi** atau **arc of light**, yaitu jarak sudut Bulan–Matahari. Elongasi berkaitan langsung dengan ketebalan sabit dan menjadi dasar utama pembelaan angka  $8^\circ$  dalam KHGT.

## 4.5 Elongasi atau Arc of Light: Parameter Ketebalan Sabit

Elongasi adalah salah satu parameter paling penting dalam kajian visibilitas hilal. Dalam astronomi, elongasi menunjukkan **jarak sudut antara Bulan dan Matahari**. Dalam konteks hilal awal bulan, elongasi sering juga disebut **arc of light (ARCL)**, yaitu jarak sudut yang menunjukkan seberapa jauh Bulan telah terpisah dari Matahari setelah konjungsi. Semakin besar elongasi, semakin besar pula peluang terbentuknya sabit yang lebih tebal, lebih terang, dan lebih mudah dikenali.

Elongasi penting karena ia berhubungan langsung dengan fase iluminasi Bulan. Pada saat konjungsi, Bulan berada sangat dekat dengan arah Matahari sehingga sisi terang Bulan hampir sepenuhnya membelakangi Bumi. Setelah konjungsi, Bulan bergerak menjauh dari Matahari secara sudut. Seiring bertambahnya elongasi, bagian Bulan yang diterangi Matahari mulai tampak dari Bumi sebagai sabit muda. Karena itu, elongasi lebih dekat dengan realitas fisik hilal daripada umur Bulan atau lag. Umur hanya menunjukkan waktu sejak konjungsi; lag hanya menunjukkan selisih waktu terbenam Bulan dan Matahari; sedangkan elongasi langsung menunjukkan keterpisahan geometris Bulan–Matahari yang berkaitan dengan pembentukan sabit.

Dalam dokumen dasar buku ini, elongasi geosentris dijelaskan sebagai jarak sudut antara pusat piringan Bulan dan pusat piringan Matahari dengan titik acuan pusat Bumi. Elongasi geosentris dipandang lebih mutlak karena tidak dipengaruhi paralaks akibat lokasi pengamat di permukaan Bumi. Dokumen tersebut juga menegaskan bahwa elongasi menentukan seberapa tebal sabit Bulan yang terbentuk akibat pantulan cahaya Matahari.

Bagi Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT), elongasi geosentris memiliki kedudukan strategis. Kriteria **elongasi geosentris minimal  $8^\circ$**  tidak hanya menunjukkan bahwa Bulan sudah berjarak sudut tertentu dari Matahari, tetapi juga bahwa sabitnya telah melewati wilayah limit ekstrem modern. Data Odeh menunjukkan bahwa minimum elongasi untuk hilal yang dapat dilihat dengan bantuan optik adalah  $6,4^\circ$ , sedangkan minimum elongasi untuk hilal mata telanjang adalah  $7,7^\circ$ . Dengan demikian,  $8^\circ$  merupakan ambang yang berada di atas kedua batas penting tersebut.

### A. Pengertian Elongasi dalam Visibilitas Hilal

Elongasi adalah sudut pisah antara Bulan dan Matahari. Jika Bulan sangat dekat dengan Matahari di langit, elongasinya kecil. Jika Bulan semakin jauh dari Matahari, elongasinya membesar. Dalam konteks awal bulan Hijriah, elongasi dihitung setelah konjungsi, ketika Bulan mulai bergerak meninggalkan posisi sejajar dengan Matahari.

Elongasi memiliki hubungan kuat dengan pembentukan sabit. Sabit Bulan tampak karena sebagian sisi terang Bulan mulai terlihat dari Bumi. Pada elongasi kecil, bagian terang yang tampak sangat sempit. Pada elongasi lebih besar, sabit lebih lebar. Karena itu, elongasi dapat dipahami sebagai parameter yang memberi gambaran awal tentang ketebalan sabit.

Namun elongasi tidak sama dengan visibilitas mutlak. Hilal dengan elongasi cukup besar tetap dapat gagal terlihat jika posisinya terlalu rendah, atmosfer buruk, atau langit senja terlalu terang. Karena itu, elongasi perlu dipasangkan dengan parameter lain, terutama tinggi Bulan. Inilah alasan KHGT tidak hanya memakai elongasi  $8^\circ$ , tetapi juga tinggi hilal  $5^\circ$ .

Dalam model visibilitas modern, elongasi menjadi parameter penting, tetapi sering dilengkapi dengan parameter lain. Odeh menyebut ARCL atau elongasi sebagai parameter yang lebih baik daripada umur Bulan untuk menggambarkan kecerlangan sabit, meskipun ia menilai **crescent width** lebih langsung karena memperhitungkan lebar bagian terang Bulan. Ini menunjukkan bahwa elongasi adalah parameter yang lebih fisik dibanding umur, tetapi tetap perlu ditempatkan dalam kerangka multi-parameter.

## B. Elongasi dan Ketebalan Sabit

Kekuatan utama elongasi terletak pada hubungannya dengan ketebalan sabit. Setelah konjungsi, semakin jauh Bulan dari Matahari secara sudut, semakin besar bagian permukaan Bulan yang diterangi dan terlihat dari Bumi. Sabit menjadi lebih lebar dan lebih terang.

Ketebalan sabit penting karena hilal muda sangat redup. Mata atau alat optik tidak hanya membutuhkan posisi Bulan yang benar, tetapi juga cahaya yang cukup. Sabit yang terlalu tipis dapat tenggelam dalam cahaya senja. Jika sabit lebih tebal, intensitas cahaya meningkat dan peluang kontras terhadap latar langit menjadi lebih baik.

Odeh menjelaskan bahwa kecerlangan intrinsik sabit tidak cukup dijelaskan oleh umur Bulan. Ia menegaskan bahwa ARCL atau elongasi lebih baik karena lebar sabit meningkat ketika Bulan menjauh dari Matahari. Namun untuk menggambarkan kecerlangan sabit secara lebih langsung, Odeh memilih **crescent width**.

Dalam kalender global, **crescent width** memang sangat baik untuk model prediksi lokal, tetapi elongasi memiliki keunggulan sebagai parameter kalender: lebih sederhana, lebih mudah dihitung, lebih mudah dikomunikasikan, dan langsung berhubungan dengan konfigurasi Bulan–Matahari. Karena itu, KHGT memakai elongasi  $8^\circ$  sebagai parameter utama.

Elongasi  $8^\circ$  dapat dipahami sebagai ambang bahwa sabit telah cukup berkembang melewati batas ekstrem. Ia tidak menjamin visibilitas lokal universal, tetapi menunjukkan bahwa ketebalan sabit telah melampaui wilayah yang terlalu tipis menurut rekam observasi modern.



## C. Elongasi Geosentris dan Stabilitas Kalender Global

Dalam pembahasan hilal, elongasi dapat dihitung secara geosentris atau toposentris. Elongasi geosentris dihitung dari pusat Bumi, sedangkan elongasi toposentris dihitung dari lokasi pengamat. Untuk observasi lokal, parameter toposentris dapat berguna. Namun untuk kalender global, elongasi geosentris memiliki keunggulan karena lebih stabil dan seragam.

Dokumen dasar buku ini menyatakan bahwa elongasi geosentris bersifat mutlak dan tidak dipengaruhi paralaks akibat lokasi pengamat di permukaan Bumi. Karena jarak Bulan dan Matahari sangat jauh dibanding variasi posisi pengamat di permukaan Bumi, elongasi geosentris memberi ukuran konfigurasi Bulan–Matahari yang lebih umum.

KHGT membutuhkan parameter seperti ini. Kalender global tidak boleh terlalu bergantung pada lokasi pengamat tertentu. Jika parameter yang dipakai berubah menurut lokasi, maka kalender global mudah kembali ke problem lokalitas. Dengan elongasi geosentris, KHGT memiliki ukuran global tentang keterpisahan Bulan–Matahari.

Elongasi geosentris  $8^\circ$  berarti secara konfigurasi pusat Bumi, Bulan telah terpisah minimal  $8^\circ$  dari Matahari. Ini adalah syarat yang dapat dihitung konsisten untuk seluruh dunia. Dengan demikian, elongasi geosentris bukan sekadar pilihan teknis, tetapi pilihan metodologis untuk stabilitas kalender global.

## D. Mengapa Elongasi Lebih Kuat daripada Umur Bulan?

Elongasi lebih kuat daripada umur Bulan karena elongasi mengukur sudut pisah Bulan–Matahari secara langsung, sedangkan umur hanya mengukur waktu sejak konjungsi. Dua Bulan dengan umur sama dapat memiliki elongasi berbeda. Hal ini terjadi karena gerak Bulan tidak seragam dan orbit Bulan memiliki kemiringan serta eksentrisitas.

Schaefer menunjukkan bahwa kriteria umur Bulan merupakan prediktor yang buruk. Dalam data observasi, hilal muda dapat terlihat, sedangkan Bulan yang lebih tua dapat gagal terlihat. Odeh juga menegaskan bahwa umur Bulan sangat buruk untuk menggambarkan kecerlangan intrinsik sabit.

Elongasi menghindari sebagian kelemahan ini karena langsung menyatakan seberapa jauh Bulan telah terpisah dari Matahari. Jika yang ingin diketahui adalah ketebalan sabit, elongasi jauh lebih relevan daripada umur. Memang, elongasi masih belum seakurat crescent width untuk menggambarkan lebar sabit, tetapi sebagai parameter kalender global, elongasi lebih kuat daripada umur.

Dengan memilih elongasi  $8^\circ$ , KHGT bergerak dari parameter waktu menuju parameter geometri. Ini adalah perubahan metodologis penting. Kalender tidak lagi bertanya terutama “berapa jam umur Bulan?”, tetapi “apakah Bulan sudah cukup jauh dari Matahari untuk membentuk sabit yang bermakna?”

## E. Mengapa Elongasi Lebih Kuat daripada Lag?

Elongasi juga lebih kuat daripada moonset lag. Lag menunjukkan berapa lama Bulan terbenam setelah Matahari. Parameter ini berguna untuk mengetahui durasi kesempatan observasi, tetapi tidak langsung menggambarkan ketebalan sabit.

Bulan dapat memiliki lag cukup panjang, tetapi elongasinya belum memadai. Dalam keadaan seperti itu, pengamat memiliki waktu lebih lama untuk mencari hilal, tetapi sabit yang dicari mungkin masih terlalu tipis. Sebaliknya, lag yang tidak terlalu panjang dapat terjadi pada konfigurasi yang memiliki elongasi lebih baik.

Schaefer menunjukkan bahwa kriteria moonset-lag tidak cukup andal sebagai prediktor visibilitas. Ini menunjukkan bahwa durasi observasi bukan penentu utama. Hilal harus cukup berkembang dan cukup kontras.

Elongasi  $8^\circ$  dalam KHGT mengoreksi kelemahan lag. Ia memastikan bahwa kriteria kalender tidak hanya memperhatikan berapa lama Bulan berada di atas horizon, tetapi memperhatikan apakah Bulan sudah cukup terpisah dari Matahari. Dengan tambahan tinggi  $5^\circ$ , KHGT juga memastikan posisi Bulan tidak terlalu rendah. Jadi, KHGT mengambil unsur yang lebih fisik daripada lag.

## F. Elongasi dan Limit Danjon Modern

Elongasi sangat erat kaitannya dengan Limit Danjon. Limit Danjon membahas batas minimum elongasi di mana sabit Bulan masih mungkin terlihat. Pada elongasi terlalu kecil, sabit terlalu tipis dan terlalu dekat dengan Matahari. Data modern menunjukkan bahwa batas ini tidak dapat dipahami secara kaku, karena alat dan kondisi atmosfer dapat memengaruhi deteksi. Namun rekam observasi tetap memberi batas penting.

Odeh menyatakan bahwa dari basis data 737 observasi ditemukan Limit Danjon sekitar  $6,4^\circ$  untuk pengamatan dengan bantuan optik. Ia juga menyebut minimum elongasi untuk mata telanjang sebesar  $7,7^\circ$ .

Kedua angka ini memberi kerangka bagi KHGT. Jika limit optik berada pada  $6,4^\circ$ , maka kriteria kalender global tidak sebaiknya berada pada angka itu karena terlalu dekat dengan batas instrumental ekstrem. Jika rekor mata telanjang berada pada  $7,7^\circ$ , maka angka  $8^\circ$  menjadi ambang yang sangat dekat dengan data visual natural, tetapi sedikit lebih aman.

Dengan demikian, elongasi  $8^\circ$  adalah penerjemahan kalender dari Limit Danjon modern. Ia tidak mengambil angka limit ekstrem secara mentah, tetapi menetapkan ambang di atasnya. Ini penting karena kalender global memerlukan stabilitas lebih besar daripada observasi ekstrem.

## G. Elongasi 8° sebagai Buffer Ilmiah

Elongasi 8° berfungsi sebagai **buffer ilmiah**. Buffer adalah jarak aman dari batas ekstrem. Dalam konteks hilal, batas ekstrem adalah 6,4° untuk optik dan 7,7° untuk mata telanjang. Angka 8° berada di atas keduanya.

Terhadap 6,4°, 8° memberi jarak sekitar 1,6°. Ini signifikan karena pada elongasi rendah, sedikit tambahan elongasi dapat memperbesar lebar sabit dan meningkatkan kontras. Terhadap 7,7°, 8° memberi jarak sekitar 0,3°. Jarak ini kecil, tetapi penting secara metodologis karena kalender tidak berdiri tepat di titik rekor.

Buffer ini menjadikan 8° sebagai angka yang seimbang. Ia tidak terlalu rendah seperti 6,4° yang terlalu bergantung pada optik ekstrem. Ia juga tidak terlalu tinggi sehingga menjauh dari data pengamatan mata telanjang. Ia berada pada posisi yang proporsional antara realisme observasional dan kehati-hatian kalender.

Bagi KHGT, buffer ini sangat penting. Kalender global harus dapat dipakai jauh hari dan tidak mudah terguncang oleh laporan ekstrem. Jika ada laporan hilal di bawah 8°, laporan itu tetap penting untuk riset, tetapi tidak otomatis mengubah kalender. Dengan demikian, 8° menjaga stabilitas sistem.

## H. Elongasi Tidak Cukup Tanpa Tinggi

Walaupun elongasi sangat penting, elongasi saja tidak cukup. Sabit yang cukup berkembang tetap dapat gagal terlihat jika Bulan terlalu rendah. Dekat horizon, cahaya senja kuat, atmosfer tebal, aerosol banyak, dan penghalang lokal lebih mungkin. Karena itu, kalender tidak boleh hanya memakai elongasi.

Odeh menegaskan bahwa visibilitas hilal membutuhkan setidaknya dua parameter: satu terkait kecerlangan sabit dan satu terkait jarak dari horizon. Elongasi berhubungan dengan kecerlangan atau ketebalan sabit, tetapi tinggi berhubungan dengan horizon. Keduanya perlu dipasang.

KHGT memadukan elongasi 8° dengan tinggi 5°. Kombinasi ini menjawab dua kelemahan parameter tunggal. Jika hanya memakai elongasi, kriteria tidak cukup memperhatikan horizon. Jika hanya memakai tinggi, kriteria tidak cukup memperhatikan ketebalan sabit. Dengan keduanya, KHGT memiliki struktur yang lebih kuat.

Dengan demikian, elongasi adalah parameter utama, tetapi bukan satu-satunya. Elongasi 8° memperoleh kekuatan penuh ketika dipasangkan dengan tinggi 5°.

## I. Elongasi dan Kriteria Kalender, Bukan Jaminan Rukyat Lokal

Elongasi  $8^\circ$  dalam KHGT harus dipahami sebagai kriteria kalender global, bukan jaminan bahwa hilal pasti terlihat di semua lokasi. Visibilitas lokal tetap dipengaruhi kondisi atmosfer, horizon, alat, pengalaman pengamat, dan posisi toposentris. Karena itu, sebuah lokasi tertentu dapat saja gagal melihat hilal meskipun elongasi geosentris telah mencapai  $8^\circ$ .

Namun kegagalan lokal tidak otomatis membatalkan kriteria kalender global. Kalender global tidak sama dengan laporan rukyat lokal. Kalender global menetapkan tanggal berdasarkan ambang astronomis yang telah disepakati dan berbasis data. Observasi lokal tetap penting untuk validasi dan edukasi, tetapi tidak harus menjadi pemutus setiap bulan.

Pembedaan ini penting agar kriteria  $8^\circ$  tidak disalahpahami. Jika seseorang menganggap  $8^\circ$  berarti hilal pasti terlihat di mana-mana, maka ia akan mudah mengkritik ketika ada lokasi gagal melihat. Padahal maksud  $8^\circ$  adalah bahwa konfigurasi Bulan–Matahari telah melewati batas ekstrem modern yang cukup layak untuk kalender global.

Dengan demikian, elongasi  $8^\circ$  adalah kriteria sistemik, bukan prediksi lokal absolut. Ia harus dibaca bersama tinggi  $5^\circ$  dan prinsip KHGT sebagai kalender global.

## J. Elongasi dan Komunikasi Publik KHGT

Elongasi  $8^\circ$  memiliki keunggulan dalam komunikasi publik. Angka ini sederhana, mudah disebut, dan dapat dijelaskan dengan data. Penjelasan publiknya dapat dirumuskan sebagai berikut: hilal dengan alat pernah mencapai batas sekitar  $6,4^\circ$ , hilal mata telanjang sekitar  $7,7^\circ$ , maka kalender global mengambil  $8^\circ$  sebagai batas aman di atas keduanya.

Penjelasan seperti ini lebih kuat daripada menyatakan angka  $8^\circ$  sebagai kesepakatan tanpa dasar. Masyarakat dapat memahami bahwa angka tersebut memiliki hubungan dengan rekam pengamatan. Ia bukan angka yang dipilih sembarangan.

Elongasi juga mudah divisualisasikan. Jarak Bulan–Matahari di langit dapat dibayangkan sebagai keterpisahan sudut. Semakin dekat Bulan ke Matahari, semakin tipis sabit dan semakin sulit terlihat. Semakin jauh, sabit lebih berkembang. Dengan ilustrasi seperti ini, masyarakat dapat memahami mengapa elongasi lebih penting daripada umur Bulan.

Dalam edukasi KHGT, elongasi  $8^\circ$  dapat menjadi konsep kunci. Ia menjelaskan bahwa kalender global tidak hanya mencari Bulan yang sudah wujud, tetapi Bulan yang sudah cukup terpisah dari Matahari untuk membentuk hilal bermakna.

## K. Implikasi Elongasi bagi Pembelaan KHGT

Pembahasan elongasi memberi beberapa implikasi langsung bagi pembelaan KHGT.

Pertama, elongasi lebih kuat daripada umur Bulan dan lag karena langsung berkaitan dengan keterpisahan Bulan–Matahari.

Kedua, elongasi geosentris lebih cocok untuk kalender global karena bersifat lebih seragam dan tidak bergantung pada lokasi pengamat.

Ketiga, elongasi  $8^\circ$  memiliki dasar observasional karena berada di atas limit optik  $6,4^\circ$  dan rekor mata telanjang  $7,7^\circ$ .

Keempat, elongasi  $8^\circ$  memberi buffer dari wilayah ekstrem, sehingga kalender tidak berdiri tepat pada batas visibilitas.

Kelima, elongasi harus dipasangkan dengan tinggi  $5^\circ$  agar kriteria juga memperhatikan horizon.

Keenam, elongasi  $8^\circ$  mudah dikomunikasikan kepada publik sebagai angka yang berbasis data dan memiliki margin ilmiah.

Dengan demikian, elongasi adalah parameter kunci dalam seluruh argumentasi KHGT. Tanpa elongasi, kalender berisiko jatuh pada parameter lemah seperti umur atau lag. Dengan elongasi  $8^\circ$ , KHGT memiliki dasar fisik dan observasional yang lebih kuat.

## L. Transisi ke ARCV dan DAZ

Subbab ini telah menjelaskan elongasi atau arc of light sebagai parameter ketebalan sabit. Elongasi menunjukkan keterpisahan Bulan dari Matahari dan memiliki hubungan langsung dengan pembentukan sabit. Dalam KHGT, elongasi geosentris  $8^\circ$  menjadi kriteria penting karena berada di atas limit optik  $6,4^\circ$  dan rekor mata telanjang  $7,7^\circ$ , sekaligus memberi buffer ilmiah bagi kalender global.

Namun visibilitas hilal tidak hanya ditentukan oleh elongasi. Posisi Bulan terhadap horizon dan posisi relatifnya terhadap Matahari juga penting. Untuk itu, model visibilitas modern menggunakan parameter seperti **arc of vision (ARCV)** dan **relative azimuth (DAZ)**. Keduanya membantu menjelaskan mengapa dua hilal dengan elongasi yang sama dapat memiliki peluang visibilitas berbeda.

## 4.6 Arc of Vision dan Relative Azimuth

Dalam kajian visibilitas hilal modern, **elongasi** memang sangat penting karena berkaitan dengan ketebalan sabit. Namun elongasi saja tidak selalu cukup menjelaskan apakah hilal mungkin terlihat dari suatu tempat. Dua hilal dapat memiliki elongasi yang sama, tetapi peluang visibilitasnya

berbeda karena posisi Bulan terhadap horizon dan posisi relatifnya terhadap Matahari berbeda. Untuk memahami perbedaan ini, digunakan parameter lain, terutama **arc of vision (ARCV)** dan **relative azimuth (DAZ)**.

**Arc of vision (ARCV)** adalah beda tinggi antara Bulan dan Matahari. Dalam konteks pengamatan hilal setelah Matahari terbenam, ARCV menggambarkan seberapa jauh Bulan berada di atas Matahari secara vertikal. Parameter ini penting karena hilal yang berada lebih tinggi dari Matahari biasanya memiliki peluang lebih baik untuk terlihat, sebab ia lebih jauh dari wilayah cahaya senja yang paling terang dan lebih tidak terpengaruh oleh atmosfer dekat horizon.

**Relative azimuth (DAZ)** adalah beda azimut antara Bulan dan Matahari. Azimut menunjukkan arah horizontal suatu benda langit di sepanjang horizon. DAZ menggambarkan apakah Bulan berada hampir tepat di atas Matahari, agak ke utara, atau agak ke selatan dari posisi Matahari. Parameter ini penting karena dua hilal dengan elongasi sama dapat memiliki distribusi vertikal dan horizontal yang berbeda. Jika elongasi yang sama lebih banyak “terpakai” dalam arah vertikal, Bulan lebih tinggi dan biasanya lebih mudah terlihat. Jika elongasi yang sama lebih banyak “terpakai” dalam arah horizontal, Bulan mungkin tidak cukup tinggi sehingga lebih sulit diamati.

Odeh memasukkan ARCV sebagai salah satu variabel utama dalam kriteria visibilitasnya. Ia menegaskan bahwa prediksi hilal tidak dapat diandalkan dengan satu parameter saja; diperlukan parameter yang mewakili kecerlangan intrinsik sabit dan parameter yang mewakili jaraknya dari horizon. Dalam model Odeh, parameter yang dipakai adalah **topocentric arc of vision** dan **topocentric crescent width**. Ini menunjukkan bahwa posisi vertikal Bulan terhadap horizon merupakan unsur yang sangat penting dalam prediksi lokal.

Bagi Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT), ARCV dan DAZ memberi pelajaran penting. Keduanya memperlihatkan bahwa visibilitas lokal sangat kompleks dan tidak dapat direduksi menjadi satu angka. Namun kalender global memerlukan kriteria yang lebih sederhana dan seragam. Karena itu, KHGT menggunakan **tinggi hilal geosentris  $5^\circ$**  dan **elongasi geosentris  $8^\circ$**  sebagai penyederhanaan sistemik dari pelajaran visibilitas modern: Bulan harus cukup tinggi dan sabit harus cukup berkembang.

## A. Pengertian Arc of Vision

Arc of vision atau ARCV adalah beda tinggi antara Bulan dan Matahari. Dalam pengamatan hilal awal bulan, Matahari telah terbenam atau berada sedikit di bawah horizon, sedangkan Bulan dicari di langit barat. Jika Bulan memiliki ARCV besar, berarti Bulan berada jauh lebih tinggi daripada Matahari. Kondisi ini umumnya lebih menguntungkan karena Bulan berada lebih jauh dari wilayah cahaya senja yang paling kuat.

ARCV berbeda dari elongasi. Elongasi adalah jarak sudut total antara Bulan dan Matahari. ARCV adalah komponen vertikal dari keterpisahan itu. Dua konfigurasi dapat memiliki elongasi sama, tetapi ARCV berbeda. Misalnya, jika Bulan berada hampir tepat di atas Matahari, ARCV besar dan DAZ kecil. Jika Bulan berada jauh ke samping Matahari tetapi tidak terlalu tinggi, ARCV kecil dan DAZ besar.

Dalam observasi lokal, ARCV sangat penting karena pengamat berhadapan dengan horizon. Bulan yang lebih tinggi dari Matahari dan horizon lebih mudah dipisahkan dari cahaya senja. Selain itu, semakin tinggi Bulan, semakin pendek lintasan cahaya melalui atmosfer, sehingga ekstingsi lebih kecil.

Odeh menggunakan **airless topocentric ARCV** sebagai salah satu variabel utama dalam kriterianya. Ia melakukan perhitungan pada waktu terbaik pengamatan dan membagi visibilitas ke dalam zona berdasarkan ARCV dan crescent width. Ini menegaskan bahwa ARCV adalah parameter observasional yang kuat untuk prediksi lokal.

Namun ARCV tetap merupakan parameter yang terutama berguna untuk visibilitas lokal. Untuk kalender global, KHGT tidak memakai ARCV secara langsung, tetapi menyerap pelajarannya melalui kriteria tinggi  $5^\circ$ . Tinggi hilal dalam KHGT berfungsi sebagai syarat agar Bulan tidak terlalu rendah secara geometri.

## B. Pengertian Relative Azimuth

Relative azimuth atau DAZ adalah beda azimuth antara Bulan dan Matahari. Azimuth adalah arah suatu benda langit diukur sepanjang horizon, biasanya dari utara ke timur, selatan, barat, dan kembali ke utara. DAZ menunjukkan seberapa jauh Bulan bergeser ke arah utara atau selatan dari Matahari secara horizontal.

DAZ penting karena posisi Bulan tidak selalu berada tepat di atas Matahari. Kadang Bulan berada agak ke utara, kadang agak ke selatan. Jika Bulan berada jauh menyamping tetapi tidak cukup tinggi, hilal dapat tetap sulit terlihat meskipun elongasinya cukup besar. Sebab, keterpisahan sudut dari Matahari tidak sepenuhnya membantu Bulan naik dari wilayah cahaya senja dan atmosfer dekat horizon.

Dalam beberapa kriteria klasik dan modern, kombinasi tinggi dan beda azimuth digunakan untuk memperkirakan visibilitas. Odeh mencatat bahwa kriteria Maunder, Indian, SAAO, dan beberapa model lain menggunakan hubungan antara DAZ dan parameter vertikal seperti ARCV atau DALT. Artinya, sejak lama para astronom memahami bahwa posisi horizontal Bulan terhadap Matahari memengaruhi visibilitas.

DAZ juga membantu menjelaskan mengapa elongasi tunggal tidak cukup. Elongasi dapat dianggap sebagai jarak total, tetapi visibilitas sangat dipengaruhi oleh bagaimana jarak itu terbagi antara arah vertikal dan horizontal. Secara sederhana, Bulan yang “lebih naik” dari Matahari lebih menguntungkan daripada Bulan yang hanya “lebih menyamping”.

Bagi KHGT, DAZ tidak dijadikan kriteria utama karena kalender global memerlukan parameter yang sederhana. Namun pemahaman tentang DAZ memperkuat kesadaran bahwa kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  adalah penyederhanaan dari realitas yang lebih kompleks, bukan pengingkaran terhadap kompleksitas itu.



## C. Hubungan antara Elongasi, ARCV, dan DAZ

Elongasi, ARCV, dan DAZ saling berkaitan. Elongasi adalah jarak sudut total Bulan–Matahari. ARCV adalah komponen vertikal dari perbedaan posisi Bulan–Matahari. DAZ adalah komponen horizontalnya. Dalam geometri sederhana, jika DAZ kecil, maka elongasi lebih banyak muncul sebagai perbedaan tinggi; jika DAZ besar, maka elongasi lebih banyak muncul sebagai perbedaan arah horizontal.

Hubungan ini penting untuk visibilitas. Hilal yang memiliki elongasi  $8^\circ$  tetapi ARCV kecil dapat lebih sulit terlihat daripada hilal dengan elongasi sama tetapi ARCV lebih besar. Sebab, ARCV lebih langsung berkaitan dengan seberapa jauh Bulan berada dari horizon dan dari cahaya senja yang paling kuat.

Odeh menyatakan bahwa ARCL atau elongasi lebih baik daripada umur Bulan untuk menggambarkan kecerlangan sabit, tetapi tetap belum sempurna karena pada elongasi yang sama crescent width dapat berbeda. Ia kemudian memilih crescent width untuk aspek kecerlangan dan ARCV untuk aspek posisi terhadap horizon. Dengan demikian, model Odeh memisahkan dua persoalan: sabit harus cukup terang dan posisinya harus cukup baik.

KHGT mengambil prinsip yang sama, tetapi dalam bentuk kalender global yang lebih sederhana. **Elongasi  $8^\circ$**  mewakili aspek keterpisahan Bulan–Matahari dan perkembangan sabit. **Tinggi  $5^\circ$**  mewakili aspek posisi Bulan terhadap horizon. ARCV dan DAZ membantu menjelaskan mengapa tinggi perlu dipasangkan dengan elongasi.

## D. Mengapa ARCV Penting dalam Model Odeh?

Odeh memilih ARCV karena parameter ini menangkap pengaruh horizon dan cahaya senja secara lebih langsung daripada elongasi saja. Dalam pengamatan hilal, persoalan utamanya bukan hanya apakah sabit cukup tebal, tetapi juga apakah sabit berada cukup jauh dari horizon dan latar cahaya Matahari.

ARCV yang lebih besar biasanya membuat hilal lebih mudah terlihat karena Bulan berada lebih tinggi relatif terhadap Matahari. Setelah Matahari terbenam, daerah dekat horizon barat masih terang. Jika Bulan lebih tinggi, latar langit cenderung lebih gelap dan atmosfer yang dilalui cahaya Bulan lebih tipis. Ini meningkatkan peluang kontras.

Dalam Tabel V kriteria Odeh, ARCV dipakai bersama crescent width untuk membedakan zona visibilitas: terlihat mata telanjang, terlihat dengan bantuan optik dan mungkin mata telanjang, terlihat hanya dengan alat, atau tidak terlihat. Ini memperlihatkan bahwa ARCV bukan parameter tambahan kecil, tetapi salah satu sumbu utama dalam modelnya.

Bagi KHGT, pentingnya ARCV memberi alasan mengapa kriteria kalender global tidak cukup memakai elongasi saja. Jika hanya memakai elongasi, kalender mungkin mengabaikan posisi Bulan terhadap horizon. Karena itu, tinggi  $5^\circ$  menjadi syarat penting. Tinggi  $5^\circ$  memang bukan ARCV, tetapi ia menjalankan fungsi kalender yang sejenis: memastikan Bulan tidak terlalu rendah.

## E. Mengapa DAZ Penting dalam Kriteria Historis dan Modern?

DAZ penting karena ia memengaruhi hubungan antara elongasi dan tinggi. Banyak kriteria lama maupun modern memperhitungkan beda azimuth. Kriteria Maunder dan Indian, misalnya, memakai hubungan antara DAZ dan ARCV. Kriteria SAAO juga menggunakan DAZ dengan batas DALT tertentu. Odeh merangkum beberapa kriteria tersebut dalam artikelnya.

Logikanya sederhana: jika Bulan berada tepat di atas Matahari, maka untuk elongasi tertentu Bulan cenderung lebih tinggi. Jika Bulan berada jauh ke samping, maka untuk elongasi yang sama Bulan tidak setinggi itu. Karena visibilitas sangat dipengaruhi tinggi, maka DAZ menjadi penting.

DAZ juga memengaruhi kemudahan pencarian. Hilal yang terlalu dekat arah azimuth Matahari dapat tenggelam dalam cahaya senja yang kuat, tetapi jika terlalu menyamping tanpa cukup tinggi, ia tetap dapat berada rendah dan sulit terlihat. Maka, kombinasi DAZ dan tinggi perlu diperhatikan dalam prediksi lokal.

Namun dalam kalender global, memasukkan DAZ secara eksplisit dapat membuat kriteria terlalu kompleks untuk fungsi kalender. KHGT memilih tinggi dan elongasi sebagai dua parameter utama yang lebih mudah dihitung dan dikomunikasikan. DAZ tetap penting dalam analisis observasi lokal dan evaluasi model, tetapi bukan syarat utama KHGT.

## F. ARCV, DAZ, dan Kritik terhadap Parameter Tunggal

ARCV dan DAZ memperkuat kritik terhadap parameter tunggal. Umur Bulan, lag, tinggi, atau elongasi secara tunggal tidak cukup menjelaskan seluruh keadaan hilal. Visibilitas ditentukan oleh kombinasi banyak faktor. ARCV dan DAZ menunjukkan bahwa posisi relatif Bulan–Matahari memiliki struktur dua dimensi: vertikal dan horizontal.

Schaefer menunjukkan bahwa kriteria umur dan lag buruk, sementara kriteria altitude/azimuth lebih baik tetapi tetap tidak sempurna dibanding model teoretis modern. Ini menegaskan bahwa semakin banyak aspek fisik yang dimasukkan, prediksi dapat membaik, meskipun tidak semua kompleksitas cocok untuk kriteria kalender global.

Odeh juga menegaskan bahwa satu parameter tidak cukup. Ia menggunakan dua variabel utama untuk meningkatkan prediksi. Ini menjadi dasar kuat untuk menolak kriteria yang terlalu sederhana.

KHGT merespons kritik terhadap parameter tunggal dengan memakai dua parameter: tinggi dan elongasi. Kriteria ini memang tidak serumit model visibilitas penuh, tetapi sudah melampaui kelemahan parameter tunggal. Dengan demikian, KHGT mengambil posisi tengah antara kesederhanaan kalender dan kompleksitas ilmiah.

## G. ARCV dan Tinggi Hilal: Serupa tetapi Tidak Identik

ARCV dan tinggi hilal sering berkaitan, tetapi tidak identik. Tinggi hilal adalah posisi Bulan terhadap horizon. ARCV adalah beda tinggi Bulan dan Matahari. Pada saat Matahari terbenam, tinggi Matahari berada di sekitar horizon, sehingga ARCV dan tinggi Bulan dapat tampak berdekatan secara makna. Namun pada waktu terbaik pengamatan setelah Matahari terbenam, Matahari sudah berada di bawah horizon, sehingga ARCV tidak identik dengan tinggi Bulan.

Model Odeh menggunakan ARCV pada waktu terbaik pengamatan. Ini penting karena kondisi langit berubah cepat setelah Matahari terbenam. Saat langit makin gelap, Bulan juga makin rendah. Waktu terbaik adalah kompromi antara langit yang cukup gelap dan Bulan yang belum terlalu rendah. Odeh menyebut bahwa waktu terbaik dapat didekati dengan formula waktu Matahari terbenam ditambah  $4/9$  dari lag.

Dalam KHGT, tinggi  $5^\circ$  digunakan sebagai kriteria kalender yang lebih sederhana. Ia tidak menggantikan seluruh konsep ARCV, tetapi mengambil inti bahwa posisi vertikal Bulan harus cukup aman. Karena KHGT adalah kalender global, bukan model observasi lokal rinci, penyederhanaan ini dapat diterima selama basis argumentasinya jelas.

Dengan demikian, ARCV membantu memperkuat makna tinggi  $5^\circ$ . Ia menunjukkan bahwa dalam model modern, posisi vertikal adalah parameter utama. KHGT menerjemahkan pelajaran itu menjadi syarat tinggi geosentris.

## H. DAZ dan Keterbatasan Kriteria $5^\circ$ – $8^\circ$

Penting untuk bersikap jujur bahwa kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  tidak menangkap seluruh kompleksitas DAZ. Dua konfigurasi yang sama-sama memenuhi tinggi  $5^\circ$  dan elongasi  $8^\circ$  dapat memiliki DAZ berbeda. Dalam prediksi lokal, perbedaan ini dapat memengaruhi peluang visibilitas.

Namun kalender global tidak selalu memerlukan semua parameter lokal. Kriteria kalender adalah ambang operasional, bukan simulasi visibilitas rinci. Tujuannya adalah menetapkan syarat minimum yang stabil, bukan memprediksi dengan detail apakah hilal pasti terlihat di setiap tempat.

Keterbatasan ini tidak melemahkan KHGT jika dijelaskan dengan benar. KHGT tidak mengklaim bahwa  $5^\circ$ – $8^\circ$  adalah model visibilitas paling lengkap. KHGT mengklaim bahwa  $5^\circ$ – $8^\circ$  adalah kriteria kalender global yang berbasis pada dua parameter utama dan memiliki buffer dari limit ekstrem. Model lebih rinci seperti Odeh tetap dapat dipakai untuk analisis lokal, pendidikan, dan validasi.

Dengan demikian, DAZ menjadi pengingat bahwa kriteria KHGT adalah penyederhanaan sadar. Ia dipilih karena kalender membutuhkan kesederhanaan dan stabilitas, bukan karena DAZ tidak penting secara ilmiah.

## I. Relevansi ARCV dan DAZ bagi Kriteria 5°–8°

Meskipun tidak dijadikan syarat eksplisit dalam KHGT, ARCV dan DAZ relevan bagi pembelaan 5°–8° dalam beberapa hal.

Pertama, keduanya menunjukkan bahwa visibilitas hilal tidak cukup dipahami melalui umur Bulan atau lag. Posisi geometris Bulan–Matahari jauh lebih penting.

Kedua, ARCV memperkuat pentingnya tinggi. Jika model Odeh memakai ARCV sebagai variabel utama, maka KHGT yang memakai tinggi 5° memiliki dasar konseptual yang sejalan.

Ketiga, DAZ menjelaskan mengapa elongasi saja tidak cukup. Keterpisahan Bulan–Matahari harus dipahami bersama distribusi vertikal dan horizontalnya.

Keempat, ARCV dan DAZ memperlihatkan mengapa kriteria kalender harus dibedakan dari model observasi lokal. Kalender global membutuhkan penyederhanaan; observasi lokal membutuhkan parameter lebih rinci.

Kelima, keduanya membantu edukasi publik bahwa hilal sulit diprediksi karena posisi Bulan terhadap Matahari bukan sekadar “jauh” atau “dekat”, tetapi juga “tinggi” dan “menyamping”.

Dengan demikian, ARCV dan DAZ memperkaya dasar ilmiah KHGT meskipun tidak menjadi parameter utama dalam rumusan akhir.

## J. ARCV, DAZ, dan Prinsip Dua-Lapis Kriteria

Kriteria KHGT dapat dibaca sebagai kriteria dua-lapis. Lapis pertama adalah **ketebalan sabit**, yang diwakili oleh elongasi 8°. Lapis kedua adalah **keterpisahan dari horizon**, yang diwakili oleh tinggi 5°. ARCV dan DAZ membantu menjelaskan mengapa dua lapis ini diperlukan.

ARCV menunjukkan bahwa posisi vertikal Bulan sangat penting. Jika Bulan tidak cukup tinggi dari Matahari/horizon, hilal sulit terlihat walaupun elongasi mungkin cukup. DAZ menunjukkan bahwa elongasi dapat terbagi dalam komponen horizontal dan vertikal, sehingga tinggi tetap perlu menjadi syarat tersendiri.

Dalam model Odeh, dua aspek ini diwakili oleh crescent width dan ARCV. Dalam KHGT, dua aspek ini diwakili oleh elongasi dan tinggi. Perbedaananya terletak pada fungsi: Odeh untuk prediksi visibilitas lokal, KHGT untuk kriteria kalender global.

Dengan demikian, kriteria 5°–8° bukan sekadar dua angka berdampingan. Ia adalah struktur konseptual: sabit cukup berkembang dan posisi Bulan cukup aman. ARCV dan DAZ membantu memperjelas struktur ini.

## K. Implikasi bagi Pengamatan Lokal dan Validasi KHGT

Untuk pengamatan lokal, ARCV dan DAZ tetap sangat penting. Pengamat hilal sebaiknya tidak hanya mengetahui tinggi dan elongasi, tetapi juga beda azimuth, posisi relatif terhadap Matahari, waktu terbaik pengamatan, dan kondisi horizon. Parameter-parameter ini membantu menentukan ke mana harus melihat dan seberapa sulit pengamatan.

Dalam validasi KHGT, data lokal yang mencatat ARCV dan DAZ juga berharga. Jika suatu bulan memenuhi kriteria KHGT tetapi hilal gagal terlihat di banyak lokasi, analisis ARCV, DAZ, atmosfer, dan crescent width dapat membantu menjelaskan penyebabnya. Sebaliknya, jika hilal terlihat pada kondisi tertentu, parameter-parameter ini membantu memperkaya basis data.

Dengan demikian, KHGT tidak menyingkirkan parameter rinci. KHGT hanya tidak menjadikannya kriteria kalender utama. Dalam riset dan observasi, parameter rinci tetap diperlukan. Dalam kalender global, kriteria utama tetap  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ .

Pembedaan fungsi ini penting agar KHGT tetap ilmiah sekaligus praktis.

## L. Transisi ke Crescent Width

Subbab ini telah menjelaskan **arc of vision (ARCV)** dan **relative azimuth (DAZ)** sebagai parameter penting dalam visibilitas hilal. ARCV menunjukkan beda tinggi Bulan dan Matahari, sedangkan DAZ menunjukkan beda azimuth keduanya. Keduanya membantu menjelaskan mengapa elongasi saja tidak selalu cukup untuk memprediksi visibilitas lokal.

Bagi KHGT, ARCV dan DAZ memberi pelajaran bahwa kriteria kalender global harus memperhatikan dua aspek utama: sabit harus cukup berkembang dan posisinya tidak terlalu rendah. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  merupakan penyederhanaan global dari pelajaran tersebut. Elongasi  $8^{\circ}$  mewakili perkembangan sabit, sedangkan tinggi  $5^{\circ}$  mewakili posisi geometri dari horizon.

## 4.7 Crescent Width sebagai Representasi Kecerlangan Intrinsik Sabit

**Crescent width** atau **lebar sabit** adalah salah satu parameter paling bermakna dalam prediksi visibilitas hilal. Jika elongasi menggambarkan jarak sudut Bulan–Matahari, maka crescent width menggambarkan ukuran bagian terang Bulan yang benar-benar tampak sebagai sabit. Dengan kata lain, crescent width lebih dekat dengan pertanyaan fisik: **seberapa lebar bagian Bulan yang memantulkan cahaya Matahari ke arah Bumi?**

Parameter ini penting karena hilal muda bukan hanya harus berada pada posisi yang benar, tetapi juga harus memiliki cahaya yang cukup untuk dikenali. Sabit yang sangat tipis memantulkan cahaya sangat lemah. Dalam langit senja yang masih terang, cahaya lemah itu dapat tenggelam.

Karena itu, kecerlangan intrinsik sabit menjadi salah satu faktor utama dalam menentukan apakah hilal mungkin terlihat.

Odeh menempatkan crescent width pada posisi sangat penting dalam kriteria visibilitasnya. Ia menyatakan bahwa umur Bulan sangat buruk untuk menggambarkan kecerlangan intrinsik sabit. Elongasi atau ARCL lebih baik karena lebar sabit meningkat ketika Bulan menjauh dari Matahari. Namun, menurut Odeh, parameter terbaik untuk mewakili kecerlangan intrinsik sabit adalah **crescent width** itu sendiri, karena langsung menggambarkan lebar bagian terang Bulan.

Dalam kerangka Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT), crescent width memberi dasar konseptual penting bagi pemilihan elongasi geosentris  $8^\circ$ . Walaupun KHGT tidak memakai crescent width sebagai kriteria eksplisit, elongasi  $8^\circ$  dapat dipahami sebagai parameter kalender yang lebih sederhana untuk memastikan bahwa sabit telah cukup berkembang. Karena crescent width lebih rumit untuk dikomunikasikan dan memerlukan perhitungan lebih rinci, elongasi menjadi proksi yang lebih praktis bagi kalender global.

## A. Pengertian Crescent Width

Crescent width adalah lebar bagian Bulan yang diterangi Matahari dan tampak dari Bumi sebagai sabit. Biasanya, lebar ini dinyatakan dalam satuan menit busur atau detik busur. Semakin besar crescent width, semakin besar bagian terang Bulan yang dapat memantulkan cahaya ke arah pengamat.

Crescent width berbeda dari elongasi. Elongasi adalah jarak sudut antara Bulan dan Matahari. Crescent width adalah ukuran fisik-aparent dari sabit terang. Elongasi memang berkaitan dengan crescent width, tetapi hubungan keduanya tidak sempurna. Pada elongasi yang sama, crescent width dapat berbeda karena jarak Bulan dari Bumi berubah. Ketika Bulan lebih dekat ke Bumi, ukuran tampaknya lebih besar; ketika lebih jauh, ukuran tampaknya lebih kecil.

Odeh menjelaskan bahwa untuk elongasi yang sama, lebar sabit maksimum ketika Bulan berada dekat perigee dan minimum ketika Bulan berada dekat apogee. Karena itu, ia menilai crescent width lebih baik daripada elongasi jika tujuan utamanya adalah menggambarkan kecerlangan intrinsik sabit.

Dengan demikian, crescent width merupakan parameter yang lebih langsung daripada umur Bulan dan lebih fisik daripada sekadar lag. Ia menjelaskan sesuatu yang sangat mendasar: apakah sabit cukup lebar untuk menghasilkan cahaya yang dapat dideteksi.

## B. Crescent Width dan Kecerlangan Sabit

Visibilitas hilal sangat bergantung pada kecerlangan sabit. Kecerlangan ini tidak hanya ditentukan oleh posisi Bulan di langit, tetapi juga oleh seberapa besar bagian terang Bulan yang tampak. Sabit yang lebih lebar memantulkan lebih banyak cahaya. Sabit yang sangat sempit memantulkan cahaya sangat sedikit.

Pada hilal muda, masalah utama adalah rendahnya kontras. Latar langit senja masih terang, sementara sabit sangat redup. Agar hilal tampak, cahaya sabit harus cukup berbeda dari latar langit. Jika crescent width terlalu kecil, cahaya sabit tidak cukup kuat untuk dikenali, terutama dengan mata telanjang.

Karena itu, crescent width dapat disebut sebagai parameter kecerlangan intrinsik sabit. Ia tidak langsung menjelaskan seluruh visibilitas, karena atmosfer dan horizon juga berperan. Namun ia menjelaskan “daya cahaya” awal dari sabit itu sendiri.

Odeh menggunakan crescent width sebagai salah satu dari dua parameter utama dalam kriterianya. Parameter lainnya adalah ARCV, yang berkaitan dengan posisi Bulan terhadap horizon. Dengan demikian, model Odeh membedakan dua unsur besar: sabit harus cukup terang, dan posisinya harus cukup menguntungkan.

Bagi KHGT, pemahaman ini sangat penting. Elongasi  $8^\circ$  dipilih bukan hanya karena angka sudutnya, tetapi karena pada elongasi di atas  $8^\circ$  sabit telah melewati wilayah ekstrem yang terlalu tipis. Dengan kata lain, elongasi  $8^\circ$  adalah cara kalender global menyatakan bahwa crescent width sudah tidak berada pada zona paling rapuh.

## C. Mengapa Crescent Width Lebih Baik daripada Umur Bulan?

Umur Bulan adalah selang waktu sejak konjungsi. Meskipun populer, umur Bulan tidak langsung menggambarkan lebar sabit. Dua Bulan dengan umur sama dapat memiliki crescent width yang berbeda karena gerak Bulan tidak seragam, jarak Bulan dari Bumi berubah, dan geometri Bulan–Matahari berbeda.

Odeh secara tegas menyatakan bahwa umur Bulan sangat buruk dalam menggambarkan kecerlangan intrinsik sabit. Ia memberi alasan bahwa Bulan dengan umur tertentu dapat memiliki kecerlangan yang berbeda jika posisi geometrinya berbeda. Karena itu, umur tidak cukup untuk memprediksi visibilitas.

Schaefer juga menunjukkan kelemahan umur Bulan melalui pengujian algoritma. Data observasi memperlihatkan bahwa Bulan muda dapat terlihat, sedangkan Bulan yang lebih tua dapat gagal terlihat. Hal ini sejalan dengan kritik Odeh: umur hanya parameter waktu, bukan parameter optik.

Crescent width lebih baik karena langsung berkaitan dengan lebar sabit terang. Jika tujuan prediksi adalah mengetahui apakah sabit cukup terang, maka crescent width jauh lebih informatif daripada umur. Dengan kata lain, crescent width menjawab pertanyaan yang tepat, sedangkan umur Bulan hanya memberi petunjuk tidak langsung.

Dalam KHGT, umur Bulan tidak menjadi kriteria utama. Kriteria utama adalah elongasi dan tinggi. Elongasi tidak sekuat crescent width dalam model lokal, tetapi jauh lebih baik daripada umur sebagai parameter kalender global karena berkaitan langsung dengan pembentukan sabit.



## D. Mengapa Crescent Width Lebih Langsung daripada Elongasi?

Elongasi memang penting, tetapi crescent width lebih langsung dalam menggambarkan kecerlangan sabit. Elongasi menunjukkan jarak sudut Bulan–Matahari, sedangkan crescent width menunjukkan lebar bagian terang Bulan yang tampak. Dalam banyak kasus, elongasi yang lebih besar menghasilkan crescent width yang lebih besar. Namun hubungan itu dipengaruhi oleh jarak Bulan dari Bumi.

Odeh menjelaskan bahwa pada elongasi yang sama, crescent width dapat berbeda karena Bulan dapat berada di perigee atau apogee. Maka, crescent width lebih presisi untuk model visibilitas karena langsung menghitung efek yang ingin diketahui: lebar sabit.

Namun presisi bukan satu-satunya pertimbangan dalam kalender global. Kalender membutuhkan parameter yang tidak hanya ilmiah, tetapi juga sederhana, stabil, mudah dikomunikasikan, dan mudah dihitung secara luas. Crescent width lebih teknis daripada elongasi. Bagi masyarakat umum dan pembuat kalender, elongasi lebih mudah dipahami sebagai jarak Bulan–Matahari.

Karena itu, KHGT memakai elongasi  $8^\circ$  sebagai kriteria utama. Pilihan ini tidak berarti crescent width tidak penting. Justru crescent width menjelaskan mengapa elongasi penting. Elongasi menjadi proksi praktis bagi perkembangan sabit, sedangkan crescent width menjadi dasar fisik yang lebih dalam bagi hubungan tersebut.

## E. Crescent Width dalam Kriteria Odeh

Kriteria Odeh menggunakan dua variabel: **topocentric crescent width** dan **topocentric arc of vision**. Dalam Tabel V, Odeh membagi zona visibilitas berdasarkan nilai crescent width dan batas ARCV tertentu. Zona A menunjukkan hilal terlihat dengan mata telanjang; zona B menunjukkan hilal terlihat dengan bantuan optik dan mungkin juga mata telanjang; zona C menunjukkan hilal terlihat hanya dengan bantuan optik; sedangkan zona yang lebih rendah menunjukkan hilal tidak terlihat.

Struktur ini memperlihatkan bahwa crescent width memainkan peran sebagai sumbu kecerlangan sabit. Semakin besar crescent width, semakin rendah ARCV yang diperlukan untuk visibilitas tertentu. Artinya, jika sabit lebih lebar dan lebih terang, ia dapat terlihat meskipun posisinya tidak setinggi sabit yang lebih tipis. Sebaliknya, jika crescent width kecil, Bulan memerlukan posisi vertikal yang lebih menguntungkan agar dapat terlihat.

Logika ini sangat masuk akal. Sabit tipis membutuhkan bantuan kondisi lain: langit lebih gelap, posisi lebih tinggi, atmosfer lebih bersih, dan pengamat lebih terampil. Sabit yang lebih lebar lebih mudah terlihat karena cahayanya lebih kuat.

Bagi KHGT, model ini memberi pelajaran bahwa kriteria kalender harus memperhatikan dua dimensi. Elongasi  $8^\circ$  mewakili dimensi sabit; tinggi  $5^\circ$  mewakili dimensi posisi. Walaupun bukan

padanan langsung dari crescent width dan ARCV, pasangan  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  menyerap prinsip dasar Odeh dalam bentuk yang lebih sederhana.

## F. Crescent Width dan Limit Danjon

Limit Danjon berkaitan erat dengan crescent width. Pada elongasi yang sangat kecil, crescent width juga sangat kecil. Sabit terlalu tipis untuk menghasilkan cahaya yang cukup dan terlalu dekat dengan Matahari untuk memiliki kontras yang baik. Karena itu, limit visibilitas dapat dipahami sebagai batas di mana crescent width, kontras, dan posisi tidak lagi memungkinkan deteksi yang andal.

Odeh menyimpulkan limit Danjon sekitar  $6,4^{\circ}$  dari basis data 737 observasi. Angka ini menunjukkan batas optik ekstrem. Pada wilayah seperti itu, crescent width sangat kecil sehingga pengamatan sangat bergantung pada alat, atmosfer, dan pengalaman observer.

Data Odeh juga menunjukkan minimum elongasi mata telanjang sekitar  $7,7^{\circ}$ . Angka ini dapat dipahami sebagai batas di mana crescent width dan kondisi visual masih memungkinkan deteksi natural dalam kondisi sangat baik.

Kriteria KHGT  $8^{\circ}$  berada di atas kedua batas tersebut. Dengan demikian, ia memastikan bahwa crescent width tidak berada pada wilayah limit ekstrem. Ini penting bagi kalender global karena kalender tidak boleh berdiri pada kondisi sabit yang terlalu tipis dan terlalu rapuh.

## G. Mengapa KHGT Tidak Menggunakan Crescent Width sebagai Kriteria Utama?

Secara ilmiah, crescent width sangat kuat. Maka muncul pertanyaan: mengapa KHGT tidak langsung menggunakan crescent width sebagai kriteria utama? Jawabannya terletak pada perbedaan antara model visibilitas lokal dan kriteria kalender global.

Crescent width sangat baik untuk prediksi observasi lokal karena ia menggambarkan kecerlangan sabit secara langsung. Namun kalender global membutuhkan kriteria yang sederhana, komunikatif, dan mudah diterapkan. Elongasi lebih mudah dijelaskan kepada masyarakat sebagai jarak sudut Bulan–Matahari. Elongasi juga lebih mudah menjadi bahasa kebijakan kalender.

Selain itu, KHGT tidak bertujuan memprediksi visibilitas lokal secara rinci. KHGT bertujuan menetapkan ambang global yang stabil. Untuk tujuan ini, elongasi  $8^{\circ}$  cukup kuat sebagai parameter yang mewakili perkembangan sabit, terutama karena angka  $8^{\circ}$  didukung oleh rekam observasi modern:  $6,4^{\circ}$  sebagai batas optik dan  $7,7^{\circ}$  sebagai batas mata telanjang.

Dengan demikian, KHGT tidak menolak crescent width. Crescent width tetap penting dalam riset, validasi, dan model visibilitas lokal. Namun untuk kriteria global, elongasi  $8^{\circ}$  lebih praktis sebagai rumusan kalender.

## H. Crescent Width, Alat Optik, dan Mata Telanjang

Crescent width juga membantu menjelaskan perbedaan antara pengamatan optik dan mata telanjang. Sabit dengan crescent width sangat kecil mungkin tidak terlihat oleh mata telanjang, tetapi dapat terdeteksi dengan alat optik. Alat dapat memperbesar citra, mengumpulkan cahaya lebih banyak, dan membantu pengamat menemukan sabit yang sangat tipis.

Odeh membedakan batas minimum elongasi untuk pengamatan optik dan mata telanjang:  $6,4^\circ$  untuk optik dan  $7,7^\circ$  untuk mata telanjang. Perbedaan ini dapat dipahami melalui crescent width. Pada elongasi rendah, lebar sabit sangat kecil. Mata telanjang membutuhkan sabit yang lebih lebar dan kontras lebih baik, sedangkan alat dapat membantu mendeteksi sabit yang lebih tipis.

Dalam kalender global, perbedaan ini penting. Jika kriteria terlalu dekat dengan batas optik, kalender akan bergantung pada sabit yang terlalu tipis untuk pengalaman visual natural. Jika kriteria berada di atas batas mata telanjang, kalender lebih mudah dikaitkan dengan konsep hilal sebagai tanda visual.

Elongasi  $8^\circ$  berada di atas batas mata telanjang  $7,7^\circ$ . Karena itu, secara konseptual, KHGT tidak menggantung kalender pada crescent width yang hanya mungkin terdeteksi alat ekstrem. Kriteria ini lebih seimbang antara data optik dan tradisi visual hilal.

## I. Crescent Width dan Kebutuhan Dua Parameter

Crescent width hanya menjelaskan kecerlangan intrinsik sabit. Ia tidak menjelaskan posisi Bulan terhadap horizon. Sabit yang lebar tetap dapat sulit terlihat jika Bulan terlalu rendah, atmosfer buruk, atau cahaya senja terlalu kuat. Karena itu, crescent width harus dipasangkan dengan parameter posisi seperti ARCV atau tinggi.

Inilah alasan Odeh memakai crescent width bersama ARCV. Satu parameter menggambarkan cahaya sabit; parameter lain menggambarkan lingkungan pengamatan. Kombinasi keduanya jauh lebih kuat daripada masing-masing secara tunggal.

KHGT mengikuti prinsip serupa. Elongasi  $8^\circ$  mewakili perkembangan sabit, tetapi harus dipasangkan dengan tinggi  $5^\circ$ . Jika hanya ada elongasi, kriteria tidak cukup memperhatikan horizon. Jika hanya ada tinggi, kriteria tidak cukup memperhatikan ketebalan sabit. Dengan dua parameter, KHGT memperoleh struktur yang lebih lengkap.

Dengan demikian, crescent width memperkuat prinsip dasar kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$ : kalender global tidak boleh bergantung pada satu parameter tunggal. Ia harus memiliki syarat yang merepresentasikan sabit dan syarat yang merepresentasikan horizon.

## J. Crescent Width dan Edukasi Publik tentang Hilal

Walaupun crescent width bersifat teknis, konsep ini dapat membantu edukasi publik. Banyak orang memahami hilal hanya sebagai Bulan yang sudah berada di atas ufuk. Crescent width menjelaskan bahwa masalah utama bukan hanya posisi Bulan, tetapi juga ketebalan sabit.

Dalam bahasa sederhana, dapat dijelaskan bahwa hilal muda seperti garis cahaya yang sangat tipis. Jika garis itu terlalu tipis, cahayanya terlalu lemah dan sulit dibedakan dari langit senja. Semakin besar jarak Bulan dari Matahari, sabit menjadi lebih lebar. Karena itu, kalender tidak cukup menetapkan awal bulan ketika Bulan baru saja wujud; sabit harus cukup berkembang.

Penjelasan ini membantu masyarakat memahami mengapa elongasi  $8^\circ$  penting. Angka  $8^\circ$  bukan sekadar jarak sudut abstrak, tetapi tanda bahwa sabit telah cukup berkembang melewati batas ekstrem. Dengan demikian, crescent width memberi narasi fisik di balik angka  $8^\circ$ .

Dalam konteks KHGT, edukasi ini sangat penting. Kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  akan lebih mudah diterima jika masyarakat memahami bahwa  $8^\circ$  berkaitan dengan ketebalan sabit dan  $5^\circ$  berkaitan dengan posisi dari horizon.

## K. Implikasi Crescent Width bagi Pembelaan KHGT

Pembahasan crescent width memberi beberapa implikasi penting bagi pembelaan KHGT.

Pertama, kriteria kalender harus memperhatikan kecerlangan intrinsik sabit. Umur Bulan dan lag tidak cukup.

Kedua, elongasi lebih kuat daripada umur karena berhubungan dengan crescent width.

Ketiga, crescent width menjelaskan mengapa limit Danjon ada: pada elongasi rendah, sabit terlalu tipis dan redup.

Keempat, angka  $8^\circ$  dalam KHGT dapat dipahami sebagai ambang agar sabit tidak berada pada wilayah crescent width ekstrem yang terlalu kecil.

Kelima, crescent width memperkuat kebutuhan pasangan tinggi  $5^\circ$ , karena kecerlangan sabit saja tidak cukup tanpa posisi yang baik terhadap horizon.

Keenam, meskipun crescent width lebih presisi untuk model lokal, elongasi lebih praktis sebagai parameter kalender global.

Dengan demikian, crescent width tidak melemahkan kriteria KHGT yang memakai elongasi. Sebaliknya, ia memberi dasar fisik mengapa elongasi penting dan mengapa  $8^\circ$  adalah angka yang rasional.

## L. Transisi ke Parameter Tunggal dan Kebutuhan Kombinasi

Subbab ini telah menunjukkan bahwa crescent width adalah parameter yang sangat kuat untuk menggambarkan kecerlangan intrinsik sabit. Odeh memilihnya karena umur Bulan dan elongasi tidak sepenuhnya langsung menggambarkan lebar sabit. Namun untuk kalender global, elongasi tetap lebih praktis sebagai proksi perkembangan sabit, terutama ketika dipilih pada angka  $8^\circ$  yang berada di atas batas optik  $6,4^\circ$  dan batas mata telanjang  $7,7^\circ$ .

Crescent width juga menegaskan bahwa visibilitas hilal tidak dapat dijelaskan oleh satu parameter. Sabit harus cukup terang, tetapi juga harus berada pada posisi yang cukup baik terhadap horizon. Karena itu, kriteria kalender global yang kuat perlu memadukan parameter sabit dan parameter horizon. KHGT merumuskannya dalam bentuk tinggi hilal geosentris  $5^\circ$  dan elongasi geosentris  $8^\circ$ .

## 4.8 Mengapa Parameter Tunggal Tidak Cukup

Salah satu kesimpulan paling penting dalam kajian visibilitas hilal modern adalah bahwa **tidak ada satu parameter tunggal yang cukup andal untuk memprediksi kenampakan hilal**. Hilal adalah fenomena optik-astronomis yang dipengaruhi oleh banyak faktor sekaligus: geometri Bulan–Matahari, ketebalan sabit, tinggi Bulan dari horizon, beda azimut, cahaya senja, kondisi atmosfer, alat optik, pengalaman pengamat, dan fisiologi penglihatan manusia. Karena itu, kriteria yang hanya bertumpu pada satu parameter hampir selalu menyederhanakan persoalan secara berlebihan.

Parameter seperti umur Bulan, moonset lag, tinggi, elongasi, ARCV, DAZ, atau crescent width masing-masing memiliki nilai. Namun setiap parameter hanya menangkap sebagian aspek visibilitas. Umur Bulan hanya menangkap waktu sejak konjungsi. Lag hanya menangkap durasi Bulan berada di atas horizon setelah Matahari terbenam. Tinggi menangkap posisi terhadap horizon, tetapi tidak langsung menunjukkan ketebalan sabit. Elongasi menangkap keterpisahan Bulan–Matahari, tetapi tidak cukup menjelaskan posisi Bulan terhadap horizon. Crescent width menangkap lebar sabit, tetapi tidak cukup menjelaskan kondisi atmosfer dan tinggi Bulan. ARCV dan DAZ memperkaya geometri posisi, tetapi tetap belum menggambarkan seluruh kondisi fisik langit senja.

Odeh menegaskan secara eksplisit bahwa visibilitas hilal tidak dapat diprediksi secara andal hanya dengan satu parameter. Menurutnya, setidaknya diperlukan dua parameter: satu yang berkaitan dengan **kecerlangan intrinsik sabit**, dan satu yang berkaitan dengan **jarak Bulan dari horizon** atau kondisi pengamatan. Dalam kriterianya, Odeh menggunakan **topocentric crescent width** dan **topocentric arc of vision (ARCV)** sebagai dua variabel utama.

Kesimpulan ini sangat penting bagi Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT). Kriteria KHGT **tinggi hilal geosentris  $5^\circ$**  dan **elongasi geosentris  $8^\circ$**  dapat dipahami sebagai bentuk penyederhanaan kalender dari prinsip dua-parameter tersebut. Elongasi  $8^\circ$  mewakili

perkembangan sabit dan jarak Bulan dari Matahari; tinggi  $5^\circ$  mewakili posisi Bulan dari horizon. Keduanya tidak menggantikan seluruh model visibilitas lokal, tetapi keduanya memberikan kerangka minimal yang lebih kuat daripada parameter tunggal.

## A. Kelemahan Parameter Tunggal dalam Prediksi Hilal

Parameter tunggal lemah karena hilal tidak ditentukan oleh satu sebab. Jika kriteria hanya memakai umur Bulan, maka ia mengabaikan elongasi, tinggi, lebar sabit, dan atmosfer. Jika hanya memakai lag, maka ia mengabaikan ketebalan sabit dan posisi relatif Bulan–Matahari. Jika hanya memakai tinggi, maka ia mengabaikan apakah sabit sudah cukup terbentuk. Jika hanya memakai elongasi, maka ia mengabaikan apakah Bulan cukup tinggi dari horizon.

Schaefer menunjukkan kelemahan parameter sederhana ini melalui pengujian terhadap data observasi. Ia menggunakan 294 observasi individual dan 1490 laporan Moonwatch untuk menguji berbagai algoritma. Hasilnya, kriteria umur Bulan dan moonset lag tidak mampu memberikan prediksi yang andal, sementara model teoretis modern yang memperhitungkan faktor fisik dan fisiologis jauh lebih baik.

Masalah parameter tunggal dapat dirumuskan sebagai berikut: setiap parameter hanya menjawab satu pertanyaan, padahal visibilitas hilal membutuhkan jawaban atas beberapa pertanyaan sekaligus. Misalnya:

1. Apakah sabit sudah cukup tebal?
2. Apakah Bulan cukup jauh dari Matahari?
3. Apakah Bulan cukup tinggi dari horizon?
4. Apakah latar langit cukup gelap?
5. Apakah atmosfer cukup transparan?
6. Apakah pengamat atau alat mampu mendeteksinya?

Satu parameter tidak dapat menjawab semuanya. Karena itu, kriteria kalender yang baik minimal harus menangkap dua dimensi utama: **dimensi sabit** dan **dimensi horizon**.

Dalam KHGT, dimensi sabit ditangkap oleh elongasi  $8^\circ$ , sedangkan dimensi horizon ditangkap oleh tinggi  $5^\circ$ . Ini membuat kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  lebih kuat daripada kriteria tunggal seperti umur, lag, atau wujud di atas ufuk.

## B. Umur Bulan Tidak Cukup

Umur Bulan adalah contoh paling jelas dari parameter tunggal yang populer tetapi lemah. Umur Bulan hanya menunjukkan berapa lama waktu telah berlalu sejak konjungsi. Ia tidak menjelaskan seberapa besar elongasi Bulan, seberapa tinggi Bulan, seberapa lebar sabit, atau bagaimana kondisi atmosfer.

Schaefer menunjukkan bahwa kriteria umur Bulan merupakan prediktor buruk. Hilal yang sangat muda dapat terlihat, sedangkan Bulan yang jauh lebih tua dapat gagal terlihat. Odeh juga

menjelaskan bahwa umur Bulan sangat buruk dalam menggambarkan kecerlangan intrinsik sabit. Ia menilai bahwa elongasi lebih baik, dan crescent width lebih langsung lagi untuk mewakili lebar sabit.

Dengan demikian, umur Bulan hanya dapat dipakai sebagai informasi tambahan, bukan sebagai dasar kalender. Jika kalender global bertumpu pada umur Bulan, maka kalender akan kehilangan hubungan langsung dengan fisika hilal.

KHGT menghindari kelemahan ini dengan memakai elongasi dan tinggi. Elongasi lebih dekat dengan perkembangan sabit. Tinggi lebih dekat dengan kondisi horizon. Keduanya lebih bermakna daripada umur.

## C. Lag Tidak Cukup

Moonset lag juga merupakan parameter tunggal yang sering dipakai karena mudah dipahami. Lag menunjukkan berapa lama Bulan terbenam setelah Matahari. Namun lag hanya menyatakan durasi kesempatan pengamatan, bukan kualitas hilal.

Lag tidak menunjukkan apakah sabit cukup tebal. Lag tidak menunjukkan apakah Bulan cukup jauh dari Matahari. Lag tidak menunjukkan apakah Bulan berada pada posisi yang menguntungkan secara vertikal. Karena itu, lag dapat menyesatkan jika dipakai sebagai kriteria utama.

Schaefer menunjukkan bahwa kriteria moonset-lag tidak dapat memberikan prediksi global yang meyakinkan. Odeh juga menunjukkan bahwa kriteria lama seperti Babilonia memang memakai lag, tetapi perkembangan modern telah bergerak ke model yang lebih kompleks.

Dalam KHGT, lag tidak menjadi syarat utama. Ia dapat tetap dipakai sebagai metadata pengamatan atau untuk memperkirakan waktu terbaik rukyat, tetapi bukan sebagai kriteria kalender. Kalender global lebih membutuhkan parameter yang menyatakan keadaan fisik sabit dan posisi Bulan secara lebih langsung.

## D. Tinggi Saja Tidak Cukup

Tinggi hilal sangat penting karena berkaitan dengan horizon, atmosfer, dan cahaya senja. Namun tinggi saja tetap tidak cukup. Bulan yang cukup tinggi belum tentu memiliki sabit yang cukup tebal. Jika elongasi masih kecil, sabit dapat terlalu tipis untuk terlihat meskipun Bulan relatif tinggi.

Kriteria yang hanya memakai tinggi berisiko mengabaikan Limit Danjon. Hilal bukan hanya persoalan “seberapa tinggi Bulan”, tetapi juga “apakah sabitnya sudah terbentuk”. Jika Bulan tinggi tetapi jarak sudutnya dari Matahari masih terlalu kecil, hilal tetap sulit atau tidak mungkin terlihat.



Karena itu, tinggi harus dipasangkan dengan parameter yang menggambarkan perkembangan sabit. Dalam KHGT, pasangan itu adalah elongasi  $8^\circ$ . Tinggi  $5^\circ$  mengatasi problem horizon, sedangkan elongasi  $8^\circ$  mengatasi problem ketebalan sabit.

Dengan demikian, tinggi  $5^\circ$  tidak berdiri sendiri. Ia memperoleh kekuatan justru karena menjadi bagian dari pasangan kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$ .

## E. Elongasi Saja Tidak Cukup

Elongasi lebih kuat daripada umur dan lag karena berkaitan langsung dengan keterpisahan Bulan–Matahari dan ketebalan sabit. Namun elongasi saja juga tidak cukup. Bulan dengan elongasi cukup dapat tetap sulit terlihat jika terlalu rendah, jika atmosfer buruk, atau jika cahaya senja terlalu terang.

Odeh menegaskan bahwa elongasi atau ARCL lebih baik daripada umur untuk menggambarkan kecerlangan sabit, tetapi ia tidak cukup sempurna karena untuk elongasi yang sama, crescent width dapat berbeda tergantung jarak Bulan dari Bumi. Ia kemudian memilih crescent width sebagai parameter yang lebih langsung untuk kecerlangan sabit, dan ARCV sebagai parameter posisi terhadap horizon.

Dalam konteks kalender global, elongasi  $8^\circ$  sangat kuat karena berada di atas limit optik  $6,4^\circ$  dan batas mata telanjang  $7,7^\circ$ . Namun angka  $8^\circ$  tetap harus dipasangkan dengan tinggi  $5^\circ$ . Tanpa tinggi, kriteria tidak cukup melindungi kalender dari kondisi Bulan yang terlalu rendah.

Jadi, elongasi adalah parameter utama untuk sabit, tetapi bukan satu-satunya syarat. KHGT memahami hal ini melalui kombinasi  $5^\circ$ – $8^\circ$ .

## F. Crescent Width Saja Tidak Cukup

Crescent width adalah parameter yang sangat kuat untuk menggambarkan kecerlangan intrinsik sabit. Namun crescent width saja tidak cukup karena tidak menjelaskan posisi Bulan terhadap horizon. Sabit yang cukup lebar tetap dapat gagal terlihat jika Bulan terlalu rendah atau atmosfer buruk.

Inilah alasan Odeh tidak memakai crescent width sendirian. Ia memasangkannya dengan ARCV. Dalam Tabel V kriterianya, visibilitas ditentukan oleh hubungan antara crescent width dan ARCV. Artinya, sabit yang lebar dapat lebih mudah terlihat pada ARCV lebih rendah, sedangkan sabit yang tipis memerlukan ARCV lebih tinggi.

Pelajaran ini sangat penting bagi KHGT. Kalender global tidak boleh hanya menilai ketebalan sabit. Ia juga harus menilai posisi Bulan. Karena itu, elongasi  $8^\circ$  harus dipasangkan dengan tinggi  $5^\circ$ .

Dengan kata lain, crescent width mengajarkan bahwa sabit harus cukup terang, sedangkan ARCV atau tinggi mengajarkan bahwa posisi harus cukup mendukung. KHGT menyerap pelajaran ini dalam bentuk yang lebih sederhana.

## G. ARCV dan DAZ Saja Tidak Cukup sebagai Kriteria Global

ARCV dan DAZ sangat berguna dalam prediksi lokal. ARCV menunjukkan beda tinggi Bulan dan Matahari; DAZ menunjukkan beda azimuth. Keduanya membantu menjelaskan mengapa dua hilal dengan elongasi sama dapat memiliki peluang visibilitas berbeda.

Namun menjadikan ARCV dan DAZ sebagai kriteria kalender global memiliki tantangan. Parameter ini lebih dekat dengan kondisi toposentris dan observasi lokal. Kalender global membutuhkan rumusan yang lebih sederhana, seragam, dan mudah diterapkan. Jika semua parameter lokal dimasukkan, kalender menjadi terlalu kompleks dan dapat kembali terikat pada lokasi.

Oleh sebab itu, KHGT tidak menjadikan ARCV dan DAZ sebagai syarat eksplisit. Namun KHGT mengambil pelajaran dari keduanya. ARCV menegaskan pentingnya posisi vertikal; ini diterjemahkan menjadi tinggi  $5^\circ$ . DAZ menegaskan bahwa elongasi harus dibaca bersama posisi; ini memperkuat perlunya kombinasi tinggi dan elongasi.

Dengan demikian, KHGT tidak mengabaikan ARCV dan DAZ, tetapi menempatkannya sebagai parameter analisis lokal, bukan kriteria kalender global utama.

## H. Prinsip Dua Dimensi: Sabit dan Horizon

Dari seluruh pembahasan parameter, dapat disimpulkan bahwa visibilitas hilal minimal membutuhkan dua dimensi:

1. **Dimensi sabit**, yaitu apakah bagian terang Bulan cukup terbentuk dan cukup terang.
2. **Dimensi horizon**, yaitu apakah posisi Bulan cukup tinggi dan cukup jauh dari gangguan atmosfer serta cahaya senja.

Dimensi sabit dapat diwakili oleh elongasi atau crescent width. Dimensi horizon dapat diwakili oleh tinggi atau ARCV. Model Odeh memakai crescent width dan ARCV. KHGT memakai elongasi dan tinggi.

Perbedaan ini muncul karena fungsi keduanya berbeda. Odeh membangun model visibilitas lokal; KHGT membangun kriteria kalender global. Model lokal membutuhkan presisi lebih tinggi. Kalender global membutuhkan stabilitas dan komunikasi yang lebih sederhana.

Namun struktur ilmiahnya sama: satu parameter saja tidak cukup. Harus ada syarat yang menyentuh sabit dan syarat yang menyentuh horizon.

Inilah inti pembelaan  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ . Angka  $8^{\circ}$  menjawab dimensi sabit. Angka  $5^{\circ}$  menjawab dimensi horizon. Keduanya bersama-sama membentuk ambang kalender yang lebih kuat daripada parameter tunggal.

## I. Kriteria $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ sebagai Penyederhanaan Ilmiah

Kriteria KHGT  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  harus dipahami sebagai **penyederhanaan ilmiah**, bukan penyederhanaan sembarangan. Penyederhanaan ilmiah berarti mengurangi kompleksitas tanpa kehilangan unsur paling penting. Kalender global tidak mungkin memakai seluruh kompleksitas model observasi lokal setiap bulan sebagai bahasa publik dan aturan global. Namun kalender juga tidak boleh terlalu sederhana hingga kehilangan dasar fisik.

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  menjaga keseimbangan ini. Ia tidak serumit model Odeh, tetapi lebih kuat daripada umur, lag, atau wujud di atas ufuk. Ia memakai dua parameter yang mudah dihitung dan mudah dijelaskan, tetapi tetap terkait dengan dua aspek utama visibilitas.

Elongasi  $8^{\circ}$  memiliki dasar pada rekam batas modern:  $6,4^{\circ}$  untuk optik dan  $7,7^{\circ}$  untuk mata telanjang. Tinggi  $5^{\circ}$  memiliki dasar pada kebutuhan menjauhi horizon yang penuh gangguan atmosfer. Dengan demikian, kriteria ini bukan angka administratif kosong, tetapi hasil sintesis antara data observasi dan kebutuhan kalender.

Sebagai penyederhanaan ilmiah,  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  juga tetap terbuka untuk evaluasi. Jika di masa depan basis data observasi global berkembang jauh lebih besar dan menunjukkan pola baru yang kuat, kriteria dapat ditinjau. Namun peninjauan harus berbasis data luas, bukan klaim tunggal.

## J. Parameter Tunggal dan Risiko Kalender Global

Menggunakan parameter tunggal dalam kalender global membawa beberapa risiko.

Pertama, risiko **terlalu optimistis**. Jika parameter tunggal dipilih terlalu rendah, kalender dapat menetapkan awal bulan pada kondisi yang sangat sulit atau tidak realistis.

Kedua, risiko **terlalu konservatif**. Jika parameter tunggal dipilih terlalu tinggi untuk menutupi kelemahannya, kalender dapat menunda awal bulan secara tidak perlu.

Ketiga, risiko **salah komunikasi**. Masyarakat dapat mengira satu angka sudah menjelaskan seluruh visibilitas, padahal tidak.

Keempat, risiko **ketidakstabilan**. Jika parameter tunggal terlalu dekat dengan limit ekstrem, laporan baru dapat terus memicu perdebatan.

Kelima, risiko **terputus dari data fisik**. Parameter seperti umur atau lag mudah dihitung, tetapi tidak cukup menjelaskan sabit.

KHGT menghindari risiko ini dengan kombinasi tinggi dan elongasi. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  tidak sempurna sebagai model prediksi lokal, tetapi jauh lebih kuat sebagai kriteria kalender global dibanding parameter tunggal.

## K. Implikasi bagi KHGT

Kesimpulan bahwa parameter tunggal tidak cukup memberi implikasi langsung bagi KHGT.

Pertama, KHGT harus terus menegaskan bahwa kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  adalah **kriteria gabungan**, bukan dua angka yang dapat dipisahkan. Elongasi  $8^{\circ}$  tanpa tinggi  $5^{\circ}$  tidak cukup; tinggi  $5^{\circ}$  tanpa elongasi  $8^{\circ}$  juga tidak cukup.

Kedua, KHGT harus menjelaskan bahwa kriteria ini berbeda dari model visibilitas lokal. Model lokal dapat memakai ARCV, DAZ, crescent width, atmosfer, dan instrumen. KHGT memakai kriteria global yang lebih sederhana.

Ketiga, KHGT harus menunjukkan bahwa dua parameter ini memiliki dasar observasional. Elongasi  $8^{\circ}$  didukung oleh data limit modern. Tinggi  $5^{\circ}$  didukung oleh problem horizon dan kebutuhan menjauhi wilayah atmosferik rendah.

Keempat, KHGT harus tetap terbuka terhadap validasi observasi. Kriteria kalender global tidak meniadakan observasi; observasi tetap menjadi data evaluasi.

Dengan demikian, kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  menjadi bentuk kompromi ilmiah yang rasional: cukup sederhana untuk kalender, cukup kuat untuk dipertanggungjawabkan.

## Simpulan Bab 4

Bab ini telah membahas parameter-parameter utama dalam prediksi visibilitas hilal: umur Bulan, moonset lag, tinggi hilal, elongasi atau arc of light, arc of vision, relative azimuth, dan crescent width. Setiap parameter memiliki fungsi, tetapi tidak semua memiliki kekuatan yang sama sebagai dasar kriteria kalender.

Umur Bulan populer karena sederhana, tetapi lemah karena tidak langsung menggambarkan ketebalan sabit, tinggi Bulan, elongasi, atau kondisi atmosfer. Schaefer menunjukkan bahwa umur Bulan merupakan prediktor buruk, sedangkan Odeh menegaskan bahwa umur Bulan sangat lemah dalam menggambarkan kecerlangan intrinsik sabit.

Moonset lag juga sederhana, tetapi tidak cukup andal. Lag hanya menunjukkan durasi Bulan berada di atas horizon setelah Matahari terbenam. Ia tidak menjelaskan apakah sabit cukup tebal, cukup jauh dari Matahari, dan cukup tinggi dari horizon.

Tinggi hilal penting karena berkaitan dengan horizon, atmosfer, dan cahaya senja. Namun tinggi saja tidak cukup karena tidak menjelaskan ketebalan sabit. Elongasi penting karena berkaitan dengan keterpisahan Bulan–Matahari dan perkembangan sabit. Namun elongasi saja tidak cukup karena tidak menjelaskan kondisi horizon. Crescent width lebih langsung menggambarkan kecerlangan intrinsik sabit, tetapi tetap harus dipasangkan dengan parameter posisi seperti ARCV. ARCV dan DAZ memperkaya prediksi lokal, tetapi terlalu rinci untuk dijadikan rumusan utama kalender global.

Kesimpulan utama Bab 4 adalah bahwa **parameter tunggal tidak cukup**. Visibilitas hilal memerlukan minimal dua dimensi: dimensi sabit dan dimensi horizon. Kriteria KHGT **elongasi geosentris  $8^\circ$**  dan **tinggi hilal geosentris  $5^\circ$**  dapat dipahami sebagai penyederhanaan kalender-global dari prinsip tersebut. Elongasi  $8^\circ$  mewakili perkembangan sabit dan memiliki dasar pada batas observasi modern  $6,4^\circ$  optik serta  $7,7^\circ$  mata telanjang. Tinggi  $5^\circ$  mewakili posisi Bulan dari horizon dan memberi buffer terhadap gangguan atmosfer.

Dengan demikian, Bab 4 memperkuat landasan konseptual bahwa kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  bukan sekadar angka kompromi, melainkan kriteria gabungan yang lebih kuat daripada umur, lag, atau parameter tunggal lainnya.

---

## Daftar Pustaka Bab 4

Caldwell, J. A. R., & Laney, C. D. (2000). *First visibility of the lunar crescent*. *African Skies*, 5, 15–23. Data bibliografis perlu diverifikasi ulang sebelum naskah final.

Doggett, L. E., & Schaefer, B. E. (1994). Lunar crescent visibility. *Icarus*, 107(2), 388–403. Data bibliografis perlu diverifikasi ulang sebelum naskah final.

Odeh, M. Sh. (2006). New criterion for lunar crescent visibility. *Experimental Astronomy*, 18, 39–64.

Schaefer, B. E. (1996). Lunar crescent visibility. *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, 37, 759–768.

Yallop, B. D. (1997). *A method for predicting the first sighting of the new crescent moon* (NAO Technical Note No. 69). Royal Greenwich Observatory.

# BAB 5 — Dari Visibilitas Lokal ke Kriteria Kalender Global: Problem Geosentris dan Toposentris

## 5.1 Definisi Geosentris dan Toposentris dalam Hisab Hilal

Pembahasan kriteria Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) tidak dapat dilepaskan dari pembedaan antara **geosentris** dan **toposentris**. Dua istilah ini sering muncul dalam hisab hilal, tetapi tidak selalu dipahami secara tepat. Padahal, banyak perdebatan kriteria awal bulan sebenarnya berakar pada ketidakjelasan titik acuan perhitungan: apakah posisi Bulan dihitung dari **pusat Bumi** atau dari **lokasi pengamat di permukaan Bumi**.

Secara sederhana, **geosentris** berarti berpusat pada Bumi, tepatnya pusat massa Bumi. Dalam perhitungan geosentris, posisi Bulan dan Matahari ditentukan sebagaimana terlihat dari pusat Bumi. Sementara itu, **toposentris** berarti berpusat pada tempat pengamat. Dalam perhitungan toposentris, posisi Bulan dan Matahari ditentukan sebagaimana terlihat oleh pengamat dari lokasi tertentu di permukaan Bumi, dengan lintang, bujur, elevasi, horizon, dan kondisi atmosfer tertentu.

Pembedaan ini sangat penting karena Bulan adalah benda langit yang relatif dekat dengan Bumi. Akibatnya, posisi Bulan tampak sedikit berbeda jika dilihat dari pusat Bumi dan dari permukaan Bumi. Perbedaan ini disebut **paralaks**. Untuk Matahari, paralaks relatif kecil karena jaraknya sangat jauh. Tetapi untuk Bulan, paralaks cukup signifikan sehingga tinggi, azimut, dan posisi tampak Bulan dapat berubah menurut lokasi pengamat.

Dalam dokumen dasar buku ini, elongasi geosentris dijelaskan sebagai jarak sudut antara pusat piringan Bulan dan pusat piringan Matahari dengan titik acuan pusat Bumi. Parameter ini dipandang lebih mutlak karena tidak dipengaruhi oleh paralaks lokasi pengamat. Sebaliknya, tinggi hilal toposentris dihitung dari sudut pandang pengamat di permukaan Bumi dan dipengaruhi oleh letak geografis, ketinggian tempat, kelengkungan Bumi, serta refraksi atmosfer.

Dalam konteks KHGT, pembedaan geosentris dan toposentris bukan sekadar persoalan teknis. Ia menyentuh dasar epistemologis kalender global. Jika tujuan utama adalah **prediksi rukyat lokal**, parameter toposentris sangat penting. Tetapi jika tujuan utama adalah **penetapan kalender global yang seragam**, parameter geosentris memiliki keunggulan karena lebih stabil, lebih universal, dan tidak berubah-ubah mengikuti lokasi pengamat. Inilah alasan mengapa kriteria KHGT **tinggi hilal geosentris 5°** dan **elongasi geosentris 8°** perlu dibahas secara khusus.

## A. Makna Geosentris dalam Hisab Hilal

Geosentris berasal dari kata *geo* yang berarti Bumi dan *centric* yang berarti berpusat. Dalam hisab hilal, geosentris berarti posisi benda langit dihitung dari pusat Bumi. Seolah-olah pengamat berada di pusat Bumi dan melihat posisi Bulan serta Matahari dari titik tersebut.

Dalam astronomi modern, banyak data dasar ephemeris dinyatakan dalam sistem geosentris atau barysentris sebelum dikonversi ke sistem pengamat lokal. Posisi geosentris berguna karena memberi kerangka acuan bersama. Semua pengamat di Bumi dapat merujuk pada konfigurasi yang sama: di mana Bulan terhadap Matahari jika dilihat dari pusat Bumi.

Elongasi geosentris sangat penting karena menggambarkan konfigurasi fisik Bulan–Matahari secara global. Ia menjawab pertanyaan: **berapa jarak sudut Bulan dari Matahari dalam sistem pusat Bumi?** Karena elongasi berkaitan dengan fase iluminasi dan pembentukan sabit, nilai geosentrisnya memberi ukuran yang relatif stabil tentang perkembangan sabit.

Dalam kerangka KHGT, elongasi geosentris  $8^\circ$  berarti Bulan telah terpisah minimal  $8^\circ$  dari Matahari dalam konfigurasi pusat Bumi. Angka ini tidak bergantung pada horizon lokal, cuaca, elevasi pengamat, atau keadaan atmosfer. Oleh karena itu, ia cocok sebagai parameter kalender global.

Geosentris juga penting untuk menghindari ketidakseragaman. Jika elongasi dihitung secara toposentris dari berbagai lokasi, nilainya dapat sedikit berbeda. Perbedaan kecil mungkin tidak terlalu besar dalam banyak kasus, tetapi dalam kalender global, definisi harus dibuat sejelas mungkin agar tidak menimbulkan interpretasi berbeda. Dengan menetapkan elongasi geosentris, KHGT memiliki parameter yang tegas dan seragam.

## B. Makna Toposentris dalam Hisab Hilal

Toposentris berasal dari kata *topos* yang berarti tempat. Dalam hisab hilal, toposentris berarti posisi benda langit dihitung dari lokasi pengamat di permukaan Bumi. Lokasi ini dinyatakan dengan lintang, bujur, elevasi, dan kadang-kadang juga memperhitungkan tekanan udara, suhu, serta refraksi atmosfer.

Toposentris sangat penting untuk observasi. Seorang pengamat tidak melihat Bulan dari pusat Bumi, tetapi dari tempat tertentu. Karena itu, untuk menjawab pertanyaan apakah hilal dapat terlihat dari Semarang, Makkah, Tokyo, Santiago, atau Wellington, perhitungan toposentris diperlukan.

Tinggi Bulan toposentris menunjukkan berapa derajat Bulan berada di atas horizon lokal pengamat. Azimut toposentris menunjukkan arah Bulan di sepanjang horizon pengamat. Parameter seperti ARCV, DAZ, lag lokal, dan waktu terbaik pengamatan juga bersifat toposentris atau sangat terkait dengan lokasi.



Dalam dokumen dasar buku ini, tinggi hilal toposentris dipahami sebagai parameter yang dipengaruhi oleh letak geografis, ketinggian tempat, kelengkungan Bumi, dan refraksi atmosfer. Ini berarti tinggi toposentris sangat operasional untuk rukyat, tetapi juga sangat lokal.

Jika tujuan kita adalah memandu pengamat di satu lokasi, maka toposentris tidak dapat dihindari. Pengamat perlu tahu tinggi Bulan yang tampak dari tempatnya, berapa azimutnya, kapan waktu terbaiknya, dan apakah Bulan cukup jauh dari Matahari di langit lokal. Tetapi jika tujuan kita adalah menyusun kalender global, parameter toposentris yang berubah menurut lokasi tidak boleh langsung dijadikan dasar tunggal tanpa kerangka global yang jelas.

## C. Paralaks Bulan dan Perbedaan Geosentris–Toposentris

Perbedaan geosentris dan toposentris terutama muncul karena **paralaks**. Paralaks adalah perubahan posisi tampak suatu benda akibat perubahan titik pengamat. Karena Bulan relatif dekat dengan Bumi, posisi tampaknya berubah jika dilihat dari lokasi berbeda di permukaan Bumi.

Bayangkan seseorang melihat benda dekat dengan latar belakang jauh. Jika ia bergeser ke kanan atau kiri, benda dekat itu tampak bergeser terhadap latar belakang. Prinsip yang sama berlaku pada Bulan. Karena pengamat berada di permukaan Bumi, bukan di pusat Bumi, posisi tampak Bulan berbeda dari posisi geosentrisnya.

Paralaks Bulan memengaruhi tinggi dan azimut tampak Bulan. Di satu lokasi, Bulan dapat tampak sedikit lebih tinggi atau lebih rendah dibanding nilai geosentris tertentu. Perubahan ini cukup penting dalam rukyat karena hilal awal bulan sering berada dekat horizon. Perbedaan kurang dari satu derajat pun dapat bermakna ketika Bulan berada pada batas visibilitas.

Matahari juga mengalami paralaks, tetapi jauh lebih kecil karena jaraknya sangat jauh. Karena itu, dalam banyak perhitungan, pengaruh paralaks Matahari jauh lebih kecil daripada paralaks Bulan.

Dalam kalender global, paralaks menjadi alasan mengapa parameter harus didefinisikan secara tegas. Jika suatu kriteria menyebut tinggi atau elongasi tanpa menjelaskan apakah geosentris atau toposentris, maka interpretasi dapat berbeda. KHGT menghindari ketidakjelasan ini dengan menegaskan kriteria geosentris.

## D. Geosentris sebagai Bahasa Konfigurasi Global

Geosentris dapat dipahami sebagai bahasa konfigurasi global. Ia menggambarkan keadaan sistem Bulan–Bumi–Matahari tanpa terikat pada satu horizon lokal. Untuk kalender global, bahasa seperti ini sangat penting.

Kalender global tidak bertanya: “apakah hilal terlihat dari satu kota tertentu?” Pertanyaan itu adalah pertanyaan observasi lokal. Kalender global bertanya: “apakah konfigurasi Bulan–Matahari sudah memenuhi syarat untuk pergantian bulan secara global?” Pertanyaan kedua memerlukan parameter yang tidak berubah-ubah menurut lokasi pengamat.

Elongasi geosentris sangat sesuai untuk fungsi ini. Ia menggambarkan jarak sudut Bulan–Matahari yang berkaitan dengan fase dan ketebalan sabit. Dokumen dasar buku ini menegaskan bahwa elongasi geosentris lebih mutlak dan tidak dipengaruhi lokasi pengamat.

Tinggi geosentris dalam KHGT juga dapat dipahami sebagai batas konfigurasi global. Memang, tinggi biasanya lebih sering dibicarakan secara toposentris dalam observasi. Namun dalam sistem kalender global, tinggi geosentris  $5^\circ$  berfungsi sebagai indikator bahwa Bulan tidak berada dalam konfigurasi yang terlalu rendah secara global.

Dengan demikian, geosentris adalah bahasa kalender. Ia memberi stabilitas, keseragaman, dan kejelasan definisi.

## E. Toposentris sebagai Bahasa Observasi Lokal

Jika geosentris adalah bahasa kalender global, maka toposentris adalah bahasa observasi lokal. Rukyat selalu terjadi dari suatu tempat. Pengamat berhadapan dengan horizon lokal, atmosfer lokal, cuaca lokal, dan alat lokal. Karena itu, untuk observasi, toposentris tidak dapat digantikan oleh geosentris.

Model visibilitas seperti Odeh menggunakan parameter toposentris. Odeh memakai **topocentric arc of vision** dan **topocentric crescent width** karena tujuannya adalah memprediksi visibilitas hilal dari lokasi pengamat. Ini sangat tepat untuk fungsi model lokal.

Dalam observasi lokal, pengamat perlu mengetahui:

1. tinggi Bulan toposentris;
2. azimut Bulan toposentris;
3. beda azimut Bulan–Matahari;
4. ARCV;
5. lag lokal;
6. waktu terbaik pengamatan;
7. kondisi horizon;
8. refraksi dan atmosfer.

Parameter-parameter ini tidak boleh diabaikan jika tujuan kita adalah melihat hilal. Namun kalender global memiliki tujuan berbeda. KHGT tidak meniadakan toposentris, tetapi menempatkannya sebagai alat validasi dan panduan observasi, bukan sebagai kriteria utama kalender global.

Pembedaan ini membantu menghindari kesalahpahaman. KHGT bukan menolak observasi lokal. KHGT hanya membedakan antara **parameter untuk melihat** dan **parameter untuk menetapkan kalender global**.

## F. Mengapa Pembedaan Ini Sering Menimbulkan Perdebatan?

Perdebatan sering muncul karena istilah yang sama dipakai dalam konteks berbeda. Misalnya, istilah “tinggi hilal” dapat berarti tinggi toposentris pusat Bulan dari horizon lokal, tinggi tepi bawah Bulan dengan refraksi, tinggi geosentris, atau tinggi pada waktu tertentu. Jika tidak dijelaskan, satu pihak dapat mengkritik pihak lain dengan asumsi definisi berbeda.

Begitu juga dengan elongasi. Elongasi dapat dihitung geosentris atau toposentris. Dalam sebagian konteks, perbedaannya mungkin kecil, tetapi dalam kriteria formal, definisi tetap harus jelas. Kalender tidak boleh memakai istilah ambigu.

KHGT harus menghindari ambiguitas ini. Jika disebut kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ , maka harus dijelaskan bahwa yang dimaksud adalah **tinggi hilal geosentris minimal  $5^{\circ}$**  dan **elongasi geosentris minimal  $8^{\circ}$** . Dengan definisi ini, perdebatan dapat diarahkan pada substansi: apakah parameter geosentris tepat untuk kalender global, bukan pada kebingungan istilah.

Pembedaan ini juga membantu menjelaskan mengapa kriteria KHGT berbeda dari kriteria imkan rukyat lokal. Imkan rukyat lokal wajar memakai parameter toposentris karena tujuannya memprediksi peluang terlihat dari lokasi tertentu. KHGT memakai geosentris karena tujuannya kalender global.

Dengan demikian, klarifikasi geosentris–toposentris adalah syarat dasar sebelum memasuki perdebatan kriteria.

## G. Hubungan Geosentris–Toposentris dengan Kriteria $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dalam KHGT hanya dapat dipahami dengan benar jika pembedaan geosentris dan toposentris dijaga. Elongasi  $8^{\circ}$  geosentris menyatakan bahwa secara konfigurasi pusat Bumi, Bulan telah terpisah cukup jauh dari Matahari. Tinggi  $5^{\circ}$  geosentris menyatakan bahwa posisi Bulan telah melewati batas geometri minimum yang tidak terlalu rendah.

Jika angka-angka ini dibaca sebagai toposentris lokal, maknanya berubah. Tinggi toposentris  $5^{\circ}$  di satu lokasi tidak sama dengan tinggi toposentris di lokasi lain. Jika kalender global memakai toposentris, harus ditentukan lokasi rujukan. Ini dapat menimbulkan problem baru.

Dengan geosentris, KHGT menghindari ketergantungan pada lokasi rujukan tunggal. Parameter dihitung dari pusat Bumi sebagai acuan bersama. Ini memberi kalender global dasar yang lebih universal.

Namun perlu ditekankan: kriteria geosentris tidak berarti hilal pasti terlihat di semua tempat. Jika suatu bulan memenuhi  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  geosentris, observasi lokal tetap dapat gagal karena atmosfer, horizon, atau posisi toposentris lokal. Tetapi kegagalan lokal tidak otomatis membatalkan kalender global, karena KHGT memakai kriteria sistemik, bukan laporan lokal.

## H. Relasi dengan Data Observasi Modern

Sekilas, penggunaan geosentris dalam KHGT tampak berbeda dari data observasi modern yang sering toposentris. Odeh, misalnya, menggunakan parameter toposentris. Apakah ini kontradiksi? Tidak. Perbedaannya adalah fungsi.

Data observasi modern digunakan untuk mengetahui batas-batas visibilitas. Data itu wajar dianalisis secara toposentris karena pengamatan terjadi dari lokasi tertentu. Dari data tersebut, kita belajar bahwa hilal sangat bergantung pada ketebalan sabit dan posisi terhadap horizon. Kita juga belajar bahwa limit optik sekitar  $6,4^\circ$  dan limit mata telanjang sekitar  $7,7^\circ$ .

KHGT kemudian mengambil pelajaran dari data itu dan merumuskannya dalam kriteria kalender global. Elongasi  $8^\circ$  geosentris dipilih karena berada di atas batas-batas ekstrem tersebut. Tinggi  $5^\circ$  geosentris dipilih sebagai batas geometri global terhadap problem horizon.

Dengan demikian, data toposentris observasional dan kriteria geosentris kalender tidak saling meniadakan. Data observasi memberi dasar empiris; geosentris memberi bentuk kalender global.

## I. Geosentris–Toposentris dan Prinsip Fungsi Ganda Rukyat

Dalam KHGT, rukyat memiliki fungsi penting, tetapi fungsinya perlu dibedakan. Pertama, rukyat berfungsi sebagai **data empiris** untuk membangun dan mengevaluasi kriteria. Kedua, rukyat berfungsi sebagai **edukasi astronomi** dan tradisi pengamatan. Ketiga, rukyat dapat menjadi **validasi ilmiah** terhadap model.

Namun rukyat lokal tidak harus menjadi pemutus kalender global setiap bulan. Jika kalender global selalu menunggu rukyat lokal, maka kalender kehilangan prediktabilitas. Di sisi lain, jika kalender global mengabaikan data rukyat, maka kalender kehilangan akar empiris. KHGT mengambil posisi tengah: kriteria kalender ditetapkan melalui hisab global, tetapi basis dan evaluasinya tetap menggunakan data rukyat.

Di sinilah geosentris dan toposentris bekerja bersama. Geosentris dipakai untuk keputusan kalender. Toposentris dipakai untuk observasi dan validasi. Keduanya bukan lawan, tetapi dua lapisan dalam sistem ilmu kalender.

Pembedaan ini sangat penting agar KHGT tidak dianggap sebagai penolakan terhadap rukyat. KHGT justru memerlukan rukyat yang lebih baik, lebih terstandar, dan lebih kaya metadata. Namun hasil rukyat dibaca sebagai data ilmiah, bukan satu-satunya pemutus lokal bulanan.

## J. Keunggulan Definisi yang Tegas dalam Kalender Global

Kalender global membutuhkan definisi yang tegas. Jika kriteria tidak didefinisikan secara presisi, maka implementasi dapat berbeda antarperangkat lunak, lembaga, atau negara. Perbedaan kecil dalam definisi dapat menghasilkan keputusan berbeda pada kasus batas.

Dengan menyatakan kriteria secara geosentris, KHGT memperoleh beberapa keunggulan:

1. **Keseragaman acuan:** semua perhitungan merujuk pada pusat Bumi.
2. **Pengurangan lokalitas:** kalender tidak terikat pada satu horizon lokal.
3. **Kemudahan verifikasi:** nilai dapat dihitung ulang secara independen.
4. **Kestabilan jangka panjang:** kriteria tidak berubah oleh kondisi cuaca atau lokasi pengamat.
5. **Komunikasi global:** lembaga di berbagai negara dapat memakai definisi yang sama.

Keunggulan ini penting untuk membangun kalender yang dapat diterima internasional. KHGT tidak hanya memerlukan angka, tetapi juga definisi angka yang tidak ambigu. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  geosentris memenuhi kebutuhan itu.

## K. Implikasi bagi Bab-Bab Berikutnya

Subbab ini menjadi dasar penting bagi seluruh Bab 5. Setelah memahami definisi geosentris dan toposentris, pembahasan berikutnya dapat menjelaskan mengapa elongasi lebih tepat ditetapkan secara geosentris, mengapa tinggi toposentris tetap penting bagi observasi lokal, dan mengapa tinggi geosentris dapat dipakai sebagai syarat kalender global.

Argumen utama yang akan dikembangkan adalah sebagai berikut:

1. **Elongasi geosentris** cocok untuk KHGT karena menggambarkan konfigurasi Bulan–Matahari secara global.
2. **Tinggi toposentris** tetap penting untuk rukyat lokal karena pengamat melihat dari permukaan Bumi.
3. **Parameter toposentris** tidak cukup stabil sebagai dasar tunggal kalender global karena berubah menurut lokasi.
4. **Tinggi geosentris  $5^{\circ}$**  dapat dipahami sebagai syarat geometri global.
5. **Elongasi geosentris  $8^{\circ}$**  dapat dipahami sebagai ambang aman dari limit Danjon modern.
6. **KHGT** adalah transformasi dari data visibilitas lokal menuju kriteria kalender global.

Dengan kerangka ini, Bab 5 akan menjembatani data observasi dan kriteria kalender. Jika Bab 4 membahas parameter visibilitas, maka Bab 5 menjelaskan titik acuan dan fungsi parameter tersebut dalam sistem kalender global.

## L. Transisi ke Elongasi Geosentris

Subbab ini telah menjelaskan definisi dasar geosentris dan toposentris dalam hisab hilal. Geosentris berarti perhitungan dengan acuan pusat Bumi, sedangkan toposentris berarti perhitungan dengan acuan lokasi pengamat di permukaan Bumi. Keduanya penting, tetapi fungsinya berbeda. Toposentris sangat penting untuk observasi lokal; geosentris sangat penting untuk kalender global.

Dalam KHGT, kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  harus dibaca sebagai kriteria geosentris. Pilihan ini bertujuan memberikan stabilitas, keseragaman, dan kejelasan definisi. Namun pilihan geosentris paling jelas

terlihat pada parameter elongasi, karena elongasi menggambarkan konfigurasi Bulan–Matahari yang berkaitan langsung dengan pembentukan sabit.

## 5.2 Mengapa Elongasi Lebih Tepat Ditetapkan secara Geosentris

Elongasi adalah parameter yang paling dekat dengan konfigurasi dasar Bulan–Matahari dalam pembentukan sabit. Ia menyatakan jarak sudut antara Bulan dan Matahari. Dalam konteks hilal, elongasi menunjukkan seberapa jauh Bulan telah meninggalkan posisi konjungsi sehingga bagian terang Bulan mulai tampak sebagai sabit. Karena itu, elongasi tidak hanya menjadi angka posisi, tetapi juga indikator fisik pembentukan dan ketebalan sabit.

Dalam Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT), elongasi lebih tepat ditetapkan secara **geosentris** daripada toposentris. Alasannya sederhana tetapi mendasar: KHGT adalah kalender global, bukan panduan observasi lokal. Kalender global memerlukan parameter yang stabil, seragam, dapat dihitung ulang oleh siapa pun, dan tidak berubah-ubah menurut lokasi pengamat. Elongasi geosentris memenuhi kebutuhan ini karena dihitung dari pusat Bumi sebagai acuan bersama.

Dokumen dasar buku ini menjelaskan bahwa elongasi geosentris adalah jarak sudut antara pusat piringan Bulan dan pusat piringan Matahari dengan titik acuan pusat Bumi. Nilai ini lebih mutlak karena tidak dipengaruhi paralaks lokasi pengamat di permukaan Bumi. Elongasi geosentris juga berkaitan dengan konfigurasi fisik Bulan–Matahari yang menentukan seberapa tebal sabit Bulan terbentuk akibat pantulan cahaya Matahari.

Pilihan geosentris menjadi sangat penting ketika elongasi digunakan sebagai kriteria kalender. Jika elongasi digunakan untuk memandu pengamatan lokal, nilai toposentris dapat dipertimbangkan. Tetapi jika elongasi digunakan untuk menetapkan awal bulan secara global, nilai geosentris lebih tepat karena mewakili konfigurasi Bulan–Matahari secara umum. Dengan demikian, kriteria **elongasi geosentris minimal  $8^\circ$**  dalam KHGT adalah pilihan metodologis yang selaras dengan tujuan kalender global.

### A. Elongasi sebagai Parameter Konfigurasi Bulan–Matahari

Elongasi tidak terutama berbicara tentang horizon. Ia berbicara tentang hubungan sudut antara Bulan dan Matahari. Pada saat konjungsi, elongasi sangat kecil karena Bulan berada hampir segaris dengan Matahari. Setelah konjungsi, Bulan bergerak menjauh secara sudut. Semakin besar elongasi, semakin besar kemungkinan sabit muda terbentuk dan memiliki ketebalan yang dapat dikenali.

Karena itu, elongasi berbeda dari tinggi hilal. Tinggi hilal sangat terkait dengan lokasi pengamat dan horizon. Elongasi lebih terkait dengan geometri iluminasi Bulan. Dalam kerangka kalender global, parameter yang menggambarkan geometri iluminasi lebih tepat dinyatakan secara geosentris karena ia ingin menunjukkan keadaan sistem Bulan–Bumi–Matahari secara umum.

Odeh menjelaskan bahwa umur Bulan sangat lemah untuk menggambarkan kecerlangan intrinsik sabit, sedangkan elongasi atau ARCL lebih baik karena berkaitan dengan lebar sabit yang bertambah ketika Bulan menjauh dari Matahari. Walaupun Odeh kemudian memilih crescent width sebagai parameter yang lebih langsung untuk model visibilitas lokal, ia tetap menegaskan bahwa elongasi jauh lebih bermakna daripada umur Bulan dalam menggambarkan perkembangan sabit.

Dalam KHGT, elongasi dipakai bukan sebagai model lokal rinci, tetapi sebagai kriteria kalender. Karena fungsinya adalah kriteria kalender, maka yang diperlukan adalah ukuran konfigurasi global yang stabil. Itulah sebabnya elongasi geosentris lebih tepat.

## B. Menghindari Variasi Lokal pada Parameter Kalender

Jika elongasi ditetapkan secara toposentris, nilainya dapat sedikit berubah menurut lokasi pengamat. Perubahan ini muncul karena pengamat berada di permukaan Bumi, bukan di pusat Bumi. Untuk Bulan, paralaks cukup signifikan karena jaraknya relatif dekat. Akibatnya, posisi Bulan tampak bergeser jika dilihat dari lokasi berbeda.

Dalam prediksi observasi lokal, variasi ini penting. Namun dalam kalender global, variasi lokal dapat menimbulkan problem. Jika kriteria kalender memakai nilai toposentris, harus ditentukan lokasi mana yang menjadi rujukan. Apakah lokasi paling timur? Lokasi paling barat? Makkah? Greenwich? Wilayah pertama yang memenuhi kriteria? Setiap pilihan membawa konsekuensi sosial, astronomis, dan normatif.

Elongasi geosentris menghindari masalah ini. Dengan memakai pusat Bumi sebagai acuan, seluruh dunia menggunakan nilai elongasi yang sama untuk konfigurasi Bulan–Matahari. Kriteria kalender menjadi lebih tegas: apakah elongasi geosentris telah mencapai  $8^\circ$  atau belum. Tidak perlu mempertentangkan variasi lokal untuk parameter ini.

Keunggulan ini sangat penting bagi KHGT. Kalender global memerlukan definisi yang dapat diterapkan secara seragam. Jika definisi berubah menurut lokasi, maka kalender global berisiko kembali menjadi kalender lokal atau regional. Elongasi geosentris menjaga agar kriteria tetap global.

## C. Elongasi Geosentris dan Limit Danjon Modern

Salah satu argumen terkuat bagi elongasi  $8^\circ$  adalah hubungannya dengan Limit Danjon modern. Data Odeh menunjukkan bahwa minimum elongasi untuk hilal yang terlihat dengan bantuan optik adalah  $6,4^\circ$ , sedangkan minimum elongasi untuk hilal yang terlihat dengan mata telanjang adalah  $7,7^\circ$ . Dokumen dasar buku ini juga menempatkan  $6,4^\circ$  sebagai batas optik/teleskop dan  $7,7^\circ$  sebagai rekor mata telanjang dalam rekam observasi modern.

Agar argumentasi ini kokoh, elongasi yang dipakai dalam kalender perlu memiliki definisi yang stabil. Jika angka  $8^\circ$  dibicarakan tanpa menjelaskan geosentris atau toposentris, maka ruang perdebatan menjadi terbuka. Sebagian pihak dapat menghitung dari lokasi tertentu, sebagian dari



pusat Bumi, sebagian pada waktu pengamatan lokal, sebagian pada waktu lain. Akibatnya, angka yang tampak sama dapat menghasilkan implementasi berbeda.

Dengan menetapkan elongasi secara geosentris, KHGT menjadikan  $8^\circ$  sebagai angka yang jelas. Ia bukan elongasi lokal dari horizon tertentu, tetapi elongasi konfigurasi Bulan–Matahari dari pusat Bumi. Dengan cara ini, hubungan  $8^\circ$  dengan batas observasi modern dapat dipertahankan secara konsisten.

Dalam konteks kalender global,  $8^\circ$  geosentris berarti bahwa sistem Bulan–Matahari telah melewati jarak sudut yang berada di atas limit ekstrem modern. Ini adalah pernyataan global, bukan klaim lokal bahwa hilal pasti terlihat dari tempat tertentu.

## **D. Elongasi Geosentris sebagai Ukuran Fase dan Ketebalan Sabit**

Elongasi berkaitan dengan fase Bulan. Ketika elongasi bertambah, fraksi iluminasi yang tampak dari Bumi juga bertambah. Sabit menjadi lebih lebar dan lebih terang. Karena itu, elongasi dapat digunakan sebagai ukuran praktis perkembangan sabit.

Dalam sistem global, perkembangan fase Bulan lebih tepat dibaca secara geosentris. Fase Bulan adalah konfigurasi antara Matahari, Bulan, dan Bumi secara keseluruhan, bukan fenomena yang sepenuhnya bergantung pada horizon lokal. Memang, tampilan Bulan dari permukaan Bumi mengalami efek topocentric shift, tetapi dasar fase tetap berasal dari geometri Bulan–Matahari–Bumi.

Dokumen dasar buku ini menyatakan bahwa elongasi geosentris digunakan untuk menentukan seberapa tebal sabit yang terbentuk akibat pantulan cahaya Matahari dan lebih tepat dipakai untuk menggambarkan konfigurasi fisik Bulan–Matahari. Pernyataan ini sangat penting bagi KHGT. Kalender global membutuhkan ukuran ketebalan sabit yang tidak bergantung pada satu lokasi pengamat.

Elongasi geosentris  $8^\circ$  tidak berarti bahwa crescent width selalu sama pada setiap kasus, karena jarak Bulan dari Bumi juga berpengaruh. Odeh menegaskan bahwa crescent width lebih langsung daripada elongasi untuk menggambarkan kecerlangan intrinsik sabit. Namun sebagai kriteria kalender global, elongasi lebih praktis dan cukup representatif, terutama jika dipilih pada angka yang memiliki buffer dari limit ekstrem.

## **E. Perbedaan Fungsi: Model Visibilitas Lokal dan Kriteria Kalender Global**

Salah satu kesalahan umum dalam perdebatan hilal ialah menyamakan model visibilitas lokal dengan kriteria kalender global. Model visibilitas lokal bertujuan memprediksi apakah hilal dapat terlihat dari lokasi tertentu. Karena itu, model tersebut wajar memakai parameter toposentris: tinggi lokal, azimut lokal, ARCV lokal, DAZ lokal, lag lokal, dan kondisi atmosfer lokal.

Odeh menggunakan parameter toposentris dalam kriterianya karena ia membangun model visibilitas pengamatan. Ia memakai topocentric arc of vision dan topocentric crescent width. Ini tepat untuk tujuan prediksi lokal.

Namun KHGT memiliki tujuan berbeda. KHGT tidak sedang membuat peta visibilitas lokal untuk satu malam tertentu. KHGT sedang menyusun kalender global yang dapat dihitung jauh hari dan berlaku seragam. Karena itu, KHGT membutuhkan kriteria yang lebih ringkas dan tidak terlalu bergantung pada lokasi pengamat.

Elongasi geosentris memenuhi fungsi kalender global. Ia mengambil pelajaran dari data visibilitas, tetapi merumuskannya sebagai ambang global. Dengan demikian, penggunaan geosentris bukan pengingkaran terhadap model toposentris. Ia adalah penyesuaian fungsi: dari prediksi observasi menuju penetapan kalender.

## **F. Mengapa Bukan Elongasi Toposentris?**

Elongasi toposentris berguna untuk observasi lokal karena menggambarkan posisi Bulan dan Matahari sebagaimana tampak dari lokasi pengamat. Namun untuk kalender global, elongasi toposentris memiliki beberapa kelemahan.

Pertama, ia berubah menurut lokasi. Kalender global akan membutuhkan lokasi referensi, dan pilihan lokasi itu dapat diperdebatkan.

Kedua, ia lebih dekat dengan fungsi observasi lokal daripada fungsi kalender global. Jika digunakan sebagai kriteria global, ia berpotensi mengembalikan problem lokalitas.

Ketiga, ia dapat menghasilkan ambiguitas implementasi. Dua lembaga dapat memakai lokasi rujukan berbeda dan memperoleh hasil berbeda pada kasus batas.

Keempat, ia membuat kriteria lebih sulit dikomunikasikan sebagai konfigurasi global. Masyarakat lebih mudah memahami bahwa jarak Bulan–Matahari dihitung secara global dari pusat Bumi, bukan berubah-ubah menurut lokasi.

Kelima, dalam konteks KHGT, yang ingin dipastikan adalah bahwa sabit telah mencapai tingkat perkembangan global tertentu. Fungsi ini lebih tepat diwakili oleh elongasi geosentris.

Karena alasan-alasan ini, elongasi geosentris lebih kuat sebagai kriteria kalender global. Elongasi toposentris tetap dapat dipakai untuk analisis observasi lokal, tetapi bukan untuk syarat utama KHGT.

## **G. Elongasi Geosentris dan Keceragaman Perangkat Hisab**

Kalender global modern akan dihitung oleh banyak pihak: lembaga falak, observatorium, organisasi Islam, pengembang perangkat lunak, peneliti, dan komunitas astronomi. Agar hasilnya

seragam, definisi parameter harus presisi. Elongasi geosentris memberi definisi yang lebih mudah diseragamkan.

Jika semua pihak memakai ephemeris yang akurat dan definisi pusat piringan Bulan–Matahari dari pusat Bumi, maka nilai elongasi dapat diverifikasi ulang secara independen. Ini penting untuk transparansi kalender. Siapa pun dapat menghitung apakah pada waktu tertentu elongasi geosentris telah mencapai  $8^\circ$ .

Sebaliknya, jika memakai elongasi toposentris, hasil dapat berubah menurut lokasi, elevasi, dan detail koreksi pengamat. Variasi ini lebih cocok untuk observasi lokal, tetapi kurang ideal untuk kalender global.

Keseragaman perangkat hisab adalah bagian penting dari KHGT. Kalender global tidak hanya membutuhkan kriteria astronomis, tetapi juga algoritma implementasi yang jelas. Elongasi geosentris membantu menjaga konsistensi implementasi tersebut.

## H. Hubungan Elongasi Geosentris dengan Prinsip Kemaslahatan Kalender

KHGT bukan hanya proyek astronomi, tetapi juga proyek kemaslahatan kalender. Kalender global dibutuhkan agar umat Islam memiliki sistem waktu yang lebih pasti, seragam, dan dapat direncanakan. Untuk mencapai kemaslahatan ini, kriteria harus mengurangi peluang perbedaan implementasi.

Elongasi geosentris mendukung kemaslahatan tersebut karena memberikan parameter yang tidak bergantung pada cuaca, horizon lokal, atau lokasi pengamat. Ia dapat dihitung jauh hari dan diverifikasi secara terbuka. Dengan demikian, kalender dapat disusun secara prediktif.

Jika kriteria kalender terlalu lokal, maka perbedaan akan terus muncul. Jika kriteria terlalu bergantung pada rukyat aktual, maka kalender kehilangan prediktabilitas. Elongasi geosentris membantu KHGT keluar dari problem itu dengan memberikan batas global.

Namun kemaslahatan tidak boleh mengabaikan data. Karena itu, angka  $8^\circ$  tetap harus berbasis observasi. Data Odeh tentang  $6,4^\circ$  dan  $7,7^\circ$  memberi dasar bahwa  $8^\circ$  bukan angka arbitrer. Dengan demikian, elongasi geosentris  $8^\circ$  menggabungkan kemaslahatan sistemik dan basis empiris.

## I. Elongasi Geosentris dan Kritik Potensial

Ada beberapa kritik yang mungkin diarahkan pada penggunaan elongasi geosentris.

Kritik pertama: pengamat melihat dari permukaan Bumi, bukan pusat Bumi. Jawabannya: benar untuk observasi lokal, tetapi KHGT bukan model observasi lokal. KHGT adalah kalender global. Untuk observasi, gunakan toposentris; untuk kalender, gunakan geosentris.

Kritik kedua: elongasi saja tidak cukup. Jawabannya: benar, karena itu KHGT tidak hanya memakai elongasi. KHGT memasangkan elongasi  $8^\circ$  dengan tinggi hilal  $5^\circ$ .

Kritik ketiga: crescent width lebih langsung daripada elongasi. Jawabannya: benar untuk model visibilitas lokal. Namun untuk kriteria kalender global, elongasi lebih sederhana dan komunikatif. Angka  $8^\circ$  dipilih dengan buffer terhadap batas observasi modern.

Kritik keempat: nilai geosentris tidak menjamin hilal terlihat di semua tempat. Jawabannya: benar. Kriteria KHGT bukan jaminan rukyat lokal universal, melainkan ambang kalender global berbasis konfigurasi astronomis.

Dengan menjawab kritik-kritik ini, posisi elongasi geosentris menjadi lebih jelas. Ia dipilih bukan karena sempurna untuk semua fungsi, tetapi karena paling sesuai untuk fungsi kalender global.

## J. Elongasi Geosentris dalam Struktur Kriteria $5^\circ$ – $8^\circ$

Dalam struktur kriteria KHGT, elongasi geosentris  $8^\circ$  berperan sebagai syarat perkembangan sabit. Tinggi geosentris  $5^\circ$  berperan sebagai syarat posisi. Keduanya sama-sama dinyatakan secara geosentris agar kalender memiliki acuan global.

Elongasi  $8^\circ$  menjawab pertanyaan: apakah Bulan telah cukup jauh dari Matahari untuk membentuk sabit yang tidak berada di wilayah limit ekstrem? Jawabannya didasarkan pada data  $6,4^\circ$  optik dan  $7,7^\circ$  mata telanjang.

Tinggi  $5^\circ$  menjawab pertanyaan: apakah Bulan tidak berada pada konfigurasi terlalu rendah yang rentan terhadap problem horizon? Jawaban ini berkaitan dengan pengalaman observasi bahwa objek rendah sangat dipengaruhi atmosfer dan cahaya senja.

Dengan demikian, elongasi geosentris tidak berdiri sendiri. Ia menjadi bagian dari pasangan kriteria yang saling melengkapi. Kriteria ini kuat karena sederhana, tetapi tidak tunggal; global, tetapi berbasis data; prediktif, tetapi tetap menghormati observasi.

## K. Implikasi bagi Validasi Observasi

Walaupun KHGT memakai elongasi geosentris, validasi observasi tetap dapat dilakukan dengan parameter toposentris. Ketika suatu bulan memenuhi kriteria KHGT, pengamat lokal dapat menghitung tinggi toposentris, ARCV, DAZ, crescent width, dan kondisi atmosfer untuk menilai peluang rukyat di tempatnya.

Jika hilal terlihat, data itu memperkuat basis observasi. Jika tidak terlihat, kegagalan itu perlu dianalisis: apakah atmosfer buruk? Apakah horizon terhalang? Apakah tinggi toposentris rendah? Apakah DAZ tidak menguntungkan? Dengan cara ini, geosentris dan toposentris bekerja bersama.

KHGT tidak menutup ruang observasi. Sebaliknya, ia mendorong observasi yang lebih terstandar. Perbedaannya adalah bahwa observasi tidak selalu menjadi pemutus kalender, tetapi menjadi data evaluasi dan edukasi.

Dengan demikian, penggunaan elongasi geosentris tidak menghilangkan rukyat. Ia mengatur posisi rukyat dalam sistem kalender global.

## L. Transisi ke Tinggi Toposentris

Subbab ini telah menjelaskan mengapa elongasi lebih tepat ditetapkan secara geosentris dalam KHGT. Elongasi adalah parameter konfigurasi Bulan–Matahari yang berkaitan dengan pembentukan sabit. Karena KHGT adalah kalender global, elongasi harus dinyatakan dengan acuan yang seragam, yaitu pusat Bumi. Elongasi geosentris  $8^\circ$  memberi batas global yang berada di atas limit optik  $6,4^\circ$  dan batas mata telanjang  $7,7^\circ$ .

Namun tidak semua parameter hilal dapat dipahami dengan cara yang sama. Tinggi hilal memiliki hubungan lebih kuat dengan horizon dan lokasi pengamat. Dalam observasi lokal, tinggi toposentris tetap sangat penting. Karena itu, subbab berikutnya akan membahas **tinggi toposentris dan problem observasi lokal**, lalu menjelaskan mengapa KHGT tetap membutuhkan transformasi menuju tinggi geosentris sebagai kriteria kalender global.

## 5.3 Tinggi Toposentris dan Problem Observasi Lokal

Tinggi toposentris adalah parameter yang sangat penting dalam observasi hilal karena ia menggambarkan posisi Bulan sebagaimana tampak oleh pengamat dari permukaan Bumi. Berbeda dengan tinggi geosentris yang memakai acuan pusat Bumi, tinggi toposentris memakai acuan tempat pengamat: lintang, bujur, elevasi, horizon lokal, dan kondisi atmosfer. Karena rukyat selalu dilakukan dari tempat tertentu, tinggi toposentris menjadi parameter yang sangat operasional dalam menentukan peluang terlihatnya hilal.

Dalam praktik observasi, pertanyaan yang diajukan bukan sekadar “di mana Bulan menurut pusat Bumi?”, tetapi “di mana Bulan tampak dari tempat ini?”. Seorang pengamat di Semarang, Makkah, Tokyo, Cape Town, atau Santiago tidak melihat Bulan dari sudut yang sama. Karena Bumi berbentuk bola, karena pengamat berada di permukaan Bumi, dan karena Bulan relatif dekat dengan Bumi, posisi tampak Bulan berubah menurut lokasi. Inilah sebabnya tinggi toposentris sangat penting dalam rukyat lokal.

Dokumen dasar buku ini menjelaskan bahwa tinggi hilal toposentris dihitung dari sudut pandang pengamat di permukaan Bumi dan dipengaruhi oleh letak geografis, ketinggian tempat, kelengkungan Bumi, serta refraksi atmosfer. Dengan demikian, tinggi toposentris bukan sekadar hasil geometri langit, tetapi parameter yang dekat dengan kenyataan observasi.

Namun justru karena sangat lokal, tinggi toposentris memiliki keterbatasan jika dijadikan dasar kalender global. Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) memerlukan kriteria yang seragam dan berlaku lintas lokasi. Jika kriteria kalender sepenuhnya bergantung pada tinggi toposentris suatu tempat, maka harus dipilih tempat mana yang menjadi acuan. Pilihan ini tidak sederhana dan dapat menimbulkan perbedaan baru. Karena itu, tinggi toposentris tetap sangat penting untuk observasi lokal, tetapi tidak cukup ideal sebagai kriteria utama kalender global.

## A. Makna Tinggi Toposentris

Tinggi toposentris adalah sudut antara Bulan dan horizon lokal sebagaimana dilihat oleh pengamat tertentu. Jika Bulan berada tepat di garis ufuk, tingginya sekitar  $0^\circ$ . Jika Bulan berada beberapa derajat di atas ufuk, maka ia memiliki tinggi positif. Dalam rukyat hilal, tinggi ini sangat penting karena hilal awal bulan biasanya berada rendah di langit barat setelah Matahari terbenam.

Tinggi toposentris berbeda dari tinggi geosentris karena pengamat tidak berada di pusat Bumi. Bulan yang dilihat dari permukaan Bumi tampak bergeser akibat paralaks. Perbedaan ini menjadi penting terutama untuk Bulan, karena jarak Bulan relatif dekat dengan Bumi. Pada kasus hilal yang sangat muda dan rendah, perbedaan kecil dalam tinggi dapat memengaruhi kesimpulan observasional.

Dalam observasi lokal, tinggi toposentris memberi informasi langsung: apakah Bulan cukup tinggi untuk dicari? Jika tingginya terlalu kecil, hilal mudah tertutup horizon, awan rendah, kabut, atau lapisan atmosfer yang sangat tebal. Jika tingginya lebih besar, peluang observasi biasanya lebih baik, meskipun tetap harus dilihat bersama elongasi, crescent width, DAZ, ARCV, dan kondisi atmosfer.

Dengan demikian, tinggi toposentris adalah bahasa pengamat. Ia memberi tahu posisi Bulan yang benar-benar relevan bagi seseorang yang berdiri di suatu tempat dan memandang langit barat.

## B. Mengapa Tinggi Toposentris Sangat Penting untuk Rukyat?

Rukyat adalah tindakan observasi dari lokasi tertentu. Karena itu, parameter yang berhubungan dengan lokasi pengamat tidak dapat diabaikan. Tinggi toposentris penting karena hilal muda biasanya berada dekat horizon, dan horizon adalah wilayah pengamatan yang paling sulit.

Objek rendah di dekat horizon menghadapi beberapa hambatan. Pertama, cahaya dari objek melewati lapisan atmosfer yang lebih tebal. Akibatnya, cahaya hilal mengalami ekstingsi lebih besar. Kedua, langit dekat horizon barat masih terang oleh cahaya senja. Ketiga, aerosol, debu, uap air, polusi, dan kabut lebih banyak terkumpul di lapisan atmosfer rendah. Keempat, horizon lokal dapat tertutup gunung, bukit, bangunan, pepohonan, awan rendah, atau gangguan geografis lain.

Schaefer menekankan bahwa elevasi tempat pengamatan dapat memengaruhi keberhasilan melihat hilal muda. Lokasi tinggi dapat membantu pengamat berada di atas lapisan aerosol rendah dan

memperoleh langit yang lebih transparan. Pernyataan ini memperlihatkan bahwa kondisi lokal sangat menentukan rukyat.

Karena itu, dalam rukyat lokal, tinggi toposentris harus dihitung dengan teliti. Tidak cukup mengetahui bahwa Bulan secara geosentris telah memenuhi kriteria tertentu. Pengamat tetap harus tahu apakah dari tempatnya Bulan benar-benar berada cukup tinggi di atas horizon lokal.

## C. Horizon Lokal dan Variasi Medan Pengamatan

Horizon lokal tidak selalu sama dengan horizon matematis. Dalam perhitungan astronomi dasar, horizon sering dianggap sebagai bidang datar ideal yang membatasi langit dan Bumi. Namun dalam kenyataan, horizon pengamat dapat berbeda-beda. Ada horizon laut yang relatif datar, horizon pegunungan yang tinggi, horizon kota yang tertutup bangunan, dan horizon pedesaan yang mungkin tertutup pepohonan.

Perbedaan horizon ini sangat penting untuk hilal. Hilal awal bulan sering berada rendah. Jika horizon lokal terangkat beberapa derajat karena bukit atau bangunan, hilal yang secara hitungan berada  $3^\circ$  atau  $4^\circ$  di atas ufuk astronomis mungkin tetap tidak terlihat. Sebaliknya, lokasi dengan horizon laut yang bersih memberi peluang lebih baik.

Inilah sebabnya tinggi toposentris harus dipahami bersama horizon aktual. Tinggi  $5^\circ$  secara matematis tidak selalu berarti hilal bebas dari hambatan lokal. Jika horizon aktual tertutup hingga  $4^\circ$ , maka Bulan yang berada  $5^\circ$  hanya tersisa  $1^\circ$  di atas horizon fisik. Dalam keadaan atmosfer buruk, peluang melihatnya tetap kecil.

Dalam konteks KHGT, fakta ini memperlihatkan keterbatasan menggunakan rukyat lokal sebagai pemutus global. Kondisi horizon terlalu bervariasi. Kalender global tidak dapat digantungkan pada keadaan horizon semua lokasi. Karena itu, KHGT menggunakan kriteria geometri global, sementara observasi lokal tetap menjadi sarana validasi, edukasi, dan pengumpulan data.

## D. Refraksi Atmosfer dan Tinggi Tampak

Tinggi toposentris juga dipengaruhi oleh refraksi atmosfer. Refraksi adalah pembelokan cahaya ketika melewati atmosfer Bumi. Dekat horizon, efek refraksi lebih besar. Akibatnya, benda langit dapat tampak sedikit lebih tinggi daripada posisi geometris sebenarnya.

Dalam pengamatan hilal, refraksi menjadi penting karena Bulan sering berada rendah. Perbedaan beberapa menit busur atau sebagian derajat dapat memengaruhi posisi tampak. Namun refraksi tidak selalu mudah dimodelkan secara sempurna karena dipengaruhi tekanan udara, suhu, kelembapan, dan struktur atmosfer lokal.

Refraksi juga dapat berubah dari satu tempat ke tempat lain. Di daerah pantai, pegunungan, padang pasir, atau kota besar, kondisi atmosfer berbeda. Karena itu, tinggi toposentris yang memperhitungkan refraksi memiliki ketidakpastian lokal.



Dokumen dasar buku ini menyebut refraksi atmosfer sebagai salah satu faktor yang memengaruhi tinggi hilal toposentris. Ini menunjukkan bahwa tinggi toposentris sangat dekat dengan keadaan nyata pengamatan, tetapi sekaligus sangat bergantung pada kondisi lokal.

Bagi KHGT, refraksi memperkuat argumen bahwa kriteria kalender global tidak boleh sepenuhnya bergantung pada parameter lokal yang berubah-ubah. Parameter geosentris memberi stabilitas, sementara toposentris dipakai untuk analisis rukyat setempat.

## E. Tinggi Toposentris dan Imkan Rukyat Lokal

Dalam imkan rukyat lokal, tinggi toposentris adalah parameter utama. Jika seseorang ingin mengetahui apakah hilal mungkin terlihat dari suatu lokasi, tinggi toposentris harus dihitung. Namun tinggi tidak boleh berdiri sendiri. Ia harus dibaca bersama elongasi, ARCV, DAZ, crescent width, waktu terbaik pengamatan, dan kondisi atmosfer.

Odeh menggunakan parameter toposentris dalam model visibilitasnya, terutama topocentric ARCV dan topocentric crescent width. Ini menunjukkan bahwa prediksi lokal memang membutuhkan parameter yang sesuai dengan sudut pandang pengamat. Model seperti Odeh tidak bertujuan langsung menetapkan kalender global, tetapi memetakan kemungkinan visibilitas dari lokasi tertentu.

Dalam imkan rukyat lokal, tinggi toposentris menjawab pertanyaan praktis: apakah Bulan cukup tinggi dari horizon tempat ini? Jika tinggi terlalu rendah, pengamatan hampir mustahil meskipun parameter lain cukup. Jika tinggi memadai tetapi elongasi terlalu kecil, sabit mungkin tetap terlalu tipis. Karena itu, tinggi toposentris adalah syarat penting tetapi bukan satu-satunya.

KHGT mengambil pelajaran dari imkan rukyat lokal, tetapi tidak identik dengannya. KHGT tidak menolak tinggi toposentris. Ia hanya tidak menjadikannya kriteria global utama karena sifatnya yang lokal. Dalam KHGT, tinggi toposentris tetap berguna untuk memverifikasi peluang rukyat di wilayah tertentu setelah kalender global dihitung.

## F. Problem Jika Tinggi Toposentris Dijadikan Kriteria Global

Jika tinggi toposentris dijadikan kriteria global, muncul beberapa problem metodologis.

Pertama, harus dipilih lokasi rujukan. Apakah tinggi toposentris dihitung untuk Makkah, Greenwich, kawasan pertama yang mengalami maghrib, wilayah barat dunia Islam, atau lokasi mana pun yang memenuhi kriteria? Setiap pilihan membawa konsekuensi kalender berbeda.

Kedua, tinggi toposentris berubah menurut lintang, bujur, dan waktu lokal. Kalender global yang ingin seragam akan kesulitan jika parameternya sangat tergantung lokasi.

Ketiga, tinggi toposentris dipengaruhi elevasi dan horizon. Jika dua pengamat berada pada kota yang sama tetapi elevasinya berbeda, tinggi tampak dan peluang observasi dapat berbeda. Apakah kalender global harus mempertimbangkan semua variasi itu? Secara sistemik, hal ini tidak praktis.

Keempat, jika kriteria global bergantung pada lokasi tertentu, kalender dapat dianggap berpihak pada wilayah tertentu. Hal ini berisiko menimbulkan problem penerimaan internasional.

Kelima, parameter toposentris lebih cocok untuk peta visibilitas, bukan untuk keputusan kalender tunggal. Peta visibilitas memang menunjukkan perbedaan peluang antarwilayah; kalender global justru ingin menyusun tanggal yang seragam.

Karena itu, KHGT memerlukan transformasi dari data toposentris lokal menuju kriteria geosentris global. Tinggi toposentris tetap penting, tetapi tidak cukup sebagai fondasi kalender global.

## G. Tinggi Toposentris dan Ketidakpastian Atmosfer

Selain problem lokasi, tinggi toposentris juga terkait kuat dengan ketidakpastian atmosfer. Semakin rendah Bulan, semakin besar pengaruh atmosfer. Namun atmosfer bukan parameter yang tetap. Pada bulan yang sama, satu lokasi dapat cerah, lokasi lain berawan. Satu lokasi dapat jernih pada satu hari dan berkabut pada hari lain.

Jika kalender global menunggu keberhasilan rukyat lokal, maka cuaca dapat memengaruhi kalender. Ini membuat kalender kurang prediktif. Dalam konteks lokal, hal itu mungkin dapat diterima oleh sebagian tradisi. Tetapi dalam konteks global modern, kalender memerlukan kepastian jauh hari.

KHGT berusaha menghindari ketergantungan langsung pada cuaca dengan memakai kriteria hisab global. Namun kriteria itu tetap harus berbasis data observasi. Dengan kata lain, KHGT tidak mengabaikan atmosfer dalam teori, tetapi tidak membiarkan atmosfer lokal menentukan keputusan kalender setiap bulan.

Tinggi geosentris  $5^\circ$  menjadi salah satu cara memberi batas terhadap problem horizon dan atmosfer tanpa bergantung pada atmosfer lokal tertentu. Ia tidak menjamin rukyat lokal, tetapi memberi syarat bahwa konfigurasi Bulan tidak terlalu rendah secara global.

## H. Hubungan Tinggi Toposentris dengan Tinggi Geosentris $5^\circ$

Tinggi toposentris dan tinggi geosentris memiliki hubungan, tetapi tidak identik. Tinggi toposentris adalah yang dilihat pengamat lokal. Tinggi geosentris adalah parameter yang dihitung dari acuan pusat Bumi. Dalam konteks KHGT, tinggi geosentris  $5^\circ$  bukan pengganti perhitungan toposentris, tetapi kriteria kalender.

Tinggi geosentris  $5^\circ$  dapat dipahami sebagai abstraksi global dari pelajaran observasi lokal: Bulan yang terlalu rendah tidak layak dijadikan dasar kalender. Karena kalender global tidak dapat mengikuti setiap horizon lokal, maka digunakan syarat geometri global.

Dengan kata lain, tinggi toposentris memberi bukti empiris bahwa horizon penting; tinggi geosentris mengubah pelajaran itu menjadi kriteria kalender. Inilah proses transformasi dari observasi lokal menuju sistem global.

Transformasi ini harus dijelaskan agar tidak terjadi salah paham. Ketika KHGT memakai tinggi geosentris  $5^\circ$ , ia tidak sedang mengatakan bahwa semua pengamat akan melihat Bulan  $5^\circ$  di atas horizon lokalnya. Ia hanya mengatakan bahwa secara kriteria global, Bulan telah melewati ambang geometri yang dipandang memadai untuk kalender.

## I. Tinggi Toposentris sebagai Alat Validasi KHGT

Walaupun bukan kriteria utama KHGT, tinggi toposentris tetap sangat berguna untuk validasi. Setelah kalender KHGT menetapkan awal bulan berdasarkan kriteria geosentris, observatorium dan pengamat lokal dapat melakukan rukyat dan mencatat tinggi toposentris, elongasi lokal, ARCV, DAZ, crescent width, dan kondisi langit.

Jika hilal terlihat di banyak lokasi ketika kriteria KHGT terpenuhi, hal itu memperkuat kepercayaan terhadap kriteria. Jika hilal gagal terlihat di banyak lokasi, data tersebut perlu dianalisis. Apakah kegagalan disebabkan cuaca? Horizon? Tinggi toposentris rendah? DAZ tidak menguntungkan? Crescent width kecil? Analisis seperti ini membantu memperbaiki pemahaman.

Dengan cara ini, tinggi toposentris tetap memiliki peran ilmiah besar. Ia menjadi bagian dari sistem evaluasi, bukan pemutus global bulanan. KHGT tetap membutuhkan komunitas rukyat yang disiplin, tetapi data rukyat diposisikan sebagai validasi ilmiah dan pendidikan publik.

Model seperti ini menjaga hubungan antara hisab global dan observasi lokal. Hisab memberi kalender; rukyat memberi data evaluasi.

## J. Mengapa Kriteria Global Tidak Boleh Mengabaikan Pelajaran Toposentris?

Walaupun KHGT memakai kriteria geosentris, ia tidak boleh mengabaikan pelajaran dari data toposentris. Data observasi lokal menunjukkan bahwa horizon, atmosfer, tinggi, ARCV, DAZ, dan crescent width sangat penting. Jika kalender global mengabaikan seluruh pelajaran ini, kalender menjadi terlalu abstrak.

Karena itu, KHGT memakai tinggi  $5^\circ$  sebagai bentuk pengakuan terhadap problem horizon. Jika KHGT hanya memakai elongasi  $8^\circ$ , kritik dapat muncul bahwa kriteria tidak memperhatikan posisi Bulan terhadap horizon. Dengan menambahkan tinggi  $5^\circ$ , KHGT menyerap pelajaran toposentris ke dalam bentuk global.

Dengan demikian, tinggi geosentris  $5^\circ$  adalah jembatan antara realitas observasi lokal dan kebutuhan kalender global. Ia tidak sama dengan tinggi toposentris, tetapi ia lahir dari kesadaran bahwa posisi terhadap horizon tidak boleh diabaikan.

Inilah keunggulan kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$ . Ia tidak sekadar memakai parameter fase Bulan, tetapi juga memasukkan syarat posisi. Dengan demikian, KHGT tetap menjaga hubungan dengan ilmu visibilitas lokal.

## K. Implikasi bagi Desain Kalender Hijriah Global Tunggal

Pembahasan tinggi toposentris memberi beberapa implikasi bagi desain KHGT.

Pertama, KHGT harus membedakan secara tegas antara parameter observasi dan parameter kalender. Tinggi toposentris adalah parameter observasi; tinggi geosentris adalah parameter kalender global.

Kedua, KHGT harus tetap menghargai data observasi lokal. Data toposentris diperlukan untuk validasi dan evaluasi.

Ketiga, KHGT harus menjelaskan bahwa kegagalan rukyat lokal tidak otomatis membatalkan kalender global, karena kegagalan lokal dapat disebabkan atmosfer, horizon, atau kondisi setempat.

Keempat, KHGT harus menetapkan definisi kriteria dengan jelas agar implementasi tidak berbeda.

Kelima, KHGT harus menjadikan tinggi  $5^\circ$  sebagai syarat yang melengkapi elongasi  $8^\circ$ , bukan sebagai angka yang berdiri sendiri.

Dengan implikasi ini, KHGT dapat menghindari dua ekstrem: terlalu lokal sehingga kalender sulit global, atau terlalu abstrak sehingga kalender jauh dari pengalaman rukyat. KHGT memakai kriteria global yang tetap belajar dari observasi lokal.

## L. Transisi ke Tinggi Geosentris $5^\circ$ sebagai Syarat Kalender

Subbab ini telah menjelaskan bahwa tinggi toposentris sangat penting untuk observasi hilal lokal. Ia menggambarkan posisi Bulan sebagaimana tampak dari lokasi pengamat dan dipengaruhi oleh lintang, bujur, elevasi, horizon, paralaks, dan refraksi atmosfer. Karena rukyat selalu terjadi dari tempat tertentu, tinggi toposentris tidak boleh diabaikan dalam panduan observasi.

Namun sifat lokal tinggi toposentris membuatnya kurang ideal sebagai kriteria utama kalender global. KHGT memerlukan parameter yang lebih seragam dan stabil. Karena itu, pelajaran dari tinggi toposentris perlu ditransformasikan menjadi syarat kalender global. Transformasi itulah yang tampak dalam penggunaan **tinggi hilal geosentris  $5^\circ$** .

## 5.4 Tinggi Geosentris $5^\circ$ sebagai Syarat Kalender

Tinggi hilal geosentris  $5^\circ$  dalam Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) harus dipahami sebagai **syarat kalender global**, bukan sebagai prediksi langsung bahwa hilal pasti terlihat dari setiap lokasi di permukaan Bumi. Pemahaman ini sangat penting karena tinggi hilal dalam praktik rukyat biasanya dibaca secara toposentris, sedangkan KHGT membutuhkan kriteria yang bersifat global, stabil, dan tidak terikat pada horizon lokal tertentu.

Dalam observasi lokal, tinggi toposentris memang lebih relevan karena pengamat melihat Bulan dari permukaan Bumi. Akan tetapi, kalender global tidak dapat digantungkan pada satu horizon lokal, satu lokasi rujukan, atau satu kondisi atmosfer tertentu. Karena itu, KHGT memerlukan abstraksi geometri yang lebih umum. Tinggi geosentris  $5^\circ$  berfungsi sebagai abstraksi tersebut: ia menyatakan bahwa secara konfigurasi global, Bulan telah mencapai posisi yang tidak terlalu rendah untuk dijadikan dasar pergantian bulan dalam sistem kalender.

Dengan demikian, tinggi geosentris  $5^\circ$  bukan sekadar angka administratif. Ia memiliki fungsi ilmiah dan sistemik. Secara ilmiah, ia menyerap pelajaran dari observasi lokal bahwa hilal rendah sangat sulit diamati karena gangguan horizon, atmosfer, cahaya senja, aerosol, dan refraksi. Secara sistemik, ia memberi batas kalender yang lebih stabil daripada tinggi toposentris lokal. Dalam kerangka KHGT, angka  $5^\circ$  menjadi pasangan metodologis bagi **elongasi geosentris  $8^\circ$** . Elongasi  $8^\circ$  memastikan sabit cukup berkembang, sedangkan tinggi  $5^\circ$  memastikan Bulan tidak berada pada konfigurasi terlalu rendah.

Dokumen dasar buku ini menjelaskan bahwa tinggi hilal toposentris sangat dipengaruhi letak geografis, ketinggian tempat, kelengkungan Bumi, dan refraksi atmosfer. Fakta ini menunjukkan mengapa tinggi lokal penting bagi rukyat, tetapi juga mengapa kalender global memerlukan bentuk kriteria yang lebih stabil. KHGT kemudian menggunakan tinggi geosentris  $5^\circ$  sebagai syarat kalender yang mengambil pelajaran dari problem horizon tanpa menjadikan kalender bergantung pada satu lokasi pengamatan tertentu.

### A. Tinggi $5^\circ$ sebagai Ambang Geometri Global

Tinggi  $5^\circ$  dalam KHGT dapat dipahami sebagai **ambang geometri global**. Artinya, angka ini tidak dimaksudkan untuk menggambarkan semua variasi lokal, tetapi untuk memberi batas bahwa Bulan tidak boleh berada terlalu rendah dalam konfigurasi kalender. Dengan syarat ini, KHGT menolak prinsip yang terlalu minimalis, yaitu bahwa awal bulan cukup ditetapkan hanya karena Bulan sudah berada di atas ufuk atau sudah wujud setelah konjungsi.

Dalam pengalaman observasi, Bulan yang sangat rendah berada pada wilayah paling sulit. Cahaya hilal melewati atmosfer lebih tebal, kontras terhadap langit senja melemah, dan gangguan horizon semakin besar. Oleh karena itu, kalender yang hanya mensyaratkan Bulan berada sedikit di atas ufuk terlalu rapuh jika dikaitkan dengan konsep hilal sebagai sabit muda yang bermakna.

Tinggi  $5^\circ$  memberi jarak dari wilayah rapuh tersebut. Ia tidak menjamin bahwa hilal pasti terlihat dari semua tempat, tetapi ia memastikan bahwa kalender tidak berdiri pada kondisi Bulan yang terlalu dekat dengan horizon secara geometri. Dalam desain kalender global, fungsi seperti ini sangat penting karena kalender harus menghindari batas-batas yang terlalu ekstrem.

Dengan kata lain, tinggi  $5^\circ$  adalah **buffer terhadap horizon**. Jika elongasi  $8^\circ$  menjadi buffer terhadap Limit Danjon dan sabit yang terlalu tipis, maka tinggi  $5^\circ$  menjadi buffer terhadap posisi Bulan yang terlalu rendah. Kedua buffer ini membuat kriteria KHGT lebih stabil daripada kriteria tunggal.

## B. Mengapa Tidak Cukup Sekadar Positif di Atas Ufuk?

Syarat “Bulan positif di atas ufuk” memang mudah dipahami, tetapi terlalu lemah untuk kalender yang ingin tetap terkait dengan visibilitas hilal. Bulan yang hanya  $0,5^\circ$ ,  $1^\circ$ , atau  $2^\circ$  di atas horizon masih berada dalam wilayah yang sangat rentan. Dalam kondisi seperti itu, hilal dapat tertutup horizon fisik, kabut, awan rendah, lapisan aerosol, atau cahaya senja yang sangat kuat.

Keberadaan Bulan di atas ufuk hanya menyatakan bahwa Bulan secara geometris belum terbenam. Ia tidak menyatakan bahwa sabit cukup mungkin dikenali, tidak menyatakan bahwa cahaya hilal cukup kontras, dan tidak menyatakan bahwa posisi Bulan cukup aman dari gangguan horizon. Karena itu, syarat positif di atas ufuk lebih dekat kepada kriteria eksistensi geometris daripada kriteria berbasis hilal.

KHGT ingin menjaga agar kalender tidak terlalu jauh dari konsep hilal sebagai sabit muda. Maka, syarat tinggi  $5^\circ$  menjadi penting. Ia memberi batas yang lebih bermakna dibanding sekadar “Bulan ada”. Dengan  $5^\circ$ , KHGT menyatakan bahwa awal bulan global tidak cukup didasarkan pada keberadaan Bulan yang sangat rendah, tetapi pada konfigurasi yang telah melewati ambang geometri minimum.

Dalam hal ini, tinggi  $5^\circ$  berfungsi sebagai koreksi terhadap prinsip minimalis. Kalender Hijriah global tidak hanya membutuhkan kepastian matematis bahwa Bulan belum terbenam, tetapi juga membutuhkan hubungan yang dapat dijelaskan dengan realitas visibilitas hilal.

## C. Tinggi $5^\circ$ dan Problem Atmosfer Rendah

Atmosfer dekat horizon adalah salah satu hambatan terbesar dalam pengamatan hilal. Semakin rendah Bulan, semakin panjang lintasan cahaya melalui atmosfer. Akibatnya, cahaya hilal mengalami ekstingsi lebih besar. Selain itu, atmosfer rendah lebih banyak mengandung aerosol, debu, uap air, polusi, dan turbulensi.

Schaefer menekankan bahwa kondisi lokasi, terutama elevasi, dapat menentukan keberhasilan pengamatan hilal muda. Lokasi tinggi dapat membantu pengamat berada di atas lapisan aerosol rendah dan memperoleh langit yang lebih transparan. Pernyataan ini memperlihatkan bahwa problem horizon dan atmosfer bukan persoalan kecil, melainkan faktor utama dalam visibilitas hilal.

Dalam kalender global, variasi atmosfer lokal tidak dapat dijadikan penentu langsung setiap bulan. Jika kalender menunggu atmosfer lokal, maka kalender menjadi tidak prediktif. Tetapi jika kalender mengabaikan atmosfer sepenuhnya, kriterianya menjadi terlalu abstrak. Tinggi  $5^\circ$  mengambil posisi tengah. Ia tidak menghitung semua detail atmosfer, tetapi memberi batas agar Bulan tidak berada dalam wilayah atmosferik paling bermasalah.

Dengan demikian, tinggi geosentris  $5^\circ$  adalah cara kalender global menyerap fakta bahwa atmosfer rendah mengganggu visibilitas, tanpa menjadikan kondisi atmosfer lokal sebagai pemutus kalender.

## D. Tinggi $5^\circ$ dan Cahaya Senja

Hilal muda selalu dicari dalam kondisi langit senja. Setelah Matahari terbenam, langit barat masih terang karena cahaya Matahari dihamburkan oleh atmosfer. Semakin dekat hilal ke horizon dan posisi Matahari, semakin sulit sabit tipis itu dibedakan dari latar langit.

Tinggi Bulan berpengaruh terhadap kontras. Jika Bulan sangat rendah, ia berada di wilayah langit yang masih sangat terang dan penuh gangguan atmosfer. Jika Bulan lebih tinggi, latar langit biasanya lebih gelap dan cahaya hilal memiliki peluang lebih baik untuk dikenali. Karena itu, tinggi merupakan parameter yang berkaitan langsung dengan peluang kontras.

Odeh memasukkan **arc of vision (ARCV)** sebagai salah satu variabel utama dalam model visibilitasnya karena posisi vertikal Bulan terhadap Matahari dan horizon sangat menentukan peluang terlihatnya hilal. Dalam KHGT, tinggi  $5^\circ$  dapat dipahami sebagai penyederhanaan kalender global dari pelajaran yang sama: posisi vertikal Bulan tidak boleh diabaikan.

Artinya, tinggi  $5^\circ$  bukan angka yang berdiri sendiri. Ia berakar pada fakta bahwa visibilitas hilal selalu melibatkan persaingan antara cahaya sabit dan cahaya senja. Dengan menetapkan tinggi minimum, KHGT memberi syarat agar hilal tidak berada terlalu dalam pada wilayah cahaya senja yang paling mengganggu.

## E. Tinggi Geosentris $5^\circ$ dan Perbedaan Fungsi dari Tinggi Toposentris

Tinggi toposentris dan tinggi geosentris memiliki fungsi berbeda. Tinggi toposentris adalah parameter observasi lokal. Ia menjawab pertanyaan: “seberapa tinggi Bulan tampak dari lokasi ini?” Tinggi geosentris adalah parameter kalender global. Ia menjawab pertanyaan: “apakah konfigurasi Bulan telah melewati ambang geometri minimum untuk kalender global?”

Jika tujuan seseorang adalah melakukan rukyat, maka tinggi toposentris harus dihitung. Pengamat perlu tahu tinggi Bulan dari horizon lokal, arah azimutnya, waktu terbaik, kondisi horizon, dan faktor atmosfer. Namun jika tujuan kalender adalah membuat keputusan global, tinggi toposentris dari satu lokasi tertentu tidak cukup. Ia terlalu lokal.



Tinggi geosentris  $5^\circ$  mengatasi problem lokalitas itu. Ia memberi ambang yang tidak bergantung pada satu horizon pengamat. Dengan demikian, KHGT dapat menetapkan kriteria global tanpa harus memilih satu lokasi sebagai acuan mutlak.

Namun penggunaan tinggi geosentris tidak berarti data toposentris tidak penting. Dalam validasi observasi, tinggi toposentris tetap diperlukan. KHGT hanya membedakan fungsi: geosentris untuk keputusan kalender, toposentris untuk observasi dan evaluasi.

## F. Mengapa Angka $5^\circ$ ?

Angka  $5^\circ$  dapat dipahami sebagai angka yang memiliki fungsi **margin geometri**. Ia lebih kuat daripada sekadar positif di atas ufuk, tetapi tidak terlalu tinggi sehingga membuat kalender terlalu konservatif. Dengan  $5^\circ$ , KHGT mengambil posisi moderat: Bulan harus cukup tinggi untuk menjauhi wilayah horizon yang paling rapuh, tetapi kriteria tidak dinaikkan terlalu jauh dari kebutuhan praktis kalender.

Dalam pembacaan visibilitas hilal, angka-angka yang terlalu rendah berisiko menempatkan Bulan pada wilayah atmosferik yang sangat tidak stabil. Sebaliknya, angka yang terlalu tinggi dapat menunda awal bulan meskipun sabit sudah berkembang cukup baik. Maka angka  $5^\circ$  dapat diposisikan sebagai batas yang seimbang antara kehati-hatian dan efisiensi kalender.

Angka ini juga selaras dengan pasangan elongasi  $8^\circ$ . Jika elongasi  $8^\circ$  memastikan sabit telah melewati batas rekor mata telanjang  $7,7^\circ$  dan limit optik  $6,4^\circ$ , maka tinggi  $5^\circ$  memastikan Bulan tidak berada pada horizon rendah. Keduanya membentuk pasangan yang saling menguatkan.

Dengan demikian, angka  $5^\circ$  bukan angka yang harus dibaca terpisah. Ia memperoleh kekuatan dari relasinya dengan elongasi  $8^\circ$  dan dari fungsinya sebagai buffer horizon dalam kriteria global.

## G. Tinggi $5^\circ$ sebagai Koreksi terhadap Kriteria yang Terlalu Rendah

Kriteria yang terlalu rendah, misalnya hanya mensyaratkan Bulan berada di atas ufuk, rentan terhadap kritik visibilitas. Dalam banyak kasus, Bulan yang sangat rendah belum memiliki makna observasional yang kuat. Ia mungkin ada secara geometri, tetapi tidak cukup layak disebut sebagai hilal yang dapat menjadi dasar kalender berbasis visibilitas.

Tinggi  $5^\circ$  mengoreksi kelemahan ini. Dengan syarat  $5^\circ$ , KHGT memastikan bahwa awal bulan tidak ditetapkan saat Bulan masih berada pada posisi terlalu rendah. Hal ini memperkuat legitimasi astronomis kalender karena menunjukkan bahwa KHGT tidak hanya memakai prinsip wujud minimal, melainkan mempertimbangkan problem visibilitas.

Koreksi ini penting dalam komunikasi publik. Masyarakat dapat memahami bahwa hilal yang terlalu rendah memang sulit. Dengan menyatakan bahwa Bulan harus minimal  $5^\circ$  secara geosentris, KHGT memberi pesan bahwa kalender memiliki kehati-hatian terhadap realitas pengamatan.

Dengan demikian, tinggi  $5^\circ$  memperkuat posisi KHGT sebagai sistem yang berbasis data dan pengalaman observasi, bukan sekadar sistem hisab abstrak.

## H. Tinggi $5^\circ$ sebagai Syarat yang Tidak Berdiri Sendiri

Tinggi  $5^\circ$  tidak boleh diperlakukan sebagai kriteria tunggal. Jika tinggi  $5^\circ$  digunakan tanpa elongasi  $8^\circ$ , kalender masih bisa bermasalah. Bulan dapat mencapai tinggi tertentu, tetapi jika elongasinya terlalu kecil, sabit masih terlalu tipis dan terlalu dekat dengan Matahari. Karena itu, tinggi harus selalu dipasangkan dengan elongasi.

Dalam model Odeh, visibilitas tidak ditentukan oleh satu parameter. Ia memakai crescent width dan ARCV sebagai dua variabel utama. Prinsip ini sejalan dengan KHGT. Tinggi  $5^\circ$  mewakili dimensi posisi; elongasi  $8^\circ$  mewakili dimensi perkembangan sabit.

Pasangan ini membuat KHGT lebih kuat daripada kriteria tunggal. Tinggi  $5^\circ$  menghindari horizon rendah. Elongasi  $8^\circ$  menghindari sabit terlalu tipis. Jika salah satu tidak terpenuhi, maka konfigurasi belum cukup kuat untuk kalender global.

Dengan demikian, tinggi  $5^\circ$  harus selalu dibaca dalam struktur  $5^\circ$ – $8^\circ$ , bukan sebagai angka mandiri.

## I. Tinggi $5^\circ$ dan Kriteria Kalender, Bukan Jaminan Rukyat Lokal

Salah satu kesalahpahaman yang perlu dihindari ialah menganggap tinggi geosentris  $5^\circ$  sebagai jaminan bahwa hilal akan terlihat dari semua lokasi. Ini tidak benar. Visibilitas lokal tetap dipengaruhi oleh tinggi toposentris, DAZ, ARCV, crescent width, atmosfer, horizon, alat, dan pengalaman pengamat.

Tinggi geosentris  $5^\circ$  adalah syarat kalender. Ia menyatakan bahwa konfigurasi global telah melewati ambang minimum. Namun dari lokasi tertentu, hilal bisa tetap sulit atau gagal terlihat karena kondisi setempat. Kegagalan lokal seperti ini tidak otomatis membatalkan kalender KHGT, karena KHGT tidak berdiri pada laporan lokal tunggal.

Pembedaan ini penting dalam edukasi publik. Jika masyarakat mengira kriteria KHGT menjamin rukyat lokal universal, maka setiap kegagalan rukyat akan dianggap sebagai kegagalan kriteria. Padahal, kalender global bekerja dengan logika berbeda. Ia menggunakan kriteria global berbasis data, bukan jaminan visual setiap lokasi.

Dengan demikian, tinggi  $5^\circ$  harus dijelaskan sebagai **ambang sistemik**, bukan **prediksi lokal absolut**.

## J. Tinggi 5° dan Stabilitas Kalender Dunia

Kalender dunia membutuhkan stabilitas. Jika kriteria bergantung pada tinggi toposentris lokal, maka kalender harus memilih lokasi rujukan atau menerima variasi wilayah. Keduanya dapat menimbulkan perbedaan. Tinggi geosentris 5° membantu menghindari problem itu.

Dengan acuan geosentris, perhitungan menjadi lebih seragam. Lembaga hisab di berbagai negara dapat menghitung syarat yang sama. Ini penting untuk membangun kalender global yang dapat diverifikasi dan diterima lintas wilayah.

Stabilitas ini tidak hanya teknis, tetapi juga sosial. Kalender yang seragam membantu perencanaan ibadah, pendidikan, perjalanan, administrasi, dan agenda internasional umat Islam. Jika kriteria terlalu lokal, manfaat kalender global berkurang.

Tinggi geosentris 5° mendukung stabilitas tersebut dengan menyediakan batas posisi yang tidak terikat pada satu horizon lokal. Bersama elongasi geosentris 8°, ia membentuk kriteria global yang lebih tegas.

## K. Relasi Tinggi 5° dengan Data Observasi Modern

Walaupun tinggi 5° dalam KHGT adalah parameter geosentris, dasar rasionalnya tetap berkaitan dengan data observasi modern. Observasi hilal menunjukkan bahwa posisi terhadap horizon sangat menentukan. Model Odeh memakai ARCV sebagai variabel utama. Schaefer menekankan pentingnya atmosfer dan lokasi pengamatan.

Artinya, data observasi memberi pelajaran bahwa hilal rendah sangat bermasalah. KHGT menerjemahkan pelajaran itu menjadi syarat tinggi geosentris 5°. Jadi, meskipun bentuk kriterianya geosentris, dasar konseptualnya berasal dari pengalaman observasi lokal.

Relasi ini penting untuk membela KHGT dari tuduhan terlalu abstrak. KHGT tidak mengabaikan observasi; ia mengolah pelajaran observasi menjadi kriteria global. Tinggi 5° adalah contoh transformasi tersebut.

Dengan demikian, tinggi 5° memiliki dua akar: akar observasional dalam problem horizon, dan akar sistemik dalam kebutuhan kalender global.

## L. Transisi ke Transformasi Data Lokal menuju Kriteria Global

Subbab ini telah menjelaskan tinggi geosentris 5° sebagai syarat kalender dalam KHGT. Angka ini berfungsi sebagai ambang geometri global yang memberi buffer terhadap problem horizon, atmosfer rendah, cahaya senja, dan posisi Bulan yang terlalu rapuh. Tinggi 5° tidak dimaksudkan sebagai jaminan rukyat lokal universal, melainkan sebagai kriteria kalender global yang stabil.

Tinggi  $5^\circ$  memperoleh kekuatannya ketika dipasangkan dengan elongasi  $8^\circ$ . Keduanya membentuk struktur dua parameter: sabit cukup berkembang dan Bulan tidak terlalu rendah. Dengan demikian, KHGT tidak memakai prinsip minimalis “asal Bulan ada”, tetapi menetapkan ambang yang lebih bermakna secara astronomis.

## 5.5 Transformasi Data Visibilitas Lokal menjadi Kriteria Kalender Global

Transformasi dari **data visibilitas lokal** menuju **kriteria kalender global** merupakan salah satu langkah metodologis paling penting dalam pembangunan Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT). Langkah ini menjelaskan bagaimana data rukyat yang bersifat lokal, toposentris, atmosferik, dan sangat bergantung pada kondisi pengamat dapat diolah menjadi kriteria hisab global yang lebih stabil, seragam, dan dapat digunakan untuk penyusunan kalender dunia.

Data visibilitas hilal selalu lahir dari tempat tertentu. Seorang pengamat berdiri di suatu lokasi, pada waktu tertentu, dengan horizon tertentu, atmosfer tertentu, alat tertentu, dan kemampuan visual tertentu. Karena itu, data rukyat pada dasarnya bersifat **lokal**. Akan tetapi, kalender global membutuhkan keputusan yang tidak berubah-ubah menurut setiap lokasi. Di sinilah transformasi diperlukan: data lokal tidak langsung dijadikan aturan global, tetapi dianalisis untuk menemukan prinsip astronomis yang lebih umum.

Dalam konteks KHGT, transformasi ini menghasilkan dua prinsip utama. Pertama, sabit harus cukup berkembang sehingga tidak berada di wilayah limit ekstrem. Prinsip ini diterjemahkan menjadi **elongasi geosentris minimal  $8^\circ$** . Kedua, Bulan tidak boleh berada terlalu rendah sehingga tidak terlalu rapuh terhadap problem horizon dan atmosfer. Prinsip ini diterjemahkan menjadi **tinggi hilal geosentris minimal  $5^\circ$** .

Dengan demikian, KHGT tidak menolak data lokal. Sebaliknya, KHGT mengambil pelajaran dari data lokal, lalu mengubahnya menjadi kriteria global. Rukyat lokal tetap menjadi sumber empiris, tetapi keputusan kalender tidak lagi bergantung pada cuaca, horizon, atau keberhasilan pengamat tertentu pada setiap bulan. Inilah perbedaan mendasar antara **model visibilitas lokal** dan **kriteria kalender global**.

### A. Data Visibilitas Lokal: Sifat dan Keterbatasannya

Data visibilitas lokal adalah data yang diperoleh dari pengamatan hilal pada lokasi tertentu. Data ini dapat berupa laporan hilal terlihat dengan mata telanjang, terlihat dengan bantuan optik, terlihat dalam citra fotografi, atau tidak terlihat meskipun dilakukan pengamatan. Data seperti ini sangat berharga karena menjadi bukti empiris tentang kondisi ketika hilal berhasil atau gagal diamati.

Namun data lokal memiliki keterbatasan. Setiap laporan dipengaruhi oleh faktor-faktor setempat: lintang, bujur, elevasi, horizon, cuaca, transparansi atmosfer, kelembapan, aerosol, polusi cahaya, pengalaman pengamat, kualitas alat, dan metode pencarian. Karena itu, data lokal tidak dapat langsung diperlakukan sebagai aturan kalender global.

Schaefer menekankan bahwa visibilitas hilal melibatkan perhitungan orbit, hamburan cahaya Bulan, hamburan atmosfer, dan fisiologi penglihatan manusia. Pernyataan ini menunjukkan bahwa laporan lokal selalu berada dalam kompleksitas yang tinggi. Sebuah keberhasilan rukyat tidak hanya berarti “Bulan ada”, tetapi berarti seluruh faktor fisik dan manusia pada lokasi tersebut mendukung keterlihatan hilal.

Keterbatasan ini membuat data lokal harus dibaca secara hati-hati. Laporan hilal ekstrem dapat sangat penting, tetapi tidak otomatis menjadi kriteria. Laporan gagal melihat hilal juga sangat penting, tetapi tidak otomatis berarti hilal mustahil secara global. Semua data harus dianalisis dalam kumpulan yang luas agar pola umum dapat ditemukan.

## B. Dari Laporan Tunggal ke Basis Data

Langkah pertama transformasi adalah mengubah laporan tunggal menjadi basis data. Satu laporan rukyat dapat memberi informasi penting, tetapi belum cukup untuk menyusun kriteria. Kriteria membutuhkan kumpulan data yang cukup besar, mencakup keberhasilan dan kegagalan pengamatan, serta memiliki metadata yang memadai.

Schaefer menggunakan 294 observasi individual dan 1490 laporan Moonwatch untuk menguji berbagai algoritma visibilitas. Odeh kemudian memperluas basis data menjadi 737 observasi dengan menggabungkan data Schaefer, Jim Stamm, SAAO, Mohsen Mirsaeed, Alireza Mehrani, dan ICOP.

Perubahan dari laporan tunggal ke basis data ini sangat penting. Dalam basis data, rekor ekstrem tidak dibaca sendirian. Ia dibandingkan dengan banyak laporan lain. Dengan cara ini, peneliti dapat membedakan antara **batas ekstrem**, **zona mungkin terlihat**, **zona sulit**, dan **zona relatif aman**.

KHGT membutuhkan cara baca seperti ini. Kriteria global tidak boleh disusun dari satu laporan yang sangat ekstrem, meskipun laporan itu valid. Kriteria harus lahir dari pola umum yang terlihat dalam banyak data. Angka  $8^\circ$  memperoleh kekuatan karena ia tidak hanya berhubungan dengan satu rekor, tetapi dengan pembacaan terhadap batas optik  $6,4^\circ$  dan batas mata telanjang  $7,7^\circ$  dalam rekam observasi modern.

## C. Dari Data Toposentris ke Prinsip Geometri

Data rukyat lokal biasanya dianalisis secara toposentris karena pengamatan dilakukan dari permukaan Bumi. Parameter seperti tinggi lokal, azimut lokal, ARCV, DAZ, lag lokal, dan waktu terbaik pengamatan sangat penting untuk memahami mengapa hilal terlihat atau tidak terlihat dari suatu tempat.

Odeh memakai **topocentric arc of vision** dan **topocentric crescent width** sebagai dua variabel utama dalam kriterianya. Ini tepat karena tujuannya adalah memodelkan visibilitas pengamatan. Namun kalender global memerlukan langkah berikutnya: menemukan prinsip umum dari data toposentris tersebut.

Dari data toposentris, kita belajar bahwa hilal harus memenuhi dua syarat besar. Pertama, sabit harus cukup terang atau cukup lebar. Kedua, posisinya harus cukup baik terhadap horizon. Dua prinsip ini kemudian dapat diterjemahkan menjadi kriteria global yang lebih sederhana.

Dalam KHGT, prinsip pertama diterjemahkan menjadi elongasi geosentris  $8^\circ$ . Elongasi dipakai karena berkaitan dengan keterpisahan Bulan–Matahari dan perkembangan sabit. Prinsip kedua diterjemahkan menjadi tinggi geosentris  $5^\circ$ . Tinggi dipakai karena berkaitan dengan problem horizon.

Dengan demikian, KHGT tidak mengambil angka toposentris lokal secara langsung, tetapi mengambil prinsip geometri di baliknya.

## D. Dari Model Prediksi Lokal ke Kriteria Kalender

Model prediksi lokal dan kriteria kalender memiliki fungsi berbeda. Model prediksi lokal bertujuan menjawab: **apakah hilal mungkin terlihat dari lokasi tertentu?** Karena itu, model tersebut memerlukan banyak parameter lokal, termasuk kondisi atmosfer dan horizon.

Kriteria kalender menjawab pertanyaan berbeda: **apakah konfigurasi Bulan–Matahari telah memenuhi syarat untuk menetapkan awal bulan secara global?** Karena itu, kriteria kalender harus lebih sederhana, lebih stabil, dan lebih seragam.

Kesalahan sering terjadi ketika model prediksi lokal langsung diperlakukan sebagai kriteria kalender. Misalnya, jika model lokal menunjukkan bahwa hilal dapat dideteksi dengan alat pada kondisi tertentu, tidak berarti angka itu otomatis layak dijadikan ambang kalender global. Sebaliknya, jika hilal gagal terlihat di suatu lokasi, tidak berarti kriteria global selalu gagal.

KHGT memerlukan pembedaan ini. Kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  bukan model visibilitas lokal paling lengkap. Ia adalah kriteria kalender global yang disusun dari pelajaran utama visibilitas modern. Oleh karena itu, kriteria ini harus dinilai berdasarkan fungsinya sebagai sistem kalender, bukan sebagai prediksi lokal absolut.

## E. Prinsip Reduksi Kompleksitas

Transformasi data lokal ke kalender global memerlukan **reduksi kompleksitas**. Reduksi ini bukan penyederhanaan sembarangan, melainkan penyederhanaan ilmiah. Dari banyak parameter lokal, dipilih parameter yang paling representatif dan paling cocok untuk kalender global.

Dalam visibilitas hilal, parameter lokal dapat sangat banyak: umur Bulan, lag, tinggi, elongasi, ARCV, DAZ, crescent width, refraksi, atmosfer, elevasi, horizon, alat, pengalaman pengamat, dan waktu terbaik. Jika semua parameter ini dijadikan kriteria kalender global, sistem menjadi terlalu rumit dan sulit dikomunikasikan.

Namun jika kalender hanya memakai satu parameter sederhana seperti umur Bulan, lag, atau wujud di atas ufuk, sistem menjadi terlalu lemah. Maka diperlukan jalan tengah: cukup sederhana untuk kalender, tetapi cukup bermakna secara fisik.

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  menjalankan fungsi ini. Ia mereduksi kompleksitas ke dalam dua parameter utama:

1. **elongasi  $8^{\circ}$**  untuk mewakili perkembangan sabit;
2. **tinggi  $5^{\circ}$**  untuk mewakili posisi terhadap horizon.

Reduksi ini tetap ilmiah karena dua parameter tersebut berhubungan langsung dengan dua dimensi utama visibilitas. Odeh menegaskan perlunya minimal dua parameter: satu terkait kecerlangan sabit dan satu terkait jarak dari horizon.

## F. Dari Limit Ekstrem ke Ambang Kalender

Salah satu bagian terpenting dari transformasi ini adalah membedakan **limit ekstrem** dari **ambang kalender**. Limit ekstrem menunjukkan batas terendah yang pernah dicapai dalam observasi. Ambang kalender menunjukkan batas operasional yang layak dipakai dalam sistem kalender.

Data modern menunjukkan dua angka penting:  $6,4^{\circ}$  sebagai batas optik dan  $7,7^{\circ}$  sebagai batas mata telanjang. Keduanya sangat berharga, tetapi keduanya adalah batas ekstrem. Kalender global tidak seharusnya berdiri tepat pada batas ekstrem.

Transformasi menuju KHGT dilakukan dengan mengambil angka di atas batas ekstrem tersebut. Elongasi  $8^{\circ}$  menjadi ambang kalender karena berada di atas  $6,4^{\circ}$  dan  $7,7^{\circ}$ . Angka ini memiliki basis data, tetapi juga memiliki margin.

Inilah inti transformasi metodologis: data ekstrem tidak ditolak, tetapi tidak diambil mentah-mentah. Data ekstrem menjadi dasar untuk menentukan ambang yang lebih stabil. Dengan cara ini, KHGT menghormati rekor observasi tanpa menjadikan kalender bergantung pada rekor.

## G. Dari Horizon Lokal ke Tinggi Geosentris $5^{\circ}$

Data observasi lokal menunjukkan bahwa horizon adalah salah satu faktor paling menentukan. Hilal yang terlalu rendah sangat sulit terlihat karena atmosfer tebal, cahaya senja, aerosol, kabut, dan gangguan horizon. Dalam model lokal, problem ini dapat dipahami melalui tinggi toposentris, ARCV, dan kondisi horizon.

Namun kalender global tidak dapat mengikuti setiap horizon lokal. Karena itu, pelajaran dari horizon lokal ditransformasikan menjadi syarat tinggi geosentris  $5^{\circ}$ . Angka ini menyatakan bahwa Bulan tidak boleh berada terlalu rendah dalam konfigurasi kalender global.

Tinggi geosentris  $5^{\circ}$  bukan jaminan bahwa semua lokasi akan melihat hilal. Ia adalah batas sistemik. Ia memberi buffer dari wilayah horizon yang terlalu rapuh. Dengan demikian, data lokal tentang kesulitan hilal rendah diubah menjadi kriteria global yang stabil.



Transformasi ini penting karena KHGT ingin tetap berbasis pada realitas visibilitas, tetapi tidak ingin kalender dikendalikan oleh cuaca dan horizon lokal. Tinggi  $5^\circ$  menjadi jembatan antara keduanya.

## H. Dari Kriteria Observasional ke Kriteria Sistemik

Kriteria observasional bertanya apakah hilal mungkin terlihat. Kriteria sistemik bertanya apakah awal bulan dapat ditetapkan dalam sistem kalender. KHGT adalah kriteria sistemik yang berbasis observasi.

Perbedaannya dapat dijelaskan demikian: sebuah kriteria observasional boleh sangat rinci dan lokal, sedangkan kriteria sistemik harus mampu bekerja secara luas. Kriteria observasional dapat menyatakan “hilal mungkin terlihat dengan alat dari wilayah tertentu”. Kriteria sistemik harus menyatakan “awal bulan dimulai secara global karena konfigurasi telah memenuhi ambang yang ditetapkan”.

Karena itu, KHGT tidak sama dengan peta visibilitas. Peta visibilitas dapat menunjukkan zona-zona berbeda di dunia. KHGT harus menghasilkan satu keputusan tanggal. Agar satu keputusan itu tidak arbitrer, ia memerlukan kriteria global.

Tinggi  $5^\circ$  dan elongasi  $8^\circ$  adalah bentuk kriteria sistemik. Ia mengambil inti dari data observasional, tetapi mengubahnya menjadi aturan kalender.

## I. Mengapa Transformasi Ini Sah secara Ilmiah?

Transformasi dari data lokal ke kriteria global sah secara ilmiah jika memenuhi beberapa syarat.

Pertama, data lokal yang dipakai harus valid dan cukup luas. Dalam hal ini, penelitian Schaefer dan Odeh memberi basis penting melalui ratusan hingga ribuan laporan observasi.

Kedua, parameter yang dipilih harus memiliki makna fisik. Tinggi dan elongasi memenuhi syarat ini karena tinggi berkaitan dengan horizon, sedangkan elongasi berkaitan dengan pembentukan sabit.

Ketiga, ambang kalender harus memiliki margin dari limit ekstrem. Elongasi  $8^\circ$  memenuhi syarat ini karena berada di atas  $6,4^\circ$  dan  $7,7^\circ$ .

Keempat, kriteria harus dapat dihitung secara konsisten. Penggunaan geosentris membantu memastikan hal ini.

Kelima, kriteria harus sesuai dengan fungsi kalender global.  $5^\circ$ – $8^\circ$  cukup sederhana, stabil, dan komunikatif.

Dengan lima syarat tersebut, transformasi KHGT dapat dipertanggungjawabkan. Ia bukan lompatan dari data lokal ke keputusan global secara sembarangan, tetapi proses sintesis ilmiah-kalender.

## J. Risiko Jika Transformasi Tidak Dilakukan

Jika data lokal tidak ditransformasikan menjadi kriteria global, kalender akan terus terjebak dalam fragmentasi. Setiap wilayah dapat mengandalkan pengamatan lokalnya sendiri. Jika satu wilayah mendung, keputusan dapat berbeda. Jika satu wilayah menerima laporan ekstrem, keputusan dapat berubah. Jika satu wilayah memakai kriteria lokal berbeda, kalender menjadi tidak seragam.

Tanpa transformasi, data observasi hanya menjadi kumpulan laporan, bukan dasar sistem kalender. Umat tetap berada dalam perbedaan awal bulan yang berulang. Padahal data modern sudah cukup menunjukkan pola umum yang dapat digunakan untuk menyusun kriteria lebih stabil.

Sebaliknya, jika transformasi dilakukan secara salah, kalender dapat menjadi terlalu abstrak. Misalnya, jika kalender hanya memakai konjungsi atau wujud di atas ufuk, ia kehilangan hubungan dengan visibilitas hilal. Maka transformasi harus menjaga keseimbangan: tidak terlalu lokal, tidak terlalu abstrak.

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  berupaya menjaga keseimbangan itu. Ia tidak dikendalikan oleh laporan lokal bulanan, tetapi tetap berbasis pada pelajaran observasi hilal modern.

## K. Implikasi bagi KHGT

Transformasi data lokal menjadi kriteria global memberi beberapa implikasi penting bagi KHGT.

Pertama, KHGT harus terus menjelaskan bahwa rukyat tetap penting sebagai basis data, bukan semata-mata sebagai pemutus lokal bulanan.

Kedua, KHGT harus membedakan fungsi model visibilitas lokal dan kriteria kalender global.

Ketiga, KHGT harus menegaskan bahwa penggunaan geosentris bukan penolakan terhadap observasi, tetapi kebutuhan sistem kalender global.

Keempat, KHGT harus mempertahankan prinsip dua parameter: sabit cukup berkembang dan Bulan tidak terlalu rendah.

Kelima, KHGT harus terbuka terhadap evaluasi data observasi baru, tetapi perubahan kriteria harus berbasis akumulasi data yang kuat, bukan laporan ekstrem tunggal.

Dengan demikian, KHGT dapat dipahami sebagai sistem hisab global yang dikontrol oleh data observasi, bukan sistem hisab yang terlepas dari rukyat.

## L. Transisi ke Sintesis Geosentris–Toposentris

Subbab ini telah menjelaskan bagaimana data visibilitas lokal dapat ditransformasikan menjadi kriteria kalender global. Data rukyat lokal penting karena memberi bukti empiris tentang batas-batas kenampakan hilal. Namun data lokal tidak dapat langsung menjadi kalender global karena sangat dipengaruhi lokasi, atmosfer, horizon, alat, dan pengamat.

KHGT mengambil pelajaran dari data lokal, lalu merumuskannya menjadi kriteria geosentris  $5^\circ$ – $8^\circ$ . Elongasi  $8^\circ$  berasal dari pembacaan terhadap batas ekstrem visibilitas modern dan berfungsi sebagai ambang perkembangan sabit. Tinggi  $5^\circ$  berasal dari pelajaran tentang problem horizon dan berfungsi sebagai ambang posisi geometri. Keduanya menjadi kriteria global yang stabil.

## 5.6 Sintesis Geosentris–Toposentris: Fungsi Berbeda, Tujuan Saling Melengkapi

Perdebatan antara pendekatan **geosentris** dan **toposentris** dalam hisab hilal sering kali muncul karena keduanya diposisikan seolah-olah saling meniadakan. Padahal, dalam kerangka ilmu falak modern, keduanya tidak harus dipertentangkan. Geosentris dan toposentris memiliki **fungsi yang berbeda**, tetapi keduanya dapat saling melengkapi dalam sistem kalender yang utuh. Geosentris lebih sesuai untuk **kriteria kalender global**, sedangkan toposentris lebih sesuai untuk **observasi lokal, validasi empiris, dan pemetaan visibilitas**.

Dalam Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT), sintesis ini sangat penting. KHGT tidak dapat berdiri hanya di atas rukyat lokal yang sangat dipengaruhi cuaca, horizon, alat, dan pengamat. Namun KHGT juga tidak boleh menjadi sistem hisab abstrak yang kehilangan hubungan dengan data observasi. Karena itu, KHGT perlu menggunakan parameter geosentris untuk keputusan kalender, tetapi tetap memanfaatkan parameter toposentris untuk observasi dan validasi.

Sintesis ini dapat dirumuskan secara sederhana: **geosentris untuk penetapan kalender, toposentris untuk pembuktian lapangan**. Kriteria **tinggi hilal geosentris  $5^\circ$**  dan **elongasi geosentris  $8^\circ$**  berfungsi sebagai ambang global yang stabil. Sementara itu, tinggi toposentris, ARCV, DAZ, crescent width, lag lokal, kondisi atmosfer, dan data pengamatan berfungsi sebagai perangkat untuk memahami bagaimana hilal benar-benar tampak atau gagal tampak dari lokasi tertentu.

Dengan demikian, KHGT tidak menolak rukyat. KHGT menata ulang fungsi rukyat. Rukyat tidak lagi menjadi satu-satunya pemutus lokal bulanan, melainkan menjadi sumber data empiris yang memperkaya, menguji, dan menguatkan sistem kalender global.

## A. Mengapa Geosentris dan Toposentris Tidak Perlu Dipertentangkan?

Geosentris dan toposentris menjawab pertanyaan yang berbeda. Geosentris menjawab pertanyaan tentang konfigurasi global Bulan–Matahari–Bumi. Toposentris menjawab pertanyaan tentang bagaimana konfigurasi itu tampak dari lokasi pengamat tertentu.

Jika pertanyaannya adalah: **berapa jarak sudut Bulan dari Matahari dalam konfigurasi global?**, maka pendekatan geosentris lebih tepat. Dokumen dasar buku ini menjelaskan bahwa elongasi geosentris dihitung dari pusat Bumi dan bersifat lebih mutlak karena tidak dipengaruhi paralaks lokasi pengamat.

Jika pertanyaannya adalah: **apakah hilal dapat dilihat dari lokasi tertentu?**, maka pendekatan toposentris lebih tepat. Tinggi hilal toposentris dihitung dari sudut pandang pengamat di permukaan Bumi dan dipengaruhi oleh letak geografis, ketinggian tempat, kelengkungan Bumi, serta refraksi atmosfer.

Masalah muncul ketika pertanyaan kalender dan pertanyaan observasi dicampuradukkan. Kriteria kalender global tidak harus identik dengan parameter observasi lokal. Sebaliknya, observasi lokal tidak boleh diabaikan hanya karena kalender memakai kriteria geosentris. Keduanya memiliki tempat masing-masing.

Dalam KHGT, geosentris dan toposentris harus ditempatkan secara fungsional. Geosentris menyediakan kepastian sistemik; toposentris menyediakan data empiris. Geosentris memberi kalender; toposentris memberi verifikasi dan penjelasan lapangan.

## B. Fungsi Geosentris: Stabilitas Kalender Global

Fungsi utama pendekatan geosentris dalam KHGT adalah memberi stabilitas. Kalender global harus dapat dihitung jauh hari, diterapkan lintas wilayah, dan diverifikasi oleh berbagai lembaga dengan hasil yang sama. Untuk tujuan ini, parameter yang berubah-ubah menurut lokasi lokal kurang ideal.

Elongasi geosentris  $8^\circ$  adalah contoh paling jelas. Ia menyatakan bahwa Bulan telah terpisah minimal  $8^\circ$  dari Matahari dalam kerangka pusat Bumi. Angka ini tidak bergantung pada horizon lokal, cuaca, atau elevasi pengamat. Karena itu, ia cocok sebagai syarat global.

Tinggi geosentris  $5^\circ$  juga berfungsi sebagai batas geometri global. Ia bukan tinggi yang dialami oleh semua pengamat lokal, tetapi syarat bahwa posisi Bulan secara sistem kalender tidak berada terlalu rendah. Dengan syarat ini, KHGT menghindari prinsip minimalis yang hanya mensyaratkan Bulan sekadar ada di atas ufuk.

Stabilitas geosentris penting karena kalender global tidak boleh bergantung pada apakah langit di suatu tempat berawan atau cerah. Jika kalender global bergantung pada kondisi lokal bulanan, maka kalender kehilangan prediktabilitas. Dalam kehidupan modern, prediktabilitas kalender

sangat penting untuk ibadah, pendidikan, administrasi, perjalanan, ekonomi, dan komunikasi lintas negara.

Dengan demikian, geosentris adalah fondasi sistemik KHGT. Ia menyediakan bahasa matematika global yang tidak mudah berubah oleh variasi lokal.

## C. Fungsi Toposentris: Validasi Observasi dan Peta Visibilitas

Toposentris tetap sangat penting karena hilal benar-benar diamati dari permukaan Bumi. Setiap pengamatan terjadi di lokasi tertentu, dengan horizon tertentu, atmosfer tertentu, dan alat tertentu. Karena itu, jika tujuan kita adalah memahami hasil rukyat, parameter toposentris tidak dapat diabaikan.

Model visibilitas modern memakai parameter toposentris karena tujuannya memprediksi peluang pengamatan lokal. Odeh menggunakan **topocentric arc of vision** dan **topocentric crescent width** sebagai dua variabel utama dalam kriterianya. Hal ini menunjukkan bahwa prediksi lokal memerlukan bahasa lokal.

Toposentris berfungsi untuk menjawab beberapa pertanyaan penting:

1. Dari lokasi ini, berapa tinggi Bulan saat Matahari terbenam?
2. Berapa azimuth Bulan dan Matahari?
3. Berapa beda azimuth atau DAZ?
4. Berapa ARCV?
5. Berapa crescent width?
6. Berapa lama Bulan berada di atas horizon?
7. Apakah horizon lokal bersih?
8. Apakah atmosfer cukup transparan?
9. Apakah hilal mungkin dilihat dengan mata telanjang atau memerlukan alat?

Pertanyaan-pertanyaan ini tidak dapat dijawab oleh kriteria geosentris saja. Karena itu, KHGT tetap membutuhkan analisis toposentris untuk observasi, dokumentasi, validasi, dan edukasi publik.

Dengan kata lain, toposentris adalah laboratorium lapangan KHGT. Kalendernya global, tetapi datanya tetap diperkaya oleh pengamatan lokal.

## D. Rukyat sebagai Data, Bukan Lawan Hisab

Sintesis geosentris–toposentris juga mengubah cara memahami hubungan rukyat dan hisab. Dalam perdebatan tradisional, rukyat dan hisab sering diposisikan sebagai dua kubu berlawanan. Padahal, dalam pendekatan ilmiah modern, rukyat dan hisab seharusnya saling melengkapi.

Rukyat menghasilkan data empiris: hilal terlihat atau tidak terlihat dalam kondisi tertentu. Hisab menyediakan model: posisi Bulan, Matahari, tinggi, elongasi, ARCV, DAZ, crescent width, dan waktu terbaik pengamatan. Rukyat tanpa hisab sulit diverifikasi. Hisab tanpa data observasi berisiko terlalu abstrak.

Schaefer menekankan bahwa laporan hilal muda perlu dinilai berdasarkan pengalaman pengamat, persiapan observasi, pelaporan yang cepat, dan konsistensi dengan perhitungan astronomis. Ini menunjukkan bahwa rukyat yang kuat justru membutuhkan hisab sebagai alat validasi.

Dalam KHGT, rukyat diposisikan sebagai data yang memperkuat kalender, bukan sebagai lawan hisab global. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dihitung secara hisab geosentris, tetapi dasar rasionalnya berasal dari rekam jejak observasi modern, termasuk data Schaefer, Odeh, dan ICOP. Dengan demikian, hisab KHGT bukan hisab yang terlepas dari rukyat, melainkan hisab yang disusun dari pelajaran rukyat.

## **E. Data Toposentris sebagai Dasar Evaluasi Kriteria Geosentris**

Walaupun keputusan kalender KHGT memakai kriteria geosentris, data toposentris tetap diperlukan untuk evaluasi. Setiap kali awal bulan ditetapkan berdasarkan kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ , observasi lokal dapat dilakukan di berbagai wilayah. Hasilnya dapat dicatat, dianalisis, dan dibandingkan dengan model.

Jika hilal terlihat di banyak lokasi ketika kriteria KHGT terpenuhi, maka data tersebut memperkuat kriteria. Jika hilal tidak terlihat di banyak lokasi, perlu dianalisis penyebabnya. Apakah kondisi atmosfer buruk? Apakah tinggi toposentris rendah? Apakah DAZ tidak menguntungkan? Apakah crescent width masih kecil? Apakah horizon tertutup? Apakah pengamatan dilakukan pada waktu terbaik?

Dengan cara ini, toposentris menjadi alat evaluasi geosentris. Data lokal tidak langsung membatalkan kalender global, tetapi memberi masukan ilmiah. Jika dalam jangka panjang data lokal menunjukkan pola yang konsisten dan berbeda dari asumsi awal, maka kriteria dapat ditinjau ulang secara ilmiah.

Prinsip ini penting agar KHGT tidak menjadi dogma angka. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  kuat karena berbasis data, tetapi tetap harus terbuka terhadap evaluasi data baru. Namun evaluasi harus dilakukan melalui akumulasi data yang valid, bukan berdasarkan laporan tunggal atau klaim ekstrem.

## **F. Sintesis dalam Pembacaan Elongasi $8^{\circ}$**

Elongasi  $8^{\circ}$  adalah contoh sintesis geosentris–toposentris yang jelas. Secara kriteria, angka ini ditetapkan geosentris. Namun dasar argumentasinya berasal dari data observasi toposentris. Data Odeh menunjukkan bahwa minimum elongasi untuk hilal dengan bantuan optik adalah  $6,4^{\circ}$ , sedangkan minimum elongasi mata telanjang adalah  $7,7^{\circ}$ .

Data tersebut berasal dari pengamatan nyata, yang berarti toposentris. Namun ketika digunakan untuk kalender global, pelajarannya diubah menjadi ambang geosentris  $8^\circ$ . Transformasi ini bukan kontradiksi. Ia adalah proses metodologis: data lokal menunjukkan batas, kriteria global mengambil ambang yang stabil.

Dengan demikian, elongasi  $8^\circ$  tidak boleh dipahami sebagai angka yang terputus dari rukyat. Sebaliknya, ia adalah hasil pembacaan terhadap rekam observasi. Tetapi ketika menjadi kriteria kalender, ia harus didefinisikan geosentris agar berlaku global.

Inilah sintesis KHGT: sumber empirisnya lokal, rumusan kriterianya global.

## G. Sintesis dalam Pembacaan Tinggi $5^\circ$

Tinggi  $5^\circ$  juga merupakan hasil sintesis. Dalam observasi lokal, tinggi toposentris sangat penting karena berhubungan dengan horizon, atmosfer, cahaya senja, dan gangguan lokal. Dokumen dasar buku ini menyatakan bahwa tinggi toposentris dipengaruhi oleh lokasi geografis, ketinggian tempat, kelengkungan Bumi, dan refraksi atmosfer.

Dari fakta toposentris tersebut, KHGT mengambil pelajaran umum: Bulan yang terlalu rendah tidak layak menjadi dasar kalender global karena terlalu rapuh terhadap horizon. Pelajaran ini kemudian dirumuskan sebagai tinggi geosentris  $5^\circ$ .

Dengan demikian, tinggi  $5^\circ$  bukan penolakan terhadap tinggi toposentris. Ia justru lahir dari kesadaran bahwa tinggi lokal penting. Namun karena kalender global tidak dapat mengikuti semua variasi lokal, pelajaran itu diabstraksikan menjadi kriteria geosentris.

Tinggi  $5^\circ$  adalah cara KHGT menjaga hubungan dengan realitas horizon tanpa membiarkan kalender dikendalikan oleh horizon lokal tertentu.

## H. Menjaga Batas antara Validasi dan Penetapan

Dalam sintesis KHGT, perlu dibedakan secara tegas antara **validasi** dan **penetapan**.

Penetapan kalender dilakukan dengan kriteria geosentris  $5^\circ$ – $8^\circ$ . Artinya, jika syarat tinggi hilal geosentris minimal  $5^\circ$  dan elongasi geosentris minimal  $8^\circ$  terpenuhi sesuai aturan KHGT, maka awal bulan dapat ditetapkan dalam sistem kalender global.

Validasi dilakukan dengan observasi toposentris. Pengamat di berbagai lokasi dapat melakukan rukyat dan mencatat data. Hasil rukyat digunakan untuk menguji, menjelaskan, dan memperkaya basis pengetahuan.

Jika validasi lokal gagal karena mendung atau horizon buruk, penetapan kalender tidak otomatis berubah. Jika validasi lokal berhasil, data itu memperkuat kalender. Jika dalam jangka panjang terdapat pola validasi yang tidak sesuai, maka kriteria dapat dievaluasi secara akademik dan kelembagaan.



Pembedaan ini membuat KHGT stabil tetapi tetap ilmiah. Stabil karena keputusan tidak berubah oleh kondisi lokal sesaat. Ilmiah karena observasi tetap dihargai sebagai data evaluatif.

## I. Menghindari Dua Ekstrem

Sintesis geosentris–toposentris membantu KHGT menghindari dua ekstrem.

Ekstrem pertama adalah **lokalisme observasional mutlak**, yaitu pandangan bahwa kalender hanya dapat ditetapkan berdasarkan rukyat lokal aktual. Pandangan ini sangat dekat dengan pengalaman visual, tetapi sulit memenuhi kebutuhan kalender global yang prediktif dan seragam.

Ekstrem kedua adalah **abstraksi hisab tanpa observasi**, yaitu pandangan bahwa kalender cukup ditetapkan dengan perhitungan murni tanpa memperhatikan data visibilitas. Pandangan ini memberi kepastian, tetapi berisiko kehilangan akar empiris hilal.

KHGT berada di tengah. Kalender ditetapkan secara hisab global, tetapi kriteria hisabnya dibangun dari pelajaran data observasi. Geosentris memberi stabilitas; toposentris memberi basis empiris. Dengan demikian, KHGT bukan rukyat lokal murni, dan bukan hisab abstrak murni. Ia adalah sistem hisab global berbasis data rukyat.

Posisi tengah ini penting untuk legitimasi ilmiah dan sosial. Kalender global harus dapat diterima oleh komunitas astronomi, praktisi falak, dan masyarakat keagamaan. Sintesis geosentris–toposentris memberi dasar untuk itu.

## J. Implikasi bagi Sistem Observasi Hilal Masa Depan

Sintesis KHGT menuntut sistem observasi hilal masa depan yang lebih disiplin. Jika rukyat berfungsi sebagai data validasi, maka laporan rukyat harus berkualitas tinggi. Setiap laporan seharusnya mencatat lokasi, waktu, alat, kondisi atmosfer, horizon, tinggi toposentris, elongasi, ARCV, DAZ, crescent width, lag, dan hasil pengamatan.

Odeh menunjukkan pentingnya basis data besar dengan menggabungkan 737 observasi dari berbagai sumber, termasuk ICOP. Ini memberi pelajaran bahwa observasi masa depan harus dikumpulkan secara sistematis, bukan hanya dilaporkan secara naratif.

KHGT dapat mendorong lahirnya jaringan observasi global yang tidak lagi bertugas “menentukan” kalender setiap bulan, tetapi bertugas **menguatkan basis ilmiah kalender**. Fungsi ini tidak lebih rendah daripada fungsi pemutus. Justru fungsi data ilmiah lebih berjangka panjang karena dapat memperbaiki kriteria, memperkaya pendidikan falak, dan membangun kepercayaan publik.

Dengan demikian, sintesis geosentris–toposentris menuntut transformasi kelembagaan observasi: dari kesaksian lokal sporadis menuju database observasi global.

## K. Implikasi bagi Edukasi Publik KHGT

Edukasi publik sangat penting agar sintesis ini tidak disalahpahami. Masyarakat perlu memahami bahwa KHGT tidak mengatakan hilal pasti terlihat di semua tempat ketika kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  terpenuhi. KHGT mengatakan bahwa konfigurasi Bulan–Matahari telah melewati ambang global yang berbasis data observasi dan layak dijadikan dasar kalender.

Masyarakat juga perlu memahami bahwa kegagalan rukyat lokal tidak selalu berarti kalender salah. Rukyat dapat gagal karena awan, kabut, horizon tertutup, atmosfer buruk, alat kurang memadai, atau pengamat belum menemukan posisi yang tepat. Oleh karena itu, hasil rukyat lokal harus dianalisis secara ilmiah, bukan langsung dijadikan penolakan terhadap kalender global.

Penjelasan publik dapat dibuat sederhana:

- **Geosentris** dipakai untuk kalender agar semua umat memakai acuan yang sama.
- **Toposentris** dipakai untuk observasi karena pengamat melihat dari tempat tertentu.
- **Elongasi  $8^{\circ}$**  memastikan sabit cukup berkembang.
- **Tinggi  $5^{\circ}$**  memastikan Bulan tidak terlalu rendah.
- **Rukyat tetap penting** sebagai data validasi dan pendidikan.

Dengan edukasi seperti ini, KHGT lebih mudah dipahami sebagai sistem yang rasional, bukan sebagai penghapusan tradisi rukyat.

## L. Sintesis sebagai Fondasi Bab Berikutnya

Subbab ini menegaskan bahwa geosentris dan toposentris bukan dua pendekatan yang saling meniadakan. Keduanya memiliki fungsi berbeda. Geosentris lebih tepat untuk kalender global karena memberikan stabilitas dan keseragaman. Toposentris lebih tepat untuk observasi lokal karena menggambarkan kondisi pengamat di permukaan Bumi.

Dalam KHGT, sintesis keduanya menghasilkan struktur yang jelas. Penetapan kalender memakai kriteria geosentris  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ . Observasi lokal memakai parameter toposentris untuk validasi, dokumentasi, dan pendidikan. Dengan demikian, KHGT dapat mempertahankan prediktabilitas kalender global sekaligus tetap berakar pada data rukyat.

## 5.7 Mengapa KHGT Harus Menggunakan Kriteria Geosentris $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$

Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) membutuhkan kriteria yang berbeda dari kriteria rukyat lokal. Rukyat lokal bertujuan menjawab apakah hilal dapat dilihat dari tempat tertentu. KHGT bertujuan lebih luas: menetapkan awal bulan secara global, seragam, prediktif, dan tetap memiliki dasar astronomis yang dapat dipertanggungjawabkan. Karena itu, KHGT memerlukan kriteria yang tidak hanya sahih secara observasional, tetapi juga stabil secara sistem kalender.

Dalam kerangka tersebut, kriteria **tinggi hilal geosentris minimal  $5^\circ$**  dan **elongasi geosentris minimal  $8^\circ$**  menjadi pilihan yang logis. Kriteria ini menggabungkan dua aspek utama visibilitas hilal: **posisi Bulan terhadap horizon** dan **perkembangan sabit Bulan terhadap Matahari**. Tinggi  $5^\circ$  berfungsi sebagai batas agar Bulan tidak berada terlalu rendah dalam konfigurasi global. Elongasi  $8^\circ$  berfungsi sebagai batas agar sabit tidak terlalu tipis dan tidak terlalu dekat dengan Matahari.

Kriteria ini juga menghindari dua ekstrem. Ekstrem pertama adalah kriteria yang terlalu rendah, misalnya hanya mensyaratkan Bulan sudah wujud atau berada sedikit di atas ufuk. Kriteria seperti ini terlalu lemah dari sudut visibilitas karena Bulan yang sangat rendah dan berelongasi kecil belum tentu memiliki sabit yang bermakna. Ekstrem kedua adalah kriteria yang terlalu kompleks dan lokal sehingga sulit dijadikan dasar kalender global. Kriteria seperti ARCV, DAZ, crescent width, atmosfer, dan horizon lokal sangat berguna untuk prediksi rukyat lokal, tetapi terlalu rinci jika dijadikan kriteria global tunggal.

KHGT membutuhkan jalan tengah: cukup sederhana untuk kalender global, tetapi cukup kuat secara astronomis. Kriteria geosentris  $5^\circ$ – $8^\circ$  memenuhi kebutuhan tersebut.

## A. KHGT Membutuhkan Acuan Global, Bukan Horizon Lokal

Kalender global tidak dapat digantungkan pada satu horizon lokal. Jika keputusan kalender bergantung pada keberhasilan rukyat lokal, maka kalender akan terus dipengaruhi oleh awan, kabut, polusi, horizon tertutup, alat observasi, dan pengalaman pengamat. Akibatnya, kalender sulit menjadi prediktif dan seragam.

Di sinilah acuan geosentris menjadi penting. Geosentris memberikan titik acuan yang sama bagi seluruh dunia. Dengan memakai pusat Bumi sebagai referensi, kriteria dapat dihitung secara seragam oleh semua pihak. Tidak perlu memilih satu lokasi rujukan yang dapat diperdebatkan. Tidak perlu menjadikan cuaca lokal sebagai penentu kalender global.

Dokumen dasar buku ini menjelaskan bahwa elongasi geosentris dihitung dari pusat Bumi dan tidak dipengaruhi paralaks lokasi pengamat. Ini menjadikan elongasi geosentris sangat cocok untuk kalender global. Dalam KHGT, prinsip ini diperluas dengan penggunaan tinggi geosentris sebagai batas posisi global.

Dengan demikian, KHGT harus memakai geosentris karena tujuannya bukan menyusun kalender untuk satu kota, satu negara, atau satu horizon tertentu, melainkan kalender global yang dapat berlaku lintas wilayah.

## B. Elongasi $8^\circ$ sebagai Syarat Sabit Cukup Berkembang

Elongasi  $8^\circ$  merupakan syarat bahwa Bulan telah cukup terpisah dari Matahari. Keterpisahan ini penting karena berhubungan dengan ketebalan sabit. Semakin kecil elongasi, semakin tipis sabit, semakin redup cahayanya, dan semakin sulit ia dikenali di langit senja.

Data observasi modern memberikan dasar kuat bagi angka  $8^\circ$ . Odeh menyebut minimum elongasi hilal yang terlihat dengan bantuan optik sebesar  $6,4^\circ$ , sedangkan minimum elongasi hilal yang terlihat dengan mata telanjang sebesar  $7,7^\circ$ . Dengan demikian, angka  $8^\circ$  berada di atas kedua batas tersebut.

Makna angka  $8^\circ$  bukan bahwa hilal pasti terlihat di semua tempat ketika elongasi mencapai  $8^\circ$ . Makna yang lebih tepat adalah bahwa konfigurasi Bulan–Matahari telah melewati batas ekstrem modern yang diketahui. Kalender global tidak boleh berdiri pada limit optik  $6,4^\circ$  karena itu terlalu ekstrem. Kalender global juga tidak sebaiknya berdiri tepat pada rekor mata telanjang  $7,7^\circ$ . Dengan mengambil  $8^\circ$ , KHGT memberi margin kecil tetapi penting.

Elongasi  $8^\circ$  menjadi syarat sabit cukup berkembang. Ia memastikan bahwa awal bulan global tidak ditetapkan ketika sabit masih terlalu tipis, terlalu dekat dengan Matahari, dan terlalu rapuh secara visibilitas.

### C. Tinggi $5^\circ$ sebagai Syarat Bulan Tidak Terlalu Rendah

Jika elongasi menjawab problem ketebalan sabit, maka tinggi menjawab problem horizon. Hilal yang cukup elongasinya tetap dapat sulit terlihat jika posisinya terlalu rendah. Dekat horizon, cahaya hilal melewati atmosfer lebih tebal, ekstingsi lebih kuat, cahaya senja lebih terang, dan gangguan fisik horizon lebih besar.

Dokumen dasar buku ini menjelaskan bahwa tinggi hilal toposentris dipengaruhi lokasi geografis, ketinggian tempat, kelengkungan Bumi, dan refraksi atmosfer. Fakta ini menunjukkan bahwa horizon lokal sangat kompleks. Namun kalender global tidak dapat mengikuti seluruh variasi lokal tersebut. Karena itu, KHGT mengambil prinsip global: Bulan tidak boleh terlalu rendah secara geometri.

Tinggi geosentris  $5^\circ$  berfungsi sebagai batas tersebut. Ia menolak prinsip minimal “asal Bulan di atas ufuk”. Bulan yang hanya sedikit di atas horizon belum tentu layak menjadi dasar kalender berbasis hilal. Dengan syarat  $5^\circ$ , KHGT memberi buffer terhadap horizon.

Seperti elongasi  $8^\circ$ , tinggi  $5^\circ$  bukan jaminan rukyat lokal universal. Ia adalah syarat kalender global. Artinya, KHGT menetapkan bahwa secara sistem kalender, posisi Bulan harus melewati batas minimum yang lebih bermakna daripada sekadar wujud geometris.

### D. Kriteria $5^\circ$ – $8^\circ$ sebagai Pasangan, Bukan Angka Terpisah

Kriteria KHGT harus selalu dibaca sebagai pasangan. Tinggi  $5^\circ$  tanpa elongasi  $8^\circ$  tidak cukup karena Bulan dapat cukup tinggi tetapi sabitnya masih terlalu tipis. Elongasi  $8^\circ$  tanpa tinggi  $5^\circ$  juga tidak cukup karena sabit dapat cukup berkembang tetapi posisi Bulan terlalu rendah terhadap horizon.

Pasangan  $5^\circ$ – $8^\circ$  menjawab dua pertanyaan fundamental:

1. **Apakah sabit sudah cukup berkembang?**  
Dijawab oleh elongasi geosentris  $8^\circ$ .
2. **Apakah Bulan tidak terlalu rendah secara geometri?**  
Dijawab oleh tinggi hilal geosentris  $5^\circ$ .

Struktur dua parameter ini selaras dengan pelajaran model visibilitas modern. Odeh menegaskan bahwa visibilitas hilal tidak dapat diprediksi secara andal dengan satu parameter saja; diperlukan parameter yang berkaitan dengan kecerlangan sabit dan parameter yang berkaitan dengan jarak dari horizon.

Dalam model Odeh, dua dimensi itu dinyatakan dengan crescent width dan ARCV. Dalam KHGT, dua dimensi itu disederhanakan menjadi elongasi dan tinggi. Perbedaannya terletak pada fungsi. Odeh menyusun model visibilitas lokal; KHGT menyusun kriteria kalender global.

## E. Geosentris $5^\circ$ – $8^\circ$ sebagai Penyederhanaan Ilmiah

Kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  bukan penyederhanaan sembarangan. Ia adalah penyederhanaan ilmiah. Artinya, dari banyak parameter visibilitas lokal, dipilih dua parameter yang paling cocok untuk fungsi kalender global: tinggi dan elongasi.

Parameter lain seperti ARCV, DAZ, crescent width, refraksi, atmosfer, dan horizon aktual tetap penting. Namun parameter-parameter tersebut lebih cocok untuk prediksi rukyat lokal dan validasi observasi. Jika semuanya dijadikan syarat kalender global, kalender akan terlalu kompleks dan sulit diterapkan secara luas.

Sebaliknya, jika kalender hanya memakai satu parameter sederhana seperti umur Bulan, lag, atau wujud di atas ufuk, kalender menjadi terlalu lemah. Schaefer menunjukkan bahwa umur Bulan dan moonset lag merupakan prediktor yang tidak cukup andal.

Kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  mengambil jalan tengah. Ia lebih kuat daripada kriteria umur, lag, atau wujud minimal. Ia lebih sederhana daripada model visibilitas lokal penuh. Karena itu, ia cocok sebagai kriteria kalender global.

## F. Mengapa Tidak Menggunakan $6,4^\circ$ sebagai Kriteria?

Angka  $6,4^\circ$  penting karena menunjukkan batas optik modern. Namun batas optik bukan ambang kalender. Jika KHGT memakai  $6,4^\circ$  sebagai kriteria, kalender akan terlalu dekat dengan limit ekstrem. Hilal pada wilayah ini sangat tipis, sangat bergantung pada alat, dan sangat sensitif terhadap atmosfer serta kemampuan pengamat.

Odeh menyebut  $6,4^\circ$  sebagai minimum elongasi untuk pengamatan dengan bantuan optik. Artinya, angka ini menunjukkan kemungkinan deteksi instrumental, bukan zona aman kalender. Kalender global tidak boleh disusun seperti kompetisi mencari hilal termuda. Kalender global harus memberi kepastian dan stabilitas.

Elongasi  $8^\circ$  mengambil pelajaran dari  $6,4^\circ$  tanpa terjebak pada ekstremnya. Ia memberi jarak sekitar  $1,6^\circ$  dari batas optik. Dalam wilayah elongasi rendah, jarak ini bermakna karena sabit menjadi lebih berkembang dan lebih berpeluang memiliki kontras yang cukup.

Maka,  $6,4^\circ$  tetap menjadi data penting, tetapi bukan angka yang tepat untuk kriteria KHGT.

## G. Mengapa Tidak Menggunakan $7,7^\circ$ sebagai Kriteria?

Angka  $7,7^\circ$  juga sangat penting karena berkaitan dengan batas mata telanjang ekstrem. Namun ia tetap merupakan rekor, bukan standar kalender. Rekor terjadi dalam kondisi sangat baik, dengan pengamat berpengalaman, persiapan presisi, horizon baik, dan langit mendukung.

Jika KHGT memakai  $7,7^\circ$  persis, kalender akan berdiri tepat pada batas mata telanjang terbaik yang tercatat. Hal ini terlalu rapuh untuk sistem global. Dengan membulatkan ke atas menjadi  $8^\circ$ , KHGT memberi margin kecil namun penting.

Margin  $0,3^\circ$  bukan sekadar pembulatan teknis. Ia menunjukkan prinsip metodologis bahwa kalender global tidak diletakkan persis pada batas ekstrem. Kalender harus sedikit lebih aman daripada rekor.

Karena itu,  $8^\circ$  lebih tepat daripada  $7,7^\circ$ . Ia tetap sangat dekat dengan data mata telanjang, tetapi lebih layak sebagai ambang kalender.

## H. Mengapa Tidak Menggunakan Kriteria Toposentris Lokal?

Kriteria toposentris lokal sangat berguna untuk imkan rukyat. Namun KHGT bukan kalender lokal. Jika KHGT menggunakan kriteria toposentris lokal, harus ditentukan lokasi mana yang menjadi acuan. Pilihan lokasi ini dapat menimbulkan perdebatan dan mengurangi sifat global kalender.

Selain itu, toposentris lokal sangat dipengaruhi kondisi setempat. Tinggi lokal, horizon, refraksi, dan atmosfer berbeda-beda. Kalender global memerlukan kriteria yang tidak berubah oleh variasi tersebut.

Bukan berarti toposentris tidak penting. Toposentris tetap penting untuk observasi, validasi, dan peta visibilitas. Tetapi untuk keputusan kalender global, geosentris lebih sesuai.

Dengan demikian, KHGT harus memakai kriteria geosentris untuk penetapan, dan toposentris untuk pengamatan serta evaluasi. Ini adalah sintesis yang paling stabil.

## I. Kriteria Geosentris 5°–8° dan Fungsi Unifikasi

Tujuan utama KHGT adalah unifikasi kalender. Kriteria kalender yang dipakai harus membantu penyatuan, bukan menciptakan sumber perbedaan baru. Kriteria geosentris 5°–8° memiliki potensi unifikatif karena sederhana, jelas, dan dapat dihitung secara seragam.

Jika semua pihak menggunakan definisi yang sama—tinggi hilal geosentris minimal 5° dan elongasi geosentris minimal 8°—maka implementasi kalender dapat diverifikasi secara terbuka. Perbedaan tidak lagi muncul karena cuaca lokal atau laporan lokal yang tidak seragam.

Fungsi unifikasi ini penting secara sosial-keagamaan. Kalender Hijriah tidak hanya mengatur ibadah personal, tetapi juga ibadah kolektif, pendidikan, administrasi, kegiatan internasional, dan kehidupan sosial umat Islam. Kalender yang seragam memberi kemaslahatan besar.

Kriteria 5°–8° memberi dasar astronomis bagi unifikasi itu. Ia tidak sekadar menyatukan secara administratif, tetapi menyatukan di atas parameter yang dapat dipertanggungjawabkan.

## J. Kriteria 5°–8° dan Hubungan dengan Rukyat

Penggunaan kriteria geosentris tidak berarti rukyat dihapus. Rukyat tetap penting, tetapi fungsinya berubah. Dalam KHGT, rukyat berfungsi sebagai:

1. sumber data empiris;
2. validasi terhadap kriteria;
3. pendidikan astronomi masyarakat;
4. sarana dokumentasi visibilitas;
5. alat evaluasi jangka panjang.

Rukyat tidak lagi harus menjadi pemutus kalender lokal setiap bulan. Jika rukyat lokal menjadi pemutus tunggal, kalender global sulit stabil. Namun jika rukyat diposisikan sebagai data ilmiah, ia justru dapat memperkuat KHGT.

Schaefer menekankan bahwa laporan hilal muda perlu dinilai berdasarkan pengalaman pengamat, kesiapan observasi, pelaporan yang cepat, dan konsistensi dengan perhitungan. Ini menunjukkan bahwa rukyat modern harus berjalan bersama hisab. KHGT menempatkan keduanya dalam struktur yang lebih tertata: hisab geosentris untuk kalender, rukyat toposentris untuk validasi.

## K. Kriteria 5°–8° sebagai Jembatan antara Sains dan Kemaslahatan

KHGT tidak hanya membutuhkan argumen astronomis, tetapi juga argumen kemaslahatan. Kalender global diperlukan agar umat Islam memiliki sistem waktu yang lebih pasti, terencana, dan seragam. Namun kemaslahatan tidak boleh dibangun di atas angka yang lemah secara ilmiah.



Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  menjadi jembatan antara sains dan kemaslahatan. Secara sains, ia berbasis pada dua parameter penting: tinggi dan elongasi. Secara data, elongasi  $8^{\circ}$  berada di atas batas modern  $6,4^{\circ}$  optik dan  $7,7^{\circ}$  mata telanjang. Secara sistem, geosentris memberi stabilitas global. Secara komunikasi publik, angka  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  sederhana dan mudah dijelaskan.

Dengan demikian, kriteria ini tidak hanya benar sebagai rumusan teknis, tetapi juga berguna sebagai fondasi penyatuan kalender. Ia membantu mengurangi perbedaan awal bulan tanpa memutus hubungan dengan data observasi hilal.

## L. Simpulan Bab 5

Bab ini telah menjelaskan perbedaan mendasar antara pendekatan geosentris dan toposentris dalam hisab hilal. **Geosentris** memakai pusat Bumi sebagai acuan dan lebih sesuai untuk kalender global. **Toposentris** memakai lokasi pengamat sebagai acuan dan lebih sesuai untuk observasi lokal. Keduanya tidak perlu dipertentangkan karena memiliki fungsi berbeda.

Elongasi lebih tepat ditetapkan secara geosentris dalam KHGT karena elongasi menggambarkan konfigurasi Bulan–Matahari yang berkaitan dengan pembentukan sabit. Elongasi geosentris  $8^{\circ}$  memberi acuan global yang stabil dan berada di atas batas optik  $6,4^{\circ}$  serta batas mata telanjang  $7,7^{\circ}$ .

Tinggi toposentris tetap penting untuk rukyat lokal karena pengamat melihat Bulan dari permukaan Bumi. Namun karena tinggi toposentris sangat dipengaruhi lokasi, horizon, elevasi, refraksi, dan atmosfer, ia kurang ideal sebagai kriteria utama kalender global. KHGT kemudian menggunakan tinggi geosentris  $5^{\circ}$  sebagai syarat kalender yang memberi buffer terhadap problem horizon.

Transformasi dari data lokal menuju kriteria global adalah proses metodologis yang sah. Data rukyat lokal memberi pelajaran empiris tentang batas visibilitas. KHGT mengambil pelajaran itu dan merumuskannya menjadi kriteria geosentris  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  yang lebih stabil untuk kalender dunia.

Dengan demikian, Bab 5 menegaskan bahwa KHGT harus menggunakan kriteria geosentris  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  karena kriteria ini menyatukan tiga kebutuhan: basis observasional, stabilitas astronomis, dan fungsi unifikasi kalender global.

## Daftar Pustaka Bab 5

Caldwell, J. A. R., & Laney, C. D. (2000). *First visibility of the lunar crescent*. African Skies, 5, 15–23. Data bibliografis perlu diverifikasi ulang sebelum naskah final.

Doggett, L. E., & Schaefer, B. E. (1994). Lunar crescent visibility. *Icarus*, 107(2), 388–403. Data bibliografis perlu diverifikasi ulang sebelum naskah final.

Odeh, M. Sh. (2006). New criterion for lunar crescent visibility. *Experimental Astronomy*, 18, 39–64.

Schaefer, B. E. (1996). Lunar crescent visibility. *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, 37, 759–768.

Yallop, B. D. (1997). *A method for predicting the first sighting of the new crescent moon* (NAO Technical Note No. 69). Royal Greenwich Observatory.

## BAB 6 — Pembelaan Ilmiah Kriteria KHGT 5°–8°: Sintesis Data, Teori, dan Kebutuhan Kalender Global

### 6.1 Mengapa Kriteria 5°–8° Perlu Dibela secara Ilmiah?

Kriteria **tinggi hilal geosentris minimal 5°** dan **elongasi geosentris minimal 8°** dalam Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) perlu dibela secara ilmiah karena angka-angka tersebut tidak boleh dipahami sebagai angka administratif, angka kompromi kelembagaan, atau angka yang sekadar dipilih agar kalender dapat berjalan. Kriteria kalender yang menyangkut awal bulan Hijriah harus memiliki landasan astronomis, observasional, metodologis, dan sosial-keagamaan yang kuat. Tanpa pembelaan ilmiah, kriteria 5°–8° mudah disalahpahami sebagai angka arbitrer. Dengan pembelaan ilmiah, kriteria tersebut tampak sebagai hasil sintesis antara data observasi hilal modern, teori visibilitas sabit Bulan, dan kebutuhan penyatuan kalender global.

Kriteria 5°–8° perlu dibela karena KHGT berada di tengah dua tuntutan besar. Di satu sisi, kalender Hijriah harus tetap berhubungan dengan konsep **hilal** sebagai sabit muda yang memiliki dasar astronomis dan observasional. Di sisi lain, kalender global membutuhkan **kepastian, prediktabilitas, dan keseragaman**. Jika kalender hanya mengikuti rukyat lokal aktual, ia sulit menjadi global dan prediktif. Jika kalender hanya mengikuti perhitungan minimal tanpa memperhatikan batas visibilitas, ia berisiko kehilangan hubungan dengan fenomena hilal. Maka, kriteria KHGT harus menunjukkan bahwa ia tidak jatuh ke salah satu ekstrem tersebut.

Pembelaan ilmiah terhadap 5°–8° bertumpu pada beberapa argumen utama. Pertama, data modern menunjukkan adanya batas ekstrem visibilitas hilal, terutama sekitar **6,4°** untuk pengamatan berbantuan optik dan sekitar **7,7°** untuk pengamatan mata telanjang. Odeh menyatakan bahwa minimum elongasi untuk hilal yang dapat dilihat dengan bantuan optik adalah 6,4°, sedangkan minimum elongasi untuk hilal yang dapat dilihat dengan mata telanjang adalah 7,7°. Kedua, kalender global tidak layak berdiri tepat pada batas ekstrem, sehingga **elongasi 8°** berfungsi sebagai buffer ilmiah. Ketiga, hilal tidak hanya ditentukan oleh elongasi; posisi terhadap horizon juga penting, sehingga **tinggi 5°** diperlukan sebagai buffer terhadap problem horizon. Keempat, karena KHGT adalah kalender global, kriteria tersebut dinyatakan secara **geosentris** agar stabil dan seragam.

#### A. Kriteria Kalender Tidak Boleh Arbitrer

Kriteria kalender tidak boleh arbitrer karena kalender Hijriah memiliki konsekuensi ibadah, sosial, pendidikan, administratif, dan peradaban. Awal Ramadan, Syawal, Zulhijah, dan bulan-bulan lain tidak hanya menjadi persoalan astronomi teknis, tetapi juga menyangkut ritme kehidupan umat. Oleh karena itu, angka yang dipakai dalam kriteria kalender harus dapat dijelaskan secara rasional.

Jika kriteria tidak memiliki basis data, maka ia akan mudah dipersoalkan. Masyarakat dapat bertanya: mengapa  $5^\circ$ ? Mengapa  $8^\circ$ ? Mengapa bukan  $3^\circ$ – $6,4^\circ$ ? Mengapa bukan  $2^\circ$ – $7^\circ$ ? Mengapa bukan sekadar wujud di atas ufuk? Mengapa bukan kriteria toposentris lokal? Pertanyaan-pertanyaan ini sah dan harus dijawab secara ilmiah.

Pembelaan ilmiah berarti menunjukkan bahwa angka  $5^\circ$  dan  $8^\circ$  memiliki hubungan dengan fenomena hilal. Angka  $8^\circ$  berkaitan dengan batas pembentukan dan keterlihatan sabit, terutama setelah mempertimbangkan limit optik  $6,4^\circ$  dan rekor mata telanjang  $7,7^\circ$ . Angka  $5^\circ$  berkaitan dengan kebutuhan agar Bulan tidak berada terlalu rendah terhadap horizon, tempat gangguan atmosfer dan cahaya senja sangat kuat.

Dengan demikian,  $5^\circ$ – $8^\circ$  bukan sekadar rumusan angka, tetapi representasi dua prinsip: **sabit harus cukup berkembang** dan **Bulan harus cukup tinggi**. Inilah dasar pertama mengapa kriteria ini layak dibela.

## B. Kriteria KHGT Harus Berbeda dari Kriteria Rukyat Lokal

KHGT tidak identik dengan kriteria rukyat lokal. Rukyat lokal bertujuan menentukan apakah hilal dapat terlihat dari suatu lokasi tertentu. Karena itu, rukyat lokal sangat wajar memakai parameter toposentris seperti tinggi lokal, azimuth lokal, ARCV, DAZ, crescent width, lag lokal, kondisi horizon, dan kondisi atmosfer.

KHGT memiliki tujuan berbeda. Ia bertujuan menyusun kalender global yang dapat berlaku seragam. Karena itu, kriteria KHGT harus mampu bekerja sebagai **ambang sistemik**, bukan sekadar prediksi observasi lokal. Dalam Bab 5 telah dijelaskan bahwa geosentris dan toposentris memiliki fungsi berbeda: geosentris lebih sesuai untuk kalender global, toposentris lebih sesuai untuk observasi lokal.

Pembedaan ini penting karena sebagian kritik terhadap KHGT muncul dari salah paham fungsi. Jika kriteria geosentris  $5^\circ$ – $8^\circ$  diperlakukan seolah-olah harus menjamin hilal terlihat di setiap lokasi, maka kritik akan keliru arah. KHGT tidak menyatakan bahwa setiap lokasi pasti melihat hilal ketika kriteria terpenuhi. KHGT menyatakan bahwa konfigurasi Bulan–Matahari telah melewati ambang global yang layak menjadi dasar kalender.

Dengan demikian, pembelaan ilmiah  $5^\circ$ – $8^\circ$  harus selalu menjelaskan fungsi kriterianya: ini adalah **kriteria kalender global**, bukan **model visibilitas lokal absolut**.

## C. Kriteria $5^\circ$ – $8^\circ$ Harus Menjawab Kelemahan Kriteria Minimalis

Salah satu alasan kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  perlu dibela adalah karena ia menawarkan koreksi terhadap kriteria minimalis. Kriteria minimalis biasanya menekankan bahwa Bulan sudah wujud, sudah di atas ufuk,

atau konjungsi sudah terjadi sebelum Matahari terbenam. Kriteria seperti ini memberi kepastian matematis, tetapi lemah dari sisi visibilitas hilal.

Masalah kriteria minimalis adalah ia menyamakan keberadaan geometris Bulan dengan hilal sebagai sabit muda. Padahal Bulan yang sudah berada di atas horizon belum tentu memiliki sabit yang cukup terbentuk. Bulan yang baru saja melewati konjungsi dapat memiliki elongasi sangat kecil, sabit sangat tipis, dan cahaya yang tidak cukup untuk dikenali.

Limit Danjon modern membantu menjelaskan kelemahan ini. Jika data modern menunjukkan batas optik ekstrem sekitar  $6,4^\circ$  dan batas mata telanjang sekitar  $7,7^\circ$ , maka konfigurasi dengan elongasi jauh di bawah itu tidak cukup kuat sebagai dasar kalender berbasis hilal.

Kriteria  $8^\circ$  menjawab kelemahan ini. Ia memastikan bahwa Bulan tidak hanya wujud, tetapi telah cukup jauh dari Matahari. Kriteria  $5^\circ$  menambahkan syarat bahwa Bulan tidak terlalu rendah. Dengan demikian, KHGT tidak memakai prinsip minimalis, tetapi memakai prinsip visibilitas yang disederhanakan untuk kalender global.

## D. Kriteria $5^\circ$ – $8^\circ$ Harus Menjawab Kelemahan Kriteria Ekstrem

Selain menjawab kriteria minimalis,  $5^\circ$ – $8^\circ$  juga perlu dibela dari arah sebaliknya: mengapa tidak memakai batas ekstrem observasi seperti  $6,4^\circ$  atau  $7,7^\circ$ ? Jawabannya adalah bahwa **limit ekstrem bukan kriteria kalender**.

Angka  $6,4^\circ$  adalah batas optik ekstrem. Ia menunjukkan bahwa dengan alat, persiapan, dan kondisi tertentu, hilal dapat dideteksi pada elongasi sangat rendah. Namun kalender global tidak boleh bergantung pada kemampuan instrumental ekstrem. Angka  $7,7^\circ$  adalah batas mata telanjang ekstrem. Ia sangat penting, tetapi tetap merupakan rekor, bukan keadaan umum.

Kalender global memerlukan margin dari batas ekstrem. Dalam sistem teknis, ambang operasional tidak diletakkan tepat pada batas kegagalan. Demikian pula dalam kalender. Jika  $6,4^\circ$  dan  $7,7^\circ$  adalah batas ekstrem, maka  $8^\circ$  menjadi ambang yang lebih aman. Ia tetap dekat dengan data, tetapi tidak berdiri tepat pada limit.

Dengan demikian, kriteria  $8^\circ$  dapat dibela sebagai angka yang **tidak terlalu rendah** dan **tidak terlalu tinggi**. Ia tidak terlalu rendah karena berada di atas batas optik dan mata telanjang. Ia tidak terlalu tinggi karena hanya sedikit di atas rekor mata telanjang  $7,7^\circ$ . Inilah posisi proporsional yang perlu ditegaskan dalam pembelaan KHGT.

## E. Kriteria $5^\circ$ – $8^\circ$ Mengambil Pelajaran dari Schaefer dan Odeh

Pembelaan ilmiah  $5^\circ$ – $8^\circ$  tidak dapat dilepaskan dari kontribusi Schaefer dan Odeh. Schaefer menunjukkan bahwa visibilitas hilal merupakan persoalan kompleks yang melibatkan orbit Bulan,

hamburan cahaya Bulan, hamburan atmosfer, dan fisiologi penglihatan manusia. Ia juga menunjukkan bahwa parameter sederhana seperti umur Bulan dan moonset lag tidak cukup andal sebagai prediktor visibilitas.

Odeh memperluas basis data visibilitas menjadi 737 observasi dan mengembangkan kriteria berbasis dua variabel utama: topocentric arc of vision dan topocentric crescent width. Ia menegaskan bahwa visibilitas tidak dapat diprediksi secara andal dengan satu parameter saja, tetapi membutuhkan parameter yang mewakili kecerlangan sabit dan parameter yang mewakili jarak dari horizon.

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  mengambil pelajaran dari kedua peneliti ini. Dari Schaefer, KHGT belajar bahwa parameter sederhana seperti umur dan lag tidak cukup. Dari Odeh, KHGT belajar bahwa minimal diperlukan dua dimensi: sabit dan horizon. Dalam KHGT, dua dimensi itu diterjemahkan menjadi elongasi  $8^{\circ}$  dan tinggi  $5^{\circ}$ .

Dengan demikian, kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  bukan berdiri di luar literatur visibilitas modern. Ia justru merupakan penyederhanaan kalender-global dari pelajaran utama literatur tersebut.

## F. Mengapa Harus Dua Parameter?

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  perlu dibela sebagai kriteria dua parameter. Ini sangat penting karena hilal tidak dapat diprediksi dengan satu parameter. Jika hanya memakai elongasi, horizon diabaikan. Jika hanya memakai tinggi, ketebalan sabit diabaikan. Jika hanya memakai umur, geometri sabit dan horizon sama-sama tidak langsung terwakili. Jika hanya memakai lag, yang diukur hanya durasi kesempatan pengamatan.

Dua parameter KHGT memiliki fungsi berbeda:

1. **Elongasi  $8^{\circ}$** : menunjukkan bahwa sabit telah cukup berkembang dan Bulan cukup jauh dari Matahari.
2. **Tinggi  $5^{\circ}$** : menunjukkan bahwa Bulan tidak terlalu rendah dalam konfigurasi global.

Dua fungsi ini saling melengkapi. Elongasi menangani problem Limit Danjon; tinggi menangani problem horizon. Elongasi memberi buffer dari sabit terlalu tipis; tinggi memberi buffer dari atmosfer rendah.

Dengan demikian, kekuatan kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  terletak pada kombinasi, bukan pada salah satu angka saja. Pembelaan KHGT harus menghindari pembahasan yang memisahkan  $5^{\circ}$  dari  $8^{\circ}$  seolah-olah keduanya berdiri sendiri. Keduanya adalah satu paket kriteria.

## G. Mengapa Harus Geosentris?

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  perlu dibela sebagai kriteria geosentris karena KHGT adalah kalender global. Jika kriteria dinyatakan toposentris, maka kalender harus memilih lokasi rujukan. Pilihan ini dapat

menimbulkan perdebatan baru. Dengan geosentris, perhitungan memakai pusat Bumi sebagai acuan bersama.

Elongasi geosentris lebih mudah diterima sebagai parameter global karena ia menggambarkan konfigurasi Bulan–Matahari secara umum. Dokumen dasar buku ini menyatakan bahwa elongasi geosentris tidak dipengaruhi oleh paralaks lokasi pengamat dan lebih tepat untuk menggambarkan konfigurasi fisik Bulan–Matahari.

Tinggi geosentris  $5^\circ$  memang memerlukan penjelasan lebih hati-hati karena tinggi sering dikaitkan dengan horizon lokal. Namun dalam KHGT, tinggi geosentris dipakai bukan untuk menggantikan tinggi toposentris dalam observasi, melainkan sebagai ambang kalender global. Tinggi toposentris tetap penting untuk rukyat lokal; tinggi geosentris penting untuk keputusan sistemik.

Dengan demikian, geosentris dipilih untuk stabilitas kalender. Toposentris tetap dipakai untuk validasi observasi. Keduanya saling melengkapi.

## H. Pembelaan Ilmiah sebagai Syarat Penerimaan Sosial

KHGT bukan hanya persoalan hitungan. Ia juga persoalan penerimaan sosial. Masyarakat, ulama, astronom, praktisi falak, lembaga keagamaan, dan pemerintah perlu memahami mengapa kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  dipilih. Tanpa penjelasan ilmiah, kriteria dapat dipersepsi sebagai keputusan elitis atau administratif.

Pembelaan ilmiah membantu membangun kepercayaan. Ketika masyarakat mengetahui bahwa  $8^\circ$  berada di atas batas optik  $6,4^\circ$  dan batas mata telanjang  $7,7^\circ$ , angka itu menjadi lebih masuk akal. Ketika masyarakat memahami bahwa  $5^\circ$  berfungsi menghindari horizon rendah, angka itu juga lebih mudah diterima. Ketika dijelaskan bahwa geosentris dipakai untuk kalender global dan toposentris untuk observasi lokal, kebingungan metodologis dapat dikurangi.

Dengan demikian, pembelaan ilmiah bukan hanya untuk akademisi. Ia juga menjadi bagian dari edukasi publik. KHGT membutuhkan legitimasi ilmiah dan legitimasi sosial sekaligus.

## I. Kriteria $5^\circ$ – $8^\circ$ sebagai Sintesis, Bukan Klaim Final Tertutup

Pembelaan ilmiah tidak berarti kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  harus diperlakukan sebagai angka tertutup yang tidak dapat dievaluasi. Dalam ilmu, setiap kriteria harus terbuka terhadap data baru. Namun perubahan kriteria tidak boleh dilakukan secara tergesa-gesa hanya karena satu laporan ekstrem. Perubahan harus berdasarkan basis data luas, validasi kuat, dan analisis metodologis yang matang.

Kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  dapat dibela sebagai sintesis terbaik berdasarkan data dan kebutuhan kalender saat ini. Ia mengambil pelajaran dari rekor modern, model visibilitas, dan kebutuhan global. Namun ia tetap dapat diuji melalui observasi masa depan.



Sikap ini penting agar KHGT tidak dogmatis. KHGT harus kuat, tetapi juga ilmiah. Kuat berarti tidak mudah berubah oleh klaim sporadis. Ilmiah berarti terbuka terhadap evaluasi berbasis data.

Dengan demikian, pembelaan  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  harus disertai prinsip: kriteria ini rasional dan layak dipakai, tetapi tetap memerlukan observasi berkelanjutan untuk memperkaya dan menguji basisnya.

## J. Kerangka Pembelaan dalam Bab Ini

Bab 6 akan menyusun pembelaan ilmiah terhadap kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  secara bertahap. Subbab pertama ini menjelaskan mengapa kriteria perlu dibela. Subbab berikutnya akan memperdalam masing-masing lapisan argumen.

Kerangka Bab 6 dapat dirumuskan sebagai berikut:

Pertama, angka  $8^{\circ}$  akan dibela sebagai ambang elongasi yang berada di atas batas optik  $6,4^{\circ}$  dan rekor mata telanjang  $7,7^{\circ}$ . Dengan demikian,  $8^{\circ}$  bukan angka arbitrer, tetapi angka yang memiliki posisi kuat dalam rekam observasi modern.

Kedua, angka  $5^{\circ}$  akan dibela sebagai ambang tinggi yang memberi buffer terhadap horizon, atmosfer rendah, cahaya senja, dan kondisi Bulan yang terlalu rapuh.

Ketiga, pasangan  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  akan dibela sebagai kriteria dua parameter yang lebih kuat daripada umur Bulan, lag, atau wujud di atas ufuk.

Keempat, sifat **geosentris** kriteria akan dibela sebagai kebutuhan kalender global.

Kelima, kriteria ini akan diletakkan dalam konteks kemaslahatan KHGT: penyatuan kalender, prediktabilitas, dan stabilitas waktu Islam global.

Dengan kerangka ini, Bab 6 menjadi pusat argumentasi buku. Bab-bab sebelumnya telah menyediakan data dan teori; Bab 6 menyintesisnya menjadi pembelaan langsung terhadap kriteria KHGT.

## K. Posisi Bab 6 dalam Keseluruhan Buku

Bab 1 memperkenalkan problem kalender dan kebutuhan KHGT. Bab 2 menjelaskan Limit Danjon sebagai konsep batas visibilitas. Bab 3 membahas rekor observasi modern. Bab 4 menganalisis parameter visibilitas. Bab 5 membedakan geosentris dan toposentris. Setelah seluruh dasar itu dibangun, Bab 6 masuk pada inti: mengapa kriteria KHGT  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  layak dipertahankan.

Dengan demikian, Bab 6 bukan pengulangan, melainkan sintesis. Semua data tentang  $6,4^{\circ}$ ,  $7,7^{\circ}$ , Limit Danjon, Schaefer, Odeh, crescent width, ARCV, tinggi, elongasi, geosentris, dan toposentris akan ditarik ke satu kesimpulan:  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  adalah kriteria yang logis, berbasis data, dan sesuai dengan kebutuhan kalender global.

Posisi ini penting karena buku ini sejak awal bertujuan mendukung penerapan KHGT dengan argumentasi ilmiah. Maka Bab 6 menjadi bagian paling eksplisit dalam membela pilihan kriteria tersebut.

## L. Transisi ke Subbab Berikutnya

Subbab ini telah menjelaskan mengapa kriteria KHGT  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  perlu dibela secara ilmiah. Kriteria kalender tidak boleh arbitrer, tidak boleh terlalu minimalis, tidak boleh terlalu dekat dengan limit ekstrem, dan tidak boleh kehilangan fungsi globalnya. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  perlu dipahami sebagai sintesis antara data observasi modern, teori visibilitas hilal, dan kebutuhan penyatuan kalender.

## 6.2 Elongasi $8^{\circ}$ sebagai Ambang di Atas Limit Danjon Modern

Elongasi  $8^{\circ}$  dalam Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) memperoleh kekuatan ilmiahnya karena berada di atas batas-batas ekstrem visibilitas hilal modern. Angka ini tidak berdiri sendiri dan tidak lahir dari spekulasi. Ia dapat dijelaskan melalui rekam observasi hilal muda, terutama dua angka penting yang telah berulang kali menjadi rujukan dalam literatur visibilitas hilal:  $6,4^{\circ}$  sebagai batas pengamatan dengan bantuan optik dan  $7,7^{\circ}$  sebagai batas pengamatan mata telanjang. Odeh menyebutkan bahwa minimum elongasi hilal yang terlihat dengan bantuan optik adalah  $6,4^{\circ}$ , sedangkan minimum elongasi hilal yang terlihat dengan mata telanjang adalah  $7,7^{\circ}$ .

Dalam perspektif kalender global, angka  $8^{\circ}$  adalah angka yang sangat strategis. Ia tidak mengambil posisi terlalu rendah seperti  $6,4^{\circ}$ , yang merupakan limit optik ekstrem. Ia juga tidak berdiri tepat pada  $7,7^{\circ}$ , yang merupakan rekor mata telanjang ekstrem. Angka  $8^{\circ}$  berada sedikit di atas rekor mata telanjang dan cukup jauh di atas batas optik. Dengan demikian,  $8^{\circ}$  dapat dipahami sebagai **ambang operasional kalender** yang memiliki **buffer ilmiah** dari wilayah limit ekstrem.

Pembedaan antara **limit ekstrem** dan **ambang kalender** sangat penting. Limit ekstrem menjelaskan batas paling rendah yang pernah berhasil dicapai dalam kondisi observasi tertentu. Ambang kalender menjelaskan batas yang layak dipakai untuk sistem penanggalan global. Kalender tidak cukup bertanya, “apakah hilal pernah terlihat pada elongasi tertentu?” Kalender harus bertanya, “apakah elongasi itu cukup stabil, cukup aman, dan cukup dapat dipertanggungjawabkan sebagai dasar awal bulan global?” Dalam kerangka inilah elongasi  $8^{\circ}$  perlu dibaca.

### A. Elongasi sebagai Ukuran Keterpisahan Bulan–Matahari

Elongasi adalah jarak sudut antara Bulan dan Matahari. Dalam konteks hilal, elongasi menjadi penting karena berkaitan dengan pembentukan sabit. Setelah konjungsi, Bulan mulai menjauh dari Matahari secara sudut. Semakin besar elongasi, semakin besar pula bagian Bulan yang diterangi Matahari yang tampak dari Bumi sebagai sabit muda.

Pada elongasi yang sangat kecil, sabit Bulan sangat tipis, sangat redup, dan sangat dekat dengan Matahari. Dalam keadaan seperti ini, sabit harus bersaing dengan cahaya senja yang masih terang. Jika elongasi terlalu kecil, sabit bukan hanya sulit terlihat, tetapi secara praktis berada pada wilayah batas deteksi.

Dokumen dasar buku ini menjelaskan bahwa elongasi geosentris adalah jarak sudut antara pusat piringan Bulan dan pusat piringan Matahari dengan titik acuan pusat Bumi. Elongasi geosentris dipandang lebih mutlak karena tidak dipengaruhi paralaks lokasi pengamat, dan berkaitan dengan ketebalan sabit yang terbentuk akibat pantulan cahaya Matahari.

Dengan demikian, elongasi  $8^\circ$  bukan sekadar angka sudut. Ia adalah indikator bahwa Bulan telah cukup terpisah dari Matahari sehingga sabitnya lebih bermakna secara fisik dibanding kondisi yang lebih dekat pada limit.

## B. Limit Danjon Modern dan Angka $6,4^\circ$

Dalam diskursus Limit Danjon modern, angka  $6,4^\circ$  memiliki kedudukan penting. Odeh, berdasarkan basis data 737 observasi, menyimpulkan bahwa limit Danjon yang muncul dalam data tersebut adalah sekitar  $6,4^\circ$ . Angka ini terutama berkaitan dengan deteksi menggunakan bantuan optik.

Makna ilmiah  $6,4^\circ$  adalah bahwa dengan alat optik, persiapan teknis, dan kondisi atmosfer tertentu, sabit Bulan yang sangat tipis masih dapat terdeteksi pada elongasi sangat rendah. Ini merupakan capaian penting dalam astronomi observasional. Ia menunjukkan bahwa kemampuan instrumen modern dapat memperluas batas deteksi hilal.

Namun angka  $6,4^\circ$  harus ditempatkan secara tepat. Ia adalah **limit optik ekstrem**, bukan ambang kalender global. Pada elongasi seperti itu, sabit sangat tipis dan visibilitasnya sangat bergantung pada alat, pengalaman pengamat, kualitas langit, dan ketepatan pencarian. Jika kalender global memakai  $6,4^\circ$  sebagai kriteria, kalender akan berdiri pada batas yang sangat rapuh dan sangat instrumental.

KHGT tidak menolak data  $6,4^\circ$ . Justru data ini sangat penting sebagai batas bawah. Akan tetapi, KHGT mengambil jarak dari batas tersebut dengan menetapkan elongasi  $8^\circ$ . Jarak sekitar  $1,6^\circ$  dari limit optik sangat bermakna pada wilayah elongasi rendah karena sabit bertambah berkembang, keterpisahan dari Matahari meningkat, dan peluang kontras terhadap langit senja membaik.

Dengan demikian, angka  $6,4^\circ$  memperkuat, bukan melemahkan, pilihan  $8^\circ$ . Ia menunjukkan batas bawah yang harus dilampaui oleh kriteria kalender global.

## C. Batas Mata Telanjang $7,7^\circ$ dan Kekuatan Angka $8^\circ$

Selain  $6,4^\circ$ , angka  $7,7^\circ$  sangat penting karena berkaitan dengan pengamatan mata telanjang. Dokumen dasar buku ini menyebut bahwa  $7,7^\circ$  merujuk pada rekor observasi mata telanjang John

Pierce, sedangkan  $6,4^\circ$  merujuk pada batas optik yang dikaitkan dengan Jim Stamm dan dianalisis dalam kerangka Odeh.

Batas  $7,7^\circ$  memiliki makna sosial-keagamaan dan astronomis yang lebih dekat dengan tradisi rukyat. Jika hilal pernah terlihat dengan mata telanjang pada sekitar  $7,7^\circ$ , maka angka  $8^\circ$  dalam KHGT menjadi sangat kuat. Ia hanya sedikit di atas rekor mata telanjang. Ini menunjukkan bahwa  $8^\circ$  tidak terlalu konservatif.

Namun  $7,7^\circ$  tetap merupakan rekor ekstrem. Rekor mata telanjang tidak terjadi dalam kondisi biasa. Ia memerlukan pengamat berpengalaman, lokasi baik, langit bersih, posisi hilal diketahui, dan kondisi observasi sangat mendukung. Karena itu, menjadikan  $7,7^\circ$  persis sebagai kriteria kalender masih terlalu dekat dengan batas kemampuan visual ekstrem.

Elongasi  $8^\circ$  memberikan margin kecil dari  $7,7^\circ$ . Margin  $0,3^\circ$  memang tampak kecil, tetapi secara metodologis penting. Ia menunjukkan bahwa kalender global tidak berdiri tepat pada titik rekor. Kalender mengambil pelajaran dari rekor, lalu membulatkannya ke atas menjadi ambang yang lebih komunikatif dan sedikit lebih aman.

Dengan demikian,  $8^\circ$  adalah bentuk penerjemahan kalender dari rekor  $7,7^\circ$ . Ia tetap dekat dengan data mata telanjang, tetapi tidak berhenti pada angka rekor.

## D. Mengapa Ambang Kalender Harus di Atas Limit?

Ambang kalender harus berada di atas limit karena kalender berbeda dari eksperimen observasi. Observasi ekstrem bertujuan mengetahui batas paling rendah yang mungkin dicapai. Kalender global bertujuan menetapkan waktu secara stabil, seragam, dan dapat diprediksi. Dua tujuan ini berbeda.

Jika kalender diletakkan tepat pada limit, kalender akan berada di zona ketidakpastian tinggi. Pada zona itu, keberhasilan pengamatan sangat sensitif terhadap atmosfer, alat, horizon, pengalaman pengamat, dan metode pencarian. Kalender akan mudah diperdebatkan karena setiap kondisi batas dapat menghasilkan interpretasi berbeda.

Dalam ilmu sistem, batas operasi biasanya tidak ditempatkan pada batas kegagalan. Selalu ada margin keamanan. Prinsip yang sama berlaku untuk kalender. Limit  $6,4^\circ$  dan  $7,7^\circ$  memberi tahu kita batas ekstrem; kriteria kalender harus berada sedikit di atasnya.

Elongasi  $8^\circ$  memenuhi prinsip ini. Ia berada di atas limit optik dan di atas rekor mata telanjang. Dengan demikian, KHGT tidak menetapkan awal bulan berdasarkan kemungkinan ekstrem paling rendah, tetapi berdasarkan ambang yang telah melewati wilayah ekstrem.

## E. $8^\circ$ sebagai Angka yang Tidak Terlalu Tinggi

Kriteria kalender dapat dikritik dari dua arah. Jika terlalu rendah, ia dianggap tidak hati-hati. Jika terlalu tinggi, ia dianggap terlalu konservatif. Keunggulan elongasi  $8^\circ$  adalah posisinya yang seimbang.

Terhadap limit optik  $6,4^\circ$ ,  $8^\circ$  jelas lebih aman. Terhadap rekor mata telanjang  $7,7^\circ$ ,  $8^\circ$  hanya sedikit lebih tinggi. Ini berarti  $8^\circ$  tidak menjauh dari data observasi. Jika KHGT memilih  $10^\circ$ ,  $12^\circ$ , atau lebih tinggi, kritik “terlalu konservatif” akan lebih kuat. Namun  $8^\circ$  tetap sangat dekat dengan batas mata telanjang modern.

Kedekatan dengan  $7,7^\circ$  membuat  $8^\circ$  mudah dipertahankan. Ia bukan angka yang terlalu jauh dari pengalaman visual hilal. Ia justru dapat dipahami sebagai angka bulat yang sedikit di atas rekor. Dalam komunikasi publik, ini sangat penting. Masyarakat dapat memahami bahwa kriteria  $8^\circ$  bukan angka yang dibuat tinggi tanpa dasar, tetapi angka yang mengikuti data dengan margin minimal.

Dengan demikian,  $8^\circ$  adalah angka yang realistis. Ia cukup aman dari limit, tetapi tetap dekat dengan observasi.

## F. $8^\circ$ sebagai Angka yang Tidak Terlalu Rendah

Sebaliknya,  $8^\circ$  juga tidak terlalu rendah. Ia tidak mengambil limit optik  $6,4^\circ$  sebagai ambang. Ini penting karena batas optik sangat bergantung pada alat dan kondisi teknis. Kalender global tidak sebaiknya berdiri pada kemampuan instrumen ekstrem.

Jika kalender memakai angka di bawah  $7,7^\circ$ , maka kalender berada di bawah batas mata telanjang ekstrem. Ini dapat menimbulkan kritik bahwa kalender terlalu bergantung pada deteksi optik atau terlalu jauh dari konsep hilal visual. Dengan  $8^\circ$ , KHGT berada di atas batas mata telanjang. Artinya, kriteria kalender tidak disandarkan pada batas yang hanya dapat dicapai oleh alat.

Posisi ini penting untuk legitimasi KHGT. Kalender global berbasis hisab tetap perlu menjaga hubungan dengan konsep hilal sebagai sabit muda yang bermakna. Dengan memakai  $8^\circ$ , KHGT dapat menjelaskan bahwa kriterianya berada di atas batas pengamatan mata telanjang modern, bukan sekadar di atas batas teleskop.

Maka,  $8^\circ$  juga dapat dibela dari sisi kehati-hatian. Ia cukup tinggi untuk tidak jatuh pada ekstrem optik dan cukup dekat dengan data mata telanjang.

## G. 8° dan Prinsip Pembulatan Ilmiah

Angka 8° juga dapat dipahami sebagai pembulatan ilmiah dari 7,7°. Dalam kriteria kalender, angka bulat memiliki nilai praktis. Ia lebih mudah dikomunikasikan, lebih mudah diingat, dan lebih mudah diterapkan. Namun pembulatan harus dilakukan dengan dasar ilmiah, bukan sekadar kemudahan.

Pembulatan dari 7,7° ke 8° adalah pembulatan ke arah aman. Ia tidak menurunkan ambang menjadi 7° atau 7,5°, yang akan lebih dekat ke wilayah ekstrem. Ia juga tidak menaikkan terlalu jauh. Pembulatan ini bersifat konservatif minimal: hanya menaikkan 0,3° dari rekor mata telanjang.

Dalam konteks kalender global, pembulatan seperti ini masuk akal. Kriteria harus sederhana, tetapi tetap memiliki makna data. Angka 8° memenuhi keduanya. Ia sederhana dan sekaligus berbasis pada batas empiris.

Dengan demikian, 8° dapat dibela sebagai hasil pembulatan ilmiah dari batas mata telanjang modern dengan mempertimbangkan limit optik sebagai batas bawah tambahan.

## H. 8° sebagai Proksi Crescent Width dalam Kalender Global

Dalam model visibilitas lokal, **crescent width** lebih langsung menggambarkan kecerlangan intrinsik sabit dibanding elongasi. Odeh menegaskan bahwa crescent width adalah parameter yang lebih baik untuk menggambarkan lebar sabit, karena pada elongasi yang sama lebar sabit dapat berubah bergantung pada jarak Bulan dari Bumi.

Namun KHGT adalah kalender global, bukan model prediksi lokal rinci. Kalender global membutuhkan parameter yang sederhana, stabil, dan mudah dijelaskan. Dalam konteks itu, elongasi berfungsi sebagai proksi praktis bagi perkembangan sabit. Semakin besar elongasi, secara umum sabit semakin berkembang.

Elongasi 8° berarti KHGT tidak memakai elongasi kecil yang berisiko menghasilkan sabit terlalu tipis. Angka ini memastikan bahwa sabit telah bergerak melampaui wilayah Limit Danjon modern. Dengan demikian, meskipun KHGT tidak menggunakan crescent width sebagai kriteria eksplisit, elongasi 8° tetap menyerap prinsip crescent width: sabit harus cukup berkembang.

Ini adalah bentuk penyederhanaan ilmiah. Untuk model lokal, crescent width tetap penting. Untuk kriteria kalender global, elongasi 8° lebih praktis.

## I. 8° dan Kritik terhadap Kriteria Berbasis Umur atau Lag

Elongasi 8° juga lebih kuat daripada kriteria berbasis umur Bulan atau moonset lag. Umur Bulan hanya menunjukkan waktu sejak konjungsi, bukan ketebalan sabit. Lag hanya menunjukkan berapa lama Bulan berada di atas horizon setelah Matahari terbenam, bukan keterpisahan Bulan dari Matahari.

Schaefer menunjukkan bahwa kriteria umur Bulan dan moonset lag tidak cukup andal sebagai prediktor visibilitas. Odeh juga menegaskan bahwa umur Bulan sangat buruk dalam menggambarkan kecerlangan intrinsik sabit.

Elongasi lebih kuat karena langsung berkaitan dengan jarak sudut Bulan–Matahari. Karena sabit terbentuk akibat konfigurasi iluminasi Bulan–Matahari, elongasi lebih dekat dengan realitas fisik hilal. Maka, memilih elongasi  $8^\circ$  berarti KHGT memilih parameter yang lebih bermakna daripada umur atau lag.

Dengan demikian,  $8^\circ$  bukan hanya angka aman dari limit; ia juga representasi pilihan metodologis untuk meninggalkan parameter lemah dan memakai parameter yang lebih fisik.

## **J. $8^\circ$ Tidak Berdiri Sendiri: Harus Dipasangkan dengan $5^\circ$**

Meskipun elongasi  $8^\circ$  sangat penting, ia tidak cukup jika berdiri sendiri. Hilal dengan elongasi cukup dapat tetap sulit diamati jika Bulan terlalu rendah. Karena itu, KHGT memasangkan elongasi  $8^\circ$  dengan tinggi geosentris  $5^\circ$ .

Odeh menyatakan bahwa visibilitas hilal memerlukan minimal dua parameter: satu terkait kecerlangan intrinsik sabit dan satu terkait jarak dari horizon. Dalam KHGT, elongasi  $8^\circ$  menjalankan fungsi pertama, sedangkan tinggi  $5^\circ$  menjalankan fungsi kedua.

Dengan demikian,  $8^\circ$  tidak boleh dipahami sebagai kriteria tunggal. Ia adalah bagian dari struktur  $5^\circ$ – $8^\circ$ . Jika hanya memakai  $8^\circ$ , horizon tidak cukup diperhatikan. Jika hanya memakai  $5^\circ$ , ketebalan sabit tidak cukup diperhatikan. Keduanya harus bersama.

Pembelaan elongasi  $8^\circ$  harus selalu diakhiri dengan penegasan bahwa  $8^\circ$  memperoleh kekuatan penuh ketika dipasangkan dengan tinggi  $5^\circ$ . KHGT bukan kriteria elongasi tunggal, tetapi kriteria dua parameter.

## **K. Implikasi $8^\circ$ bagi KHGT**

Elongasi  $8^\circ$  memberi beberapa implikasi penting bagi KHGT.

Pertama, KHGT tidak memakai kriteria minimalis yang hanya mensyaratkan Bulan wujud.

Kedua, KHGT tidak memakai limit optik ekstrem sebagai kriteria kalender.

Ketiga, KHGT menjaga hubungan dengan rekor mata telanjang modern melalui angka  $7,7^\circ$ .

Keempat, KHGT memakai parameter yang lebih fisik daripada umur Bulan dan lag.

Kelima, KHGT menyediakan angka yang sederhana dan komunikatif untuk penyatuan kalender.



Keenam, KHGT tetap terbuka terhadap validasi observasi, tetapi tidak mudah berubah oleh laporan ekstrem tunggal.

Dengan implikasi ini, elongasi  $8^\circ$  menjadi salah satu pilar utama pembelaan KHGT. Tanpa angka ini, KHGT dapat dituduh terlalu minimalis. Dengan angka ini, KHGT memiliki dasar kuat bahwa sabit telah melewati batas ekstrem modern.

## L. Transisi ke Tinggi $5^\circ$ sebagai Buffer Horizon

Subbab ini telah menunjukkan bahwa elongasi  $8^\circ$  memiliki dasar ilmiah yang kuat karena berada di atas Limit Danjon modern. Data  $6,4^\circ$  menunjukkan batas optik ekstrem, sedangkan  $7,7^\circ$  menunjukkan batas mata telanjang ekstrem. Angka  $8^\circ$  mengambil posisi di atas keduanya, sehingga berfungsi sebagai ambang kalender yang memiliki buffer ilmiah.

Namun elongasi saja tidak cukup. Hilal juga harus berada pada posisi yang tidak terlalu rendah terhadap horizon. Karena itu, KHGT memasang elongasi  $8^\circ$  dengan tinggi hilal geosentris  $5^\circ$ . Subbab berikutnya akan membahas **tinggi  $5^\circ$  sebagai buffer terhadap horizon**, yaitu bagaimana angka  $5^\circ$  memperkuat kriteria KHGT dengan menghindari posisi Bulan yang terlalu rapuh terhadap atmosfer rendah, cahaya senja, dan gangguan horizon.

## 6.3 Tinggi $5^\circ$ sebagai Buffer terhadap Horizon

Tinggi hilal geosentris  $5^\circ$  dalam Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) berfungsi sebagai **buffer terhadap horizon**. Istilah buffer di sini berarti jarak aman dari wilayah pengamatan yang paling rapuh, yaitu wilayah dekat ufuk. Dalam observasi hilal, horizon bukan sekadar garis batas antara langit dan bumi. Horizon adalah kawasan optik yang penuh gangguan: atmosfer lebih tebal, cahaya senja lebih kuat, aerosol lebih banyak, refraksi lebih besar, dan penghalang fisik lebih sering terjadi. Karena itu, hilal yang terlalu rendah tidak layak dijadikan dasar kalender global yang stabil.

Kriteria tinggi  $5^\circ$  tidak boleh dipahami sebagai jaminan bahwa hilal pasti terlihat dari semua lokasi. Sebaliknya, angka ini harus dipahami sebagai syarat kalender global agar Bulan tidak berada pada konfigurasi terlalu rendah. Dengan tinggi  $5^\circ$ , KHGT menolak prinsip minimalis yang hanya mensyaratkan Bulan sudah berada di atas ufuk. Dalam kalender berbasis hilal, “Bulan positif di atas ufuk” belum cukup, karena hilal bukan sekadar keberadaan Bulan, melainkan sabit muda yang memiliki makna astronomis dan observasional.

Dokumen dasar buku ini menjelaskan bahwa tinggi hilal toposentris dipengaruhi oleh letak geografis, ketinggian tempat, kelengkungan Bumi, dan refraksi atmosfer. Fakta ini memperlihatkan bahwa tinggi lokal sangat kompleks. Namun KHGT membutuhkan kriteria global yang stabil. Oleh sebab itu, pelajaran dari tinggi toposentris dan problem horizon ditransformasikan menjadi syarat tinggi hilal geosentris  $5^\circ$ . Angka ini menjadi pasangan metodologis bagi elongasi  $8^\circ$ : elongasi  $8^\circ$  memberi buffer terhadap sabit terlalu tipis, sedangkan tinggi  $5^\circ$  memberi buffer terhadap horizon terlalu rendah.

## A. Horizon sebagai Wilayah Paling Problematis dalam Rukyat

Dalam rukyat hilal, horizon adalah wilayah langit yang paling problematis. Hilal awal bulan biasanya berada rendah di barat setelah Matahari terbenam. Pada posisi rendah ini, cahaya sabit Bulan harus melewati lapisan atmosfer yang jauh lebih tebal daripada ketika Bulan berada tinggi di langit. Akibatnya, cahaya hilal mengalami pelemahan atau ekstingsi yang lebih besar.

Selain itu, horizon barat masih dipenuhi cahaya senja. Setelah Matahari terbenam, langit belum gelap. Cahaya Matahari masih dihamburkan oleh atmosfer, terutama pada arah barat dan dekat horizon. Hilal yang sangat tipis harus bersaing dengan latar langit terang ini. Jika Bulan terlalu rendah, kontras sabit terhadap langit senja menjadi sangat lemah.

Gangguan lain adalah aerosol, uap air, debu, polusi, kabut, dan awan rendah. Semua faktor ini lebih sering terkonsentrasi di lapisan atmosfer rendah. Di wilayah perkotaan, polusi dan partikel udara dapat memperburuk transparansi langit. Di wilayah pantai, uap air dan kabut tipis dapat menjadi penghalang. Di wilayah pegunungan, horizon dapat tertutup lereng atau bukit.

Schaefer menekankan bahwa lokasi dan elevasi dapat menentukan keberhasilan pengamatan hilal muda. Lokasi tinggi dapat membantu pengamat berada di atas lapisan aerosol rendah dan memperoleh langit yang lebih transparan. Ini menunjukkan bahwa problem horizon bukan persoalan kecil, melainkan salah satu faktor utama dalam visibilitas hilal.

Karena itu, kalender global tidak boleh menempatkan awal bulan pada konfigurasi Bulan yang terlalu rendah. Tinggi  $5^\circ$  berfungsi menghindari wilayah horizon paling rapuh tersebut.

## B. Mengapa Sekadar Positif di Atas Ufuk Tidak Cukup?

Syarat bahwa Bulan sudah positif di atas ufuk sering tampak menarik karena sederhana. Jika Bulan belum terbenam setelah Matahari terbenam, maka secara geometris Bulan “ada”. Namun keberadaan geometris tidak sama dengan visibilitas hilal. Bulan dapat berada  $0,5^\circ$ ,  $1^\circ$ , atau  $2^\circ$  di atas horizon, tetapi sabitnya tetap tidak mungkin atau sangat sulit dikenali.

Ada beberapa alasan mengapa positif di atas ufuk tidak cukup. Pertama, Bulan yang sangat rendah mudah tertutup horizon fisik seperti bukit, pepohonan, gedung, atau awan rendah. Kedua, atmosfer dekat horizon sangat tebal dan mengurangi cahaya hilal. Ketiga, refraksi di dekat horizon lebih besar dan lebih tidak stabil. Keempat, langit senja di horizon masih sangat terang. Kelima, hilal yang berada terlalu rendah hanya tersedia dalam waktu sangat singkat sebelum terbenam.

Karena itu, “Bulan masih di atas ufuk” hanya menjawab pertanyaan eksistensi geometris, bukan pertanyaan hilal sebagai fenomena sabit yang layak menjadi dasar kalender. Dalam konteks KHGT, kriteria kalender harus melampaui eksistensi minimal. Kalender global perlu memastikan bahwa Bulan telah berada dalam konfigurasi yang lebih bermakna.

Tinggi  $5^\circ$  adalah koreksi terhadap kelemahan ini. Ia menyatakan bahwa Bulan tidak cukup hanya positif. Bulan harus memiliki jarak geometri tertentu dari horizon. Dengan demikian, KHGT tidak jatuh pada prinsip “asal wujud”, melainkan menetapkan syarat yang lebih dekat dengan realitas observasional hilal.

### C. Tinggi $5^\circ$ sebagai Margin terhadap Atmosfer Rendah

Atmosfer rendah adalah salah satu penyebab utama lemahnya visibilitas hilal. Ketika Bulan dekat horizon, cahaya dari sabit melewati lintasan atmosfer yang panjang. Pada lintasan panjang ini, cahaya mengalami penyerapan dan hamburan. Sabit yang awalnya sudah redup menjadi semakin lemah.

Masalahnya bertambah karena langit senja sendiri terang akibat hamburan cahaya Matahari. Maka, hilal rendah menghadapi dua tekanan sekaligus: cahayanya dilemahkan, sementara latarnya diperkuat oleh hamburan senja. Kondisi ini membuat kontras hilal jatuh.

Tinggi  $5^\circ$  memberikan margin terhadap kondisi tersebut. Dengan mensyaratkan Bulan tidak terlalu rendah, KHGT menghindari wilayah atmosferik yang paling mengganggu. Tentu saja,  $5^\circ$  geosentris tidak sama dengan jaminan kondisi atmosfer lokal. Namun sebagai kriteria kalender global, angka ini memberi batas bahwa konfigurasi Bulan tidak berada pada posisi terlalu rapuh.

Dalam model visibilitas modern, posisi vertikal Bulan sangat penting. Odeh menggunakan **arc of vision (ARCV)** sebagai salah satu variabel utama karena visibilitas membutuhkan parameter yang mewakili jarak Bulan dari horizon. Tinggi  $5^\circ$  dalam KHGT dapat dipahami sebagai penyederhanaan global dari pelajaran yang sama: posisi vertikal tidak boleh diabaikan.

Dengan demikian, tinggi  $5^\circ$  adalah cara KHGT memasukkan problem atmosfer ke dalam kriteria kalender tanpa menjadikan kalender bergantung pada cuaca lokal setiap bulan.

### D. Tinggi $5^\circ$ dan Cahaya Senja

Cahaya senja adalah faktor penting dalam pengamatan hilal. Hilal diamati setelah Matahari terbenam, tetapi langit masih terang. Pada kondisi ini, hilal yang sangat tipis hanya dapat terlihat jika memiliki kontras cukup terhadap latar langit. Kontras ini dipengaruhi oleh ketebalan sabit, jarak dari Matahari, tinggi dari horizon, dan kejernihan atmosfer.

Jika Bulan terlalu rendah, hilal berada di wilayah langit yang masih sangat terang. Cahaya senja dekat horizon sering kali lebih kuat daripada di bagian langit yang lebih tinggi. Oleh karena itu, posisi Bulan yang lebih tinggi biasanya memberi peluang kontras lebih baik. Tinggi bukan hanya persoalan jarak dari tanah, tetapi juga persoalan lingkungan cahaya.

Dalam kriteria KHGT, tinggi  $5^\circ$  membantu mengurangi risiko hilal tenggelam dalam cahaya senja paling terang. Namun tinggi saja tidak cukup. Sabit juga harus cukup berkembang. Karena itu, tinggi  $5^\circ$  dipasangkan dengan elongasi  $8^\circ$ . Elongasi  $8^\circ$  memastikan sabit telah cukup jauh dari Matahari; tinggi  $5^\circ$  memastikan sabit tidak berada terlalu rendah di horizon.

Gabungan keduanya membentuk struktur yang kuat. Elongasi menangani faktor cahaya sabit; tinggi menangani faktor latar langit dan horizon. Dengan demikian, kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  lebih seimbang daripada kriteria yang hanya memakai elongasi atau hanya memakai tinggi.

## E. Tinggi $5^{\circ}$ dan Refraksi Atmosfer

Refraksi atmosfer adalah pembelokan cahaya benda langit ketika melewati atmosfer Bumi. Efek refraksi paling besar terjadi dekat horizon. Karena hilal awal bulan sering berada rendah, refraksi menjadi faktor penting dalam perhitungan tinggi tampak Bulan.

Refraksi dapat membuat Bulan tampak lebih tinggi daripada posisi geometrisnya. Namun refraksi tidak selalu mudah diprediksi dengan sempurna karena dipengaruhi suhu, tekanan udara, kelembapan, dan struktur atmosfer lokal. Di dekat horizon, atmosfer sering tidak homogen, sehingga posisi tampak benda langit dapat mengalami variasi.

Dokumen dasar buku ini menyebut refraksi atmosfer sebagai salah satu faktor yang memengaruhi tinggi hilal toposentris. Ini menunjukkan bahwa tinggi lokal mengandung kompleksitas fisik yang sulit distandardisasi secara global.

Tinggi geosentris  $5^{\circ}$  dalam KHGT menghindari ketergantungan langsung pada koreksi refraksi lokal. Ia tidak dimaksudkan untuk menggantikan perhitungan toposentris observasi, tetapi untuk memberi ambang kalender yang stabil. Dengan demikian, KHGT tidak membiarkan keputusan kalender berubah karena perbedaan model refraksi atau kondisi atmosfer lokal.

Dalam observasi, refraksi tetap harus diperhitungkan. Dalam kalender global, tinggi geosentris memberi batas sistemik yang lebih konsisten.

## F. Tinggi $5^{\circ}$ sebagai Koreksi terhadap Kriteria Wujud Minimal

Kriteria wujud minimal sering menekankan bahwa jika Bulan telah berada di atas ufuk setelah konjungsi, maka awal bulan dapat dimulai. Kriteria ini memiliki keunggulan dalam hal kepastian hisab, tetapi lemah dalam hubungan dengan visibilitas hilal. Bulan yang baru saja wujud belum tentu memiliki sabit yang cukup terbentuk dan belum tentu berada cukup tinggi.

Tinggi  $5^{\circ}$  memperbaiki kelemahan itu. Ia menambahkan syarat bahwa Bulan tidak hanya ada, tetapi juga mencapai posisi geometri minimum. Ini penting untuk menjaga agar kalender tetap memiliki hubungan dengan konsep hilal sebagai sabit muda, bukan sekadar posisi Bulan setelah ijtimak.

Koreksi ini juga penting bagi penerimaan sosial. Banyak pihak yang berpegang pada konsep hilal akan sulit menerima kalender yang menetapkan awal bulan ketika Bulan masih sangat rendah dan elongasinya kecil. Dengan kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ , KHGT dapat menjelaskan bahwa ia tidak memakai wujud minimal. Ia memakai ambang yang lebih kuat: Bulan cukup tinggi dan sabit cukup berkembang.

Dengan demikian, tinggi  $5^\circ$  adalah bagian dari pembelaan KHGT terhadap kritik bahwa kalender global hisabi terlalu abstrak. Tinggi  $5^\circ$  menunjukkan bahwa KHGT tetap belajar dari realitas pengamatan.

## G. Mengapa Tinggi $5^\circ$ Tidak Boleh Dipisahkan dari Elongasi $8^\circ$ ?

Tinggi  $5^\circ$  tidak cukup jika berdiri sendiri. Bulan dapat mencapai tinggi tertentu, tetapi jika elongasinya kecil, sabit tetap terlalu tipis. Dalam kasus seperti itu, posisi Bulan mungkin cukup jauh dari horizon, tetapi sabit belum cukup berkembang. Karena itu, tinggi  $5^\circ$  harus selalu dibaca bersama elongasi  $8^\circ$ .

Sebaliknya, elongasi  $8^\circ$  juga tidak cukup tanpa tinggi  $5^\circ$ . Sabit mungkin sudah cukup berkembang, tetapi jika posisinya terlalu rendah, hilal tetap berada dalam wilayah atmosferik dan horizon yang sangat sulit. Maka, kedua parameter harus bekerja bersama.

Prinsip ini sejalan dengan Odeh yang menegaskan perlunya dua parameter dalam prediksi visibilitas: satu terkait kecerlangan sabit dan satu terkait jarak dari horizon. Dalam KHGT, elongasi  $8^\circ$  menjalankan fungsi pertama, sedangkan tinggi  $5^\circ$  menjalankan fungsi kedua.

Dengan demikian, pembelaan tinggi  $5^\circ$  harus selalu ditempatkan dalam struktur kriteria gabungan. Tinggi  $5^\circ$  bukan angka mandiri, melainkan bagian dari sistem  $5^\circ$ – $8^\circ$ .

## H. Tinggi Geosentris $5^\circ$ dan Kritik dari Perspektif Toposentris

Salah satu kritik terhadap tinggi geosentris adalah bahwa pengamat tidak melihat dari pusat Bumi, melainkan dari permukaan Bumi. Kritik ini benar dalam konteks observasi lokal. Untuk rukyat, tinggi toposentris harus dihitung. Namun kritik tersebut tidak otomatis membatalkan tinggi geosentris sebagai kriteria kalender global.

Perbedaannya terletak pada fungsi. Tinggi toposentris menjawab pertanyaan observasi: apakah hilal dapat dilihat dari lokasi tertentu? Tinggi geosentris menjawab pertanyaan kalender: apakah konfigurasi Bulan telah melewati ambang minimum secara global? KHGT menggunakan tinggi geosentris untuk fungsi kedua, bukan untuk menggantikan fungsi pertama.

Dengan demikian, tinggi geosentris  $5^\circ$  bukan klaim bahwa seluruh lokasi akan memiliki tinggi lokal yang sama. Ia adalah batas sistemik agar kalender tidak terlalu bergantung pada horizon lokal. Untuk validasi, pengamat tetap dapat menghitung tinggi toposentris, ARCV, DAZ, crescent width, dan parameter lokal lain.

Kritik toposentris menjadi konstruktif jika dipakai untuk memperkaya observasi, tetapi tidak harus meniadakan kriteria geosentris. Keduanya saling melengkapi.

## I. Tinggi 5° dan Stabilitas Kalender Global

Kalender global memerlukan stabilitas. Jika kalender bergantung pada tinggi toposentris lokal, maka kalender harus memilih lokasi rujukan atau mengikuti wilayah tertentu. Ini dapat menimbulkan problem baru: mengapa lokasi itu dipilih, bagaimana jika cuacanya buruk, bagaimana jika horizon lokalnya tertutup, dan bagaimana jika lokasi lain memiliki kondisi berbeda?

Tinggi geosentris 5° memberi solusi sistemik. Ia menyediakan batas global yang dapat dihitung secara seragam. Dengan demikian, kalender tidak ditentukan oleh kondisi lokal sesaat.

Stabilitas ini sangat penting untuk KHGT. Tujuan KHGT adalah membangun kalender yang dapat berlaku global dan dapat direncanakan. Jika keputusan awal bulan terus bergantung pada variabel lokal, tujuan penyatuan sulit tercapai. Tinggi 5° membantu menjaga stabilitas itu.

Namun stabilitas tidak berarti mengabaikan observasi. Observasi tetap dilakukan untuk validasi dan edukasi. Bedanya, observasi tidak menjadi faktor yang membuat kalender berubah secara lokal setiap bulan.

## J. Tinggi 5° sebagai Bentuk Kehati-hatian Moderat

Tinggi 5° dapat dipahami sebagai bentuk kehati-hatian moderat. Ia lebih hati-hati daripada sekadar mensyaratkan Bulan positif di atas ufuk. Namun ia tidak terlalu tinggi sehingga membuat kalender terlalu konservatif. Dengan demikian, 5° berada pada posisi tengah: cukup untuk menghindari horizon sangat rendah, tetapi tidak berlebihan.

Kehati-hatian ini penting karena kalender harus menjaga keseimbangan. Jika syarat tinggi terlalu rendah, kalender rapuh dari sisi visibilitas. Jika terlalu tinggi, kalender dapat tertunda secara berlebihan. Angka 5° memberi keseimbangan praktis antara keduanya.

Keseimbangan ini makin kuat ketika dipasangkan dengan elongasi 8°. Elongasi 8° sudah memberi syarat sabit cukup berkembang. Maka tinggi 5° tidak perlu dinaikkan terlalu jauh, karena fungsi kehati-hatian sudah dibagi antara dua parameter.

Dengan demikian, kriteria 5°–8° bukan sekadar angka konservatif, tetapi struktur kehati-hatian yang proporsional.

## K. Tinggi 5° dalam Argumentasi KHGT

Dalam pembelaan KHGT, tinggi 5° memainkan beberapa peran utama.

Pertama, ia membedakan KHGT dari kriteria minimalis yang hanya mensyaratkan wujud Bulan.

Kedua, ia memperlihatkan bahwa KHGT mempertimbangkan horizon dan atmosfer.

Ketiga, ia melengkapi elongasi  $8^\circ$  sehingga kriteria tidak hanya berbasis ketebalan sabit.

Keempat, ia memberi stabilitas global karena dinyatakan secara geosentris.

Kelima, ia memudahkan komunikasi publik: Bulan tidak cukup hanya ada, tetapi harus cukup tinggi.

Keenam, ia menjembatani data observasi lokal dengan kebutuhan kalender global.

Dengan demikian, tinggi  $5^\circ$  adalah komponen penting dalam legitimasi ilmiah KHGT. Tanpa tinggi  $5^\circ$ , kriteria  $8^\circ$  akan tampak terlalu berfokus pada sabit dan kurang memperhatikan horizon. Dengan tinggi  $5^\circ$ , KHGT menjadi lebih lengkap.

## L. Transisi ke Kriteria $5^\circ$ – $8^\circ$ sebagai Ambang Gabungan

Subbab ini telah menunjukkan bahwa tinggi  $5^\circ$  berfungsi sebagai buffer terhadap horizon. Angka ini menghindarkan kalender dari konfigurasi Bulan yang terlalu rendah, terlalu rentan terhadap atmosfer rendah, terlalu dekat dengan cahaya senja horizon, dan terlalu mudah terganggu oleh penghalang lokal. Tinggi  $5^\circ$  bukan jaminan rukyat lokal universal, tetapi syarat kalender global yang memberi margin geometri terhadap problem horizon.

Namun tinggi  $5^\circ$  tidak berdiri sendiri. Ia harus dipasangkan dengan elongasi  $8^\circ$ . Jika elongasi  $8^\circ$  memberi buffer terhadap sabit terlalu tipis dan Limit Danjon modern, maka tinggi  $5^\circ$  memberi buffer terhadap horizon. Subbab berikutnya akan membahas **kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  sebagai ambang gabungan**, yaitu mengapa kekuatan KHGT terletak pada kombinasi dua parameter tersebut, bukan pada salah satunya secara terpisah.

## 6.4 Kriteria $5^\circ$ – $8^\circ$ sebagai Ambang Gabungan

Kriteria KHGT **tinggi hilal geosentris minimal  $5^\circ$**  dan **elongasi geosentris minimal  $8^\circ$**  harus dipahami sebagai **ambang gabungan**, bukan dua angka yang berdiri sendiri. Kekuatan ilmiahnya justru terletak pada kombinasi keduanya. Elongasi  $8^\circ$  menjawab persoalan perkembangan sabit: apakah Bulan sudah cukup jauh dari Matahari sehingga sabit tidak terlalu tipis? Tinggi  $5^\circ$  menjawab persoalan horizon: apakah Bulan tidak berada terlalu rendah dalam konfigurasi global sehingga terlalu rentan terhadap atmosfer rendah, cahaya senja, refraksi, dan gangguan ufuk?

Jika salah satu parameter diabaikan, kriteria menjadi timpang. Elongasi saja tidak cukup karena sabit yang sudah cukup berkembang dapat tetap sulit diamati jika Bulan terlalu rendah. Tinggi saja juga tidak cukup karena Bulan yang cukup tinggi tetap dapat tidak memiliki sabit bermakna jika elongasinya terlalu kecil. Maka, kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  bekerja sebagai **dua pagar ilmiah**: pagar pertama terhadap sabit yang terlalu tipis, pagar kedua terhadap posisi Bulan yang terlalu rendah.

Prinsip ini sejalan dengan pelajaran visibilitas hilal modern. Odeh menyatakan bahwa visibilitas hilal tidak dapat diprediksi secara andal dengan satu parameter; diperlukan parameter yang mewakili kecerlangan intrinsik sabit dan parameter yang mewakili jarak Bulan dari horizon.



Dalam model Odeh, dua dimensi itu diwakili oleh **crescent width** dan **ARCV**. Dalam KHGT, keduanya disederhanakan menjadi **elongasi 8°** dan **tinggi 5°** sebagai kriteria kalender global. Penyederhanaan ini tidak identik dengan model observasi lokal, tetapi sah sebagai rumusan kalender yang membutuhkan stabilitas, kesederhanaan, dan keterulangan.

## A. Mengapa Harus Ambang Gabungan?

Hilal adalah fenomena yang tidak dapat direduksi menjadi satu variabel. Ia bukan hanya persoalan Bulan sudah ada atau belum, bukan hanya persoalan umur Bulan, bukan hanya persoalan tinggi, dan bukan hanya persoalan elongasi. Hilal adalah hasil interaksi antara geometri Bulan–Matahari, lebar sabit, posisi terhadap horizon, cahaya senja, atmosfer, dan kemampuan pengamatan.

Kriteria tunggal selalu berisiko menyederhanakan masalah secara berlebihan. Jika hanya memakai umur Bulan, maka ketebalan sabit dan posisi terhadap horizon tidak tergambarkan dengan baik. Jika hanya memakai lag, maka yang diketahui hanya durasi Bulan berada di atas ufuk, bukan kualitas sabit. Jika hanya memakai elongasi, horizon tidak cukup diperhitungkan. Jika hanya memakai tinggi, perkembangan sabit tidak cukup diperhitungkan.

Schaefer menunjukkan bahwa kriteria sederhana seperti umur Bulan dan moonset-lag tidak cukup andal sebagai prediktor visibilitas. Temuan ini memberi pelajaran bahwa kriteria kalender yang ingin tetap berbasis hilal harus melampaui parameter tunggal. KHGT menjawab kebutuhan itu melalui dua parameter: tinggi dan elongasi.

Kriteria gabungan 5°–8° menjadi kuat karena ia tidak hanya bertanya “apakah Bulan berada di atas horizon?”, tetapi juga “apakah sabit telah cukup berkembang?”. Ia tidak hanya bertanya “apakah Bulan sudah cukup jauh dari Matahari?”, tetapi juga “apakah posisi Bulan tidak terlalu rendah?”. Dua pertanyaan ini harus dijawab bersama.

## B. Elongasi 8° sebagai Syarat Dimensi Sabit

Elongasi 8° mewakili dimensi sabit. Setelah konjungsi, Bulan bergerak menjauh dari Matahari. Semakin besar elongasi, semakin besar bagian terang Bulan yang tampak dari Bumi sebagai sabit. Karena itu, elongasi berhubungan langsung dengan perkembangan sabit.

Data observasi modern memberi dasar kuat bagi angka 8°. Odeh menyebut minimum elongasi hilal yang terlihat dengan bantuan optik sebesar 6,4° dan minimum elongasi hilal yang terlihat dengan mata telanjang sebesar 7,7°. Angka 8° berada di atas keduanya. Maka, 8° berfungsi sebagai ambang yang menempatkan kalender di atas wilayah limit ekstrem.

Namun elongasi 8° tidak dimaksudkan sebagai jaminan visibilitas lokal universal. Ia adalah syarat bahwa sabit telah cukup berkembang secara geometri global. Dalam konteks KHGT, ini penting karena kalender global tidak boleh ditetapkan ketika sabit masih berada di wilayah yang terlalu dekat dengan Limit Danjon modern.

Dengan elongasi  $8^\circ$ , KHGT menghindari dua risiko: risiko terlalu rendah karena memakai limit optik ekstrem, dan risiko terlalu jauh dari data karena memilih angka terlalu tinggi. Angka  $8^\circ$  cukup dekat dengan rekor mata telanjang, tetapi tetap memiliki margin ilmiah.

### C. Tinggi $5^\circ$ sebagai Syarat Dimensi Horizon

Tinggi  $5^\circ$  mewakili dimensi horizon. Hilal yang sudah cukup berkembang tetap dapat sulit diamati jika posisinya terlalu rendah. Dekat horizon, cahaya hilal melewati atmosfer lebih tebal, mengalami ekstingsi lebih kuat, bersaing dengan cahaya senja lebih terang, dan lebih rentan terhadap awan rendah, kabut, polusi, serta penghalang lokal.

Dokumen dasar buku ini menjelaskan bahwa tinggi hilal toposentris dipengaruhi oleh letak geografis, ketinggian tempat, kelengkungan Bumi, dan refraksi atmosfer. Ini menunjukkan bahwa horizon lokal sangat kompleks. KHGT tidak dapat menggantungkan kalender global pada seluruh variasi lokal tersebut. Karena itu, tinggi geosentris  $5^\circ$  digunakan sebagai syarat kalender global agar Bulan tidak berada terlalu rendah secara konfigurasi.

Tinggi  $5^\circ$  memberi buffer terhadap horizon. Ia bukan jaminan bahwa semua lokasi akan melihat hilal, tetapi ia menghindarkan kalender dari kondisi Bulan yang terlalu dekat dengan ufuk. Dengan demikian, KHGT tidak cukup memakai prinsip wujud minimal. Ia memberi syarat posisi yang lebih bermakna.

Dalam struktur gabungan, tinggi  $5^\circ$  melengkapi elongasi  $8^\circ$ . Jika elongasi adalah syarat sabit, tinggi adalah syarat horizon. Keduanya harus terpenuhi bersama agar konfigurasi layak menjadi dasar kalender global.

### D. Kelemahan Jika Hanya Menggunakan Elongasi

Elongasi adalah parameter kuat, tetapi tidak cukup jika berdiri sendiri. Sabit dapat memiliki elongasi yang memenuhi batas tertentu, tetapi Bulan mungkin berada sangat rendah. Dalam kondisi seperti itu, pengamat menghadapi atmosfer tebal dan cahaya senja yang kuat. Hilal dapat tetap gagal terlihat meskipun sabit secara geometri sudah lebih berkembang.

Model visibilitas modern tidak hanya memakai elongasi. Odeh memilih crescent width untuk mewakili kecerlangan sabit dan ARCV untuk mewakili posisi terhadap horizon. Ini menunjukkan bahwa aspek horizon harus dipertimbangkan bersama aspek sabit.

Jika KHGT hanya memakai elongasi  $8^\circ$ , maka kriteria dapat dikritik karena mengabaikan posisi Bulan terhadap horizon. Kritik itu sah. Karena itu, KHGT tidak berhenti pada elongasi. Tinggi  $5^\circ$  dimasukkan sebagai syarat kedua.

Dengan demikian, kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  lebih kuat daripada kriteria elongasi tunggal. Elongasi memberi batas sabit, tinggi memberi batas posisi. Keduanya menutup kelemahan masing-masing.

## E. Kelemahan Jika Hanya Menggunakan Tinggi

Sebaliknya, tinggi juga tidak cukup jika berdiri sendiri. Bulan dapat berada cukup tinggi, tetapi jika elongasinya masih kecil, sabit yang terbentuk terlalu tipis dan redup. Dalam keadaan seperti itu, tinggi yang baik tidak cukup membantu karena objek yang ingin diamati belum memiliki cahaya sabit yang memadai.

Ini berkaitan dengan Limit Danjon. Pada elongasi terlalu kecil, sabit tidak cukup berkembang untuk terlihat secara bermakna. Maka, kriteria yang hanya memakai tinggi dapat gagal membedakan antara Bulan yang cukup tinggi tetapi belum memiliki sabit layak dan Bulan yang benar-benar memiliki sabit cukup berkembang.

Elongasi  $8^\circ$  menutup kelemahan ini. Ia memastikan bahwa Bulan telah cukup jauh dari Matahari dan tidak berada di wilayah limit ekstrem. Dengan demikian, tinggi  $5^\circ$  memperoleh makna penuh ketika dipasangkan dengan elongasi  $8^\circ$ .

Kriteria KHGT bukan “tinggi minimal  $5^\circ$ ” saja. Ia adalah “tinggi minimal  $5^\circ$  dan elongasi minimal  $8^\circ$ .” Kata **dan** di sini sangat penting. Keduanya bersifat kumulatif, bukan alternatif.

## F. Kriteria Gabungan sebagai Sintesis Model Odeh

Model Odeh memberi contoh kuat tentang pentingnya dua parameter. Dalam modelnya, visibilitas hilal dipetakan dengan menggunakan crescent width dan ARCV. Crescent width mewakili kecerlangan intrinsik sabit, sedangkan ARCV mewakili posisi terhadap horizon.

KHGT tidak menyalin model Odeh secara langsung karena fungsinya berbeda. Odeh menyusun kriteria visibilitas lokal berbasis parameter toposentris. KHGT menyusun kriteria kalender global berbasis parameter geosentris. Namun prinsipnya sama: satu parameter tidak cukup.

Dalam KHGT, elongasi  $8^\circ$  menjadi proksi kalender bagi dimensi sabit. Tinggi  $5^\circ$  menjadi proksi kalender bagi dimensi horizon. Ini adalah penyederhanaan ilmiah dari prinsip dua parameter. Penyederhanaan diperlukan karena kalender global membutuhkan rumusan yang lebih ringkas dan mudah diterapkan.

Dengan demikian, kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  dapat dilihat sebagai **sintesis kalender-global** dari model visibilitas modern. Ia tidak menggantikan model lokal, tetapi mengambil inti prinsipnya untuk kebutuhan kalender dunia.

## G. Kriteria Gabungan dan Prinsip Buffer Ganda

Kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  memiliki karakter **buffer ganda**. Elongasi  $8^\circ$  adalah buffer terhadap sabit yang terlalu tipis dan terhadap Limit Danjon modern. Tinggi  $5^\circ$  adalah buffer terhadap horizon yang terlalu rendah dan terhadap gangguan atmosfer dekat ufuk.

Buffer pertama didasarkan pada rekam observasi modern:  $6,4^\circ$  sebagai batas optik dan  $7,7^\circ$  sebagai batas mata telanjang. Dengan memilih  $8^\circ$ , KHGT tidak berdiri pada limit ekstrem. Buffer kedua didasarkan pada pengalaman observasi bahwa hilal rendah sangat rentan terhadap atmosfer, cahaya senja, dan horizon.

Dua buffer ini menghasilkan kriteria yang lebih stabil. Kalender global tidak ditetapkan hanya karena Bulan sudah ada. Kalender juga tidak ditetapkan hanya karena satu parameter kebetulan memenuhi syarat. Keduanya harus terpenuhi agar konfigurasi dianggap layak.

Prinsip buffer ganda ini penting untuk membela KHGT. Ia menunjukkan bahwa  $5^\circ$ – $8^\circ$  bukan angka asal, tetapi struktur kehati-hatian ilmiah yang proporsional.

## H. Kriteria Gabungan dan Stabilitas Kalender Global

Kalender global membutuhkan stabilitas. Kriteria yang terlalu dekat dengan batas ekstrem akan menghasilkan ketidakpastian. Kriteria yang terlalu lokal akan menghasilkan fragmentasi. Kriteria yang terlalu kompleks akan sulit diterapkan dan dikomunikasikan. Kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  menawarkan keseimbangan.

Pertama, ia tidak terlalu dekat dengan limit karena memakai  $8^\circ$  di atas  $6,4^\circ$  dan  $7,7^\circ$ . Kedua, ia tidak terlalu lokal karena memakai acuan geosentris. Ketiga, ia tidak terlalu kompleks karena hanya memakai dua parameter utama. Keempat, ia tidak terlalu sederhana karena tidak hanya memakai satu parameter atau prinsip wujud minimal.

Stabilitas ini penting bagi fungsi KHGT. Kalender global harus dapat dihitung jauh hari dan dipakai lintas negara. Dengan kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$ , awal bulan dapat ditentukan berdasarkan syarat astronomis yang jelas dan dapat diverifikasi.

Namun stabilitas ini tidak berarti menutup observasi. Rukyat tetap penting untuk validasi, dokumentasi, dan pendidikan. Perbedaannya adalah kalender tidak berubah-ubah mengikuti kondisi lokal bulanan. Inilah fungsi ambang gabungan dalam sistem KHGT.

## I. Kriteria Gabungan dan Kritik terhadap Kriteria Minimalis

Kriteria minimalis biasanya berhenti pada konjungsi, wujud Bulan, atau posisi positif di atas ufuk. Kriteria seperti ini memang mudah dihitung, tetapi terlalu lemah dari perspektif hilal sebagai sabit muda. Bulan yang baru wujud belum tentu memiliki sabit yang bermakna.

Kriteria gabungan  $5^\circ$ – $8^\circ$  mengatasi kelemahan itu. Ia menuntut dua hal yang lebih kuat: Bulan cukup tinggi dan cukup jauh dari Matahari. Dengan demikian, KHGT tidak dapat disamakan dengan kriteria wujud minimal.

Ini penting dalam diskursus fikih kalender. Jika kalender ingin tetap dikaitkan dengan hilal, maka harus ada batas yang menunjukkan bahwa sabit telah melewati keadaan terlalu tipis dan posisi terlalu rendah. Kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  memberi batas tersebut.

Dengan demikian, ambang gabungan menjadi jawaban KHGT terhadap kritik bahwa kalender hisab global dapat terlalu abstrak. KHGT tetap hisabi, tetapi kriterianya dibangun dari pelajaran visibilitas.

## J. Kriteria Gabungan dan Kritik terhadap Kriteria Terlalu Kompleks

Di sisi lain, kriteria kalender tidak boleh terlalu kompleks. Jika semua parameter visibilitas lokal dimasukkan—ARCV, DAZ, crescent width, refraksi, atmosfer, horizon, alat, pengalaman pengamat—maka kalender menjadi sulit diterapkan sebagai sistem global. Kompleksitas seperti itu cocok untuk model observasi, bukan untuk kalender publik.

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  menyederhanakan kompleksitas secara terarah. Ia memilih dua parameter yang paling komunikatif dan bermakna: tinggi dan elongasi. Parameter lain tetap digunakan dalam observasi lokal, peta visibilitas, dan evaluasi ilmiah, tetapi tidak menjadi syarat utama kalender.

Penyederhanaan ini adalah kekuatan, bukan kelemahan, selama dasar ilmiahnya jelas. Kalender global memang membutuhkan rumusan yang dapat dipahami dan dihitung luas. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  memenuhi syarat itu.

Dengan demikian, ambang gabungan juga menjawab kritik bahwa KHGT perlu memakai model visibilitas lokal penuh. Untuk kalender global, model penuh terlalu kompleks; yang dibutuhkan adalah sintesis yang stabil.

## K. Implikasi Ambang Gabungan bagi KHGT

Memahami  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  sebagai ambang gabungan memberi beberapa implikasi penting.

Pertama, kedua syarat harus dipenuhi bersama. Tidak cukup hanya tinggi  $5^{\circ}$  atau hanya elongasi  $8^{\circ}$ .

Kedua, kriteria ini harus dibaca sebagai kriteria kalender global, bukan prediksi rukyat lokal mutlak.

Ketiga, observasi lokal tetap diperlukan untuk validasi, tetapi bukan untuk mengganti fungsi kriteria geosentris.

Keempat, angka  $8^{\circ}$  harus dijelaskan melalui rekam batas  $6,4^{\circ}$  dan  $7,7^{\circ}$ .

Kelima, angka  $5^{\circ}$  harus dijelaskan melalui problem horizon dan atmosfer rendah.

Keenam, kekuatan KHGT terletak pada struktur dua parameter yang sederhana tetapi bermakna.

Dengan implikasi ini, kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dapat dipertahankan sebagai rumusan yang ilmiah, stabil, dan komunikatif.

## L. Transisi ke Pembelaan Geosentris sebagai Syarat Global

Subbab ini telah menjelaskan bahwa kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  harus dipahami sebagai ambang gabungan. Elongasi  $8^{\circ}$  mewakili dimensi sabit dan memberi buffer terhadap Limit Danjon modern. Tinggi  $5^{\circ}$  mewakili dimensi horizon dan memberi buffer terhadap posisi Bulan yang terlalu rendah. Kekuatan KHGT terletak pada kombinasi keduanya.

Namun masih ada satu pertanyaan penting: mengapa kedua parameter ini harus dinyatakan secara geosentris? Mengapa tidak menggunakan parameter toposentris yang lebih dekat dengan observasi lokal? Subbab berikutnya akan membahas **geosentris sebagai syarat global**, yaitu alasan metodologis mengapa KHGT memerlukan acuan pusat Bumi untuk menjaga stabilitas, keseragaman, dan fungsi unifikasi kalender dunia.

## 6.5 Geosentris sebagai Syarat Global: Stabilitas, Keseragaman, dan Fungsi Unifikasi

Kriteria KHGT **tinggi hilal geosentris  $5^{\circ}$  dan elongasi geosentris  $8^{\circ}$**  tidak hanya perlu dibela dari sisi angka, tetapi juga dari sisi **titik acuan perhitungan**. Mengapa geosentris? Mengapa bukan toposentris? Mengapa memakai pusat Bumi sebagai acuan, padahal observasi hilal selalu dilakukan dari permukaan Bumi? Pertanyaan ini penting karena menyentuh inti perbedaan antara **prediksi visibilitas lokal** dan **penetapan kalender global**.

Jawaban utamanya adalah: **KHGT membutuhkan acuan global yang stabil, seragam, dan tidak bergantung pada horizon lokal tertentu**. Kalender global tidak dapat disusun dengan cara yang sama seperti panduan rukyat lokal. Rukyat lokal membutuhkan parameter toposentris karena pengamat melihat dari lokasi tertentu. Akan tetapi, kalender global membutuhkan parameter yang dapat dihitung sama oleh semua pihak, lintas negara, lintas zona waktu, lintas horizon, dan lintas kondisi cuaca. Untuk tujuan ini, pendekatan geosentris lebih tepat.

Geosentris berarti perhitungan dilakukan dengan acuan pusat Bumi. Dalam konteks elongasi, dokumen dasar buku ini menjelaskan bahwa elongasi geosentris adalah jarak sudut antara pusat piringan Bulan dan pusat piringan Matahari dengan titik acuan pusat Bumi. Nilai ini lebih mutlak karena tidak dipengaruhi paralaks lokasi pengamat. Sementara itu, tinggi toposentris dipengaruhi oleh letak geografis, ketinggian tempat, kelengkungan Bumi, dan refraksi atmosfer. Perbedaan inilah yang menjadi dasar mengapa KHGT memilih geosentris untuk kriteria kalender global dan tetap memakai toposentris untuk validasi observasi lokal.

### A. Kalender Global Membutuhkan Titik Acuan Bersama

Kalender global hanya dapat berfungsi jika seluruh pengguna merujuk pada titik acuan yang sama. Jika setiap wilayah memakai titik acuan lokalnya sendiri, maka kalender akan mudah terpecah.

Satu wilayah dapat menyatakan kriteria terpenuhi, sementara wilayah lain menyatakan belum terpenuhi. Akibatnya, tujuan penyatuan kalender menjadi sulit dicapai.

Pendekatan geosentris menyediakan titik acuan bersama. Dengan pusat Bumi sebagai referensi, konfigurasi Bulan–Matahari dapat dihitung dalam sistem yang sama untuk seluruh dunia. Ini sangat penting bagi KHGT karena kalender global tidak boleh bergantung pada satu kota, satu negara, atau satu horizon lokal.

Jika kriteria memakai parameter toposentris, harus muncul pertanyaan: lokasi mana yang dijadikan acuan? Makkah? Greenwich? Wilayah pertama yang mengalami maghrib? Wilayah paling barat dunia Islam? Wilayah dengan peluang visibilitas terbaik? Setiap pilihan membawa konsekuensi metodologis dan sosial. Dengan geosentris, problem pemilihan lokasi rujukan dapat dikurangi karena acuan yang digunakan bukan lokasi politik atau geografis tertentu, melainkan pusat Bumi sebagai acuan astronomis global.

Dengan demikian, geosentris bukan sekadar pilihan teknis. Ia adalah syarat sistemik bagi kalender yang ingin benar-benar global.

## **B. Geosentris Menghindari Ketergantungan pada Horizon Lokal**

Horizon lokal sangat bervariasi. Ada horizon laut yang bersih, horizon pegunungan yang tinggi, horizon kota yang tertutup bangunan, horizon tropis yang lembap, horizon gurun yang kering, dan horizon lintang tinggi dengan geometri senja yang berbeda. Jika kalender global bergantung langsung pada horizon lokal, maka kalender akan ikut berubah mengikuti kondisi-kondisi lokal tersebut.

Tinggi toposentris memang sangat penting bagi observasi. Pengamat perlu mengetahui seberapa tinggi Bulan dari horizon tempatnya. Namun horizon lokal bukan dasar yang baik untuk kalender global karena terlalu beragam. Dokumen dasar buku ini menjelaskan bahwa tinggi toposentris dipengaruhi oleh letak geografis, ketinggian tempat, kelengkungan Bumi, dan refraksi atmosfer. Ini berarti tinggi lokal bukan hanya angka astronomis, tetapi angka yang dipengaruhi kondisi tempat.

KHGT menggunakan tinggi geosentris  $5^\circ$  untuk menghindari ketergantungan langsung pada horizon lokal. Angka ini tidak dimaksudkan untuk menggantikan perhitungan toposentris dalam rukyat, tetapi untuk memberi batas global bahwa Bulan tidak berada terlalu rendah dalam konfigurasi kalender. Dengan demikian, kalender tidak berubah karena satu horizon tertutup awan, satu kota berkabut, atau satu lokasi memiliki penghalang fisik.

Geosentris membantu KHGT menjaga stabilitas kalender tanpa memutus hubungan dengan observasi. Observasi tetap dilakukan secara toposentris, tetapi keputusan kalender memakai acuan global.



## C. Geosentris Menjamin Keseragaman Implementasi Hisab

Salah satu tantangan besar kalender global adalah keseragaman implementasi. Kriteria yang tampak sama dapat menghasilkan keputusan berbeda jika definisi teknisnya tidak jelas. Misalnya, “tinggi hilal  $5^\circ$ ” dapat ditafsirkan sebagai tinggi toposentris pusat Bulan, tinggi tepi bawah Bulan, tinggi dengan refraksi, tinggi tanpa refraksi, atau tinggi geosentris. “Elongasi  $8^\circ$ ” juga dapat dihitung geosentris atau toposentris.

Karena itu, KHGT perlu mendefinisikan parameter secara tegas. Dengan menyatakan bahwa tinggi dan elongasi dihitung secara geosentris, implementasi menjadi lebih seragam. Lembaga falak, observatorium, pengembang perangkat lunak, dan peneliti dapat menghitung dengan acuan yang sama.

Keseragaman ini sangat penting dalam kasus batas. Pada bulan-bulan tertentu, nilai parameter dapat berada sangat dekat dengan ambang. Jika definisi berbeda, hasil kalender dapat berbeda. Dengan definisi geosentris, peluang perbedaan akibat tafsir teknis dapat dikurangi.

Dalam konteks global, definisi yang tegas sama pentingnya dengan angka kriteria itu sendiri. Angka  $5^\circ$ – $8^\circ$  hanya bermakna jika titik acuannya jelas. Geosentris memberi kejelasan tersebut.

## D. Geosentris dan Kemandirian dari Cuaca Lokal

Kalender global harus dapat disusun jauh hari. Jika kalender bergantung pada cuaca lokal, maka prediktabilitasnya melemah. Rukyat lokal aktual selalu berhadapan dengan cuaca: awan, kabut, hujan, debu, aerosol, polusi, dan kelembapan. Kondisi ini dapat membuat hilal gagal terlihat meskipun secara astronomis konfigurasi cukup baik.

Schaefer menekankan bahwa visibilitas hilal melibatkan hamburan atmosfer dan fisiologi penglihatan, selain perhitungan orbit. Ini menunjukkan bahwa pengamatan lokal tidak pernah murni geometri. Ia selalu dipengaruhi atmosfer dan manusia.

KHGT tidak mengabaikan fakta ini. Akan tetapi, kalender global tidak dapat menunggu cuaca. Jika awal bulan harus menunggu apakah langit cerah di tempat tertentu, kalender tidak dapat menjadi sistem global yang prediktif. Karena itu, KHGT memakai hisab geosentris sebagai dasar penetapan kalender dan menempatkan rukyat sebagai validasi empiris.

Dengan geosentris, kalender dapat dihitung tanpa dipengaruhi cuaca sesaat. Ini bukan berarti cuaca tidak penting dalam observasi; cuaca tetap penting untuk rukyat. Tetapi cuaca tidak menjadi faktor yang mengubah tanggal global setiap bulan.

## E. Geosentris sebagai Jembatan antara Data Lokal dan Keputusan Global

Walaupun kriteria KHGT geosentris, basis ilmiahnya tetap berasal dari data observasi lokal. Data Pierce, Stamm, Schaefer, Odeh, dan ICOP semuanya lahir dari pengamatan nyata di lokasi tertentu. Data itu toposentris dalam proses perolehannya. Namun dari data lokal tersebut dapat disarikan prinsip umum: sabit harus cukup berkembang dan posisinya tidak boleh terlalu rendah.

Transformasi dari data lokal ke kriteria global membutuhkan jembatan. Geosentris berfungsi sebagai jembatan itu. Ia mengambil pelajaran dari observasi lokal, lalu menyusunnya menjadi acuan kalender yang seragam.

Sebagai contoh, data Odeh menunjukkan bahwa batas optik ekstrem berada sekitar  $6,4^\circ$  dan batas mata telanjang sekitar  $7,7^\circ$ . Data ini berasal dari observasi. KHGT kemudian menetapkan elongasi geosentris  $8^\circ$  sebagai ambang kalender. Dengan demikian, data lokal memberi bahan, geosentris memberi bentuk global.

Hal yang sama berlaku pada tinggi  $5^\circ$ . Observasi lokal mengajarkan bahwa horizon rendah bermasalah. KHGT menerjemahkan pelajaran itu menjadi tinggi geosentris  $5^\circ$  agar kalender tidak bergantung pada horizon lokal tertentu.

## F. Geosentris Bukan Penolakan terhadap Toposentris

Penggunaan geosentris sering disalahpahami sebagai penolakan terhadap toposentris. Padahal tidak demikian. Dalam KHGT, toposentris tetap diperlukan untuk rukyat, peta visibilitas, validasi observasi, dan analisis lokal. Toposentris menjawab pertanyaan yang tidak dapat dijawab oleh geosentris: apakah hilal mungkin terlihat dari lokasi tertentu?

Model visibilitas Odeh memakai parameter toposentris seperti topocentric ARCV dan topocentric crescent width. Ini tepat untuk prediksi observasi. KHGT tidak membantah model semacam itu. KHGT hanya membedakan fungsinya. Model toposentris digunakan untuk memahami pengamatan lokal; kriteria geosentris digunakan untuk menetapkan kalender global.

Dengan pembedaan ini, geosentris dan toposentris dapat bekerja bersama. Geosentris memberi keputusan kalender. Toposentris memberi data validasi. Jika hilal terlihat atau tidak terlihat di suatu lokasi, parameter toposentris membantu menjelaskan hasil itu.

Maka, geosentris bukan lawan toposentris. Geosentris adalah acuan kalender; toposentris adalah acuan observasi.

## G. Geosentris Membantu Menghindari Bias Wilayah

Kalender global harus menghindari kesan berpihak pada wilayah tertentu. Jika kriteria kalender memakai lokasi rujukan tertentu, dapat muncul pertanyaan mengapa lokasi itu dipilih. Dalam

konteks umat Islam global, pilihan lokasi dapat menjadi sensitif karena menyangkut otoritas, geografi, sejarah, dan politik.

Pendekatan geosentris membantu menghindari bias wilayah. Pusat Bumi bukan milik satu negara atau satu komunitas. Ia adalah acuan astronomis yang netral. Dengan menggunakan geosentris, KHGT dapat menampilkan dirinya sebagai kalender yang tidak berbasis dominasi wilayah tertentu.

Ini penting bagi penerimaan global. Kalender global tidak cukup benar secara astronomis; ia juga harus dapat diterima secara sosial. Acuan geosentris memberi kesan netralitas ilmiah yang lebih kuat dibanding lokasi rujukan tertentu.

Dengan demikian, geosentris mendukung fungsi unifikasi bukan hanya secara teknis, tetapi juga secara simbolik. Ia memberi bahasa bersama yang tidak terikat pada lokalitas.

## H. Geosentris dan Prinsip Prediktabilitas

Salah satu tujuan utama KHGT adalah prediktabilitas. Kalender harus dapat diketahui jauh hari agar umat dapat merencanakan ibadah, pendidikan, administrasi, perjalanan, dan kegiatan sosial. Prediktabilitas sulit dicapai jika kalender bergantung pada rukyat lokal aktual setiap bulan.

Kriteria geosentris membantu prediktabilitas karena parameter dapat dihitung jauh sebelum tanggal berlangsung. Posisi Bulan dan Matahari dapat dihitung dengan ephemeris modern. Jika definisi kriteria jelas, maka tanggal awal bulan dapat ditentukan jauh hari.

Pediktabilitas ini tidak berarti mengabaikan observasi. Observasi tetap dilakukan untuk validasi. Namun observasi tidak menjadi penentu yang membuat kalender berubah mendadak.

Dalam masyarakat modern, prediktabilitas memiliki kemaslahatan besar. Jadwal pendidikan, agenda ibadah, transportasi, pekerjaan, dan kegiatan internasional membutuhkan kalender yang dapat direncanakan. KHGT dengan kriteria geosentris mendukung kebutuhan ini.

## I. Geosentris dan Prinsip Transparansi Ilmiah

Kriteria geosentris juga meningkatkan transparansi. Karena acuan perhitungan jelas, siapa pun yang memiliki data ephemeris dan metode hisab yang benar dapat menghitung ulang syarat  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ . Hal ini memungkinkan audit ilmiah terbuka.

Transparansi penting untuk membangun kepercayaan. Kalender yang hanya diputuskan oleh otoritas tanpa penjelasan teknis akan sulit diterima dalam masyarakat ilmiah. Sebaliknya, kalender yang kriterianya jelas dapat diperiksa, diuji, dan direplikasi.

Dalam KHGT, transparansi dapat dilakukan dengan menyatakan:

1. waktu konjungsi;

2. nilai elongasi geosentris;
3. nilai tinggi geosentris;
4. status terpenuhi atau tidaknya syarat  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ ;
5. penjelasan posisi terhadap data limit modern;
6. peta observasi toposentris sebagai validasi tambahan.

Dengan cara ini, KHGT dapat menjadi sistem kalender yang terbuka dan dapat diuji. Geosentris memudahkan transparansi karena acuan perhitungannya tidak bergantung pada lokasi yang berubah-ubah.

## J. Geosentris dalam Pembelaan Kemaslahatan KHGT

Kemaslahatan KHGT tidak hanya terletak pada penyatuan tanggal, tetapi juga pada penyediaan sistem waktu yang tertib, rasional, dan dapat dipertanggungjawabkan. Kriteria geosentris membantu mencapai kemaslahatan ini karena memberi stabilitas dan keseragaman.

Dalam diskursus kalender Islam, kemaslahatan tidak boleh dipisahkan dari dasar ilmiah. Kalender yang seragam tetapi tidak berbasis fenomena hilal akan sulit diterima. Sebaliknya, kalender yang sangat dekat dengan observasi lokal tetapi tidak seragam juga belum menjawab kebutuhan global. KHGT berusaha menggabungkan keduanya: berbasis data hilal, tetapi dirumuskan secara geosentris untuk keseragaman.

Elongasi  $8^{\circ}$  menjaga hubungan dengan batas visibilitas hilal. Tinggi  $5^{\circ}$  menjaga hubungan dengan problem horizon. Geosentris menjaga fungsi global. Dengan tiga unsur ini, KHGT memiliki argumen ilmiah dan kemaslahatan sekaligus.

Maka, geosentris bukan sekadar metode hitung. Ia adalah bagian dari desain kemaslahatan kalender global.

## K. Batas Kritik terhadap Geosentris

Kritik terhadap geosentris tetap perlu diterima secara ilmiah. Benar bahwa pengamat tidak melihat dari pusat Bumi. Benar bahwa prediksi visibilitas lokal membutuhkan toposentris. Benar bahwa tinggi geosentris tidak identik dengan tinggi lokal. Semua kritik ini sah jika konteksnya adalah observasi.

Namun kritik tersebut tidak membatalkan geosentris sebagai acuan kalender global. Kesalahannya terjadi jika fungsi observasi lokal dipaksakan menjadi fungsi kalender global. KHGT tidak mengatakan bahwa geosentris lebih baik untuk semua keperluan. KHGT mengatakan bahwa geosentris lebih tepat untuk **penetapan kalender global**, sedangkan toposentris lebih tepat untuk **observasi lokal**.

Dengan menjelaskan batas fungsi ini, pembelaan geosentris menjadi lebih kuat. Geosentris tidak perlu diklaim sebagai satu-satunya cara melihat hilal. Ia cukup diklaim sebagai acuan yang paling stabil untuk kalender global.

## L. Transisi ke Integrasi Data Observasi dan Hisab Global

Subbab ini telah menjelaskan mengapa kriteria KHGT harus dinyatakan secara geosentris. Geosentris memberi titik acuan bersama, menghindari ketergantungan pada horizon lokal, menjamin keseragaman implementasi, mendukung prediktabilitas, mengurangi bias wilayah, dan memperkuat fungsi unifikasi kalender global.

Namun geosentris tidak boleh membuat KHGT terputus dari observasi. Data rukyat lokal tetap diperlukan sebagai validasi empiris. Karena itu, subbab berikutnya akan membahas **integrasi data observasi dan hisab global**, yaitu bagaimana KHGT dapat menggunakan hisab geosentris untuk penetapan kalender sekaligus tetap memanfaatkan rukyat toposentris sebagai data ilmiah untuk pengujian, edukasi, dan evaluasi jangka panjang.

### 6.6 Integrasi Data Observasi dan Hisab Global

Pembelaan ilmiah terhadap kriteria KHGT **tinggi hilal geosentris 5°** dan **elongasi geosentris 8°** tidak cukup hanya dengan menunjukkan bahwa angka-angka tersebut berbasis pada teori dan rekam observasi modern. Kriteria itu juga harus ditempatkan dalam sistem kerja yang jelas: bagaimana **data observasi** dan **hisab global** saling berhubungan? Apakah hisab global menggantikan observasi? Apakah rukyat lokal masih memiliki fungsi? Bagaimana data rukyat dipakai setelah kalender ditetapkan secara hisab? Pertanyaan-pertanyaan ini penting karena KHGT harus mampu menghindari dua ekstrem: hisab yang terlepas dari pengalaman observasi dan rukyat lokal yang membuat kalender global tidak stabil.

Dalam kerangka KHGT, hubungan antara observasi dan hisab harus dipahami sebagai hubungan **integratif**, bukan hubungan kompetitif. Hisab global menyediakan struktur penetapan kalender yang stabil, seragam, dan prediktif. Observasi menyediakan data empiris untuk menguji, memperkaya, dan mengevaluasi kriteria. Dengan demikian, hisab global bukan pengganti observasi dalam arti meniadakan rukyat, melainkan sistem penetapan kalender yang dibangun di atas pelajaran observasi dan terus divalidasi oleh observasi.

Schaefer menegaskan bahwa visibilitas hilal melibatkan perhitungan orbit, hamburan cahaya Bulan, hamburan atmosfer, dan fisiologi penglihatan manusia. Pernyataan ini menunjukkan bahwa hisab dan observasi harus bekerja bersama. Hisab memberi informasi posisi dan parameter fisik; observasi memberi bukti empiris apakah hilal benar-benar terlihat dalam kondisi tertentu. Odeh juga menunjukkan pentingnya basis data observasi dengan menyusun kriteria dari 737 rekaman pengamatan, termasuk data ICOP. Artinya, kriteria modern yang kuat tidak lahir dari perhitungan abstrak semata, tetapi dari interaksi antara hisab dan data lapangan.

## A. Hisab Global sebagai Kerangka Penetapan Kalender

Hisab global dalam KHGT berfungsi sebagai **kerangka penetapan kalender**. Artinya, awal bulan ditentukan melalui perhitungan astronomis dengan kriteria yang telah ditetapkan, yaitu tinggi hilal geosentris minimal  $5^\circ$  dan elongasi geosentris minimal  $8^\circ$ . Dengan cara ini, kalender dapat disusun jauh hari, diverifikasi ulang, dan diterapkan secara seragam.

Fungsi ini berbeda dari hisab sebagai alat bantu rukyat lokal. Dalam rukyat lokal, hisab dipakai untuk mengetahui posisi Bulan, waktu terbenam Matahari, azimut, tinggi lokal, ARCV, DAZ, crescent width, dan waktu terbaik pengamatan. Hisab membantu pengamat menemukan hilal dan memverifikasi laporan. Namun dalam KHGT, hisab juga berfungsi sebagai dasar penetapan sistem kalender global.

Keunggulan hisab global adalah prediktabilitas. Kalender tidak harus menunggu kondisi cuaca, laporan lokal, atau perbedaan horizon. Dengan kriteria geosentris, syarat kalender dapat dihitung secara konsisten. Ini memberi kemaslahatan praktis bagi umat Islam karena jadwal ibadah, pendidikan, administrasi, perjalanan, dan kegiatan internasional dapat direncanakan lebih baik.

Namun hisab global tidak boleh menjadi hisab yang kosong dari data observasi. Angka  $5^\circ$ – $8^\circ$  harus tetap dijelaskan sebagai sintesis dari data visibilitas modern. Elongasi  $8^\circ$  memperoleh legitimasi karena berada di atas batas optik  $6,4^\circ$  dan batas mata telanjang  $7,7^\circ$ . Tinggi  $5^\circ$  memperoleh legitimasi karena menyerap pelajaran tentang problem horizon, atmosfer rendah, dan cahaya senja.

Dengan demikian, hisab global adalah kerangka penetapan, tetapi basis rasionalnya tetap observasional.

## B. Observasi sebagai Basis Empiris Kriteria

Observasi hilal tetap memiliki fungsi yang sangat penting dalam KHGT. Fungsi utamanya bukan lagi sebagai pemutus lokal bulanan, tetapi sebagai **basis empiris kriteria** dan **alat evaluasi ilmiah**. Tanpa observasi, angka kriteria dapat tampak seperti hasil konstruksi matematis semata. Dengan observasi, angka tersebut dapat dikaitkan dengan kenyataan fisik hilal.

Data observasi modern menunjukkan bahwa hilal memiliki batas visibilitas. Rekor mata telanjang, rekor optik, data gagal terlihat, dan basis data global semuanya memberi informasi tentang wilayah mungkin terlihat dan tidak mungkin terlihat. Schaefer menggunakan 294 observasi individual dan 1490 Moonwatch untuk mengevaluasi berbagai algoritma. Odeh menggunakan 737 observasi untuk menyusun kriteria baru. Ini menunjukkan bahwa observasi adalah bahan dasar bagi pengembangan kriteria.

Dalam KHGT, observasi berfungsi untuk menjawab beberapa pertanyaan penting:

1. Apakah kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  berada di atas batas ekstrem visibilitas modern?
2. Apakah ketika kriteria terpenuhi, hilal umumnya berada dalam konfigurasi yang layak secara observasional?

3. Apakah kegagalan rukyat setelah kriteria terpenuhi disebabkan oleh kondisi lokal atau kelemahan kriteria?
4. Apakah data masa depan mendukung, memperkuat, atau menuntut evaluasi terhadap kriteria?
5. Apakah edukasi publik tentang hilal dapat diperkuat melalui dokumentasi observasi?

Dengan fungsi ini, rukyat tidak kehilangan peran. Rukyat justru naik kelas dari kesaksian lokal menjadi sumber data global.

## C. Mengubah Rukyat dari Pemutus Lokal menjadi Validasi Global

Dalam banyak sistem tradisional, rukyat berfungsi sebagai pemutus awal bulan. Jika hilal terlihat di suatu wilayah, awal bulan ditetapkan. Jika tidak terlihat, bulan digenapkan. Model ini dekat dengan pengalaman lokal, tetapi sulit menghasilkan kalender global yang prediktif. Cuaca, lokasi, horizon, dan otoritas lokal dapat menghasilkan perbedaan.

KHGT mengubah fungsi rukyat. Rukyat tidak dihapus, tetapi fungsinya dialihkan menjadi **validasi global**. Artinya, setelah kalender ditetapkan berdasarkan hisab geosentris, observasi tetap dilakukan untuk menguji dan mendokumentasikan keadaan hilal. Data rukyat dikumpulkan, dianalisis, dan digunakan untuk evaluasi jangka panjang.

Perubahan fungsi ini penting. Jika rukyat tetap menjadi pemutus lokal bulanan, KHGT sulit berjalan. Tetapi jika rukyat tidak dilakukan sama sekali, KHGT kehilangan basis empiris dan edukatif. Maka, posisi paling seimbang adalah menjadikan rukyat sebagai data validasi.

Dalam sistem ini, kegagalan melihat hilal di suatu lokasi tidak otomatis membatalkan kalender. Kegagalan itu harus dianalisis: apakah cuaca buruk, horizon tertutup, tinggi toposentris rendah, DAZ kurang menguntungkan, atau pengamatan tidak optimal? Sebaliknya, keberhasilan melihat hilal menjadi data penguat. Dalam jangka panjang, kumpulan data tersebut dapat memperkuat atau mengevaluasi kriteria.

Dengan demikian, KHGT tidak memusuhi rukyat. KHGT mengubah rukyat dari mekanisme keputusan lokal menjadi mekanisme pembuktian ilmiah global.

## D. Metadata Observasi sebagai Syarat Integrasi

Agar observasi dapat diintegrasikan dengan hisab global, laporan rukyat harus memiliki metadata yang baik. Laporan “hilal terlihat” atau “hilal tidak terlihat” saja tidak cukup. Data observasi harus bisa diuji dan dibandingkan dengan perhitungan.

Metadata minimal yang perlu dicatat meliputi lokasi pengamatan, lintang, bujur, elevasi, waktu pengamatan, zona waktu, kondisi atmosfer, keadaan horizon, alat yang digunakan, pengalaman pengamat, metode pencarian, hasil pengamatan, serta dokumentasi visual jika ada. Selain itu, parameter astronomis seperti tinggi toposentris, elongasi, ARCV, DAZ, crescent width, lag, dan umur Bulan perlu dihitung dan disertakan.



Schaefer menekankan bahwa laporan hilal muda perlu dinilai dari pengalaman pengamat, kesiapan observasi, pelaporan, dan konsistensi dengan perhitungan astronomis. Ini berarti laporan observasi harus dapat diperiksa. Tanpa metadata, laporan sulit dipakai dalam evaluasi ilmiah.

Dalam konteks KHGT, metadata menjadi jembatan antara rukyat lokal dan hisab global. Hisab memberi angka; rukyat memberi hasil lapangan. Metadata memungkinkan keduanya dihubungkan. Jika data rukyat tidak lengkap, integrasi menjadi lemah. Jika data lengkap, observasi dapat memperkaya kalender.

Karena itu, KHGT membutuhkan protokol observasi modern yang terstandar. Rukyat tidak hanya dilakukan untuk melihat, tetapi juga untuk mencatat dan membangun database.

## E. Data Positif dan Data Negatif dalam Evaluasi KHGT

Integrasi observasi dan hisab global harus menghargai dua jenis data: **data positif** dan **data negatif**. Data positif adalah laporan hilal terlihat. Data negatif adalah laporan hilal tidak terlihat meskipun pengamatan dilakukan secara serius. Keduanya penting.

Data positif menunjukkan bahwa pada kondisi tertentu, hilal dapat dikenali. Data ini membantu mengonfirmasi bahwa konfigurasi tertentu mendukung visibilitas. Data negatif menunjukkan bahwa pada kondisi tertentu, hilal gagal terlihat. Data ini membantu menghindari kriteria yang terlalu optimistis.

Dalam sains, kegagalan melihat bukan data lemah jika pengamatan dilakukan dengan metode baik. Justru data gagal melihat sangat penting untuk memetakan zona ketidakpastian. Schaefer dan Odeh sama-sama memakai data keberhasilan dan kegagalan untuk mengembangkan atau mengevaluasi kriteria.

Dalam KHGT, data negatif setelah kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  terpenuhi harus dianalisis dengan hati-hati. Kegagalan lokal tidak langsung berarti kriteria salah. Bisa jadi atmosfer buruk, horizon tertutup, atau lokasi tidak menguntungkan. Namun jika dalam jangka panjang dan di banyak lokasi kriteria sering tidak didukung oleh observasi yang baik, maka evaluasi akademik diperlukan.

Dengan demikian, integrasi data positif dan negatif membuat KHGT tetap ilmiah dan tidak dogmatis.

## F. Hisab sebagai Alat Validasi Rukyat

Hisab tidak hanya berfungsi menetapkan kalender; hisab juga berfungsi memvalidasi laporan rukyat. Laporan hilal yang baik harus konsisten dengan posisi Bulan dan Matahari. Jika laporan menyebut hilal terlihat pada arah, waktu, atau bentuk yang tidak sesuai dengan perhitungan, laporan tersebut perlu diperiksa ulang.

Schaefer menerima laporan ekstrem seperti Pierce dan Stamm karena laporan tersebut didukung pengalaman pengamat, persiapan, dan konsistensi detail dengan perhitungan. Ini menunjukkan

bahwa hisab adalah alat penting untuk menilai validitas rukyat. Rukyat tanpa hisab mudah rawan salah identifikasi, terutama pada kondisi ekstrem.

Dalam KHGT, semua laporan rukyat sebaiknya diuji dengan hisab. Parameter yang diperiksa mencakup waktu konjungsi, tinggi Bulan, elongasi, azimut, beda azimut, bentuk sabit, posisi relatif terhadap Matahari, dan waktu terbaik pengamatan. Jika laporan sesuai, ia menjadi data kuat. Jika tidak sesuai, ia tidak boleh langsung dipakai sebagai data ilmiah.

Dengan demikian, integrasi berjalan dua arah: observasi menguji kriteria hisab, dan hisab menguji validitas observasi. Keduanya saling menguatkan.

## G. Observasi sebagai Sarana Edukasi Publik

Rukyat dalam KHGT juga memiliki fungsi edukasi. Banyak masyarakat masih memahami hilal secara sederhana: jika Bulan sudah ada, maka awal bulan dimulai; atau jika hilal tidak terlihat di satu tempat, maka awal bulan belum masuk. Observasi yang terintegrasi dengan hisab dapat membantu menjelaskan bahwa kenyataannya lebih kompleks.

Melalui observasi, masyarakat dapat belajar bahwa hilal muda sangat tipis, dekat cahaya Matahari, bergantung pada atmosfer, dan membutuhkan parameter seperti tinggi serta elongasi. Masyarakat juga dapat memahami mengapa kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  diperlukan:  $8^{\circ}$  berkaitan dengan perkembangan sabit, sedangkan  $5^{\circ}$  berkaitan dengan posisi dari horizon.

Dokumentasi observasi, foto hilal, laporan cuaca, peta posisi, dan perbandingan dengan hisab dapat menjadi media edukasi yang sangat efektif. Dengan cara ini, KHGT tidak dipahami sebagai kalender yang memutus hubungan dengan langit, tetapi sebagai kalender yang menjelaskan langit secara lebih ilmiah.

Edukasi publik ini penting bagi penerimaan sosial KHGT. Kalender global tidak cukup benar secara teknis; ia harus dapat dipahami oleh umat.

## H. Observasi sebagai Sistem Peringatan Ilmiah

Observasi juga dapat berfungsi sebagai **sistem peringatan ilmiah** terhadap kriteria. Jika kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  terus-menerus didukung oleh data observasi, maka kepercayaan terhadapnya meningkat. Namun jika dalam jangka panjang muncul pola data yang tidak sesuai, observasi dapat memberi sinyal bahwa kriteria perlu dievaluasi.

Prinsip ini penting agar KHGT tetap terbuka terhadap perkembangan ilmu. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dapat dibela sebagai kriteria yang kuat berdasarkan data saat ini. Namun ilmu falak tidak boleh berhenti. Basis data observasi dapat terus berkembang dengan alat baru, lokasi baru, dan metode baru.

Akan tetapi, evaluasi tidak boleh dilakukan berdasarkan satu laporan ekstrem. Laporan ekstrem harus diverifikasi dan dimasukkan dalam basis data. Perubahan kriteria hanya layak jika ada akumulasi data kuat, konsisten, dan didukung teori fisik yang memadai.

Dengan demikian, observasi menjaga KHGT tetap ilmiah: stabil dalam praktik, tetapi terbuka terhadap data baru.

## I. Integrasi dengan Peta Visibilitas

Walaupun KHGT menetapkan kalender dengan kriteria geosentris, peta visibilitas tetap berguna. Peta visibilitas dapat menunjukkan di wilayah mana hilal kemungkinan terlihat dengan mata telanjang, dengan alat, atau sulit terlihat. Peta ini biasanya memakai parameter toposentris dan model lokal seperti Odeh, Yallop, atau model lain.

Peta visibilitas tidak harus menjadi dasar penetapan kalender global, tetapi sangat berguna untuk validasi dan edukasi. Setelah kriteria KHGT terpenuhi, peta visibilitas dapat menunjukkan wilayah mana yang paling memungkinkan untuk observasi. Pengamat dapat diarahkan ke lokasi terbaik. Data hasil observasi kemudian dikumpulkan untuk evaluasi.

Dengan cara ini, KHGT dan peta visibilitas bekerja bersama. KHGT memberi tanggal global. Peta visibilitas memberi informasi lapangan. Keduanya tidak bertentangan karena fungsinya berbeda.

Model ini juga membantu menjawab kritik bahwa kriteria geosentris terlalu abstrak. Dengan peta visibilitas, masyarakat dapat melihat bagaimana konfigurasi global diterjemahkan menjadi peluang observasi lokal.

## J. Desain Institusional Integrasi Observasi dan Hisab

Agar integrasi berjalan, dibutuhkan desain institusional. KHGT tidak cukup hanya menetapkan kriteria. Perlu ada sistem pengumpulan data observasi yang terstandar, terbuka, dan dapat dianalisis.

Desain institusional tersebut dapat mencakup:

1. jaringan observatorium dan pengamat hilal;
2. standar laporan observasi;
3. format metadata wajib;
4. sistem verifikasi laporan;
5. database global rukyat;
6. integrasi dengan perangkat hisab;
7. publikasi peta visibilitas;
8. laporan evaluasi tahunan;
9. pelatihan pengamat;
10. dokumentasi foto dan video hilal.

ICOP memberi contoh penting tentang perlunya proyek global pengumpulan data hilal. Odeh menjelaskan bahwa ICOP didirikan sebagai proyek global untuk mengumpulkan laporan pengamatan hilal awal bulan dari berbagai negara. KHGT dapat mengambil inspirasi dari model ini, lalu mengembangkannya untuk kebutuhan kalender global.

Dengan institusi observasi yang baik, KHGT tidak hanya menjadi kalender, tetapi juga gerakan ilmiah untuk meningkatkan kualitas data hilal dunia Islam.

## K. Integrasi Observasi-Hisab sebagai Pembelaan KHGT

Integrasi observasi dan hisab menjadi salah satu pembelaan terkuat bagi KHGT. Kritik terhadap kalender hisab global sering muncul karena dianggap meninggalkan rukyat. Namun jika KHGT menempatkan rukyat sebagai data validasi dan evaluasi, kritik tersebut dapat dijawab.

KHGT tidak meninggalkan rukyat; KHGT menata fungsi rukyat. Rukyat tidak lagi menjadi faktor yang membuat kalender global berubah-ubah, tetapi menjadi sumber data yang memperkuat kriteria. Dengan demikian, KHGT dapat menjaga dua hal sekaligus: stabilitas kalender dan basis empiris.

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  juga menjadi lebih kuat karena selalu dapat diuji. Jika kalender menetapkan awal bulan, pengamat dapat melihat apakah konfigurasi tersebut sesuai dengan peluang rukyat. Jika data mendukung, kepercayaan bertambah. Jika ada anomali, data dianalisis. Ini adalah cara kerja ilmiah.

Dengan demikian, integrasi observasi-hisab membuat KHGT bukan sistem tertutup, tetapi sistem ilmiah yang hidup.

## L. Transisi ke Kriteria $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ dan Kemaslahatan Kalender Global

Subbab ini telah menjelaskan bahwa KHGT harus mengintegrasikan data observasi dan hisab global. Hisab geosentris berfungsi menetapkan kalender secara stabil dan seragam. Observasi toposentris berfungsi sebagai data empiris, validasi, edukasi, dan evaluasi jangka panjang. Keduanya tidak saling meniadakan, tetapi saling melengkapi.

Dengan integrasi ini, kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  memperoleh legitimasi yang lebih kuat. Ia bukan angka hisab yang terlepas dari langit, tetapi kriteria global yang dibangun dari data observasi dan terus dapat diuji melalui observasi. Subbab berikutnya akan membahas **kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dan kemaslahatan kalender global**, yaitu bagaimana kriteria ini tidak hanya kuat secara astronomis, tetapi juga mendukung penyatuan, prediktabilitas, dan tertib waktu umat Islam dunia.

## 6.7 Kriteria $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ dan Kemaslahatan Kalender Global

Kriteria **tinggi hilal geosentris minimal  $5^{\circ}$**  dan **elongasi geosentris minimal  $8^{\circ}$**  dalam Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) tidak hanya memiliki nilai astronomis, tetapi juga nilai kemaslahatan. Kalender bukan sekadar tabel tanggal. Kalender adalah infrastruktur waktu yang mengatur ibadah, pendidikan, administrasi, perjalanan, kegiatan sosial, perencanaan ekonomi, dan

komunikasi lintas wilayah. Karena itu, kriteria kalender harus mampu menjawab dua kebutuhan sekaligus: **ketepatan ilmiah** dan **kemanfaatan sosial**.

Dalam konteks KHGT, kemaslahatan tidak boleh dipahami sebagai alasan untuk meninggalkan dasar astronomis. Sebaliknya, kemaslahatan justru menuntut dasar ilmiah yang kuat. Kalender global yang seragam tetapi berdiri di atas kriteria lemah akan sulit diterima. Kalender yang sangat dekat dengan observasi lokal tetapi tidak dapat diprediksi jauh hari juga belum menyelesaikan problem global umat. Maka, KHGT harus mengambil jalan tengah: memakai kriteria astronomis yang berbasis data, tetapi cukup stabil dan sederhana untuk menyatukan kalender dunia.

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  memenuhi fungsi tersebut. Elongasi  $8^{\circ}$  menjaga hubungan dengan batas visibilitas hilal modern karena berada di atas limit optik  $6,4^{\circ}$  dan batas mata telanjang  $7,7^{\circ}$ . Tinggi  $5^{\circ}$  menjaga hubungan dengan problem horizon, atmosfer rendah, dan cahaya senja. Sifat geosentrisnya menjaga stabilitas global. Dengan demikian,  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  bukan hanya kriteria teknis, tetapi juga kerangka kemaslahatan kalender yang menggabungkan data, teori, dan kebutuhan umat.

## A. Kalender sebagai Infrastruktur Peradaban

Kalender adalah instrumen peradaban. Ia memungkinkan manusia mengatur waktu secara kolektif. Dalam masyarakat modern, kalender menentukan jadwal pendidikan, hari kerja, agenda keagamaan, perjalanan, transaksi, administrasi negara, dan kegiatan internasional. Jika kalender tidak stabil, banyak aktivitas sosial menjadi sulit direncanakan.

Dalam Islam, kalender Hijriah memiliki kedudukan khusus karena berkaitan dengan ibadah. Ramadan, Idulfitri, Iduladha, puasa Arafah, hari-hari tasyrik, dan bulan-bulan haram semuanya berhubungan dengan sistem penanggalan kamariah. Karena itu, ketidakseragaman kalender tidak hanya menimbulkan problem administratif, tetapi juga problem pengalaman keagamaan kolektif.

KHGT hadir untuk menjawab kebutuhan tersebut. Tujuannya bukan sekadar menghitung awal bulan, tetapi membangun sistem waktu Islam yang lebih tertib, prediktif, dan dapat dipakai bersama. Namun tujuan besar ini hanya dapat dicapai jika kriterianya jelas. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  memberi dasar astronomis yang memungkinkan kalender disusun jauh hari tanpa harus menunggu laporan lokal setiap bulan.

Dengan demikian, kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  memiliki fungsi peradaban: ia membantu mengubah kalender Hijriah dari sistem yang sering fragmentaris menjadi sistem yang lebih terencana dan global.

## B. Kemaslahatan Prediktabilitas

Salah satu kemaslahatan utama KHGT adalah **prediktabilitas**. Kalender yang prediktif memungkinkan umat mengetahui awal bulan jauh hari sebelum tanggal itu datang. Ini penting untuk penyusunan jadwal ibadah, cuti, transportasi, pendidikan, kegiatan dakwah, sidang isbat, agenda internasional, dan perencanaan keluarga.

Jika kalender bergantung sepenuhnya pada rukyat lokal aktual, maka prediktabilitas menjadi terbatas. Cuaca, awan, kabut, polusi, dan kondisi horizon dapat membuat keputusan berubah pada saat terakhir. Dalam konteks lokal, mekanisme ini mungkin masih dapat diterima. Namun dalam konteks global modern, ketidakpastian semacam itu menyulitkan penyatuan kalender.

Kriteria geosentris  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  memberi solusi. Karena parameter geosentris dapat dihitung jauh hari, kalender dapat disusun secara lebih pasti. Elongasi dan tinggi geosentris tidak bergantung pada cuaca lokal, sehingga jadwal global dapat diketahui lebih awal.

Prediktabilitas ini bukan berarti KHGT mengabaikan hilal. Justru kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  tetap menjaga hubungan dengan data visibilitas. Elongasi  $8^{\circ}$  dipilih karena berada di atas batas observasi ekstrem modern. Tinggi  $5^{\circ}$  dipilih karena mempertimbangkan problem horizon. Jadi, prediktabilitas KHGT bukan prediktabilitas matematis kosong, melainkan prediktabilitas yang tetap berbasis fenomena hilal.

## C. Kemaslahatan Unifikasi Umat

KHGT juga membawa kemaslahatan berupa **unifikasi**. Perbedaan awal Ramadan, Syawal, dan Zulhijah sering menimbulkan kebingungan sosial. Di satu wilayah umat sudah berpuasa, di wilayah lain belum. Sebagian sudah berhari raya, sebagian masih berpuasa. Perbedaan ini tidak selalu dapat dihindari dalam sistem lokal, tetapi ia menjadi problem ketika umat hidup dalam komunikasi global yang sangat cepat.

Unifikasi kalender tidak berarti menghapus keragaman tradisi ilmiah, tetapi menyediakan satu sistem rujukan bersama. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  geosentris memberi peluang untuk itu karena tidak bergantung pada horizon lokal tertentu. Semua wilayah dapat merujuk pada acuan yang sama: tinggi geosentris dan elongasi geosentris.

Sifat geosentris penting karena mengurangi bias wilayah. Jika kalender global memakai satu lokasi rujukan tertentu, muncul pertanyaan mengapa lokasi itu dipilih. Dengan acuan pusat Bumi, kriteria lebih netral dan lebih universal. Ia tidak berpihak pada satu negara, satu kota, atau satu horizon lokal.

Dengan demikian,  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  bukan hanya kriteria astronomis, tetapi juga instrumen unifikasi umat. Ia menyediakan bahasa bersama yang dapat dihitung, diuji, dan dikomunikasikan secara global.

## D. Kemaslahatan Menghindari Kriteria Terlalu Minimalis

Kriteria yang terlalu minimalis, seperti sekadar wujud di atas ufuk, memang dapat memberi kepastian matematis. Namun ia berisiko melemahkan hubungan kalender dengan hilal sebagai sabit muda. Bulan yang baru saja berada di atas ufuk setelah konjungsi belum tentu memiliki elongasi cukup, belum tentu sabitnya cukup terbentuk, dan belum tentu posisinya cukup tinggi.

Dari sisi kemaslahatan, kriteria terlalu minimalis dapat menimbulkan problem penerimaan. Masyarakat yang memahami hilal sebagai sabit muda akan bertanya mengapa awal bulan

ditetapkan ketika Bulan masih sangat rendah atau sangat dekat dengan Matahari. Di sinilah kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  memiliki keunggulan.

Elongasi  $8^{\circ}$  memastikan bahwa Bulan tidak hanya wujud, tetapi telah cukup jauh dari Matahari. Tinggi  $5^{\circ}$  memastikan bahwa Bulan tidak terlalu rendah secara geometri. Dengan dua syarat ini, KHGT menjaga kalender agar tidak jatuh pada eksistensi geometris minimum.

Kemaslahatan yang dibangun oleh KHGT bukan sekadar kemudahan menghitung, tetapi kemudahan yang tetap memiliki legitimasi astronomis. Ini penting agar kalender global tidak kehilangan akar fenomenologisnya pada hilal.

## E. Kemaslahatan Menghindari Kriteria Terlalu Ekstrem

Di sisi lain, KHGT juga menghindari kriteria yang terlalu dekat dengan rekor ekstrem. Angka  $6,4^{\circ}$  dan  $7,7^{\circ}$  sangat penting sebagai data observasi, tetapi keduanya adalah batas ekstrem. Kalender global tidak seharusnya berdiri tepat pada batas ekstrem karena kalender membutuhkan stabilitas lebih besar daripada eksperimen observasi.

Jika kriteria memakai  $6,4^{\circ}$ , kalender akan terlalu dekat dengan limit optik. Ini dapat menimbulkan kesan bahwa awal bulan bergantung pada kemampuan alat dan pengamat khusus. Jika kriteria memakai  $7,7^{\circ}$  persis, kalender berdiri tepat pada rekor mata telanjang yang sangat sulit direplikasi. Keduanya kurang ideal sebagai ambang kalender global.

Elongasi  $8^{\circ}$  mengambil posisi tengah. Ia cukup dekat dengan rekor mata telanjang sehingga tidak terlalu konservatif, tetapi sedikit di atasnya sehingga memiliki margin. Ia juga cukup jauh dari batas optik sehingga tidak bergantung pada deteksi instrumental ekstrem.

Kemaslahatan di sini adalah kemaslahatan stabilitas. Kalender tidak mudah diguncang oleh klaim ekstrem tunggal, tetapi tetap terbuka terhadap data observasi sebagai bahan evaluasi jangka panjang.

## F. Kemaslahatan Ilmiah: Mendorong Rukyat yang Lebih Bermutu

KHGT tidak menghapus rukyat. Justru KHGT dapat mendorong rukyat menjadi lebih bermutu. Ketika penetapan kalender dilakukan dengan hisab global, rukyat tidak lagi dibebani sebagai pemutus lokal bulanan yang sering dipengaruhi cuaca. Rukyat dapat naik fungsi menjadi kegiatan ilmiah: validasi, dokumentasi, edukasi, dan pengumpulan data.

Dalam model seperti ini, laporan rukyat harus memiliki metadata lengkap: lokasi, waktu, alat, kondisi atmosfer, horizon, tinggi toposentris, elongasi, ARCV, DAZ, crescent width, lag, dan hasil pengamatan. Schaefer menekankan pentingnya pengalaman pengamat, kesiapan observasi, dan konsistensi laporan dengan perhitungan astronomis dalam menilai laporan hilal muda.



Kemaslahatan ilmiahnya besar. Umat Islam dapat memiliki database observasi hilal global yang lebih baik. Data positif dan negatif dapat dikumpulkan. Model visibilitas dapat diuji. Kriteria kalender dapat dievaluasi secara berkala. Pendidikan falak menjadi lebih berbasis data.

Dengan demikian, KHGT tidak melemahkan tradisi rukyat, tetapi mengubahnya menjadi tradisi observasi ilmiah yang lebih kuat.

## G. Kemaslahatan Pendidikan dan Literasi Astronomi

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  juga memiliki kemaslahatan pendidikan. Angka  $5^{\circ}$  dan  $8^{\circ}$  mudah dijelaskan kepada masyarakat. Elongasi  $8^{\circ}$  dapat dijelaskan sebagai jarak Bulan dari Matahari agar sabit cukup terbentuk. Tinggi  $5^{\circ}$  dapat dijelaskan sebagai jarak Bulan dari horizon agar tidak terlalu rendah. Dengan bahasa sederhana ini, masyarakat dapat memahami bahwa kalender tidak hanya ditentukan oleh “Bulan ada” atau “Bulan belum terlihat”, tetapi oleh konfigurasi astronomis yang lebih bermakna.

Kriteria ini juga membantu menjelaskan mengapa umur Bulan dan lag tidak cukup. Schaefer menunjukkan bahwa umur Bulan dan moonset lag tidak cukup andal sebagai prediktor visibilitas. Odeh menegaskan bahwa umur Bulan sangat buruk dalam menggambarkan kecerlangan intrinsik sabit. Dengan demikian, masyarakat dapat belajar bahwa visibilitas hilal adalah persoalan multi-parameter.

Pendidikan publik seperti ini penting karena perbedaan kalender sering menimbulkan debat emosional. Jika masyarakat memahami dasar astronomisnya, penerimaan terhadap KHGT akan lebih kuat. Kalender global tidak dipahami sebagai keputusan lembaga semata, tetapi sebagai hasil pembacaan ilmiah terhadap fenomena langit.

## H. Kemaslahatan Administratif dan Sosial

Kemaslahatan administratif KHGT sangat nyata. Kalender yang dapat disusun jauh hari memudahkan pemerintah, sekolah, perguruan tinggi, lembaga dakwah, masjid, organisasi internasional, dan masyarakat umum. Hari libur, ujian, agenda ibadah, perjalanan haji dan umrah, distribusi zakat, kegiatan Ramadan, dan penyelenggaraan Idulfitri dapat direncanakan lebih baik.

Ketidakpastian kalender sering menimbulkan biaya sosial. Tiket perjalanan berubah, jadwal kegiatan harus menunggu keputusan terakhir, lembaga pendidikan sulit menetapkan agenda, dan masyarakat bingung menentukan persiapan. KHGT dengan kriteria geosentris  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dapat mengurangi ketidakpastian tersebut.

Namun kemaslahatan administratif harus tetap dijaga agar tidak mengalahkan dasar ilmiah. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  menjadi penting karena ia memberi dasar astronomis yang cukup kuat bagi kemaslahatan administratif itu. Kalender tidak hanya dibuat pasti demi kemudahan, tetapi dibuat pasti karena telah memiliki ambang astronomis yang rasional.

Dengan demikian, KHGT menyatukan ketertiban sosial dan kehati-hatian ilmiah.

## I. Kemaslahatan Global di Era Komunikasi Digital

Pada masa lalu, perbedaan lokal mungkin lebih mudah diterima karena komunitas hidup dalam ruang informasi yang terbatas. Kini umat Islam hidup dalam jaringan komunikasi global. Informasi tentang awal Ramadan atau Idulfitri dari berbagai negara diketahui dalam hitungan detik. Perbedaan tanggal menjadi lebih terlihat dan sering menimbulkan pertanyaan.

Dalam konteks digital, kalender global menjadi semakin diperlukan. Umat Islam tidak lagi hidup hanya dalam komunitas lokal. Keluarga, pendidikan, bisnis, dakwah, dan jaringan organisasi melintasi negara. Kalender yang berbeda-beda membuat koordinasi global lebih sulit.

Kriteria geosentris  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  cocok dengan kebutuhan era ini. Ia memberi dasar global yang dapat dihitung dan dipublikasikan secara terbuka. Aplikasi, perangkat lunak hisab, observatorium, dan lembaga kalender dapat memakai acuan yang sama. Dengan demikian, KHGT tidak hanya menjawab problem klasik awal bulan, tetapi juga problem modern koordinasi global.

Kemaslahatan digital ini makin kuat jika disertai transparansi data. Nilai tinggi dan elongasi dapat dipublikasikan. Peta visibilitas dapat ditampilkan. Laporan observasi dapat dikumpulkan daring. KHGT dapat menjadi sistem kalender yang terbuka dan partisipatif.

## J. Kemaslahatan Fikih: Menyatukan Data, Hisab, dan Kepastian

Dalam perspektif fikih kalender, kemaslahatan tidak boleh lepas dari dalil dan realitas. Hilal sebagai tanda waktu tetap harus dihormati. Namun cara memahami hilal dapat berkembang seiring kemampuan hisab dan observasi. Ketika hisab modern mampu menghitung konfigurasi Bulan–Matahari secara akurat dan data observasi modern mampu menunjukkan batas visibilitas, maka kalender global memiliki dasar untuk dibangun secara lebih pasti.

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  membantu menjembatani tuntutan tersebut. Ia tidak menghilangkan konsep hilal karena masih memperhatikan sabit dan horizon. Ia juga tidak menggantungkan kalender pada rukyat lokal aktual yang sulit diprediksi. Dengan demikian, KHGT dapat dipahami sebagai ijtihad kalender yang menggabungkan realitas astronomis dan kebutuhan kemaslahatan umat.

Elongasi  $8^{\circ}$  memberi hubungan dengan batas sabit. Tinggi  $5^{\circ}$  memberi hubungan dengan horizon. Hisab geosentris memberi kepastian global. Observasi toposentris memberi validasi empiris. Struktur ini menjadikan KHGT bukan sekadar kalender hitungan, tetapi sistem waktu yang memiliki relasi dengan fenomena hilal dan kebutuhan umat.

## K. Batas Kemaslahatan: Tidak Boleh Mengabaikan Evaluasi Ilmiah

Walaupun kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  memiliki kemaslahatan besar, kemaslahatan tidak boleh dijadikan alasan untuk menutup evaluasi. Kalender global harus stabil, tetapi stabilitas tidak boleh berubah menjadi

kekakuan ilmiah. Jika pada masa depan terkumpul data observasi global yang lebih kuat dan menunjukkan pola baru, kriteria harus dapat dievaluasi.

Namun evaluasi harus dilakukan secara hati-hati. Satu laporan ekstrem tidak cukup untuk mengubah kriteria. Perubahan harus berbasis akumulasi data, validasi kuat, model fisik yang jelas, dan pertimbangan sistem kalender. Odeh membangun kriterianya dari 737 observasi, bukan satu laporan tunggal. Prinsip ini perlu menjadi etika ilmiah KHGT.

Dengan demikian, kemaslahatan KHGT memiliki dua sisi: menjaga stabilitas kalender sekarang, dan membuka ruang evaluasi ilmiah jangka panjang. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  layak dipertahankan sebagai sintesis saat ini, tetapi tetap perlu dikawal oleh observasi yang berkualitas.

## L. Kesimpulan Subbab

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  memiliki kemaslahatan besar karena mampu menyatukan dasar astronomis dan kebutuhan kalender global. Elongasi  $8^{\circ}$  menjaga agar kalender tidak berdiri pada sabit yang terlalu tipis atau terlalu dekat dengan Matahari. Tinggi  $5^{\circ}$  menjaga agar Bulan tidak berada terlalu rendah terhadap horizon. Sifat geosentris keduanya menjaga keseragaman, prediktabilitas, dan fungsi unifikasi.

Kemaslahatan KHGT bukan kemaslahatan administratif kosong. Ia berbasis pada data observasi modern, teori visibilitas hilal, dan kebutuhan nyata umat Islam dunia. Dengan kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ , KHGT dapat menjadi sistem kalender yang lebih stabil, lebih mudah direncanakan, lebih komunikatif, dan tetap memiliki hubungan dengan fenomena hilal.

## Simpulan Bab 6

Bab ini telah menyusun pembelaan ilmiah terhadap kriteria KHGT **tinggi hilal geosentris  $5^{\circ}$**  dan **elongasi geosentris  $8^{\circ}$** . Pembelaan ini diperlukan karena kriteria kalender tidak boleh dipahami sebagai angka arbitrer. Kriteria kalender harus memiliki dasar observasional, teori astronomis, metodologi yang jelas, serta kemaslahatan sosial-keagamaan.

Elongasi  $8^{\circ}$  memiliki kekuatan karena berada di atas dua batas penting dalam rekam observasi modern:  $6,4^{\circ}$  sebagai batas pengamatan dengan bantuan optik dan  $7,7^{\circ}$  sebagai batas pengamatan mata telanjang. Dengan memilih  $8^{\circ}$ , KHGT tidak berdiri pada limit ekstrem, tetapi mengambil ambang yang memiliki buffer ilmiah.

Tinggi  $5^{\circ}$  memiliki kekuatan karena memberi buffer terhadap horizon. Hilal yang terlalu rendah sangat rentan terhadap atmosfer rendah, cahaya senja, refraksi, aerosol, kabut, awan rendah, dan penghalang lokal. Dengan mensyaratkan tinggi  $5^{\circ}$ , KHGT menghindari prinsip minimalis yang hanya menuntut Bulan berada di atas ufuk.

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  harus dipahami sebagai ambang gabungan. Elongasi  $8^{\circ}$  mewakili dimensi sabit, sedangkan tinggi  $5^{\circ}$  mewakili dimensi horizon. Keduanya tidak boleh dipisahkan. Struktur dua parameter ini sejalan dengan pelajaran visibilitas modern bahwa hilal tidak dapat diprediksi secara andal dengan satu parameter saja.

Sifat geosentris kriteria diperlukan karena KHGT adalah kalender global. Geosentris memberi acuan bersama, menghindari ketergantungan pada horizon lokal, menjaga keseragaman implementasi, dan mendukung prediktabilitas. Toposentris tetap penting untuk observasi lokal, validasi, peta visibilitas, dan evaluasi ilmiah.

Akhirnya, kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  mendukung kemaslahatan kalender global. Ia membantu penyatuan umat, prediktabilitas jadwal ibadah, ketertiban sosial, literasi astronomi, dan transformasi rukyat menjadi basis data ilmiah. Dengan demikian, kriteria KHGT  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  layak dipahami sebagai sintesis antara data, teori, dan kebutuhan peradaban Islam global.

---

## Daftar Pustaka Bab 6

Caldwell, J. A. R., & Laney, C. D. (2000). *First visibility of the lunar crescent*. *African Skies*, 5, 15–23. Data bibliografis perlu diverifikasi ulang sebelum naskah final.

Doggett, L. E., & Schaefer, B. E. (1994). Lunar crescent visibility. *Icarus*, 107(2), 388–403. Data bibliografis perlu diverifikasi ulang sebelum naskah final.

Odeh, M. Sh. (2006). New criterion for lunar crescent visibility. *Experimental Astronomy*, 18, 39–64.

Schaefer, B. E. (1996). Lunar crescent visibility. *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, 37, 759–768.

Yallop, B. D. (1997). *A method for predicting the first sighting of the new crescent moon* (NAO Technical Note No. 69). Royal Greenwich Observatory.

# BAB 7 — Implementasi KHGT 5°–8°: Strategi, Validasi, dan Agenda Riset Lanjutan

## 7.1 Dari Kriteria Ilmiah menuju Implementasi Kalender

Setelah kriteria **tinggi hilal geosentris 5°** dan **elongasi geosentris 8°** dibela melalui data observasi, teori visibilitas, dan kebutuhan kalender global, pertanyaan berikutnya adalah: **bagaimana kriteria itu diimplementasikan menjadi sistem kalender yang operasional, dapat diverifikasi, dan diterima publik?** Pertanyaan ini penting karena kriteria yang kuat secara ilmiah belum otomatis berhasil sebagai kalender jika tidak diterjemahkan ke dalam prosedur, perangkat, edukasi, dan mekanisme validasi yang jelas.

Implementasi KHGT tidak cukup dilakukan dengan menyatakan bahwa awal bulan dimulai ketika syarat 5°–8° terpenuhi. Kriteria tersebut perlu dimasukkan ke dalam sistem kerja yang lebih lengkap: definisi parameter, algoritma hisab, standar ephemeris, waktu evaluasi, mekanisme publikasi, protokol observasi validatif, serta strategi komunikasi kepada umat. Tanpa sistem implementasi yang rapi, kriteria 5°–8° dapat disalahpahami, dihitung berbeda oleh berbagai pihak, atau diperdebatkan karena perbedaan teknis yang sebenarnya dapat dihindari.

Dalam literatur visibilitas hilal modern, penekanan terhadap ketelitian data dan definisi parameter sudah sangat jelas. Odeh membangun kriterianya dari **737 observasi** dan menggunakan dua variabel utama, yaitu *topocentric arc of vision* dan *topocentric crescent width*, untuk memetakan zona visibilitas hilal. Schaefer juga menekankan bahwa visibilitas hilal merupakan persoalan kompleks yang melibatkan orbit Bulan, hamburan atmosfer, kecerlangan sabit, dan fisiologi penglihatan manusia. Pelajaran dari dua karya ini jelas: kalender global harus berdiri di atas definisi parameter yang ketat dan data yang dapat diperiksa.

Dalam konteks KHGT, implementasi kriteria 5°–8° harus menjaga tiga prinsip: **presisi astronomis**, **stabilitas kalender**, dan **keterbukaan validasi**. Presisi astronomis berarti parameter dihitung dengan metode yang baku. Stabilitas kalender berarti keputusan tidak berubah-ubah oleh kondisi lokal sesaat. Keterbukaan validasi berarti data rukyat tetap dikumpulkan untuk menguji dan memperkaya sistem.

### A. Implementasi Tidak Boleh Mengaburkan Definisi Kriteria

Langkah pertama implementasi adalah memastikan bahwa definisi kriteria tidak ambigu. Jika disebut **tinggi hilal 5°**, harus dijelaskan bahwa yang dimaksud dalam KHGT adalah **tinggi hilal geosentris**, bukan tinggi toposentris lokal, bukan tinggi tepi bawah Bulan, bukan tinggi dengan refraksi lokal, dan bukan tinggi berdasarkan horizon fisik tertentu. Jika disebut **elongasi 8°**, harus dijelaskan bahwa yang dimaksud adalah **elongasi geosentris** antara pusat piringan Bulan dan pusat piringan Matahari.

Ketegasan definisi ini sangat penting karena perbedaan kecil dalam definisi dapat menghasilkan perbedaan tanggal pada kasus batas. Dalam hisab hilal, istilah yang tampak sama dapat memiliki makna teknis berbeda. “Tinggi” dapat dihitung geosentris atau toposentris. “Elongasi” dapat dihitung dari pusat piringan atau tepi piringan. “Waktu evaluasi” dapat memakai waktu tertentu dalam sistem global atau waktu lokal tertentu. Jika semua ini tidak distandardisasi, implementasi KHGT akan rentan berbeda antarperangkat lunak atau antarlembaga.

Karena itu, buku ini menegaskan bahwa implementasi KHGT harus dimulai dari standar definisi. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  harus ditulis secara lengkap sebagai:

**Awal bulan dalam KHGT ditetapkan apabila tinggi hilal geosentris minimal  $5^{\circ}$  dan elongasi geosentris minimal  $8^{\circ}$  telah terpenuhi menurut prosedur hisab global yang disepakati.**

Dengan definisi seperti ini, ruang ambiguitas dapat diperkecil. Perdebatan kemudian dapat diarahkan pada substansi ilmiah dan kelembagaan, bukan pada perbedaan tafsir teknis.

## B. Perangkat Hisab Harus Transparan dan Dapat Diaudit

Kriteria yang baik harus dihitung dengan perangkat hisab yang transparan. Transparansi berarti metode perhitungan dapat dijelaskan, diuji, dan direplikasi oleh pihak lain. Dalam konteks KHGT, transparansi mencakup data ephemeris yang digunakan, algoritma posisi Bulan dan Matahari, definisi waktu, sistem koordinat, serta cara menghitung tinggi dan elongasi geosentris.

Tanpa transparansi, kalender mudah dipersepsi sebagai keputusan otoritatif yang tidak dapat diperiksa. Padahal salah satu kekuatan hisab modern adalah keterbukaannya untuk diuji. Jika parameter  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dihitung dengan jelas, berbagai lembaga falak, observatorium, dan peneliti dapat melakukan verifikasi independen.

Transparansi juga penting untuk membangun kepercayaan publik. Masyarakat tidak harus memahami seluruh persamaan astronomi, tetapi mereka berhak melihat bahwa kalender dihitung dengan metode yang konsisten. Publikasi nilai konjungsi, tinggi geosentris, elongasi geosentris, dan status terpenuhinya kriteria dapat menjadi bagian dari laporan resmi awal bulan.

Dengan demikian, implementasi KHGT perlu disertai laporan hisab ringkas dan terbuka, misalnya:

1. tanggal dan waktu konjungsi;
2. waktu evaluasi kriteria;
3. nilai tinggi hilal geosentris;
4. nilai elongasi geosentris;
5. status terpenuhi atau tidak terpenuhi;
6. peta visibilitas lokal sebagai informasi validatif;
7. catatan observasi lapangan setelah penetapan.

Model pelaporan seperti ini menjadikan KHGT bukan hanya kalender, tetapi juga sistem ilmiah yang dapat diaudit.

## C. Kriteria Global dan Observasi Lokal Harus Diposisikan secara Tepat

Implementasi KHGT harus menjaga perbedaan antara **penetapan kalender global** dan **observasi lokal**. Penetapan kalender dilakukan dengan kriteria geosentris  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ . Observasi lokal dilakukan dengan parameter toposentris untuk validasi, edukasi, dan pengumpulan data.

Jika perbedaan ini tidak dijaga, dua kesalahpahaman dapat muncul. Kesalahpahaman pertama adalah mengira bahwa ketika kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  terpenuhi, hilal pasti terlihat di semua tempat. Ini tidak benar. Kriteria KHGT adalah ambang kalender global, bukan prediksi visibilitas lokal universal. Kesalahpahaman kedua adalah mengira bahwa jika hilal gagal terlihat di satu lokasi, maka kalender global otomatis salah. Ini juga tidak benar, karena kegagalan lokal dapat disebabkan awan, horizon, kelembapan, aerosol, alat, atau pengalaman pengamat.

Model yang tepat adalah integratif. Hisab geosentris menetapkan kalender. Rukyat toposentris menguji keadaan lapangan. Data rukyat kemudian masuk ke database ilmiah untuk evaluasi jangka panjang. Pendekatan seperti ini sejalan dengan tradisi penelitian visibilitas modern yang tidak hanya bergantung pada satu laporan, tetapi mengolah banyak data pengamatan. Odeh, misalnya, menyusun kriterianya dari ratusan observasi, hampir setengahnya berasal dari ICOP.

Dengan demikian, implementasi KHGT bukan penghapusan rukyat, melainkan reorganisasi fungsi rukyat dalam sistem kalender global.

## D. Protokol Observasi Validatif Perlu Dibangun

Agar rukyat benar-benar memperkuat KHGT, observasi harus dilakukan dengan protokol yang baik. Laporan observasi tidak boleh hanya berisi “terlihat” atau “tidak terlihat”. Laporan harus mencantumkan metadata yang memadai agar dapat dianalisis secara ilmiah.

Protokol observasi validatif KHGT minimal harus mencakup:

1. nama lokasi dan koordinat lintang-bujur;
2. elevasi lokasi;
3. kondisi horizon barat;
4. tanggal dan waktu pengamatan;
5. kondisi atmosfer;
6. alat yang digunakan;
7. metode pencarian hilal;
8. pengalaman pengamat;
9. hasil pengamatan;
10. dokumentasi foto atau video jika tersedia;
11. tinggi toposentris Bulan;
12. elongasi;
13. ARCV;
14. DAZ;



15. crescent width;
16. lag Bulan;
17. catatan kendala lapangan.

Metadata seperti ini akan membuat data rukyat berguna untuk evaluasi kriteria. Data positif dan data negatif sama-sama penting. Hilal yang terlihat menjadi bukti keberhasilan konfigurasi tertentu. Hilal yang tidak terlihat, apabila observasinya dilakukan secara baik, menjadi data penting tentang batas dan kendala visibilitas.

Dalam jangka panjang, protokol seperti ini dapat menghasilkan database hilal global yang kuat. KHGT tidak hanya menetapkan kalender, tetapi juga membangun tradisi observasi ilmiah yang berkelanjutan.

## E. Implementasi KHGT Memerlukan Edukasi Terminologi

Salah satu tantangan terbesar implementasi KHGT adalah edukasi terminologi. Banyak istilah teknis perlu dijelaskan dengan bahasa yang mudah dipahami: geosentris, toposentris, tinggi hilal, elongasi, horizon, Limit Danjon, crescent width, ARCV, DAZ, dan visibilitas lokal.

Tanpa edukasi, masyarakat dapat salah memahami kriteria. Misalnya, “tinggi geosentris  $5^\circ$ ” dapat disangka sama dengan “tinggi hilal yang tampak dari tempat saya”. “Elongasi  $8^\circ$ ” dapat disangka sebagai jaminan hilal terlihat. “Hisab global” dapat disangka menolak rukyat. Kesalahpahaman ini dapat menghambat penerimaan KHGT.

Edukasi publik harus menekankan beberapa pesan kunci:

- **Elongasi  $8^\circ$**  berarti Bulan sudah cukup jauh dari Matahari untuk melewati batas ekstrem modern.
- **Tinggi  $5^\circ$**  berarti Bulan tidak berada terlalu rendah secara kriteria global.
- **Geosentris** dipakai untuk kalender global agar semua wilayah memakai acuan yang sama.
- **Toposentris** tetap dipakai untuk observasi lokal.
- **Rukyat tetap penting** sebagai validasi ilmiah, bukan dihapus.
- **Kegagalan rukyat lokal** tidak otomatis membatalkan kalender global.

Dengan edukasi seperti ini, KHGT lebih mudah diterima bukan hanya sebagai keputusan teknis, tetapi sebagai sistem kalender yang dapat dipahami.

## F. Implementasi Harus Menghindari Klaim Berlebihan

Dalam memperkenalkan KHGT, penting untuk menghindari klaim berlebihan. Kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  tidak boleh diklaim sebagai jaminan bahwa hilal pasti terlihat di seluruh dunia. Kriteria ini juga tidak boleh diklaim sebagai model visibilitas lokal paling lengkap. Klaim semacam itu justru akan melemahkan posisi KHGT karena mudah dibantah oleh realitas observasi lokal.

Klaim yang tepat adalah: **kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  merupakan ambang kalender global yang berbasis data observasi modern, memiliki buffer terhadap limit ekstrem, mempertimbangkan posisi Bulan dari horizon, dan dirumuskan secara geosentris untuk stabilitas kalender dunia.**

Dengan klaim seperti ini, KHGT tetap kuat tetapi tidak berlebihan. Ia diakui sebagai kriteria kalender, bukan model observasi total. Model observasi lokal seperti Odeh, Yallop, atau model lain tetap dapat dipakai untuk peta visibilitas dan edukasi. Kriteria KHGT berjalan pada tingkat sistem kalender.

Sikap ilmiah yang hati-hati ini penting agar KHGT tidak tampak dogmatis. Kalender global harus kuat secara argumentasi, tetapi tetap jujur terhadap batas fungsinya.

## G. Penetapan Kalender dan Publikasi Data Harus Dipisahkan tetapi Terhubung

Dalam implementasi KHGT, perlu dibedakan antara **penetapan kalender** dan **publikasi data observasi**. Penetapan kalender dilakukan berdasarkan kriteria geosentris  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ . Publikasi data observasi dilakukan untuk memperlihatkan bagaimana keadaan hilal di lapangan.

Keduanya harus dipisahkan agar kalender tidak berubah-ubah oleh kondisi lokal sesaat. Namun keduanya harus tetap terhubung agar kalender tidak tampak terlepas dari realitas langit. Cara terbaik adalah menyusun laporan awal bulan dalam dua bagian:

Pertama, bagian **hisab global** yang menjelaskan status kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ .

Kedua, bagian **observasi validatif** yang menjelaskan peta visibilitas, hasil rukyat, foto hilal, laporan cuaca, dan evaluasi lapangan.

Dengan format seperti ini, masyarakat melihat bahwa keputusan kalender bersifat stabil, tetapi observasi tetap berjalan. Ini akan memperkuat legitimasi KHGT dan mengurangi kesan bahwa hisab dan rukyat saling berlawanan.

## H. Implementasi KHGT Memerlukan Konsensus Kelembagaan

Kriteria astronomis yang kuat tetap memerlukan dukungan kelembagaan. Kalender global tidak akan berjalan hanya karena argumennya benar secara ilmiah. Ia memerlukan penerimaan dari organisasi keagamaan, lembaga falak, pemerintah, observatorium, perguruan tinggi, dan komunitas Muslim internasional.

Konsensus kelembagaan perlu dibangun melalui dialog ilmiah dan fikih. Para astronom dapat menjelaskan dasar data dan model. Para ahli fikih dapat membahas kedudukan hisab global dan rukyat validatif. Lembaga pendidikan dapat membantu literasi. Organisasi masyarakat dapat menyosialisasikan kalender kepada umat.

Dalam proses ini, kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  harus disajikan bukan sebagai keputusan tertutup, tetapi sebagai hasil kajian yang dapat diperiksa. Data  $6,4^{\circ}$  dan  $7,7^{\circ}$  dari rekam observasi modern, kelemahan

umur Bulan dan lag dalam pengujian Schaefer, serta prinsip dua parameter dalam model Odeh dapat menjadi dasar dialog ilmiah.

Dengan konsensus kelembagaan, KHGT dapat bergerak dari argumen akademik menuju praktik sosial.

## I. Implementasi Digital dan Standardisasi Perangkat Lunak

KHGT akan sangat bergantung pada perangkat digital. Perhitungan tinggi dan elongasi geosentris perlu dilakukan dengan perangkat lunak yang akurat dan konsisten. Karena itu, standardisasi perangkat lunak menjadi bagian penting dari implementasi.

Perangkat lunak KHGT sebaiknya memiliki beberapa fitur utama:

1. perhitungan konjungsi;
2. perhitungan tinggi hilal geosentris;
3. perhitungan elongasi geosentris;
4. status kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ ;
5. peta visibilitas lokal berbasis model toposentris;
6. ekspor laporan resmi;
7. database observasi rukyat;
8. unggahan foto dan metadata;
9. audit algoritma;
10. dokumentasi metode hisab.

Standardisasi perangkat lunak akan mengurangi perbedaan hasil antaroperator. Setiap lembaga dapat memverifikasi dengan data yang sama. Jika ada perbedaan hasil, sumbernya dapat dilacak: ephemeris, definisi waktu, algoritma, atau pembulatan.

Dengan demikian, implementasi KHGT tidak hanya soal kriteria, tetapi juga infrastruktur digital yang mendukungnya.

## J. Implementasi Bertahap Lebih Realistis daripada Penerapan Seketika

Penerapan KHGT secara global mungkin tidak dapat dilakukan sekaligus. Perbedaan tradisi, otoritas, kebijakan negara, dan pemahaman masyarakat memerlukan strategi bertahap. Karena itu, implementasi dapat dimulai dari edukasi, simulasi kalender, publikasi data, observasi validatif, lalu adopsi kelembagaan.

Tahap pertama dapat berupa penyusunan kalender simulatif berdasarkan kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  selama beberapa tahun ke depan. Tahap kedua berupa perbandingan dengan hasil rukyat lokal dan kalender yang berlaku. Tahap ketiga berupa publikasi laporan ilmiah berkala. Tahap keempat berupa dialog kelembagaan. Tahap kelima berupa penerapan formal.

Pendekatan bertahap ini lebih bijak karena memberi ruang adaptasi. Masyarakat dapat melihat konsistensi kriteria. Lembaga dapat menguji perangkat. Pengamat dapat mengumpulkan data. Kritik dapat dijawab secara ilmiah.

Dengan demikian, implementasi KHGT perlu realistis. Kekuatan ilmiah kriteria harus diikuti strategi sosial yang matang.

## K. Implementasi sebagai Kelanjutan dari Pembelaan Ilmiah

Bab-bab sebelumnya telah membela kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dari sisi teori dan data. Namun pembelaan ilmiah akan menjadi kurang bermakna jika tidak diterjemahkan ke praktik. Implementasi adalah ujian nyata bagi kriteria. Apakah kriteria dapat dihitung konsisten? Apakah dapat dijelaskan kepada masyarakat? Apakah dapat divalidasi? Apakah dapat diterima lembaga? Apakah dapat menyatukan kalender?

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  memiliki potensi kuat karena sederhana, berbasis data, geosentris, dan komunikatif. Namun potensi itu harus diwujudkan melalui sistem implementasi yang tertib. Tanpa itu, kriteria dapat terjebak sebagai konsep akademik.

Karena itu, Bab 7 menempatkan implementasi sebagai tahap penting terakhir. Setelah data, teori, dan pembelaan ilmiah, kini diperlukan strategi penerapan, validasi, dan agenda riset lanjutan.

## L. Transisi ke Subbab Berikutnya

Subbab ini telah menjelaskan bahwa implementasi KHGT memerlukan definisi kriteria yang tegas, perangkat hisab yang transparan, protokol observasi validatif, edukasi publik, standardisasi perangkat lunak, dan konsensus kelembagaan. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  harus diterjemahkan dari konsep ilmiah menjadi sistem kalender yang dapat dijalankan.

## 7.2 Standar Operasional Hisab KHGT $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$

Implementasi Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) membutuhkan standar operasional hisab yang tegas. Kriteria **tinggi hilal geosentris minimal  $5^{\circ}$**  dan **elongasi geosentris minimal  $8^{\circ}$**  hanya dapat bekerja secara konsisten apabila cara menghitungnya dibakukan. Tanpa standar operasional, angka yang sama dapat menghasilkan keputusan berbeda karena perbedaan ephemeris, definisi pusat piringan, sistem waktu, pembulatan, koordinat referensi, atau waktu evaluasi. Karena itu, standar hisab bukan sekadar pelengkap teknis, melainkan bagian inti dari keberhasilan KHGT.

Standar operasional hisab harus menjawab beberapa pertanyaan mendasar. Pertama, data astronomi apa yang digunakan? Kedua, sistem koordinat apa yang menjadi acuan? Ketiga, kapan kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dievaluasi? Keempat, apakah tinggi dan elongasi dihitung dari pusat Bulan dan pusat Matahari? Kelima, bagaimana pembulatan angka dilakukan? Keenam, bagaimana hasil hisab dilaporkan kepada publik? Ketujuh, bagaimana data observasi lokal dihubungkan dengan keputusan hisab global?

Dalam kerangka KHGT, hisab tidak boleh bersifat tertutup. Hisab harus dapat diperiksa, direplikasi, dan diaudit. Kalender global memerlukan kepercayaan lintas lembaga dan lintas negara. Kepercayaan itu hanya mungkin terbentuk jika standar operasionalnya jelas. Oleh sebab itu, subbab ini menyusun kerangka standar operasional hisab KHGT 5°–8° sebagai fondasi teknis implementasi kalender global.

## A. Prinsip Dasar Standar Operasional Hisab

Standar operasional hisab KHGT harus dibangun di atas empat prinsip dasar: **presisi, konsistensi, transparansi, dan keterulangan**.

**Presisi** berarti posisi Bulan dan Matahari dihitung dengan data astronomi yang memadai. Untuk kalender global, kesalahan kecil pada kasus batas dapat berpengaruh pada keputusan awal bulan. Karena itu, ephemeris yang dipakai harus jelas dan cukup akurat.

**Konsistensi** berarti metode yang sama digunakan dari bulan ke bulan dan dari lembaga ke lembaga. Jika satu lembaga memakai definisi tinggi geosentris pusat Bulan, sedangkan lembaga lain memakai tinggi toposentris tepi bawah Bulan, maka hasilnya dapat berbeda. Konsistensi definisi menjadi syarat mutlak.

**Transparansi** berarti metode hisab dapat dijelaskan kepada publik dan diperiksa oleh pakar. Kalender global tidak boleh menjadi “kotak hitam”. Data utama, parameter, dan status kriteria perlu dipublikasikan secara terbuka.

**Keterulangan** berarti perhitungan dapat diulang oleh pihak lain dan menghasilkan nilai yang sama atau sangat dekat. Ini penting untuk audit ilmiah. Jika hasil tidak dapat direplikasi, kepercayaan terhadap kalender melemah.

Empat prinsip ini harus menjadi pedoman setiap perangkat hisab KHGT. Tanpa prinsip tersebut, kriteria 5°–8° berisiko menjadi rumusan bagus di atas kertas tetapi tidak stabil dalam praktik.

## B. Definisi Parameter Wajib

Standar operasional harus memulai dari definisi parameter. Dalam KHGT, dua parameter utama adalah **tinggi hilal geosentris** dan **elongasi geosentris**.

**Tinggi hilal geosentris** adalah tinggi Bulan terhadap bidang horizon dalam kerangka acuan geosentris sesuai prosedur global yang ditetapkan. Dalam konteks KHGT, tinggi ini digunakan sebagai syarat kalender, bukan sebagai tinggi tampak pengamat lokal. Karena itu, ia tidak boleh dicampuradukkan dengan tinggi toposentris, tinggi dengan refraksi, atau tinggi horizon fisik.

**Elongasi geosentris** adalah jarak sudut antara pusat piringan Bulan dan pusat piringan Matahari dihitung dari acuan pusat Bumi. Parameter ini menggambarkan keterpisahan Bulan–Matahari dan berkaitan dengan perkembangan sabit.

Dua definisi ini harus selalu ditulis lengkap dalam dokumen resmi. Tidak cukup menulis “tinggi  $5^\circ$  dan elongasi  $8''$ ” tanpa kata geosentris. Ketidaklengkapan istilah dapat menimbulkan kesalahpahaman.

Selain dua parameter utama, laporan hisab sebaiknya mencantumkan parameter pendukung:

1. waktu konjungsi;
2. umur Bulan pada waktu evaluasi;
3. jarak Bulan–Bumi;
4. fraksi iluminasi;
5. waktu evaluasi kriteria;
6. status pemenuhan tinggi  $5^\circ$ ;
7. status pemenuhan elongasi  $8''$ ;
8. catatan peta visibilitas lokal;
9. catatan observasi validatif.

Parameter pendukung tidak menjadi syarat utama, tetapi membantu edukasi, audit, dan validasi.

## C. Standar Data Ephemeris

Hisab KHGT memerlukan data posisi Bulan dan Matahari yang akurat. Untuk itu, standar ephemeris perlu ditetapkan. Ephemeris harus mampu memberikan posisi Bulan dan Matahari dengan presisi yang cukup untuk penentuan kalender.

Dalam praktik astronomi modern, data ephemeris numerik seperti keluarga JPL Development Ephemeris banyak digunakan untuk perhitungan posisi benda langit presisi tinggi. Selain itu, perangkat lunak astronomi profesional biasanya menggunakan algoritma yang telah divalidasi terhadap ephemeris modern. Untuk kepentingan KHGT, yang paling penting bukan sekadar menyebut nama ephemeris, tetapi memastikan bahwa sumber data, versi, dan metode perhitungannya terdokumentasi.

Standar laporan hisab sebaiknya mencantumkan:

1. sumber ephemeris;
2. versi ephemeris;
3. sistem waktu yang digunakan;
4. algoritma perhitungan posisi;
5. koreksi yang diterapkan;
6. ketelitian yang diharapkan;
7. perangkat lunak atau pustaka yang digunakan.

Jika perangkat hisab berbeda tetapi memakai standar ephemeris dan definisi yang sama, hasilnya seharusnya sangat dekat. Jika terjadi selisih, selisih itu dapat ditelusuri secara teknis.

Kebutuhan ephemeris yang jelas penting karena kalender global tidak boleh bergantung pada hisab manual yang tidak terdokumentasi atau perangkat lunak yang tidak diketahui metodenya. KHGT harus menjadi sistem yang dapat diaudit secara ilmiah.

## D. Sistem Waktu dan Waktu Evaluasi

Salah satu aspek paling penting dalam standar hisab ialah sistem waktu. Posisi Bulan dan Matahari berubah terus-menerus. Karena itu, hasil tinggi dan elongasi bergantung pada waktu evaluasi. Jika waktu evaluasi berbeda, nilai parameter juga dapat berbeda.

Standar KHGT harus menjelaskan secara tegas kapan syarat  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dievaluasi. Dalam kalender global, waktu evaluasi tidak boleh dibiarkan ambigu. Apakah pada saat konjungsi? Saat Matahari terbenam di suatu lokasi? Saat pergantian hari global? Saat batas tanggal tertentu? Atau pada momen lain yang ditetapkan dalam sistem KHGT?

Pertanyaan ini sangat penting karena KHGT bukan kalender lokal. Jika kriteria dievaluasi pada maghrib lokal, maka lokasi mana yang dipakai? Jika dievaluasi pada seluruh dunia, bagaimana batas globalnya? Karena itu, dokumen operasional KHGT harus memuat prosedur waktu yang eksplisit.

Dalam perumusan standar, setidaknya perlu dicantumkan:

1. sistem waktu rujukan, misalnya UTC atau waktu dinamis tertentu untuk perhitungan astronomis;
2. hubungan waktu astronomis dengan tanggal kalender;
3. waktu evaluasi kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ ;
4. aturan jika kriteria terpenuhi mendekati batas tanggal;
5. aturan pembulatan waktu;
6. prosedur audit untuk kasus kritis.

Tanpa standar waktu, kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dapat dihitung benar tetapi diterapkan berbeda. Karena itu, standar waktu adalah bagian yang tidak dapat dipisahkan dari standar hisab.

## E. Pusat Piringan Bulan dan Matahari

Dalam hisab hilal, harus dijelaskan apakah parameter dihitung dari pusat piringan atau tepi piringan. Untuk KHGT, elongasi geosentris sebaiknya didefinisikan sebagai jarak sudut antara **pusat piringan Bulan** dan **pusat piringan Matahari**. Definisi ini lebih stabil dan lebih mudah direplikasi.

Jika tepi piringan digunakan tanpa penjelasan, hasil dapat berbeda karena diameter tampak Bulan dan Matahari berubah sedikit dari waktu ke waktu. Penggunaan pusat piringan membuat parameter lebih konsisten sebagai ukuran konfigurasi geometri.

Untuk tinggi hilal geosentris, definisi pusat piringan juga perlu ditegaskan. Jika tinggi dihitung dari pusat Bulan, maka nilai  $5^{\circ}$  merujuk pada pusat Bulan. Jika ingin memakai tepi bawah atau



tepi atas, harus ditulis berbeda. Namun untuk standardisasi kalender global, pusat piringan lebih sederhana dan lebih konsisten.

Standar ini penting dalam kasus batas. Perbedaan antara pusat dan tepi piringan dapat mencapai sekitar seperempat sampai setengah derajat dalam konteks tertentu. Pada kriteria yang memiliki ambang tegas, perbedaan seperti itu tidak boleh dibiarkan ambigu.

## F. Pembulatan dan Ambang Kritis

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  memerlukan aturan pembulatan. Apakah nilai  $7,995^{\circ}$  dianggap  $8^{\circ}$ ? Apakah  $4,998^{\circ}$  dianggap  $5^{\circ}$ ? Bagaimana jika hasil perangkat berbeda pada digit terakhir? Pertanyaan semacam ini terlihat teknis, tetapi sangat penting pada kasus batas.

Standar operasional sebaiknya menetapkan bahwa nilai parameter harus memenuhi ambang secara nyata sebelum pembulatan publik. Misalnya, untuk kepentingan keputusan, nilai dihitung dengan presisi tertentu, lalu dibandingkan dengan ambang. Pembulatan untuk laporan publik dilakukan setelah keputusan teknis, bukan sebelum keputusan.

Sebagai contoh, laporan publik dapat menulis elongasi  $8,0^{\circ}$  setelah pembulatan satu desimal. Namun sistem internal harus menghitung lebih rinci, misalnya beberapa angka di belakang koma. Jika nilai sebenarnya  $7,96^{\circ}$  lalu dibulatkan menjadi  $8,0^{\circ}$ , perlu aturan apakah dianggap memenuhi atau tidak. Untuk menghindari kerancuan, prosedur harus jelas.

Standar yang disarankan adalah:

1. perhitungan internal menggunakan presisi tinggi;
2. keputusan pemenuhan kriteria berdasarkan nilai internal;
3. pembulatan publik hanya untuk tampilan;
4. kasus yang sangat dekat dengan ambang diberi catatan khusus;
5. hasil audit menyertakan nilai parameter dengan presisi lebih tinggi.

Dengan aturan ini, KHGT dapat menghindari sengketa akibat pembulatan.

## G. Format Laporan Hisab Resmi

Implementasi KHGT memerlukan format laporan hisab resmi yang konsisten. Laporan ini harus cukup ringkas untuk publik, tetapi cukup lengkap untuk audit ilmiah. Format laporan dapat dibagi menjadi tiga lapis: ringkasan publik, data teknis, dan lampiran audit.

**Ringkasan publik** berisi keputusan awal bulan, status kriteria, dan penjelasan singkat. Misalnya: “Kriteria KHGT terpenuhi karena tinggi hilal geosentris mencapai sekurang-kurangnya  $5^{\circ}$  dan elongasi geosentris mencapai sekurang-kurangnya  $8^{\circ}$ .”

**Data teknis** berisi nilai parameter utama: waktu konjungsi, waktu evaluasi, tinggi geosentris, elongasi geosentris, dan status masing-masing syarat.

**Lampiran audit** berisi metode perhitungan, ephemeris, sistem waktu, perangkat lunak, parameter tambahan, serta peta visibilitas lokal jika tersedia.

Format ini membantu menjembatani kebutuhan publik dan kebutuhan ilmiah. Publik memperoleh informasi yang mudah dipahami, sedangkan peneliti dan lembaga falak memperoleh data yang dapat diperiksa.

## H. Hubungan Laporan Hisab dan Observasi Validatif

Laporan hisab KHGT sebaiknya tidak berdiri sendiri. Setelah penetapan kalender, laporan observasi validatif perlu dikumpulkan dan dipublikasikan. Ini penting agar masyarakat melihat bahwa kalender global tetap terhubung dengan langit.

Laporan observasi validatif dapat mencakup:

1. daftar lokasi pengamatan;
2. kondisi cuaca;
3. alat yang digunakan;
4. hasil terlihat atau tidak terlihat;
5. foto atau video;
6. tinggi toposentris;
7. ARCV;
8. DAZ;
9. crescent width;
10. analisis penyebab keberhasilan atau kegagalan.

Data ini tidak mengubah penetapan kalender global secara langsung, tetapi memperkuat evaluasi. Jika hilal terlihat di banyak lokasi, laporan itu menjadi bukti edukatif yang kuat. Jika tidak terlihat, laporan itu tetap bernilai sebagai data negatif, asalkan pengamatan dilakukan dengan standar baik.

Dengan demikian, standar hisab KHGT harus terhubung dengan standar observasi. Hisab memberi keputusan; observasi memberi validasi.

## I. Audit Independen dan Replikasi

Agar KHGT diterima luas, hasil hisab perlu terbuka untuk audit independen. Lembaga falak, observatorium, universitas, dan komunitas astronomi harus dapat menghitung ulang nilai kriteria. Audit independen bukan ancaman, melainkan penguat kepercayaan.

Audit independen membutuhkan data lengkap:

1. algoritma atau perangkat yang digunakan;
2. data ephemeris;
3. sistem waktu;
4. waktu evaluasi;
5. definisi parameter;

6. nilai hasil perhitungan;
7. aturan pembulatan.

Jika semua tersedia, hasil hisab dapat direplikasi. Jika hasil berbeda, perbedaan dapat dianalisis. Apakah karena ephemeris berbeda? Apakah karena definisi tinggi berbeda? Apakah karena pembulatan? Apakah karena waktu evaluasi berbeda?

Replikasi adalah ciri ilmu modern. Kalender global yang ingin diterima secara ilmiah harus membuka diri terhadap proses ini. KHGT akan lebih kuat jika sejak awal membangun budaya audit.

## J. Standar Perangkat Lunak KHGT

Perangkat lunak menjadi tulang punggung implementasi KHGT. Karena itu, standar perangkat lunak perlu dibuat. Perangkat lunak KHGT idealnya tidak hanya menghitung kalender, tetapi juga menyimpan data, menghasilkan laporan, dan memfasilitasi validasi observasi.

Fitur minimal perangkat lunak KHGT dapat meliputi:

1. perhitungan konjungsi;
2. perhitungan tinggi geosentris;
3. perhitungan elongasi geosentris;
4. status pemenuhan kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ ;
5. perhitungan parameter toposentris untuk lokasi observasi;
6. peta visibilitas;
7. ekspor laporan PDF atau dokumen;
8. database observasi;
9. unggah dokumentasi foto;
10. catatan audit metode.

Selain fitur, perangkat lunak harus memiliki dokumentasi algoritma. Pengguna perlu tahu bagaimana nilai dihitung. Untuk lembaga, dokumentasi ini penting agar hasil dapat dipertanggungjawabkan.

Jika memungkinkan, perangkat lunak KHGT sebaiknya memiliki versi terbuka atau setidaknya modul audit terbuka. Hal ini akan meningkatkan kepercayaan dan memudahkan kolaborasi antarpeliti.

## K. Prosedur Kasus Batas

Dalam kalender, akan ada kasus ketika nilai tinggi atau elongasi sangat dekat dengan ambang. Kasus seperti ini membutuhkan prosedur khusus. Tanpa prosedur, keputusan dapat diperdebatkan.

Prosedur kasus batas sebaiknya mencakup:

1. perhitungan ulang dengan ephemeris standar;

2. audit oleh minimal dua perangkat independen;
3. pemeriksaan definisi parameter;
4. pencantuman nilai dengan presisi tinggi;
5. catatan pembulatan;
6. penjelasan publik bahwa kasus berada dekat ambang;
7. dokumentasi lengkap untuk arsip ilmiah.

Kasus batas tidak boleh ditangani secara informal. Justru kasus seperti ini menjadi ujian standar hisab. Jika prosedur jelas, keputusan tetap dapat diterima meskipun nilainya dekat ambang.

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  akan lebih kuat jika sejak awal memiliki mekanisme penanganan kasus batas. Ini menunjukkan bahwa KHGT tidak hanya memiliki angka, tetapi juga tata kelola ilmiah.

## L. Transisi ke Validasi Observasional KHGT

Subbab ini telah menyusun standar operasional hisab KHGT  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ . Implementasi kalender global memerlukan definisi parameter yang tegas, ephemeris yang jelas, sistem waktu yang baku, aturan pusat piringan, prosedur pembulatan, format laporan resmi, audit independen, standar perangkat lunak, dan mekanisme kasus batas. Tanpa standar ini, kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  berisiko dihitung dan diterapkan berbeda oleh berbagai pihak.

Namun hisab operasional belum lengkap tanpa validasi observasional. KHGT harus tetap terhubung dengan data rukyat lokal sebagai sumber empiris, edukasi, dan evaluasi. Subbab berikutnya akan membahas **validasi observasional KHGT**, yaitu bagaimana jaringan observasi, metadata, laporan positif-negatif, dan dokumentasi hilal dapat dipakai untuk menguji serta memperkuat kalender global.

## 7.3 Validasi Observasional KHGT: Jaringan Rukyat, Metadata, dan Data Positif-Negatif

Validasi observasional merupakan bagian penting dalam implementasi Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT). Walaupun penetapan kalender dilakukan berdasarkan hisab geosentris dengan kriteria **tinggi hilal minimal  $5^{\circ}$**  dan **elongasi minimal  $8^{\circ}$** , observasi hilal tetap diperlukan untuk menguji, mendokumentasikan, dan memperkaya basis ilmiah kalender. Dengan kata lain, rukyat tidak dihapus dalam KHGT, tetapi fungsinya ditata ulang: dari pemutus lokal bulanan menjadi **instrumen validasi ilmiah global**.

Validasi observasional penting karena kriteria kalender harus terus berhubungan dengan realitas langit. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  memang dapat dihitung secara presisi, tetapi legitimasi ilmiahnya semakin kuat jika didukung oleh data pengamatan yang baik. Observasi hilal memberi bukti empiris tentang bagaimana sabit Bulan tampak atau gagal tampak pada berbagai konfigurasi geometri, kondisi atmosfer, lokasi, alat, dan kemampuan pengamat.

Schaefer menegaskan bahwa visibilitas hilal merupakan persoalan kompleks yang melibatkan perhitungan orbit, hamburan cahaya Bulan, hamburan atmosfer, dan fisiologi penglihatan manusia. Karena kompleksitas itu, observasi tidak boleh bersifat sporadis dan miskin metadata. Observasi yang berguna bagi KHGT harus dilakukan secara sistematis, terdokumentasi, dan dapat dianalisis ulang. Di sinilah pentingnya jaringan rukyat, format metadata baku, dan pengumpulan data positif serta negatif.

## A. Validasi Observasional Bukan Pembatalan Hisab Global

Validasi observasional dalam KHGT tidak boleh disalahpahami sebagai mekanisme pembatalan langsung terhadap hisab global. Penetapan kalender tetap dilakukan berdasarkan kriteria geosentris  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ . Observasi lokal berfungsi untuk memeriksa bagaimana kondisi hilal di lapangan setelah kriteria terpenuhi atau tidak terpenuhi.

Jika hilal terlihat ketika kriteria KHGT terpenuhi, data tersebut memperkuat kepercayaan terhadap kriteria. Jika hilal tidak terlihat di suatu lokasi, hal itu tidak otomatis membatalkan kalender karena kegagalan lokal dapat disebabkan oleh atmosfer, awan, kabut, horizon tertutup, alat kurang memadai, atau pengamat tidak berhasil menemukan posisi hilal. Sebaliknya, jika dalam jangka panjang terdapat pola kegagalan luas pada kondisi yang seharusnya mendukung, data tersebut menjadi bahan evaluasi ilmiah.

Dengan demikian, validasi observasional memiliki fungsi evaluatif, bukan fungsi pembatal langsung. Ini penting untuk menjaga stabilitas kalender global. KHGT tidak boleh berubah-ubah oleh cuaca lokal, tetapi juga tidak boleh menutup mata terhadap data lapangan.

Model ini menempatkan rukyat secara proporsional. Rukyat tetap penting, tetapi tidak lagi menjadi sumber fragmentasi kalender. Ia menjadi sumber data untuk memperkuat dan menguji sistem.

## B. Jaringan Rukyat Global sebagai Infrastruktur Ilmiah

Validasi KHGT membutuhkan jaringan rukyat global. Jaringan ini dapat terdiri atas observatorium, lembaga falak, perguruan tinggi, komunitas astronomi amatir, organisasi keagamaan, dan pengamat terlatih di berbagai negara. Semakin luas jaringan pengamatan, semakin kaya data yang diperoleh.

Jaringan rukyat global penting karena visibilitas hilal sangat dipengaruhi lokasi. Wilayah barat biasanya memiliki peluang lebih baik daripada wilayah timur pada tanggal yang sama karena Bulan semakin menjauh dari Matahari seiring waktu. Lintang, musim, elevasi, dan kondisi atmosfer juga berbeda-beda. Dengan jaringan global, data hilal dapat dikumpulkan dari berbagai geografi, bukan hanya dari satu wilayah.

ICOP memberikan contoh penting tentang pengumpulan data hilal lintas negara. Odeh menggunakan data ICOP sebagai bagian penting dari 737 observasi yang menjadi dasar kriteria visibilitasnya. Ini menunjukkan bahwa basis data global jauh lebih kuat daripada laporan lokal terpisah.

KHGT memerlukan jaringan serupa, tetapi dengan tujuan yang lebih spesifik: memvalidasi kalender global 5°–8°. Observasi dilakukan bukan untuk membuat kalender berbeda-beda, tetapi untuk mengumpulkan bukti empiris yang dapat memperkuat sistem global.

## C. Standar Metadata Observasi

Data observasi hanya bernilai ilmiah jika metadata-nya lengkap. Laporan yang hanya berbunyi “hilal terlihat” atau “hilal tidak terlihat” sulit dianalisis. Untuk kepentingan KHGT, setiap laporan observasi harus mencantumkan informasi yang memungkinkan peneliti menghitung ulang dan mengevaluasi kondisi pengamatan.

Metadata minimal yang perlu dicatat meliputi:

1. nama pengamat atau tim pengamat;
2. pengalaman pengamat;
3. lokasi pengamatan;
4. lintang, bujur, dan elevasi;
5. tanggal dan waktu pengamatan;
6. zona waktu;
7. kondisi horizon barat;
8. kondisi atmosfer;
9. jenis alat yang digunakan;
10. metode pencarian;
11. hasil pengamatan;
12. dokumentasi foto atau video jika ada;
13. tinggi toposentris Bulan;
14. elongasi;
15. ARCV;
16. DAZ;
17. crescent width;
18. lag Bulan;
19. umur Bulan;
20. catatan gangguan lapangan.

Metadata seperti ini membuat laporan dapat diuji. Jika hilal diklaim terlihat, peneliti dapat memeriksa apakah posisi, waktu, dan bentuk sabit sesuai dengan perhitungan. Jika hilal tidak terlihat, peneliti dapat menganalisis apakah penyebabnya atmosfer, horizon, alat, atau parameter astronomis.

Schaefer menekankan pentingnya pengalaman pengamat, kesiapan observasi, pelaporan, dan konsistensi laporan dengan perhitungan astronomis dalam menilai laporan hilal muda. Prinsip ini harus menjadi dasar validasi observasional KHGT.

## D. Data Positif: Ketika Hilal Terlihat

Data positif adalah laporan bahwa hilal berhasil terlihat. Data ini penting karena menunjukkan kondisi ketika konfigurasi Bulan–Matahari cukup mendukung visibilitas. Dalam konteks KHGT, data positif setelah kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  terpenuhi dapat menjadi bukti edukatif dan empiris bahwa kriteria tersebut tidak terlepas dari realitas pengamatan.

Namun data positif harus tetap diverifikasi. Tidak semua klaim terlihat dapat diterima begitu saja. Hilal muda sangat rawan salah identifikasi. Awan tipis, jejak pesawat, cahaya senja, atau ilusi visual dapat disangka sebagai hilal. Karena itu, laporan positif harus diperiksa berdasarkan posisi Bulan, arah sabit, waktu pengamatan, kesesuaian azimut, dan konsistensi dengan hisab.

Laporan positif yang kuat biasanya memiliki beberapa ciri: pengamat berpengalaman, posisi hilal sudah dihitung sebelumnya, arah pengamatan benar, waktu pengamatan sesuai, ada konfirmasi dari lebih dari satu pengamat, dan jika mungkin ada dokumentasi optik. Laporan seperti ini sangat berharga untuk database KHGT.

Data positif juga berguna untuk edukasi publik. Foto atau rekaman hilal yang berhasil terlihat pada kondisi kriteria terpenuhi dapat membantu masyarakat memahami bahwa angka  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  berhubungan dengan fenomena langit nyata.

## E. Data Negatif: Ketika Hilal Tidak Terlihat

Data negatif sering kurang dihargai dalam tradisi laporan hilal, padahal secara ilmiah sangat penting. Data negatif adalah laporan bahwa hilal tidak terlihat meskipun pengamatan dilakukan secara serius. Data ini membantu memetakan batas visibilitas dan menjelaskan kondisi ketika hilal gagal diamati.

Dalam validasi KHGT, data negatif harus dikumpulkan dengan standar yang sama seperti data positif. Gagal melihat hilal bukan berarti pengamatan gagal secara ilmiah. Jika dilakukan dengan metode baik, laporan negatif justru sangat bernilai.

Data negatif dapat menjawab beberapa pertanyaan:

1. apakah kegagalan terjadi karena cuaca;
2. apakah horizon tertutup;
3. apakah tinggi toposentris terlalu rendah;
4. apakah DAZ tidak menguntungkan;
5. apakah crescent width kecil;
6. apakah alat tidak memadai;
7. apakah waktu pengamatan tidak optimal;
8. apakah pengamat kurang berpengalaman.

Schaefer dan Odeh sama-sama menggunakan data keberhasilan dan kegagalan dalam kajian visibilitas. Schaefer memakai 294 observasi individual dan 1490 laporan Moonwatch untuk menguji algoritma visibilitas. Odeh menyusun kriterianya dari 737 observasi yang mencakup



berbagai kondisi pengamatan. Ini menunjukkan bahwa data negatif merupakan bagian penting dari ilmu visibilitas.

Dalam KHGT, data negatif tidak digunakan untuk membatalkan kalender secara langsung, tetapi untuk evaluasi jangka panjang. Jika pola negatif muncul secara luas dan konsisten pada kondisi tertentu, kriteria dapat dikaji ulang secara akademik.

## F. Dokumentasi Foto dan Video

Dokumentasi visual sangat penting dalam validasi observasional. Foto atau video hilal dapat memperkuat laporan, terutama jika dilengkapi metadata waktu, lokasi, alat, arah kamera, dan parameter astronomis. Namun dokumentasi visual juga harus diperlakukan hati-hati karena citra dapat dipengaruhi pemrosesan, noise, refleksi optik, atau artefak kamera.

Dalam protokol KHGT, dokumentasi visual sebaiknya mencakup:

1. foto mentah jika tersedia;
2. foto hasil pemrosesan dengan keterangan metode;
3. waktu pengambilan;
4. jenis kamera atau teleskop;
5. panjang fokus;
6. arah kamera;
7. medan pandang;
8. posisi Bulan yang dihitung;
9. pembanding objek langit jika ada;
10. pernyataan apakah hilal terlihat mata telanjang, optik, atau hanya pada citra.

Perbedaan antara terlihat mata telanjang, terlihat dengan alat, dan terlihat setelah pemrosesan citra harus dicatat jelas. Odeh membedakan batas pengamatan optik dan mata telanjang, yaitu  $6,4^\circ$  dan  $7,7^\circ$ . Perbedaan kategori ini penting agar data tidak dicampur secara keliru.

Dokumentasi visual dapat menjadi alat edukasi yang sangat kuat, tetapi hanya jika disertai standar ilmiah. Tanpa metadata, foto hilal sulit dipakai sebagai data riset.

## G. Klasifikasi Metode Pengamatan

Setiap laporan observasi harus mencantumkan metode pengamatan. Paling tidak, laporan perlu membedakan beberapa kategori:

1. terlihat dengan mata telanjang;
2. terlihat dengan binokular;
3. terlihat dengan teleskop;
4. terlihat pada kamera tanpa pemrosesan kuat;
5. terlihat setelah pemrosesan citra;
6. tidak terlihat meskipun dengan mata telanjang;
7. tidak terlihat meskipun dengan alat.

Klasifikasi ini penting karena setiap metode memiliki batas visibilitas berbeda. Pengamatan optik dapat mendeteksi hilal yang tidak tampak oleh mata telanjang. Pengamatan fotografis dapat menangkap sinyal yang belum tentu dikenali langsung oleh pengamat. Jika semua kategori dicampur, analisis menjadi bias.

Dalam pembelaan KHGT, perbedaan ini sangat penting. Elongasi  $8^\circ$  berada di atas batas mata telanjang  $7,7^\circ$  dan jauh di atas batas optik  $6,4^\circ$ . Karena itu, validasi harus dapat menunjukkan apakah pengamatan dilakukan dalam kategori mata telanjang atau alat.

Klasifikasi metode membantu menjaga integritas database. Data optik tetap penting, tetapi tidak boleh disamakan dengan data visual natural. Data fotografis juga penting, tetapi harus diberi kategori tersendiri.

## H. Validasi Konsistensi dengan Hisab

Setiap laporan observasi harus diuji konsistensinya dengan hisab. Uji konsistensi meliputi waktu, arah, tinggi, azimut, elongasi, bentuk sabit, dan posisi relatif terhadap Matahari. Jika laporan menyimpang jauh dari perhitungan, laporan perlu ditinjau ulang.

Hisab berfungsi sebagai alat validasi. Dalam laporan ekstrem, fungsi ini semakin penting. Schaefer menerima laporan Pierce dan Stamm karena detailnya konsisten dengan perhitungan astronomis dan didukung oleh pengalaman pengamat serta persiapan yang baik.

Dalam protokol KHGT, laporan positif harus melalui beberapa pertanyaan:

1. Apakah waktu pengamatan sesuai dengan peluang visibilitas?
2. Apakah arah pengamatan sesuai dengan azimut Bulan?
3. Apakah tinggi Bulan memungkinkan?
4. Apakah bentuk sabit sesuai dengan iluminasi?
5. Apakah posisi relatif terhadap Matahari benar?
6. Apakah ada konfirmasi pengamat lain?
7. Apakah dokumentasi mendukung?
8. Apakah kondisi atmosfer memungkinkan?

Laporan yang lolos uji konsistensi dapat masuk database utama. Laporan yang tidak lengkap dapat masuk database sekunder dengan status “perlu verifikasi”. Laporan yang bertentangan dengan hisab dasar harus ditolak atau diberi catatan khusus.

## I. Database Observasi KHGT

Validasi observasional membutuhkan database. Database ini harus menyimpan semua laporan positif dan negatif, lengkap dengan metadata. Tanpa database, observasi hanya menjadi catatan terpisah yang sulit dianalisis.

Database KHGT idealnya memiliki beberapa fitur:

1. penyimpanan laporan observasi;
2. unggahan foto dan video;
3. perhitungan otomatis parameter hisab lokal;
4. klasifikasi metode pengamatan;
5. status verifikasi;
6. peta lokasi pengamatan;
7. pencarian berdasarkan tanggal, lokasi, atau parameter;
8. ekspor data untuk penelitian;
9. ringkasan statistik;
10. integrasi dengan laporan kalender resmi.

Database seperti ini akan memungkinkan evaluasi jangka panjang. Peneliti dapat melihat berapa kali hilal terlihat ketika kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  terpenuhi, berapa kali gagal terlihat, dalam kondisi apa kegagalan terjadi, dan wilayah mana yang paling sering berhasil mengamati.

Dalam jangka panjang, database ini dapat menjadi kontribusi besar KHGT bagi ilmu visibilitas hilal dunia.

## J. Evaluasi Tahunan dan Laporan Ilmiah

Validasi observasional sebaiknya tidak berhenti pada pengumpulan data. Setiap tahun, data perlu dianalisis dan diterbitkan dalam laporan ilmiah. Laporan tahunan dapat memuat:

1. jumlah observasi;
2. jumlah laporan positif dan negatif;
3. distribusi lokasi;
4. distribusi metode pengamatan;
5. hubungan hasil dengan kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ ;
6. kasus-kasus ekstrem;
7. kualitas metadata;
8. evaluasi peta visibilitas;
9. rekomendasi perbaikan protokol;
10. agenda observasi tahun berikutnya.

Laporan tahunan ini akan membuat KHGT tetap terbuka dan ilmiah. Kritik dapat dijawab dengan data. Perbaikan dapat dilakukan berdasarkan bukti. Komunitas pengamat juga merasa dilibatkan karena data mereka masuk dalam evaluasi resmi.

Tradisi laporan ilmiah semacam ini sangat penting untuk membangun kepercayaan. KHGT tidak hanya menetapkan kalender, tetapi juga mengembangkan ilmu falak berbasis data.

## K. Validasi Observasional sebagai Penguat Legitimasi KHGT

Validasi observasional memperkuat legitimasi KHGT dalam tiga lapis.

Pertama, legitimasi ilmiah. Data observasi menunjukkan bahwa kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  terus diuji terhadap realitas lapangan.

Kedua, legitimasi sosial. Masyarakat melihat bahwa KHGT tidak menghapus rukyat, tetapi menempatkannya dalam sistem ilmiah yang lebih tertata.

Ketiga, legitimasi edukatif. Observasi membantu masyarakat memahami hilal, tinggi, elongasi, atmosfer, dan perbedaan antara kalender global dan visibilitas lokal.

Dengan validasi observasional, KHGT tidak tampil sebagai sistem hisab tertutup. Ia tampil sebagai sistem kalender global yang tetap menatap langit, mengumpulkan data, dan membuka diri terhadap evaluasi.

## L. Transisi ke Strategi Sosialisasi dan Edukasi Publik

Subbab ini telah menjelaskan bahwa validasi observasional merupakan bagian penting implementasi KHGT. Hisab geosentris menetapkan kalender, sedangkan rukyat toposentris memvalidasi, mendokumentasikan, dan memperkaya basis ilmiah. Validasi membutuhkan jaringan rukyat global, metadata lengkap, pengumpulan data positif dan negatif, dokumentasi visual, klasifikasi metode, uji konsistensi hisab, database observasi, dan laporan evaluasi tahunan.

Namun validasi ilmiah saja belum cukup. KHGT juga harus dipahami oleh publik. Tanpa edukasi, istilah geosentris, toposentris, tinggi  $5^{\circ}$ , elongasi  $8^{\circ}$ , dan fungsi rukyat validatif dapat disalahpahami. Karena itu, subbab berikutnya akan membahas **strategi sosialisasi dan edukasi publik KHGT**, agar kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dapat diterima bukan hanya oleh pakar, tetapi juga oleh masyarakat luas.

## 7.4 Strategi Sosialisasi dan Edukasi Publik KHGT

Implementasi Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) tidak hanya membutuhkan dasar astronomis dan perangkat hisab yang kuat, tetapi juga membutuhkan **strategi sosialisasi dan edukasi publik** yang matang. Kriteria **tinggi hilal geosentris  $5^{\circ}$**  dan **elongasi geosentris  $8^{\circ}$**  mungkin jelas bagi ahli falak dan astronom, tetapi belum tentu langsung dipahami oleh masyarakat luas. Tanpa edukasi yang baik, kriteria tersebut dapat disalahpahami sebagai angka teknis yang jauh dari pengalaman keagamaan umat. Sebaliknya, dengan edukasi yang tepat, masyarakat dapat memahami bahwa KHGT bukan upaya menghapus hilal atau meniadakan rukyat, melainkan usaha menyusun kalender global yang tetap berbasis data visibilitas hilal.

Sosialisasi KHGT harus menjawab beberapa pertanyaan publik yang wajar. Mengapa kalender Hijriah perlu disatukan? Mengapa tidak cukup memakai rukyat lokal? Mengapa angka  $5^{\circ}$  dan  $8^{\circ}$  dipilih? Apa arti geosentris? Apakah hilal pasti terlihat jika kriteria terpenuhi? Mengapa rukyat tetap dilakukan jika kalender sudah dihitung? Mengapa kegagalan melihat hilal di suatu tempat

tidak otomatis membatalkan kalender global? Pertanyaan-pertanyaan ini harus dijawab dengan bahasa yang jelas, bertahap, dan tidak defensif.

Dalam konteks edukasi, KHGT perlu dijelaskan sebagai sistem yang menggabungkan tiga unsur: **data observasi**, **hisab astronomis**, dan **kemaslahatan kalender global**. Data observasi memberi dasar empiris bahwa hilal memiliki batas visibilitas. Hisab astronomis memberi kemampuan menghitung posisi Bulan dan Matahari secara presisi. Kemaslahatan kalender global memberi alasan sosial-keagamaan mengapa kalender perlu bersifat prediktif dan seragam. Tanpa menghubungkan ketiga unsur ini, publik dapat melihat KHGT hanya sebagai proyek teknis, padahal ia adalah ikhtiar ilmiah dan sosial untuk membangun tertib waktu umat.

## A. Mengubah Bahasa Teknis menjadi Bahasa Publik

Tantangan pertama sosialisasi KHGT adalah menerjemahkan bahasa teknis menjadi bahasa publik. Istilah seperti geosentris, toposentris, elongasi, tinggi hilal, Limit Danjon, ARCV, DAZ, dan crescent width tidak dapat langsung disampaikan kepada masyarakat tanpa penjelasan. Jika istilah teknis dibiarkan tanpa jembatan, publik mudah merasa bahwa kalender global terlalu rumit atau terlalu jauh dari praktik ibadah.

Strategi yang lebih baik adalah memakai analogi dan penjelasan bertahap. **Elongasi** dapat dijelaskan sebagai “jarak sudut Bulan dari Matahari”. Semakin dekat Bulan dengan Matahari, sabitnya semakin tipis dan semakin sulit terlihat. Semakin jauh Bulan dari Matahari, sabitnya lebih berkembang. Dengan demikian, elongasi  $8^\circ$  dapat dijelaskan sebagai batas agar sabit tidak terlalu tipis.

**Tinggi hilal** dapat dijelaskan sebagai “seberapa jauh Bulan dari ufuk”. Bulan yang terlalu rendah sulit terlihat karena dekat kabut horizon, cahaya senja, dan penghalang seperti awan, bukit, atau bangunan. Dengan demikian, tinggi  $5^\circ$  dapat dijelaskan sebagai batas agar Bulan tidak terlalu rendah.

**Geosentris** dapat dijelaskan sebagai “acuan hitungan dari pusat Bumi agar kalender global memakai ukuran yang sama”. **Toposentris** dapat dijelaskan sebagai “acuan hitungan dari tempat pengamat untuk keperluan rukyat lokal”. Penjelasan ini membantu publik memahami bahwa keduanya tidak bertentangan. Geosentris dipakai untuk kalender global; toposentris dipakai untuk observasi lokal.

Dengan bahasa seperti ini, konsep KHGT menjadi lebih mudah diterima. Publik tidak harus memahami seluruh matematika astronomi, tetapi perlu memahami logika dasarnya.

## B. Pesan Kunci: KHGT Tidak Menghapus Rukyat

Salah satu pesan paling penting dalam sosialisasi KHGT adalah bahwa **KHGT tidak menghapus rukyat**. Kekhawatiran bahwa kalender global berbasis hisab akan meniadakan rukyat perlu dijawab secara hati-hati. Rukyat tetap penting, tetapi fungsinya ditata ulang.

Dalam KHGT, rukyat berfungsi sebagai:

1. validasi empiris terhadap kalender;
2. dokumentasi ilmiah visibilitas hilal;
3. pendidikan astronomi bagi masyarakat;
4. pengumpulan data positif dan negatif;
5. evaluasi jangka panjang terhadap kriteria.

Dengan fungsi seperti ini, rukyat tidak direndahkan. Justru rukyat menjadi lebih ilmiah karena laporan harus disertai metadata, koordinat, waktu, alat, kondisi langit, tinggi toposentris, elongasi, ARCV, DAZ, dan dokumentasi visual. Schaefer menekankan bahwa laporan hilal muda perlu dinilai berdasarkan pengalaman pengamat, persiapan observasi, pelaporan, serta konsistensi dengan perhitungan astronomis. Prinsip ini menunjukkan bahwa rukyat modern harus berjalan bersama hisab, bukan terpisah darinya.

Pesan publiknya dapat dirumuskan sederhana: **KHGT menetapkan kalender dengan hisab global, tetapi tetap memelihara rukyat sebagai observasi ilmiah dan edukasi umat.** Dengan pesan ini, masyarakat tidak melihat KHGT sebagai penghapusan tradisi, tetapi sebagai peningkatan kualitas tradisi observasi.

## C. Menjelaskan Angka 8° secara Komunikatif

Angka 8° perlu dijelaskan dengan narasi yang mudah dipahami. Publik perlu mengetahui bahwa angka ini bukan angka acak. Ia berada di atas dua batas penting dalam rekam observasi modern: sekitar 6,4° untuk pengamatan dengan bantuan optik dan sekitar 7,7° untuk pengamatan mata telanjang. Odeh menyebut minimum elongasi hilal yang terlihat dengan bantuan optik sebesar 6,4° dan minimum elongasi hilal yang terlihat dengan mata telanjang sebesar 7,7°.

Penjelasan publik dapat dibuat seperti ini: hilal yang sangat tipis pernah dideteksi dengan alat pada elongasi sekitar 6,4°. Hilal yang sangat ekstrem pernah terlihat mata telanjang sekitar 7,7°. Kalender global tidak sebaiknya memakai batas ekstrem persis, karena batas itu hanya terjadi dalam kondisi sangat baik. Maka angka 8° dipilih sebagai batas aman yang sedikit di atas rekor mata telanjang dan cukup jauh di atas batas optik.

Narasi ini kuat karena menunjukkan tiga hal. Pertama, 8° berbasis data observasi. Kedua, 8° tidak terlalu rendah karena berada di atas batas ekstrem. Ketiga, 8° tidak terlalu tinggi karena masih sangat dekat dengan batas mata telanjang. Dengan demikian, publik dapat melihat 8° sebagai angka yang seimbang.

Dalam materi edukasi, elongasi 8° dapat divisualisasikan dengan gambar posisi Bulan dan Matahari. Semakin kecil elongasi, sabit digambar sangat tipis. Pada elongasi lebih besar, sabit digambar lebih lebar. Visualisasi seperti ini akan lebih efektif daripada hanya menjelaskan angka.

## D. Menjelaskan Angka $5^\circ$ secara Komunikatif

Angka  $5^\circ$  juga harus dijelaskan dengan bahasa publik. Penjelasan paling mudah adalah bahwa hilal yang terlalu dekat dengan ufuk sangat sulit terlihat. Dekat ufuk, langit masih terang, kabut dan awan rendah sering mengganggu, cahaya Bulan melewati atmosfer yang lebih tebal, dan horizon bisa tertutup bangunan atau gunung. Karena itu, kalender global tidak cukup hanya mensyaratkan Bulan sudah berada sedikit di atas ufuk.

Tinggi  $5^\circ$  dapat dijelaskan sebagai batas agar Bulan tidak terlalu rendah. Dalam bahasa sederhana: **Bulan tidak cukup hanya ada; ia harus cukup tinggi.** Kalimat ini mudah dipahami dan sangat penting dalam edukasi KHGT.

Dokumen dasar buku ini menjelaskan bahwa tinggi hilal toposentris dipengaruhi oleh lokasi geografis, ketinggian tempat, kelengkungan Bumi, dan refraksi atmosfer. Penjelasan ini dapat disederhanakan kepada publik: tinggi hilal yang dilihat pengamat bergantung pada tempat dan kondisi langit, sedangkan KHGT memakai tinggi geosentris agar kalender global memiliki acuan yang sama.

Dalam materi visual, tinggi  $5^\circ$  dapat digambarkan sebagai jarak Bulan dari garis ufuk. Gambar dapat membandingkan Bulan yang hanya  $1^\circ$  di atas ufuk dan Bulan  $5^\circ$  di atas ufuk. Dengan visualisasi seperti ini, publik mudah memahami mengapa  $5^\circ$  lebih masuk akal daripada sekadar “Bulan sudah di atas ufuk”.

## E. Menjelaskan Geosentris dan Toposentris tanpa Membingungkan

Geosentris dan toposentris sering menjadi istilah yang sulit bagi masyarakat. Namun keduanya dapat dijelaskan dengan kalimat sederhana.

**Geosentris:** hitungan dari pusat Bumi, dipakai agar kalender global memakai acuan yang sama.

**Toposentris:** hitungan dari tempat pengamat, dipakai untuk mengetahui apakah hilal mungkin terlihat dari lokasi tertentu.

Penjelasan ini harus selalu diulang dalam sosialisasi KHGT. Publik perlu memahami bahwa geosentris bukan berarti mengabaikan pengamat. Geosentris hanya dipakai untuk keputusan kalender global. Ketika observasi dilakukan, pengamat tetap memakai data toposentris: tinggi lokal, azimut lokal, kondisi horizon, dan sebagainya.

Kesalahpahaman sering muncul ketika orang menganggap satu sistem harus menggantikan sistem lain. Padahal dalam KHGT, keduanya saling melengkapi. Geosentris memberi kalender; toposentris memberi validasi lapangan. Geosentris memberi stabilitas; toposentris memberi data observasi.



Dengan penjelasan seperti ini, publik dapat memahami bahwa KHGT bukan memilih antara hisab dan rukyat, tetapi menempatkan masing-masing pada fungsi yang tepat.

## F. Menjelaskan Mengapa Kegagalan Rukyat Lokal Tidak Membatalkan Kalender Global

Salah satu isu penting dalam sosialisasi KHGT adalah kegagalan rukyat lokal. Ketika kalender global menetapkan awal bulan, bisa saja di suatu lokasi hilal tidak terlihat. Publik mungkin bertanya: jika hilal tidak terlihat, mengapa kalender tetap berjalan?

Jawabannya harus dijelaskan dengan hati-hati. Hilal tidak terlihat di satu lokasi dapat disebabkan oleh banyak faktor: awan, kabut, polusi, horizon tertutup, kelembapan tinggi, alat kurang memadai, waktu pengamatan kurang tepat, atau posisi lokal yang memang tidak menguntungkan. Karena itu, kegagalan lokal tidak otomatis berarti konfigurasi global belum memenuhi kriteria.

Dalam KHGT, kalender ditetapkan berdasarkan kriteria global. Rukyat lokal dipakai untuk validasi dan edukasi. Jika hilal tidak terlihat, laporan itu tetap penting sebagai data negatif. Data negatif dapat dianalisis dan dimasukkan ke database. Namun ia tidak langsung membatalkan kalender karena kalender global tidak boleh bergantung pada cuaca dan horizon lokal.

Penjelasan publik dapat dibuat demikian: **tidak terlihat di satu tempat bukan berarti hilal tidak memiliki dasar astronomis secara global; bisa jadi tempat itu tidak mendukung observasi.** Kalimat ini membantu masyarakat membedakan antara visibilitas lokal dan kriteria kalender global.

## G. Segmentasi Audiens Sosialisasi

Sosialisasi KHGT tidak dapat memakai satu format untuk semua orang. Audiens berbeda membutuhkan kedalaman berbeda. Setidaknya ada lima kelompok audiens utama.

Pertama, **masyarakat umum.** Mereka membutuhkan penjelasan sederhana, visual, dan praktis. Fokusnya: mengapa kalender perlu disatukan, apa arti  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ , dan mengapa rukyat tetap penting.

Kedua, **tokoh agama dan mubalig.** Mereka membutuhkan narasi yang menghubungkan hisab, rukyat, kemaslahatan, dan dalil umum tentang keteraturan waktu. Mereka juga perlu bahan ceramah dan tanya jawab.

Ketiga, **guru, dosen, dan pendidik.** Mereka membutuhkan modul pembelajaran, simulasi astronomi, diagram, dan aktivitas observasi.

Keempat, **pengamat hilal dan praktisi falak.** Mereka membutuhkan standar teknis, protokol observasi, format metadata, dan perangkat hisab.

Kelima, **pengambil kebijakan.** Mereka membutuhkan ringkasan akademik, manfaat sosial, dampak administrasi, dan strategi implementasi bertahap.

Dengan segmentasi ini, materi KHGT dapat disesuaikan. Kesalahan umum dalam sosialisasi adalah memberi materi terlalu teknis kepada masyarakat umum atau terlalu sederhana kepada pakar. Segmentasi menghindari masalah tersebut.

## H. Media Sosialisasi KHGT

Sosialisasi KHGT perlu menggunakan berbagai media. Buku akademik penting, tetapi tidak cukup. KHGT membutuhkan ekosistem komunikasi yang luas.

Media yang dapat digunakan antara lain:

1. buku populer;
2. modul pelatihan;
3. infografik;
4. video animasi;
5. simulasi posisi Bulan–Matahari;
6. aplikasi hisab;
7. peta visibilitas interaktif;
8. webinar;
9. khutbah dan ceramah tematik;
10. artikel populer;
11. konten media sosial;
12. pelatihan pengamat hilal;
13. laporan tahunan observasi.

Setiap media harus memiliki pesan yang konsisten. Misalnya, infografik dapat menjelaskan  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  secara visual. Video animasi dapat menunjukkan pergerakan Bulan setelah konjungsi. Aplikasi hisab dapat menampilkan nilai tinggi dan elongasi. Laporan observasi dapat memperlihatkan foto hilal dan data lapangan.

Dengan berbagai media, KHGT tidak hanya menjadi wacana akademik, tetapi masuk ke ruang edukasi publik.

## I. Menyusun Narasi Kemaslahatan

Sosialisasi KHGT harus menonjolkan narasi kemaslahatan. Masyarakat perlu melihat manfaat nyata kalender global, bukan hanya perdebatan angka.

Narasi kemaslahatan dapat mencakup:

1. kalender lebih pasti dan dapat direncanakan;
2. umat dapat lebih seragam dalam ibadah kolektif;
3. jadwal pendidikan dan administrasi lebih tertib;
4. perjalanan dan agenda internasional lebih mudah;
5. rukyat menjadi lebih ilmiah dan terdokumentasi;
6. literasi astronomi umat meningkat;

7. perbedaan awal bulan dapat dikurangi;
8. kalender Hijriah menjadi lebih berfungsi dalam kehidupan modern.

Namun narasi kemaslahatan harus selalu dikaitkan dengan dasar ilmiah. Jangan memberi kesan bahwa KHGT dipilih hanya demi kemudahan. KHGT dipilih karena kemudahan itu didukung oleh kriteria astronomis yang rasional:  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ .

Dengan menggabungkan kemaslahatan dan dasar ilmiah, sosialisasi KHGT akan lebih kuat.

## J. Menyiapkan Jawaban atas Keberatan Publik

Sosialisasi KHGT harus menyiapkan jawaban atas keberatan yang sering muncul. Beberapa keberatan yang mungkin muncul antara lain:

### **Keberatan 1: Mengapa tidak rukyat saja seperti biasa?**

Jawaban: Rukyat tetap dilakukan, tetapi kalender global membutuhkan kepastian dan keseragaman. Rukyat menjadi data validasi agar kalender tetap terhubung dengan observasi.

### **Keberatan 2: Jika hilal tidak terlihat di tempat saya, mengapa awal bulan tetap masuk?**

Jawaban: Tidak terlihat di satu tempat bisa disebabkan cuaca, horizon, atau kondisi lokal. KHGT memakai kriteria global, sedangkan rukyat lokal menjadi data evaluasi.

### **Keberatan 3: Mengapa memakai $8^{\circ}$ ?**

Jawaban: Karena  $8^{\circ}$  berada di atas batas optik  $6,4^{\circ}$  dan batas mata telanjang  $7,7^{\circ}$ , sehingga memiliki margin dari limit ekstrem.

### **Keberatan 4: Mengapa memakai $5^{\circ}$ ?**

Jawaban: Karena Bulan yang terlalu rendah sangat sulit terlihat akibat atmosfer, cahaya senja, dan horizon. Angka  $5^{\circ}$  memberi buffer agar Bulan tidak terlalu rendah.

### **Keberatan 5: Mengapa geosentris?**

Jawaban: Karena kalender global membutuhkan acuan yang sama untuk seluruh dunia. Toposentris tetap dipakai untuk observasi lokal.

Jawaban seperti ini harus disiapkan dalam bentuk FAQ, buku saku, video pendek, dan materi pelatihan.

## K. Sosialisasi sebagai Proses Jangka Panjang

Sosialisasi KHGT tidak dapat dilakukan sekali lalu selesai. Perubahan paradigma kalender membutuhkan waktu. Masyarakat perlu melihat konsistensi data, mendengar penjelasan berulang, mengikuti simulasi, dan menyaksikan observasi hilal yang terdokumentasi.

Karena itu, sosialisasi harus dirancang sebagai proses jangka panjang. Setiap awal Ramadan, Syawal, dan Zulhijah dapat dijadikan momentum edukasi. Setiap laporan observasi dapat dijadikan bahan belajar. Setiap kasus perbedaan kalender dapat dijelaskan dengan pendekatan ilmiah.

Strategi jangka panjang dapat mencakup:

1. publikasi kalender KHGT tahunan;
2. laporan hisab dan observasi setiap awal bulan penting;
3. pelatihan rutin pengamat hilal;
4. kurikulum falak di sekolah dan perguruan tinggi;
5. forum dialog ulama-astronom;
6. database publik observasi hilal;
7. aplikasi edukasi KHGT;
8. kolaborasi internasional.

Dengan proses jangka panjang, KHGT dapat diterima secara bertahap. Penerimaan yang matang lebih kuat daripada penerimaan yang dipaksakan.

## L. Transisi ke Agenda Riset Lanjutan

Subbab ini telah menjelaskan bahwa implementasi KHGT membutuhkan strategi sosialisasi dan edukasi publik yang sistematis. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  harus dijelaskan dengan bahasa yang mudah dipahami, tanpa menghilangkan ketepatan ilmiahnya. Publik perlu memahami bahwa elongasi  $8^{\circ}$  berkaitan dengan perkembangan sabit, tinggi  $5^{\circ}$  berkaitan dengan horizon, geosentris dipakai untuk kalender global, toposentris dipakai untuk rukyat lokal, dan rukyat tetap penting sebagai validasi ilmiah.

Namun edukasi publik harus terus didukung oleh riset. KHGT memerlukan data observasi baru, evaluasi model, pengembangan perangkat lunak, peta visibilitas, dan studi penerimaan sosial. Karena itu, subbab berikutnya akan membahas **agenda riset lanjutan KHGT**, yaitu penelitian-penelitian yang perlu dilakukan agar kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  terus dapat diuji, diperkuat, dan dikembangkan secara ilmiah.

## 7.5 Agenda Riset Lanjutan KHGT

Implementasi Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) dengan kriteria **tinggi hilal geosentris  $5^{\circ}$**  dan **elongasi geosentris  $8^{\circ}$**  tidak boleh dipahami sebagai akhir dari riset visibilitas hilal. Sebaliknya, implementasi KHGT justru harus menjadi awal dari agenda riset yang lebih sistematis, terbuka, dan berkelanjutan. Kalender global membutuhkan stabilitas, tetapi stabilitas itu harus terus dikawal oleh data baru, evaluasi model, peningkatan perangkat hisab, serta penguatan literasi publik.

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  telah dibela dalam bab-bab sebelumnya sebagai sintesis antara data observasi modern, teori visibilitas hilal, dan kebutuhan kalender global. Elongasi  $8^{\circ}$  berada di atas batas optik  $6,4^{\circ}$  dan batas mata telanjang  $7,7^{\circ}$  sebagaimana dirumuskan dalam analisis Odeh. Tinggi  $5^{\circ}$

berfungsi sebagai buffer terhadap horizon, atmosfer rendah, cahaya senja, dan gangguan lokal. Namun sains kalender tidak berhenti pada pembelaan kriteria. Ia harus terus menguji apakah kriteria tersebut bekerja secara konsisten dalam jangka panjang.

Agenda riset lanjutan KHGT perlu bergerak dalam beberapa arah: pengumpulan data observasi global, pengujian model visibilitas, standardisasi perangkat hisab, analisis kasus batas, riset atmosfer dan horizon, pengembangan database hilal, pemetaan visibilitas global, studi sosial penerimaan kalender, serta integrasi fikih-kalender dengan astronomi modern. Dengan agenda seperti ini, KHGT tidak menjadi sistem tertutup, tetapi menjadi proyek ilmiah dan peradaban yang terus berkembang.

## A. Riset Database Observasi Hilal Global

Agenda riset pertama dan paling mendasar adalah pembangunan **database observasi hilal global**. Data observasi merupakan fondasi utama untuk menguji kriteria kalender. Tanpa database yang kuat, pembelaan terhadap kriteria hanya bertumpu pada literatur yang sudah ada. Literatur tersebut sangat penting, tetapi KHGT membutuhkan data baru yang terus diperbarui.

Database global harus mencatat laporan hilal terlihat dan tidak terlihat dari berbagai wilayah dunia. Data positif dan data negatif sama-sama penting. Data positif menunjukkan kondisi ketika hilal berhasil diamati. Data negatif menunjukkan kondisi ketika hilal gagal diamati meskipun pengamatan dilakukan secara serius. Schaefer dan Odeh sama-sama menunjukkan pentingnya kumpulan data observasi dalam pengembangan kriteria visibilitas. Schaefer menggunakan 294 observasi individual dan 1490 Moonwatch, sedangkan Odeh menyusun kriterianya dari 737 observasi.

Database KHGT sebaiknya memuat metadata lengkap: lokasi, koordinat, elevasi, waktu, alat, pengalaman pengamat, kondisi atmosfer, kondisi horizon, tinggi toposentris, elongasi, ARCV, DAZ, crescent width, lag, umur Bulan, metode pengamatan, dan dokumentasi visual. Tanpa metadata, laporan sulit dianalisis ulang.

Riset database ini harus menjawab pertanyaan besar: **seberapa kuat kriteria 5°–8° didukung oleh data observasi lintas wilayah dan lintas musim?** Jika data menunjukkan dukungan kuat, legitimasi KHGT meningkat. Jika ditemukan pola anomali, data tersebut menjadi dasar evaluasi ilmiah.

## B. Riset Validasi Kriteria 5°–8° secara Empiris

Setelah database terkumpul, agenda berikutnya adalah validasi empiris kriteria 5°–8°. Validasi ini tidak cukup dilakukan secara naratif, tetapi perlu memakai analisis statistik dan pemodelan.

Beberapa pertanyaan riset yang perlu dijawab adalah:

1. Berapa persentase keberhasilan pengamatan ketika kriteria 5°–8° terpenuhi?
2. Dalam kondisi apa hilal gagal terlihat meskipun kriteria terpenuhi?

3. Apakah kegagalan lebih banyak disebabkan faktor atmosfer, horizon, alat, atau parameter geometri lokal?
4. Apakah kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  terlalu konservatif, terlalu permisif, atau proporsional?
5. Bagaimana performa  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dibanding kriteria Yallop, Odeh, SAAO, MABIMS, atau kriteria lokal lain?
6. Apakah tinggi  $5^{\circ}$  dan elongasi  $8^{\circ}$  tetap konsisten pada lintang tinggi, wilayah tropis, dan wilayah subtropis?
7. Bagaimana performa kriteria pada bulan-bulan dengan deklinasi Bulan ekstrem?

Riset ini penting karena KHGT harus dapat menunjukkan performa empirisnya. Pembelaan teoretis dan historis kuat, tetapi validasi data baru akan membuat argumen lebih kokoh. Jika kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  terbukti stabil dalam berbagai kondisi, maka ia semakin layak dijadikan dasar kalender global.

## C. Riset Perbandingan dengan Model Visibilitas Modern

KHGT memakai kriteria sederhana  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  sebagai kriteria kalender global. Namun model visibilitas modern seperti Odeh, Yallop, Schaefer, dan SAAO tetap penting untuk analisis lokal. Agenda riset berikutnya adalah membandingkan kriteria KHGT dengan model-model tersebut.

Odeh menggunakan topocentric ARCV dan topocentric crescent width sebagai dua variabel utama. Model ini lebih rinci untuk prediksi lokal. Yallop menggunakan parameter yang juga mempertimbangkan geometri Bulan–Matahari dan kemungkinan visibilitas. SAAO dan model lain memberikan batas-batas prediktif berdasarkan data observasi.

Riset perbandingan dapat dilakukan dengan membuat simulasi untuk banyak lunasi selama beberapa dekade. Setiap awal bulan dihitung menggunakan kriteria KHGT dan model visibilitas lokal. Hasilnya kemudian dibandingkan:

- kapan KHGT menetapkan awal bulan;
- wilayah mana yang diprediksi dapat melihat hilal;
- apakah KHGT terlalu cepat dibanding model lokal;
- apakah KHGT terlalu lambat dibanding potensi visibilitas;
- seberapa sering kriteria KHGT jatuh pada zona mudah, sedang, sulit, atau mustahil menurut model lain.

Riset ini akan membantu menjelaskan posisi KHGT. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  tidak harus identik dengan model lokal, tetapi perlu diketahui bagaimana ia berhubungan dengan model-model tersebut. Dengan demikian, KHGT dapat dijelaskan bukan sebagai pengganti model visibilitas lokal, melainkan sebagai ambang kalender global yang dapat didampingi peta visibilitas.

## D. Riset Kasus Batas

Kasus batas adalah kasus ketika tinggi atau elongasi sangat dekat dengan ambang  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ . Kasus seperti ini sangat penting karena dapat menentukan awal bulan. Riset kasus batas perlu dilakukan

secara khusus karena kesalahan kecil dalam definisi, ephemeris, waktu evaluasi, atau pembulatan dapat berdampak pada keputusan kalender.

Riset kasus batas dapat mencakup:

1. identifikasi semua awal bulan dalam rentang 50–100 tahun yang mendekati ambang  $5^\circ$  atau  $8^\circ$ ;
2. perhitungan ulang dengan beberapa ephemeris modern;
3. analisis sensitivitas terhadap sistem waktu;
4. analisis sensitivitas terhadap definisi pusat piringan;
5. analisis perbedaan geosentris dan toposentris;
6. perbandingan dengan hasil observasi;
7. penyusunan protokol keputusan untuk kasus ambang.

Riset ini akan membantu memperkuat tata kelola KHGT. Kalender global tidak boleh hanya kuat pada kasus mudah, tetapi juga harus memiliki prosedur jelas pada kasus sulit. Dengan riset kasus batas, KHGT dapat menghindari sengketa teknis yang seharusnya dapat diantisipasi.

## E. Riset Atmosfer, Aerosol, dan Horizon

Walaupun KHGT memakai kriteria geosentris, visibilitas hilal tetap dipengaruhi atmosfer dan horizon. Karena itu, riset atmosfer tetap penting sebagai bagian dari validasi observasional. Tinggi  $5^\circ$  dipilih sebagai buffer terhadap horizon, tetapi kondisi atmosfer lokal tetap dapat memengaruhi keberhasilan pengamatan.

Riset atmosfer dapat mencakup pengaruh aerosol, kelembapan, polusi, transparansi langit, ketinggian lokasi, suhu, tekanan udara, dan lapisan awan rendah terhadap visibilitas hilal. Schaefer menekankan bahwa visibilitas hilal dipengaruhi hamburan atmosfer dan fisiologi penglihatan. Maka, riset atmosfer adalah bagian tak terpisahkan dari ilmu visibilitas.

Riset horizon juga penting. Banyak lokasi rukyat memiliki horizon tidak ideal. Horizon dapat tertutup gunung, bangunan, pepohonan, kabut laut, atau awan rendah. Penelitian dapat mengukur profil horizon aktual menggunakan foto panorama, alat ukur sudut, GIS, atau pemodelan topografi.

Hasil riset atmosfer dan horizon tidak harus mengubah kriteria KHGT secara langsung. Namun ia membantu menjelaskan mengapa hilal terlihat atau tidak terlihat di lokasi tertentu. Riset ini memperkuat fungsi rukyat sebagai validasi ilmiah, bukan sekadar laporan kesaksian.

## F. Riset Optik, Kamera, dan Pemrosesan Citra Hilal

Kemajuan teknologi observasi membuka ruang riset baru. Hilal muda dapat diamati dengan binokular, teleskop, kamera digital, sensor CCD/CMOS, filter optik, dan teknik pemrosesan citra. Teknologi ini dapat memperluas batas deteksi hilal, tetapi juga menimbulkan pertanyaan klasifikasi data.



Odeh membedakan batas minimum elongasi untuk pengamatan optik dan mata telanjang:  $6,4^\circ$  untuk bantuan optik dan  $7,7^\circ$  untuk mata telanjang. Perbedaan ini menunjukkan bahwa metode observasi harus dicatat dengan jelas. Hilal yang terlihat dalam kamera setelah pemrosesan citra tidak boleh dicampur begitu saja dengan hilal yang terlihat mata telanjang.

Agenda riset ini dapat mencakup:

1. standar klasifikasi pengamatan mata telanjang, binokular, teleskop, kamera, dan citra olahan;
2. pengaruh panjang fokus dan aperture terhadap deteksi hilal;
3. perbandingan pengamatan visual dan digital;
4. validasi artefak citra;
5. standar dokumentasi foto hilal;
6. etika pemrosesan citra;
7. batas minimal sinyal yang dapat dianggap sebagai hilal.

Riset ini penting agar database KHGT tidak mencampur data dari metode berbeda tanpa klasifikasi. Teknologi harus dimanfaatkan, tetapi dengan standar ilmiah.

## G. Riset Fisiologi Penglihatan dan Kompetensi Pengamat

Visibilitas hilal tidak hanya ditentukan oleh benda langit dan atmosfer, tetapi juga oleh manusia yang mengamatinya. Schaefer memasukkan fisiologi penglihatan sebagai salah satu komponen kompleksitas visibilitas hilal. Karena itu, riset tentang kemampuan visual pengamat dan pelatihan rukyat juga penting.

Beberapa pertanyaan riset yang relevan adalah:

1. bagaimana pengalaman pengamat memengaruhi keberhasilan melihat hilal?
2. apakah pelatihan posisi Bulan meningkatkan peluang deteksi?
3. bagaimana usia, ketajaman mata, adaptasi cahaya, dan kelelahan memengaruhi observasi?
4. bagaimana perbedaan pengamatan individu dan tim?
5. bagaimana mengurangi bias harapan dalam rukyat?
6. bagaimana membuat standar sertifikasi pengamat hilal?

Schaefer menilai validitas laporan ekstrem dengan mempertimbangkan pengalaman pengamat, persiapan, dan konsistensi laporan dengan hisab. Prinsip ini dapat dikembangkan menjadi program pelatihan dan sertifikasi pengamat KHGT.

Riset ini akan meningkatkan kualitas data. Jika pengamat lebih terlatih, laporan rukyat lebih dapat dipercaya. Jika standar kompetensi jelas, validasi observasional KHGT menjadi lebih kuat.

## H. Riset Perangkat Lunak dan Audit Algoritma

KHGT membutuhkan perangkat lunak hisab yang akurat, transparan, dan dapat diaudit. Karena itu, riset perangkat lunak menjadi agenda penting. Perangkat lunak tidak hanya harus

menghasilkan tanggal kalender, tetapi juga harus mampu menjelaskan bagaimana hasil itu diperoleh.

Agenda riset perangkat lunak dapat meliputi:

1. pengembangan modul hisab geosentris  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ ;
2. validasi terhadap ephemeris modern;
3. perbandingan hasil antarperangkat;
4. audit algoritma;
5. sistem pelaporan otomatis;
6. integrasi peta visibilitas;
7. integrasi database observasi;
8. visualisasi posisi Bulan–Matahari;
9. dokumentasi kode dan metode;
10. standar pembulatan dan kasus batas.

Perangkat lunak KHGT idealnya memiliki mode publik dan mode audit. Mode publik menampilkan hasil ringkas. Mode audit menampilkan parameter teknis dan metode perhitungan. Dengan cara ini, perangkat lunak dapat digunakan oleh masyarakat umum sekaligus diperiksa oleh pakar.

Riset perangkat lunak juga penting untuk mencegah perbedaan implementasi. Jika kriteria sama tetapi perangkat berbeda menghasilkan hasil berbeda, kepercayaan publik dapat terganggu. Standar perangkat lunak membantu menjaga konsistensi.

## I. Riset Sosial tentang Penerimaan KHGT

KHGT tidak hanya persoalan astronomi. Ia juga persoalan penerimaan sosial. Karena itu, riset sosial perlu dilakukan. Kalender global akan berhasil jika masyarakat, ulama, lembaga falak, pemerintah, organisasi Islam, dan komunitas internasional memahami serta menerima logikanya.

Riset sosial dapat mencakup:

1. persepsi masyarakat terhadap hisab global;
2. keberatan terhadap perubahan fungsi rukyat;
3. pemahaman publik terhadap  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ ;
4. efektivitas media edukasi;
5. peran tokoh agama dalam sosialisasi;
6. perbedaan penerimaan antarwilayah;
7. strategi komunikasi risiko;
8. studi kebijakan kalender;
9. dampak kalender global terhadap administrasi;
10. dialog fikih dan astronomi.

Riset ini penting karena argumen ilmiah saja belum tentu cukup. Kriteria yang benar secara astronomis dapat gagal diterima jika komunikasinya buruk. Sebaliknya, komunikasi yang baik

dapat membantu masyarakat memahami bahwa KHGT bukan penghapusan rukyat, tetapi penataan kalender berbasis data.

Dengan riset sosial, implementasi KHGT dapat lebih realistis dan tidak terjebak pada pendekatan teknokratis.

## J. Riset Fikih Kalender dan Maqāṣid al-Syarī‘ah

Agenda riset KHGT juga harus mencakup fikih kalender. KHGT menyangkut ibadah dan kehidupan umat, sehingga argumentasi astronomis perlu berinteraksi dengan kajian fikih, uṣūl al-fiqh, dan maqāṣid al-syarī‘ah. Riset fikih dapat membahas bagaimana hisab global, rukyat validatif, kepastian kalender, dan penyatuan umat dapat diletakkan dalam kerangka hukum Islam.

Pertanyaan riset yang penting antara lain:

1. bagaimana memahami hilal sebagai tanda waktu dalam konteks hisab modern?
2. bagaimana kedudukan rukyat ketika hisab sudah mencapai presisi tinggi?
3. bagaimana konsep ittihad al-maṭālī’ dan ikhtilaf al-maṭālī’ dibaca dalam konteks kalender global?
4. bagaimana kemaslahatan penyatuan kalender dinilai dalam maqāṣid?
5. bagaimana otoritas kolektif menetapkan kalender global?
6. bagaimana transisi dari rukyat pemutus menuju rukyat validatif dijelaskan secara fikih?

Riset fikih ini penting agar KHGT tidak hanya kuat secara astronomis, tetapi juga memiliki dasar normatif yang dapat diterima. Kalender Islam bukan hanya produk sains, tetapi juga produk ijtihad kelembagaan.

## K. Riset Evaluasi Periodik Kriteria 5°–8°

Agenda riset terakhir adalah evaluasi periodik kriteria 5°–8°. Evaluasi ini tidak berarti kriteria harus sering berubah. Justru kalender membutuhkan stabilitas. Namun stabilitas yang sehat perlu disertai mekanisme evaluasi berkala.

Evaluasi dapat dilakukan setiap lima atau sepuluh tahun dengan meninjau:

1. jumlah data observasi baru;
2. keberhasilan dan kegagalan rukyat pada kondisi 5°–8°;
3. kasus ekstrem baru;
4. perkembangan teknologi observasi;
5. perbandingan dengan model visibilitas;
6. dampak sosial implementasi;
7. konsistensi perangkat hisab;
8. penerimaan kelembagaan;
9. rekomendasi perbaikan protokol;
10. apakah kriteria perlu dipertahankan atau disesuaikan.

Evaluasi harus berbasis data luas, bukan klaim individual. Prinsip ini sejalan dengan cara Odeh membangun kriteria dari ratusan observasi, bukan dari satu laporan ekstrem.

Dengan evaluasi periodik, KHGT tetap ilmiah, adaptif, dan bertanggung jawab. Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dapat dipertahankan sebagai standar operasional, sambil tetap membuka ruang perbaikan berdasarkan bukti.

## L. Transisi ke Penutup Bab dan Rekomendasi Implementasi

Subbab ini telah menunjukkan bahwa KHGT membutuhkan agenda riset lanjutan yang luas dan berkelanjutan. Agenda tersebut mencakup database observasi global, validasi empiris kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ , perbandingan model visibilitas, riset kasus batas, kajian atmosfer dan horizon, teknologi optik dan citra, fisiologi penglihatan, perangkat lunak hisab, penerimaan sosial, fikih kalender, serta evaluasi periodik.

Dengan agenda riset seperti ini, KHGT tidak menjadi sistem tertutup. Ia menjadi sistem kalender global yang stabil dalam implementasi, tetapi tetap terbuka terhadap pengujian ilmiah. Subbab berikutnya akan menjadi penutup Bab 7 dengan menyusun **rekomendasi implementasi KHGT**, yaitu langkah-langkah praktis agar kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dapat dijalankan secara bertahap, terukur, dan diterima secara luas.

## 7.6 Rekomendasi Implementasi KHGT $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$

Implementasi Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) dengan kriteria **tinggi hilal geosentris minimal  $5^{\circ}$**  dan **elongasi geosentris minimal  $8^{\circ}$**  memerlukan strategi bertahap, terukur, dan berbasis kelembagaan. Setelah dasar ilmiah kriteria dibangun melalui data observasi, teori visibilitas, pembedaan geosentris–toposentris, serta argumentasi kemaslahatan, langkah terakhir adalah merumuskan rekomendasi praktis agar KHGT tidak berhenti sebagai konsep akademik. Kalender global harus dapat dihitung, diaudit, disosialisasikan, divalidasi, dan diadopsi.

Rekomendasi implementasi perlu menggabungkan lima lapisan kerja. Pertama, **standardisasi hisab**, agar kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dihitung dengan definisi yang sama. Kedua, **validasi observasional**, agar KHGT tetap terhubung dengan data rukyat. Ketiga, **edukasi publik**, agar masyarakat memahami fungsi geosentris, toposentris, tinggi  $5^{\circ}$ , elongasi  $8^{\circ}$ , dan kedudukan rukyat. Keempat, **konsensus kelembagaan**, agar kalender memiliki otoritas sosial-keagamaan. Kelima, **agenda riset berkelanjutan**, agar kriteria terus diuji dan diperkuat oleh data baru.

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  memiliki fondasi ilmiah yang cukup kuat. Elongasi  $8^{\circ}$  berada di atas batas optik  $6,4^{\circ}$  dan batas mata telanjang  $7,7^{\circ}$  sebagaimana disebut dalam analisis Odeh. Tinggi  $5^{\circ}$  memberi buffer terhadap problem horizon, atmosfer rendah, refraksi, cahaya senja, dan variasi lokal. Namun fondasi ilmiah ini harus diterjemahkan menjadi prosedur operasional yang jelas. Tanpa prosedur, angka yang kuat dapat melemah dalam implementasi.

## A. Menetapkan Dokumen Standar KHGT

Rekomendasi pertama adalah penyusunan **dokumen standar KHGT**. Dokumen ini menjadi rujukan resmi bagi semua pihak yang akan menghitung, mengaudit, mengajarkan, dan menerapkan kalender. Dokumen standar harus menjelaskan definisi kriteria, prosedur hisab, sistem waktu, ephemeris, format laporan, serta hubungan hisab dan rukyat.

Dokumen standar minimal memuat:

1. definisi tinggi hilal geosentris;
2. definisi elongasi geosentris;
3. batas minimal tinggi  $5^\circ$ ;
4. batas minimal elongasi  $8^\circ$ ;
5. sumber data ephemeris;
6. sistem waktu yang digunakan;
7. waktu evaluasi kriteria;
8. aturan pusat piringan Bulan dan Matahari;
9. aturan pembulatan;
10. prosedur kasus batas;
11. format laporan resmi;
12. protokol observasi validatif;
13. mekanisme evaluasi periodik.

Dokumen ini penting untuk menghindari perbedaan implementasi. Jika setiap lembaga menghitung dengan definisi sendiri, KHGT akan kehilangan fungsi unifikatifnya. Kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  harus dilindungi dari ambiguitas teknis.

Dokumen standar juga perlu ditulis dalam dua versi: versi teknis untuk ahli falak dan astronom, serta versi ringkas untuk publik. Versi teknis memuat detail algoritmik. Versi publik memuat penjelasan konseptual dan manfaat kalender.

## B. Membangun Sistem Hisab Terbuka dan Teraudit

Rekomendasi kedua adalah membangun sistem hisab KHGT yang **terbuka dan teraudit**. Kalender global membutuhkan kepercayaan. Kepercayaan akan lebih kuat jika metode hisab dapat diperiksa oleh banyak pihak. Hisab tidak boleh menjadi kotak hitam yang hanya diketahui oleh segelintir operator.

Sistem hisab KHGT sebaiknya memiliki karakter berikut:

1. algoritma terdokumentasi;
2. ephemeris disebutkan secara eksplisit;
3. hasil dapat direplikasi;
4. nilai tinggi dan elongasi dipublikasikan;
5. kasus batas diberi catatan khusus;
6. perangkat lunak dapat diaudit;

7. laporan tersedia dalam format digital;
8. data historis dapat ditelusuri.

Keterbukaan ini tidak berarti semua pengguna harus memahami detail astronomi. Namun para pakar harus dapat menguji. Jika ada perbedaan hasil, sumber perbedaannya dapat dilacak: apakah berasal dari ephemeris, sistem waktu, pembulatan, atau definisi parameter.

Dengan sistem hisab terbuka, KHGT dapat memperoleh legitimasi ilmiah yang lebih kuat. Kalender tidak hanya diumumkan, tetapi juga dapat diverifikasi.

## C. Membentuk Jaringan Observasi Validatif

Rekomendasi ketiga adalah pembentukan **jaringan observasi validatif**. Rukyat dalam KHGT tidak dihapus, tetapi difungsikan sebagai validasi ilmiah. Karena itu, perlu ada jaringan pengamat yang bekerja secara sistematis di berbagai wilayah.

Jaringan ini dapat melibatkan:

1. observatorium;
2. perguruan tinggi;
3. lembaga falak;
4. komunitas astronomi amatir;
5. organisasi keagamaan;
6. sekolah dan madrasah tertentu;
7. pusat riset astronomi;
8. lembaga internasional yang bergerak dalam observasi hilal.

Jaringan observasi perlu memiliki protokol baku. Setiap laporan harus mencantumkan metadata lengkap: lokasi, koordinat, elevasi, waktu, alat, kondisi horizon, kondisi atmosfer, metode pengamatan, hasil pengamatan, dokumentasi visual, serta parameter toposentris seperti tinggi lokal, ARCV, DAZ, crescent width, dan lag. Schaefer menekankan pentingnya pengalaman pengamat, kesiapan observasi, dan konsistensi laporan dengan perhitungan dalam menilai laporan hilal muda.

Jaringan ini akan mengubah rukyat dari kesaksian terpisah menjadi database ilmiah. Dalam jangka panjang, data tersebut dapat memperkuat atau mengevaluasi KHGT.

## D. Membangun Database Hilal KHGT

Rekomendasi keempat adalah pembangunan **database hilal KHGT**. Database ini menjadi pusat penyimpanan data observasi positif dan negatif. Data positif adalah laporan hilal terlihat; data negatif adalah laporan hilal tidak terlihat meskipun pengamatan dilakukan dengan standar baik. Keduanya penting.

Database harus memungkinkan pencatatan:

1. tanggal lunasi;
2. lokasi pengamatan;
3. parameter astronomis;
4. kondisi atmosfer;
5. hasil pengamatan;
6. metode pengamatan;
7. dokumentasi foto/video;
8. status verifikasi;
9. catatan analisis;
10. relasi dengan kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ .

Database semacam ini penting karena kriteria kalender harus dievaluasi dengan akumulasi data, bukan laporan tunggal. Odeh membangun kriterianya dari 737 observasi, bukan dari satu atau dua laporan ekstrem. Prinsip ini perlu diterapkan dalam KHGT. Data harus dikumpulkan lintas waktu, lintas lokasi, dan lintas metode pengamatan.

Database juga dapat dibuka sebagian untuk publik. Misalnya, publik dapat melihat peta lokasi observasi, foto hilal, dan ringkasan hasil. Sementara data teknis detail dapat digunakan oleh peneliti untuk analisis lanjutan.

## E. Menyusun Laporan Tahunan KHGT

Rekomendasi kelima adalah penerbitan **laporan tahunan KHGT**. Laporan ini berfungsi sebagai dokumen pertanggungjawaban ilmiah dan publik. Setiap tahun, lembaga pengelola KHGT dapat menerbitkan ringkasan implementasi kalender, hasil hisab, hasil observasi, kasus batas, dan evaluasi.

Laporan tahunan dapat memuat:

1. daftar awal bulan selama satu tahun;
2. nilai tinggi dan elongasi geosentris;
3. status pemenuhan kriteria;
4. kasus yang dekat dengan ambang;
5. hasil observasi positif dan negatif;
6. peta visibilitas;
7. dokumentasi hilal;
8. evaluasi perangkat hisab;
9. kendala implementasi;
10. rekomendasi perbaikan.

Laporan tahunan akan menjaga KHGT tetap transparan. Kritik dapat dijawab dengan data. Pengamat merasa datanya dihargai. Publik melihat bahwa kalender tidak diputuskan secara tertutup.

Dalam jangka panjang, laporan tahunan juga menjadi sumber literatur ilmiah. Ia dapat dipakai untuk riset, pendidikan falak, dan evaluasi kelembagaan.



## F. Menyusun Materi Edukasi Bertingkat

Rekomendasi keenam adalah penyusunan **materi edukasi bertingkat**. KHGT tidak dapat disosialisasikan dengan satu jenis materi. Masyarakat umum, tokoh agama, guru, mahasiswa, praktisi falak, dan pengambil kebijakan membutuhkan kedalaman berbeda.

Materi edukasi dapat dibagi menjadi beberapa tingkat:

**Tingkat dasar** untuk masyarakat umum. Fokusnya adalah penjelasan sederhana tentang mengapa kalender perlu disatukan, apa arti tinggi  $5^\circ$ , apa arti elongasi  $8^\circ$ , dan mengapa rukyat tetap penting.

**Tingkat menengah** untuk guru, mahasiswa, mubalig, dan aktivis masjid. Fokusnya adalah konsep geosentris, toposentris, Limit Danjon, visibilitas hilal, serta hubungan hisab dan rukyat.

**Tingkat lanjut** untuk ahli falak, astronom, dan pengembang perangkat. Fokusnya adalah algoritma, ephemeris, model visibilitas, database, dan audit perangkat lunak.

Materi edukasi dapat berbentuk buku saku, infografik, video animasi, modul pelatihan, aplikasi interaktif, khutbah tematik, kuliah umum, dan webinar. Narasi utama harus konsisten: **KHGT memakai hisab global berbasis data observasi; rukyat tetap dilakukan sebagai validasi ilmiah.**

## G. Mengembangkan Perangkat Lunak KHGT

Rekomendasi ketujuh adalah pengembangan **perangkat lunak KHGT**. Kalender global modern membutuhkan perangkat digital yang akurat, mudah digunakan, dan dapat diaudit. Perangkat lunak harus dapat menghitung kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$ , menghasilkan laporan, membuat peta visibilitas, dan mengelola data observasi.

Fitur perangkat lunak ideal meliputi:

1. perhitungan konjungsi;
2. perhitungan tinggi hilal geosentris;
3. perhitungan elongasi geosentris;
4. status pemenuhan kriteria;
5. perhitungan parameter toposentris untuk lokasi observasi;
6. peta visibilitas;
7. ekspor laporan PDF;
8. database observasi;
9. unggah dokumentasi hilal;
10. mode audit teknis;
11. mode edukasi publik;
12. simulasi posisi Bulan–Matahari.

Perangkat lunak harus memiliki dokumentasi metode. Pengguna perlu tahu definisi parameter, ephemeris, sistem waktu, dan aturan pembulatan. Jika perangkat lunak dikembangkan secara terbuka atau semi-terbuka, kolaborasi ilmiah akan lebih mudah.

Perangkat lunak juga dapat menjadi media edukasi. Masyarakat dapat melihat bagaimana Bulan bergerak setelah konjungsi, bagaimana elongasi bertambah, dan mengapa tinggi  $5^\circ$  serta elongasi  $8^\circ$  menjadi penting.

## H. Melakukan Implementasi Bertahap

Rekomendasi kedelapan adalah implementasi bertahap. KHGT menyangkut perubahan paradigma, sehingga penerapan mendadak dapat menimbulkan resistensi. Strategi bertahap lebih realistis dan lebih sehat secara sosial.

Tahap pertama adalah **kajian dan publikasi ilmiah**. Pada tahap ini, kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$  dijelaskan melalui buku, artikel, seminar, dan dialog pakar.

Tahap kedua adalah **simulasi kalender**. Kalender KHGT dihitung untuk beberapa tahun ke depan dan dibandingkan dengan kalender yang berjalan.

Tahap ketiga adalah **validasi observasional**. Jaringan rukyat mengumpulkan data untuk melihat hubungan kriteria dengan realitas lapangan.

Tahap keempat adalah **sosialisasi kelembagaan**. Organisasi keagamaan, lembaga falak, pemerintah, dan institusi pendidikan diajak berdialog.

Tahap kelima adalah **adopsi terbatas**. Beberapa lembaga dapat mulai memakai KHGT sebagai rujukan internal atau kalender pendidikan.

Tahap keenam adalah **adopsi luas**. Setelah data, edukasi, dan konsensus cukup kuat, KHGT dapat diterapkan lebih formal.

Pendekatan bertahap memberi ruang koreksi. Kritik dapat dijawab dengan data. Publik dapat memahami sebelum diminta menerima.

## I. Membangun Forum Ulama–Astronom–Praktisi Falak

Rekomendasi kesembilan adalah pembentukan **forum ulama–astronom–praktisi falak**. KHGT tidak dapat hanya dibangun oleh astronom, dan tidak dapat hanya dibangun oleh ahli fikih. Kalender Hijriah berada di persimpangan ilmu langit, hukum Islam, kelembagaan, dan kemaslahatan sosial.

Forum ini dapat membahas:

1. dasar astronomis kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$ ;

2. kedudukan rukyat validatif;
3. konsep kalender global dalam fikih;
4. otoritas penetapan kalender;
5. strategi sosialisasi;
6. respons terhadap keberatan publik;
7. mekanisme evaluasi;
8. integrasi data observasi;
9. implementasi bertahap;
10. harmonisasi antarorganisasi.

Forum seperti ini penting untuk membangun rasa memiliki bersama. KHGT tidak boleh tampak sebagai proyek satu kelompok saja. Ia harus dibangun sebagai ikhtiar kolektif untuk tertib kalender umat.

Dalam forum tersebut, data ilmiah harus disajikan dengan jelas. Angka  $6,4^\circ$ ,  $7,7^\circ$ , dan  $8^\circ$  perlu dijelaskan. Problem horizon dan tinggi  $5^\circ$  perlu diterangkan. Perbedaan geosentris dan toposentris perlu dipahami. Dengan dialog lintas disiplin, penerimaan akan lebih kuat.

## J. Menetapkan Mekanisme Evaluasi Periodik

Rekomendasi kesepuluh adalah mekanisme evaluasi periodik. KHGT perlu stabil, tetapi juga harus terbuka terhadap data baru. Evaluasi tidak berarti kalender berubah setiap saat. Evaluasi berarti kriteria dan implementasi ditinjau secara berkala berdasarkan data yang cukup.

Evaluasi dapat dilakukan setiap lima tahun atau sepuluh tahun. Aspek yang dievaluasi meliputi:

1. performa kriteria  $5^\circ$ – $8^\circ$ ;
2. jumlah data observasi;
3. keberhasilan dan kegagalan rukyat;
4. kasus batas;
5. perbedaan hasil perangkat lunak;
6. kualitas database;
7. efektivitas sosialisasi;
8. penerimaan kelembagaan;
9. perkembangan literatur ilmiah;
10. kebutuhan revisi protokol.

Perubahan kriteria, jika suatu saat diperlukan, harus berdasarkan data luas dan analisis kuat. Tidak boleh berdasarkan satu klaim ekstrem. Prinsip ini mengikuti tradisi ilmiah dalam penelitian visibilitas hilal, yang membangun kriteria dari kumpulan data besar, bukan laporan tunggal.

Dengan evaluasi periodik, KHGT tetap hidup sebagai sistem ilmiah.

## K. Menjaga Keseimbangan antara Stabilitas dan Keterbukaan Ilmiah

Rekomendasi terakhir adalah menjaga keseimbangan antara **stabilitas kalender** dan **keterbukaan ilmiah**. Kalender tidak boleh terlalu mudah berubah karena umat membutuhkan kepastian. Namun kalender juga tidak boleh menutup diri dari data baru karena ilmu falak terus berkembang.

Kriteria  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  saat ini layak dipertahankan karena memiliki dasar kuat: elongasi  $8^{\circ}$  berada di atas limit optik dan mata telanjang modern, tinggi  $5^{\circ}$  memberi buffer terhadap horizon, dan geosentris memberi stabilitas global. Namun implementasi harus terus dikawal oleh observasi, database, audit hisab, dan dialog ilmiah.

Keseimbangan ini dapat dirumuskan dalam prinsip berikut:

**KHGT harus stabil dalam penetapan, terbuka dalam evaluasi, transparan dalam hisab, dan aktif dalam observasi.**

Prinsip ini menjadi fondasi implementasi jangka panjang. Dengan stabilitas, kalender dapat dipakai. Dengan evaluasi, kalender tetap ilmiah. Dengan transparansi, kalender dipercaya. Dengan observasi, kalender tetap terhubung dengan hilal.

---

## Simpulan Bab 7

Bab ini telah membahas implementasi KHGT  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  dari aspek strategi, validasi, edukasi, riset, dan rekomendasi praktis. Setelah Bab 6 membela kriteria secara ilmiah, Bab 7 menunjukkan bahwa kriteria tersebut harus diterjemahkan ke dalam sistem kerja yang operasional.

Implementasi KHGT memerlukan standar operasional hisab yang jelas. Definisi tinggi hilal geosentris  $5^{\circ}$  dan elongasi geosentris  $8^{\circ}$  harus ditulis tegas agar tidak bercampur dengan parameter toposentris lokal. Ephemeris, sistem waktu, pusat piringan, pembulatan, laporan resmi, perangkat lunak, dan prosedur kasus batas harus distandardisasi.

Validasi observasional tetap diperlukan. Rukyat dalam KHGT tidak dihapus, tetapi difungsikan sebagai sumber data empiris, validasi, edukasi, dan evaluasi. Untuk itu, perlu jaringan rukyat global, metadata lengkap, dokumentasi positif dan negatif, database hilal, serta laporan tahunan.

Sosialisasi publik menjadi kunci penerimaan. Masyarakat perlu memahami bahwa elongasi  $8^{\circ}$  berarti sabit cukup berkembang, tinggi  $5^{\circ}$  berarti Bulan tidak terlalu rendah, geosentris dipakai untuk kalender global, toposentris dipakai untuk observasi lokal, dan rukyat tetap penting sebagai validasi ilmiah.

Agenda riset lanjutan harus terus dijalankan. KHGT membutuhkan database observasi global, evaluasi empiris kriteria, perbandingan model visibilitas, riset kasus batas, kajian atmosfer dan horizon, pengembangan perangkat lunak, riset penerimaan sosial, kajian fikih kalender, serta evaluasi periodik.

Rekomendasi implementasi KHGT mencakup penyusunan dokumen standar, sistem hisab terbuka, jaringan observasi validatif, database hilal, laporan tahunan, materi edukasi bertingkat, perangkat lunak KHGT, implementasi bertahap, forum ulama–astronom–praktisi falak, dan mekanisme evaluasi berkala.

Dengan demikian, KHGT 5°–8° dapat bergerak dari konsep ilmiah menuju sistem kalender global yang stabil, transparan, teruji, dan bermanfaat bagi umat.

---

## Daftar Pustaka Bab 7

Caldwell, J. A. R., & Laney, C. D. (2000). *First visibility of the lunar crescent*. *African Skies*, 5, 15–23. Data bibliografis perlu diverifikasi ulang sebelum naskah final.

Doggett, L. E., & Schaefer, B. E. (1994). Lunar crescent visibility. *Icarus*, 107(2), 388–403. Data bibliografis perlu diverifikasi ulang sebelum naskah final.

Odeh, M. Sh. (2006). New criterion for lunar crescent visibility. *Experimental Astronomy*, 18, 39–64.

Schaefer, B. E. (1996). Lunar crescent visibility. *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, 37, 759–768.

Yallop, B. D. (1997). *A method for predicting the first sighting of the new crescent moon* (NAO Technical Note No. 69). Royal Greenwich Observatory.

# PENUTUP

## Meneguhkan KHGT 5°–8° sebagai Sintesis Ilmu, Data, dan Kemaslahatan Kalender

Buku ini disusun untuk menjawab satu pertanyaan besar: **apakah kriteria Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) berupa tinggi hilal geosentris minimal 5° dan elongasi geosentris minimal 8° dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, observasional, metodologis, dan sosial-keagamaan?** Jawaban yang dibangun sepanjang tujuh bab menunjukkan bahwa kriteria tersebut bukan angka sembarang. Kriteria 5°–8° merupakan hasil sintesis antara rekam observasi hilal modern, teori visibilitas sabit Bulan, perbedaan geosentris–toposentris, serta kebutuhan kalender Islam global yang stabil dan prediktif.

Sejak awal, buku ini menempatkan persoalan hilal bukan sekadar sebagai persoalan “Bulan ada atau tidak ada”, melainkan sebagai persoalan **visibilitas sabit muda**. Hilal adalah fenomena ambang. Ia berada pada batas antara geometri dan penglihatan, antara posisi langit dan kondisi atmosfer, antara hitungan presisi dan pengalaman observasi. Oleh karena itu, kalender yang ingin tetap berhubungan dengan hilal tidak cukup hanya bertumpu pada konjungsi, umur Bulan, moonset lag, atau wujud Bulan di atas ufuk.

Rekam observasi modern menunjukkan bahwa hilal memiliki batas visibilitas yang tidak dapat diabaikan. Data yang dibahas dalam buku ini memperlihatkan bahwa batas optik modern berada sekitar 6,4°, sedangkan batas mata telanjang modern berada sekitar 7,7°. Odeh menyebut minimum elongasi hilal dengan bantuan optik sebesar 6,4° dan minimum elongasi mata telanjang sebesar 7,7°. Angka-angka ini menjadi dasar kuat bagi pembelaan elongasi 8°. KHGT tidak memilih 6,4° karena angka itu terlalu dekat dengan limit optik ekstrem. KHGT juga tidak berhenti pada 7,7° karena itu merupakan rekor mata telanjang ekstrem. Dengan mengambil 8°, KHGT memberi margin kecil tetapi penting di atas batas ekstrem.

Namun elongasi saja tidak cukup. Hilal yang cukup terpisah dari Matahari tetap dapat sulit diamati jika Bulan terlalu rendah. Karena itu, KHGT menambahkan syarat **tinggi hilal geosentris 5°**. Angka ini berfungsi sebagai buffer terhadap horizon, atmosfer rendah, cahaya senja, aerosol, refraksi, dan penghalang lokal. Dokumen dasar buku ini menegaskan bahwa tinggi hilal toposentris dipengaruhi lokasi geografis, ketinggian tempat, kelengkungan Bumi, dan refraksi atmosfer. Fakta tersebut menunjukkan bahwa horizon adalah wilayah yang kompleks dan tidak stabil. Dengan tinggi 5°, KHGT menghindari prinsip minimalis “asal Bulan di atas ufuk”.

Kekuatan KHGT terletak pada **gabungan dua parameter**. Elongasi 8° mewakili dimensi sabit: apakah Bulan sudah cukup jauh dari Matahari sehingga sabitnya cukup berkembang. Tinggi 5° mewakili dimensi horizon: apakah Bulan tidak terlalu rendah dalam konfigurasi global. Prinsip ini sejalan dengan pelajaran Odeh bahwa prediksi visibilitas hilal tidak dapat diandalkan dengan satu parameter saja, melainkan membutuhkan parameter yang mewakili kecerlangan intrinsik sabit dan parameter yang mewakili jarak dari horizon.

Pembedaan geosentris dan toposentris juga menjadi simpul penting buku ini. Toposentris sangat penting untuk observasi lokal karena pengamat melihat dari permukaan Bumi. Namun KHGT adalah kalender global, bukan panduan rukyat lokal semata. Karena itu, kriteria penetapan kalender perlu memakai acuan yang seragam. Elongasi geosentris menggambarkan konfigurasi Bulan–Matahari dari pusat Bumi dan tidak dipengaruhi paralaks lokasi pengamat. Dengan acuan geosentris, KHGT memperoleh stabilitas, keseragaman, dan kemampuan untuk dihitung jauh hari.

Buku ini juga menegaskan bahwa KHGT bukan penolakan terhadap rukyat. Sebaliknya, KHGT menata ulang fungsi rukyat. Dalam sistem kalender global, rukyat tidak lagi harus menjadi pemutus lokal bulanan yang dapat membuat kalender berubah-ubah karena cuaca dan horizon. Rukyat tetap penting sebagai **validasi empiris, edukasi astronomi, dokumentasi ilmiah, dan database evaluasi jangka panjang**. Schaefer menekankan bahwa laporan hilal muda perlu dinilai berdasarkan pengalaman pengamat, kesiapan observasi, pelaporan, dan konsistensi dengan perhitungan astronomis. Prinsip ini menunjukkan bahwa rukyat modern harus berjalan bersama hisab, bukan dipertentangkan dengannya.

Dengan demikian, KHGT 5°–8° dapat dipahami sebagai sistem yang menggabungkan tiga unsur besar: **hisab global, rukyat validatif, dan kemaslahatan kalender**. Hisab global memberi kepastian dan keseragaman. Rukyat validatif memberi data empiris dan menjaga hubungan kalender dengan langit. Kemaslahatan kalender memberi alasan sosial-keagamaan mengapa umat memerlukan sistem waktu yang prediktif, tertib, dan berlaku global.

Kriteria 5°–8° juga memiliki nilai edukatif. Ia mudah dijelaskan kepada masyarakat: Bulan tidak cukup hanya sudah ada; sabitnya harus cukup berkembang dan posisinya tidak boleh terlalu rendah. Elongasi 8° menjelaskan perkembangan sabit. Tinggi 5° menjelaskan jarak aman dari horizon. Geosentris menjelaskan mengapa kalender global memakai acuan bersama. Toposentris menjelaskan mengapa observasi lokal tetap penting.

Akhirnya, buku ini menyimpulkan bahwa KHGT 5°–8° layak dipertahankan sebagai kriteria kalender global karena memenuhi empat syarat utama. Pertama, ia memiliki dasar observasional pada rekam batas hilal modern. Kedua, ia memiliki dasar teoritis dalam visibilitas sabit Bulan. Ketiga, ia memiliki dasar metodologis melalui pembedaan fungsi geosentris dan toposentris. Keempat, ia memiliki dasar kemaslahatan karena mendukung penyatuan, prediktabilitas, dan tertib waktu umat Islam global.

Namun pembelaan ini tidak berarti kriteria 5°–8° harus diperlakukan sebagai dogma tertutup. Sebagai sistem ilmiah, KHGT tetap memerlukan observasi berkelanjutan, database global, audit perangkat hisab, evaluasi periodik, dan dialog fikih-astronomi. Kriteria ini stabil untuk implementasi, tetapi tetap terbuka untuk pengujian ilmiah jangka panjang. Dengan sikap ini, KHGT dapat menjadi kalender yang kuat, transparan, dan terus berkembang.



# GLOSARIUM

## Buku Rekam Jejak Observasi: Batas Limit Danjon Modern

### A

#### **Acuan geosentris**

Sistem acuan perhitungan yang menempatkan pusat Bumi sebagai titik referensi. Dalam KHGT, acuan ini dipakai agar kriteria kalender bersifat global, seragam, dan tidak bergantung pada lokasi pengamat tertentu.

#### **Acuan toposentris**

Sistem acuan perhitungan yang menempatkan lokasi pengamat di permukaan Bumi sebagai titik referensi. Acuan ini penting untuk rukyat lokal karena pengamat melihat Bulan dari tempat tertentu dengan horizon dan atmosfer tertentu.

#### **Aerosol atmosfer**

Partikel halus di atmosfer seperti debu, asap, garam laut, atau polutan yang dapat menghamburkan dan melemahkan cahaya hilal. Aerosol banyak berpengaruh dekat horizon.

#### **Algoritma hisab**

Rangkaian prosedur matematis untuk menghitung posisi Bulan, Matahari, konjungsi, tinggi hilal, elongasi, dan parameter astronomis lain yang diperlukan dalam kalender Hijriah.

#### **Ambang kalender**

Batas astronomis yang dipakai untuk menetapkan awal bulan dalam sistem kalender. Dalam KHGT, ambang itu berupa tinggi hilal geosentris minimal  $5^\circ$  dan elongasi geosentris minimal  $8^\circ$ .

#### **Ambang visibilitas**

Batas minimum kondisi astronomis dan optik yang memungkinkan hilal terlihat, baik dengan mata telanjang maupun alat optik.

#### **ARCL — Arc of Light**

Istilah lain untuk elongasi, yaitu jarak sudut antara Bulan dan Matahari. Parameter ini berkaitan dengan perkembangan dan ketebalan sabit Bulan.

#### **ARCV — Arc of Vision**

Beda tinggi antara Bulan dan Matahari. Parameter ini sering dipakai dalam model visibilitas lokal karena berkaitan dengan posisi Bulan terhadap horizon dan cahaya senja.

#### **Astronomi praktis**

Cabang astronomi yang berhubungan dengan penerapan langsung perhitungan dan pengamatan langit, termasuk hisab hilal, waktu salat, arah kiblat, dan kalender.

### B

**Batas ekstrem**

Kondisi paling rendah atau paling sulit yang pernah tercatat dalam pengamatan hilal. Contohnya elongasi sekitar  $6,4^\circ$  untuk pengamatan optik dan  $7,7^\circ$  untuk mata telanjang.

**Batas optik**

Batas minimum visibilitas hilal yang dapat dicapai dengan bantuan alat optik seperti teleskop, binokular, atau kamera. Dalam pembahasan buku ini, angka  $6,4^\circ$  menjadi rujukan penting.

**Batas mata telanjang**

Batas minimum visibilitas hilal yang tercatat dapat dilihat tanpa bantuan alat optik. Dalam buku ini, angka sekitar  $7,7^\circ$  menjadi rujukan utama untuk membela elongasi  $8^\circ$ .

**Beda azimuth**

Selisih arah horizontal Bulan dan Matahari di sepanjang horizon. Dalam literatur visibilitas sering disebut DAZ atau *relative azimuth*.

**Binokular**

Alat optik dua lensa yang dapat membantu pengamatan hilal, terutama ketika sabit Bulan terlalu redup untuk dilihat langsung.

**Buffer ilmiah**

Margin atau jarak aman dari batas ekstrem observasi. Dalam KHGT, elongasi  $8^\circ$  menjadi buffer dari limit  $6,4^\circ$  dan  $7,7^\circ$ , sedangkan tinggi  $5^\circ$  menjadi buffer dari horizon rendah.

**Bulan sabit muda**

Fase awal Bulan setelah konjungsi ketika sebagian kecil sisi terang Bulan mulai tampak dari Bumi sebagai sabit tipis.

C

**Cahaya senja**

Cahaya Matahari yang masih tersebar di atmosfer setelah Matahari terbenam. Cahaya ini menjadi latar terang yang menyulitkan pengamatan hilal muda.

**Caldwell-Laney**

Salah satu rujukan dalam kajian visibilitas hilal yang membahas prediksi keterlihatan sabit Bulan muda. Dalam daftar pustaka, karya Caldwell dan Laney sering dipakai sebagai pembanding kriteria visibilitas.

**Citra hilal**

Dokumentasi visual hilal yang diperoleh melalui kamera, teleskop, atau sensor digital. Citra harus disertai metadata agar bernilai ilmiah.

**Crescent width**

Lebar sabit Bulan yang terang dan tampak dari Bumi. Parameter ini sangat penting karena lebih langsung menggambarkan kecerlangan intrinsik hilal dibanding umur Bulan.

**Cuaca lokal**

Kondisi atmosfer setempat seperti awan, kabut, kelembapan, hujan, aerosol, atau polusi yang memengaruhi keberhasilan rukyat.

**D****Danjon, André**

Astronom yang namanya dihubungkan dengan Limit Danjon, yaitu batas minimum elongasi di mana sabit Bulan secara teoritis atau observasional masih mungkin terlihat.

**DAZ — Difference/Delta Azimuth**

Beda azimuth antara Bulan dan Matahari. Parameter ini menunjukkan apakah Bulan berada hampir di atas Matahari atau bergeser ke samping.

**Database observasi hilal**

Kumpulan data rukyat yang mencatat laporan terlihat dan tidak terlihat, lengkap dengan lokasi, waktu, alat, kondisi langit, tinggi, elongasi, ARCV, DAZ, dan parameter lain.

**Data negatif**

Laporan bahwa hilal tidak terlihat meskipun observasi dilakukan secara serius. Data negatif penting untuk memetakan batas visibilitas dan menghindari kriteria yang terlalu optimistis.

**Data positif**

Laporan bahwa hilal berhasil terlihat. Data ini penting untuk mengonfirmasi konfigurasi astronomis yang mendukung visibilitas.

**Deklinasi Bulan**

Jarak sudut Bulan dari ekuator langit. Deklinasi memengaruhi posisi Bulan terhadap horizon dan dapat memengaruhi peluang visibilitas hilal.

**Doggett-Schaefer**

Rujukan penting dalam literatur visibilitas hilal, terutama melalui kajian prediksi visibilitas sabit Bulan dan pengujian model terhadap data observasi.

**E****Efemeris / Ephemeris**

Data posisi benda langit dari waktu ke waktu. Dalam hisab hilal, efemeris digunakan untuk menghitung posisi Bulan dan Matahari secara akurat.

### **Ekliptika**

Lintasan semu Matahari di langit selama satu tahun. Posisi Bulan terhadap ekliptika memengaruhi tinggi dan arah hilal saat senja.

### **Elongasi**

Jarak sudut antara Bulan dan Matahari. Dalam KHGT, elongasi geosentris minimal  $8^\circ$  dipakai sebagai syarat bahwa sabit Bulan telah cukup berkembang.

### **Elongasi geosentris**

Elongasi yang dihitung dari pusat Bumi. Parameter ini dipakai dalam KHGT karena lebih stabil dan cocok untuk kalender global.

### **Elongasi toposentris**

Elongasi yang dihitung dari lokasi pengamat di permukaan Bumi. Parameter ini berguna untuk analisis observasi lokal.

### **Ekstingsi atmosfer**

Pelembahan cahaya benda langit akibat penyerapan dan hamburan oleh atmosfer. Ekstingsi semakin besar ketika objek berada dekat horizon.

### **Evaluasi periodik**

Peninjauan berkala terhadap kriteria, perangkat hisab, database observasi, dan implementasi KHGT berdasarkan data baru.

F

### **Fase Bulan**

Perubahan bentuk tampak Bulan dari Bumi akibat perubahan posisi relatif Bulan, Bumi, dan Matahari. Hilal merupakan fase awal setelah konjungsi.

### **Fikih kalender**

Kajian hukum Islam tentang penetapan waktu, kalender Hijriah, awal bulan, rukyat, hisab, dan otoritas penanggalan.

### **Fisiologi penglihatan**

Aspek kemampuan mata dan otak manusia dalam mendeteksi objek redup seperti hilal. Faktor ini penting karena visibilitas hilal tidak hanya ditentukan oleh geometri langit.

### **Fraksi iluminasi**

Persentase bagian piringan Bulan yang diterangi Matahari dan tampak dari Bumi. Fraksi iluminasi sangat kecil pada hilal muda.

## G

**Geometri Bulan–Matahari**

Hubungan posisi sudut antara Bulan dan Matahari yang menentukan fase Bulan, elongasi, ketebalan sabit, dan peluang visibilitas hilal.

**Geosentris**

Acuan perhitungan yang berpusat pada pusat Bumi. Dalam KHGT, tinggi dan elongasi dinyatakan secara geosentris untuk menjaga keseragaman global.

**Geosentris 5°–8°**

Rumusan kriteria KHGT yang mensyaratkan tinggi hilal geosentris minimal 5° dan elongasi geosentris minimal 8°.

**Globalisasi kalender**

Upaya menyusun kalender Hijriah yang berlaku lintas wilayah dan tidak bergantung pada hasil rukyat lokal yang berbeda-beda.

**Greenwich**

Meridian nol derajat bujur yang sering dipakai dalam sistem waktu global. Dalam pembahasan kalender, Greenwich kadang muncul sebagai salah satu kemungkinan rujukan waktu, meski KHGT menekankan acuan global geosentris.

## H

**Hamburan atmosfer**

Penyebaran cahaya oleh molekul udara, aerosol, uap air, dan partikel lain. Hamburan menyebabkan langit senja tetap terang dan menyulitkan hilal terlihat.

**Hilal**

Sabit Bulan muda yang tampak setelah konjungsi dan menjadi tanda awal bulan dalam kalender Hijriah.

**Hilal ekstrem**

Hilal yang terlihat pada kondisi sangat sulit, misalnya elongasi sangat kecil, umur Bulan muda, atau posisi rendah. Data ekstrem penting untuk riset, tetapi tidak otomatis menjadi kriteria kalender.

**Hisab**

Perhitungan astronomis untuk menentukan posisi Bulan, Matahari, waktu konjungsi, tinggi hilal, elongasi, dan parameter kalender lainnya.

**Hisab global**

Hisab yang digunakan untuk menyusun kalender berskala global dengan acuan seragam, bukan berdasarkan horizon lokal tertentu.

## **Horizon**

Garis batas antara langit dan bumi dari sudut pandang pengamat. Horizon sangat penting dalam rukyat karena hilal muda biasanya berada rendah di arah barat.

## **Horizon lokal**

Horizon yang benar-benar dihadapi pengamat di lokasi tertentu, dapat berupa laut, pegunungan, gedung, pepohonan, atau penghalang lain.

## **ICOP — Islamic Crescents' Observation Project**

Proyek pengumpulan data observasi hilal dari berbagai negara yang menjadi salah satu sumber penting dalam pengembangan kriteria visibilitas modern.

## **Ijtimak / Konjungsi**

Peristiwa ketika Bulan dan Matahari memiliki bujur ekliptika yang sama. Setelah ijtimak, Bulan mulai bergerak menjauh dari Matahari dan sabit muda mulai berkembang.

## **Illuminasi Bulan**

Pencahayaan permukaan Bulan oleh Matahari. Bagian yang teriluminasi dan terlihat dari Bumi membentuk fase Bulan.

## **Imkan rukyat**

Kemungkinan terlihatnya hilal berdasarkan parameter astronomis tertentu. Imkan rukyat biasanya lebih bersifat lokal dan toposentris.

## **Instrumen optik**

Alat bantu pengamatan seperti teleskop, binokular, kamera, dan sensor digital yang dapat meningkatkan kemampuan mendeteksi hilal redup.

J

## **Jaringan rukyat**

Kumpulan pengamat, observatorium, lembaga falak, dan komunitas astronomi yang melakukan observasi hilal secara terkoordinasi.

## **Jim Stamm**

Pengamat yang dikaitkan dengan rekor observasi hilal berbantuan optik pada kondisi ekstrem. Namanya penting dalam pembahasan batas optik modern.

## **John Pierce**

Pengamat yang dikaitkan dengan rekor hilal muda mata telanjang sekitar elongasi  $7,7^\circ$ . Data ini menjadi salah satu dasar pembelaan elongasi  $8^\circ$  dalam KHGT.

### **JPL Development Ephemeris**

Keluarga data efemeris modern dari Jet Propulsion Laboratory yang banyak digunakan untuk perhitungan presisi posisi benda langit.

K

### **Kalender global**

Kalender yang dimaksudkan berlaku lintas wilayah dan negara dengan kriteria yang sama.

### **Kalender Hijriah**

Kalender kamariah Islam yang bulan-bulannya didasarkan pada siklus Bulan.

### **Kalender Hijriah Global Tunggal — KHGT**

Sistem kalender Hijriah global yang bertujuan menyatukan awal bulan secara internasional dengan kriteria astronomis yang seragam.

### **Kemaslahatan kalender**

Manfaat sosial, keagamaan, administratif, dan peradaban dari kalender yang prediktif, seragam, dan dapat direncanakan.

### **Ketebalan sabit**

Ukuran perkembangan sabit Bulan yang berkaitan dengan elongasi dan crescent width. Sabit yang lebih tebal umumnya lebih mudah terlihat.

### **Konjungsi**

Sinonim ijtimak, yaitu posisi Bulan dan Matahari pada bujur ekliptika yang sama.

### **Kontras hilal**

Perbedaan kecerlangan antara sabit Bulan dan latar langit senja. Hilal hanya terlihat jika kontrasnya cukup.

### **Kriteria 5°–8°**

Kriteria KHGT yang mensyaratkan tinggi hilal geosentris minimal 5° dan elongasi geosentris minimal 8°.

### **Kriteria kalender**

Batas atau aturan astronomis yang digunakan untuk menetapkan awal bulan kalender.

L

### **Lag Bulan / Moonset lag**

Selisih waktu antara terbenam Matahari dan terbenam Bulan. Lag berguna sebagai informasi observasi, tetapi tidak cukup andal sebagai kriteria utama kalender.



**Langit senja**

Keadaan langit setelah Matahari terbenam ketika cahaya Matahari masih terhambur di atmosfer. Hilal muda diamati pada kondisi ini.

**Limit Danjon**

Batas minimum elongasi di mana sabit Bulan masih mungkin terlihat. Dalam pemahaman modern, limit ini tidak diperlakukan sebagai angka tunggal mutlak, tetapi sebagai wilayah batas yang dipengaruhi alat, atmosfer, dan kondisi observasi.

**Limit ekstrem**

Batas terendah yang pernah dicapai dalam observasi hilal. Limit ekstrem bernilai ilmiah, tetapi tidak otomatis layak menjadi ambang kalender.

**Lintang tempat**

Koordinat utara-selatan suatu lokasi di permukaan Bumi. Lintang memengaruhi geometri hilal terhadap horizon.

---

M

**MABIMS**

Kerja sama Menteri Agama Brunei Darussalam, Indonesia, Malaysia, dan Singapura. Dalam konteks kalender, MABIMS dikenal dengan kriteria imkan rukyat regional.

**Maqāṣid al-Syarīʿah**

Tujuan-tujuan utama syariat Islam, seperti menjaga agama, jiwa, akal, keturunan, dan harta. Dalam konteks kalender, maqāṣid dapat digunakan untuk menilai kemaslahatan penyatuan kalender.

**Mata telanjang**

Pengamatan tanpa bantuan alat optik. Dalam buku ini, batas mata telanjang sekitar  $7,7^\circ$  menjadi rujukan penting.

**Metadata observasi**

Informasi pendukung laporan rukyat seperti lokasi, waktu, alat, kondisi langit, horizon, tinggi, elongasi, ARCV, DAZ, dan dokumentasi visual.

**Model visibilitas**

Model matematis atau empiris untuk memprediksi kemungkinan terlihatnya hilal berdasarkan parameter astronomis dan observasional.

**Moonwatch**

Kumpulan laporan pengamatan Bulan yang digunakan dalam penelitian visibilitas hilal, terutama dalam evaluasi Schaefer.

## N

### **Neo-MABIMS**

Istilah yang sering dipakai untuk merujuk pembaruan kriteria imkan rukyat MABIMS. Biasanya dikaitkan dengan tinggi dan elongasi tertentu dalam konteks regional.

### **Nilai ambang**

Nilai minimum yang harus dipenuhi agar suatu syarat dianggap tercapai. Dalam KHGT, nilai ambangnya adalah tinggi  $5^\circ$  dan elongasi  $8^\circ$ .

### **Nisbah cahaya**

Perbandingan antara cahaya sabit Bulan dan cahaya latar langit. Nisbah ini memengaruhi kontras dan keterlihatan hilal.

### **Norma kalender**

Aturan yang disepakati untuk menetapkan awal bulan, termasuk definisi parameter, waktu evaluasi, dan mekanisme penerapan.

## O

### **Observasi hilal**

Kegiatan melihat, mencari, atau mendokumentasikan sabit Bulan muda setelah konjungsi.

### **Observasi lokal**

Pengamatan hilal dari tempat tertentu dengan kondisi horizon, atmosfer, dan alat tertentu.

### **Observasi validatif**

Observasi yang dilakukan bukan untuk membatalkan kalender global secara langsung, tetapi untuk memvalidasi, mendokumentasikan, dan mengevaluasi kriteria kalender.

### **Odeh, Mohammad Shawkat**

Peneliti visibilitas hilal yang mengembangkan kriteria baru berdasarkan database observasi besar. Karyanya penting dalam pembahasan  $6,4^\circ$ ,  $7,7^\circ$ , ARCV, dan crescent width.

### **Optik ekstrem**

Kondisi pengamatan dengan bantuan alat optik yang memungkinkan deteksi hilal pada batas yang lebih rendah daripada mata telanjang.

## P

### **Paralaks Bulan**

Perbedaan posisi tampak Bulan akibat perbedaan titik pengamat. Paralaks Bulan signifikan karena Bulan relatif dekat dengan Bumi.

**Parameter astronomis**

Besaran yang digunakan untuk menggambarkan kondisi hilal, seperti tinggi, elongasi, ARCV, DAZ, crescent width, umur Bulan, dan lag.

**Parameter geosentris**

Parameter yang dihitung dari pusat Bumi. Dalam KHGT, parameter utama yang dipakai adalah tinggi dan elongasi geosentris.

**Parameter toposentris**

Parameter yang dihitung dari lokasi pengamat. Penting untuk prediksi rukyat lokal.

**Pembulatan ilmiah**

Pembulatan angka dengan mempertimbangkan basis data dan margin keamanan. Elongasi  $8^\circ$  dapat dipahami sebagai pembulatan aman dari  $7,7^\circ$ .

**Penetapan kalender**

Keputusan awal bulan berdasarkan kriteria kalender yang telah disepakati.

**Perigee**

Titik orbit Bulan ketika berada paling dekat dengan Bumi. Posisi ini dapat memengaruhi ukuran tampak Bulan dan crescent width.

**Prediktabilitas**

Kemampuan kalender untuk diketahui jauh hari. KHGT menekankan prediktabilitas agar ibadah dan kegiatan sosial dapat direncanakan.

**Presisi hisab**

Ketelitian perhitungan astronomis. Presisi penting terutama pada kasus ketika nilai parameter dekat dengan ambang.

Q

**Qamariah**

Berkaitan dengan Bulan. Kalender Hijriah adalah kalender qamariah karena didasarkan pada siklus Bulan.

**Qiblat data astronomis**

Ungkapan konseptual untuk menunjukkan bahwa hisab kalender harus merujuk pada data astronomis yang teruji, bukan pada asumsi lemah atau laporan tanpa metadata.

**Quality control observasi**

Pengendalian mutu laporan rukyat melalui verifikasi metadata, konsistensi hisab, dokumentasi, pengalaman pengamat, dan kondisi lapangan.

R

**Refraksi atmosfer**

Pembelokan cahaya benda langit oleh atmosfer Bumi. Refraksi paling besar dekat horizon dan memengaruhi tinggi tampak Bulan.

**Rekam jejak observasi**

Kumpulan catatan historis dan modern tentang keberhasilan dan kegagalan pengamatan hilal.

**Rekor ekstrem**

Observasi hilal yang berhasil pada kondisi sangat sulit, misalnya elongasi sangat kecil. Rekor ekstrem penting untuk mengetahui batas bawah, tetapi bukan otomatis kriteria kalender.

**Relative azimuth**

Istilah lain untuk DAZ, yaitu beda azimuth Bulan dan Matahari.

**Rukyat**

Pengamatan hilal secara langsung, baik dengan mata telanjang maupun bantuan alat.

**Rukyat lokal**

Rukyat yang dilakukan di lokasi tertentu dan hasilnya dipengaruhi kondisi tempat tersebut.

**Rukyat validatif**

Rukyat yang dilakukan untuk menguji, mendokumentasikan, dan mengevaluasi kalender global, bukan sebagai pemutus lokal bulanan.

---

S
**Sabit Bulan**

Bagian tipis Bulan yang diterangi Matahari dan tampak dari Bumi setelah konjungsi.

**Schaefer, Bradley E.**

Peneliti penting dalam kajian visibilitas hilal. Karyanya menekankan kompleksitas visibilitas dan kelemahan parameter sederhana seperti umur Bulan dan lag.

**Selisih azimuth**

Beda arah horizontal Bulan dan Matahari. Sinonim DAZ.

**Sidang isbat**

Forum resmi penetapan awal bulan Hijriah di Indonesia. Dalam konteks KHGT, konsep penetapan dapat bergerak menuju sistem kalender global yang lebih prediktif.

**Sistem waktu**

Kerangka waktu yang digunakan dalam hisab, misalnya UTC atau waktu dinamis. Standar sistem waktu penting agar perhitungan kalender konsisten.

### **Standar operasional hisab**

Prosedur baku untuk menghitung parameter KHGT, termasuk ephemeris, definisi geosentris, waktu evaluasi, pembulatan, dan format laporan.

### **Stabilitas kalender**

Kemampuan kalender untuk tidak berubah-ubah akibat cuaca, horizon lokal, atau laporan yang tidak terverifikasi.

## **T**

### **Teleskop**

Alat optik untuk memperbesar dan mengumpulkan cahaya dari benda langit. Dalam pengamatan hilal, teleskop dapat membantu mendeteksi sabit yang sangat tipis.

### **Tinggi geosentris**

Tinggi Bulan yang dihitung dengan acuan pusat Bumi. Dalam KHGT, tinggi geosentris minimal  $5^\circ$  menjadi syarat kalender.

### **Tinggi hilal**

Sudut ketinggian Bulan dari horizon. Dalam observasi lokal biasanya dihitung toposentris, sedangkan dalam KHGT digunakan sebagai parameter geosentris.

### **Tinggi toposentris**

Tinggi Bulan sebagaimana tampak dari lokasi pengamat di permukaan Bumi. Parameter ini penting untuk rukyat lokal.

### **Toposentris**

Acuan perhitungan berdasarkan lokasi pengamat. Toposentris penting untuk observasi, peta visibilitas, dan validasi lapangan.

### **Transparansi atmosfer**

Tingkat kejernihan atmosfer dalam meneruskan cahaya. Transparansi yang baik meningkatkan peluang melihat hilal.

### **Titik acuan**

Referensi yang digunakan dalam perhitungan, misalnya pusat Bumi untuk geosentris atau lokasi pengamat untuk toposentris.

## **U**

### **Ufuk**

Garis horizon tempat langit tampak bertemu dengan permukaan Bumi. Ufuk menjadi acuan penting dalam pengamatan hilal.

### **Umur Bulan**

Selang waktu sejak konjungsi hingga waktu pengamatan. Umur Bulan mudah dipahami tetapi lemah sebagai kriteria utama visibilitas hilal.

### **Unifikasi kalender**

Penyatuan kalender Hijriah agar awal bulan berlaku seragam secara global.

### **UTC — Coordinated Universal Time**

Waktu universal terkoordinasi yang sering digunakan sebagai acuan waktu global dalam perhitungan astronomis.

V

### **Validasi hisab**

Proses memeriksa hasil perhitungan dengan data observasi, audit algoritma, atau perhitungan independen.

### **Validasi observasional**

Proses menguji kriteria kalender melalui data rukyat positif dan negatif yang terdokumentasi.

### **Variasi lokal**

Perbedaan kondisi observasi akibat lokasi, horizon, atmosfer, elevasi, dan cuaca. Variasi ini menjadi alasan mengapa kalender global membutuhkan acuan geosentris.

### **Visibilitas hilal**

Kemungkinan hilal dapat dilihat berdasarkan konfigurasi astronomis, kondisi atmosfer, alat, dan kemampuan pengamat.

### **Visibilitas lokal**

Kemungkinan hilal terlihat dari lokasi tertentu. Biasanya dianalisis dengan parameter toposentris.

W

### **Waktu evaluasi kriteria**

Saat tertentu ketika nilai tinggi dan elongasi dihitung untuk menentukan apakah kriteria KHGT terpenuhi. Waktu evaluasi harus distandardisasi agar hasil kalender konsisten.

### **Wujud Bulan**

Keadaan ketika Bulan secara geometris sudah berada di atas ufuk setelah konjungsi. Wujud Bulan tidak identik dengan visibilitas hilal.

### **Wujudul hilal**

Kriteria yang menekankan keberadaan Bulan di atas ufuk setelah konjungsi. Dalam buku ini, pendekatan ini dibedakan dari KHGT 5°–8° yang menambahkan syarat tinggi dan elongasi.

---

## X

### **X-axis peta visibilitas**

Sumbu horizontal dalam peta atau grafik visibilitas, biasanya dapat merepresentasikan bujur, waktu, elongasi, atau parameter lain. Istilah ini relevan dalam visualisasi data KHGT dan peta visibilitas hilal.

### **Xenithal observation — istilah bantu visualisasi**

Istilah “zenithal” secara baku merujuk pada arah zenit; dalam glosarium abjad, huruf X dapat dipakai sebagai penanda istilah teknis asing dalam visualisasi atau perangkat lunak. Dalam praktik buku ini, istilah yang lebih tepat digunakan adalah **zenit** dan **jarak zenit**, bukan “xenithal”.

### **XML/JSON data hilal**

Format data digital yang dapat digunakan untuk menyimpan atau bertukar metadata observasi hilal, parameter hisab, dan laporan validasi dalam sistem perangkat lunak KHGT.

---

## Y

### **Yallop, Bernard D.**

Peneliti yang mengembangkan metode prediksi keterlihatan hilal dan menjadi salah satu rujukan penting dalam kajian visibilitas Bulan sabit.

### **Yallop criterion**

Kriteria visibilitas hilal yang menggunakan parameter astronomis tertentu untuk memprediksi kemungkinan terlihatnya sabit Bulan. Kriteria ini sering dibandingkan dengan model Odeh dan model lainnya.

### **Yurisdiksi kalender**

Wilayah kewenangan suatu lembaga atau negara dalam menetapkan kalender. KHGT berupaya melampaui fragmentasi yurisdiksi lokal melalui acuan global.

---

## Z

### **Zenit**

Titik tepat di atas kepala pengamat. Dalam astronomi posisi, zenit menjadi salah satu acuan untuk memahami tinggi benda langit.

### **Zona ketidakpastian**

Wilayah parameter ketika hilal mungkin terlihat atau gagal terlihat tergantung kondisi lokal, alat, atmosfer, dan kemampuan pengamat.



**Zona visibilitas**

Wilayah di peta dunia yang menunjukkan kemungkinan hilal terlihat, terlihat dengan alat, sulit terlihat, atau tidak mungkin terlihat.

**Zonasi kalender**

Pembagian wilayah berdasarkan peluang visibilitas atau penerapan kalender. KHGT bertujuan mengurangi ketergantungan pada zonasi lokal dengan memakai kriteria global.

**Zuhal data observasional**

Istilah “zuhal” tidak menjadi konsep utama dalam buku ini, tetapi secara astronomis merujuk pada planet Saturnus dalam tradisi Arab. Dalam konteks glosarium abjad, istilah yang lebih relevan bagi KHGT adalah **zenit**, **zona visibilitas**, dan **zona ketidakpastian**.

# LAMPIRAN 1

## Daftar Gambar dan Grafik Pendukung Buku

*Rekam Jejak Observasi: Batas Limit Danjon Modern*

Lampiran ini memuat rancangan gambar, grafik, diagram, dan visualisasi data yang diperlukan untuk memperkuat isi buku. Setiap gambar/grafik dirancang untuk mendukung argumentasi utama buku, yaitu bahwa kriteria Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) berupa **tinggi hilal geosentris minimal  $5^\circ$**  dan **elongasi geosentris minimal  $8^\circ$**  merupakan pilihan yang logis, berbasis data observasi, dan memiliki dasar astronomis yang kuat.

### A. Daftar Gambar Konseptual

Gambar 1.1

#### Skema Geometri Bulan–Bumi–Matahari Saat Konjungsi dan Setelah Konjungsi

##### Deskripsi gambar:

Ilustrasi tiga posisi utama: sebelum konjungsi, saat konjungsi, dan setelah konjungsi. Bumi diletakkan sebagai pengamat utama, Matahari di satu sisi, dan Bulan bergerak dari posisi konjungsi menuju posisi hilal muda.

##### Unsur visual yang harus ditampilkan:

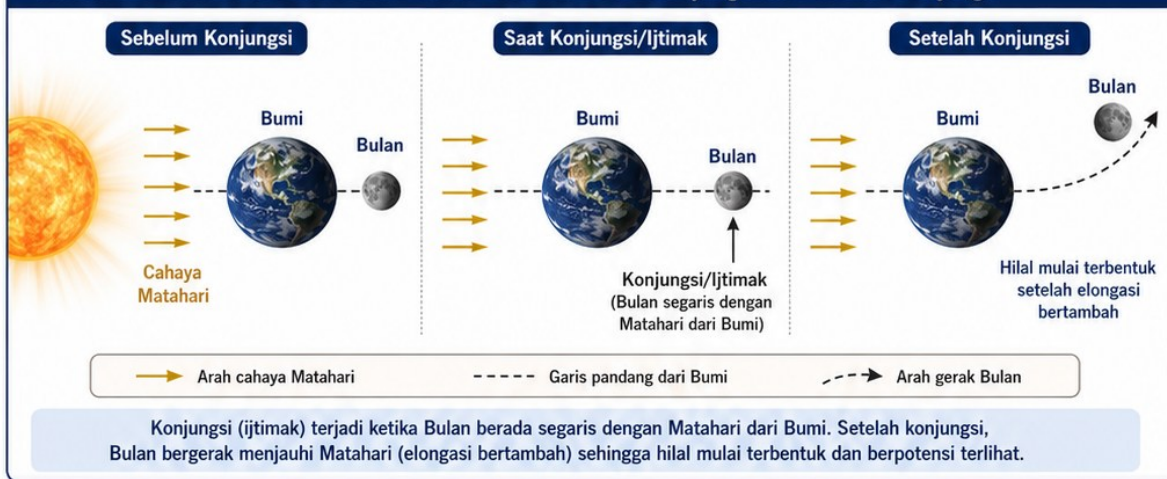
1. Matahari sebagai sumber cahaya.
2. Bumi sebagai pusat pengamatan.
3. Bulan pada posisi konjungsi.
4. Bulan setelah konjungsi dengan sudut elongasi mulai membesar.
5. Panah arah gerak Bulan.
6. Label “Konjungsi/Ijtimak”.
7. Label “Hilal mulai terbentuk setelah elongasi bertambah”.

##### Keterangan gambar:

Gambar ini menunjukkan bahwa hilal tidak langsung bermakna secara visual hanya karena konjungsi telah terjadi. Sabit Bulan baru berkembang ketika Bulan mulai menjauh dari Matahari secara sudut.

## LAMPIRAN 1 — GAMBAR KONSEPTUAL (Bagian 1)

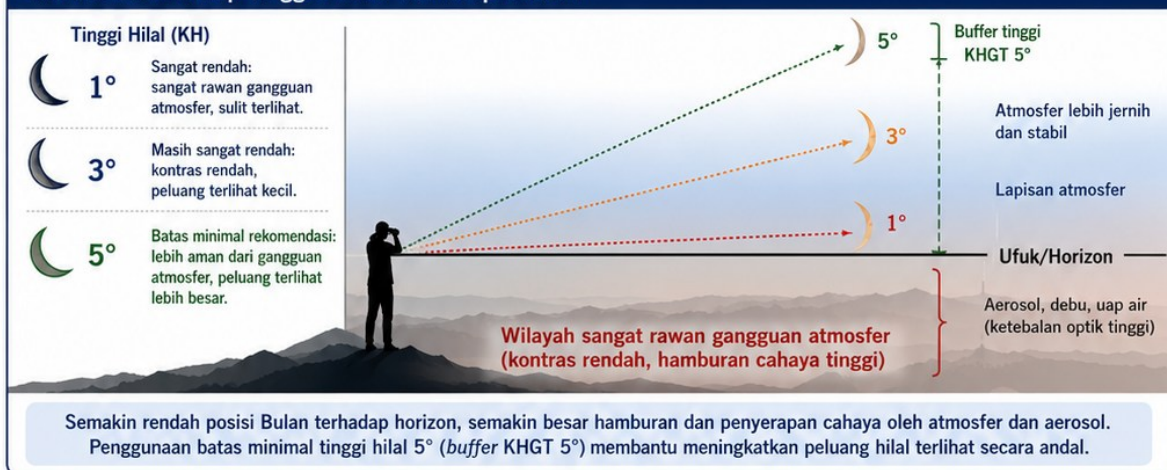
Gambar 1.1. Skema Geometri Bulan–Bumi–Matahari Saat Konjungsi dan Setelah Konjungsi



Gambar 1.2. Perbedaan 'Bulan Ada' dan 'Hilal Terlihat'



Gambar 1.3. Konsep Tinggi Hilal 5° terhadap Horizon



Catatan: Ilustrasi tidak berskala dan bertujuan untuk menjelaskan konsep secara kualitatif.

Gambar 1.2

## Perbedaan “Bulan Ada” dan “Hilal Terlihat”

### Deskripsi gambar:

Ilustrasi dua panel. Panel kiri menunjukkan Bulan sudah berada sedikit di atas ufuk tetapi sabit sangat tipis dan tenggelam dalam cahaya senja. Panel kanan menunjukkan Bulan lebih tinggi dan lebih jauh dari Matahari sehingga sabit lebih mudah dikenali.

### Unsur visual yang harus ditampilkan:

1. Ufuk barat.
2. Matahari di bawah horizon.
3. Bulan sangat rendah pada panel kiri.
4. Bulan lebih tinggi pada panel kanan.
5. Cahaya senja lebih terang dekat horizon.
6. Label “Bulan wujud” dan “Hilal berpeluang terlihat”.

### Keterangan gambar:

Keberadaan Bulan di atas ufuk tidak identik dengan keterlihatan hilal. KHGT  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  menuntut konfigurasi yang lebih kuat daripada sekadar wujud geometris.

Gambar 1.3

## Konsep Tinggi Hilal $5^{\circ}$ terhadap Horizon

### Deskripsi gambar:

Diagram horizon dengan garis sudut dari horizon ke posisi Bulan. Tampilkan posisi Bulan pada  $1^{\circ}$ ,  $3^{\circ}$ , dan  $5^{\circ}$  untuk memperlihatkan perbedaan kedekatan terhadap horizon.

### Unsur visual yang harus ditampilkan:

1. Garis horizon.
2. Posisi Bulan pada  $1^{\circ}$ .
3. Posisi Bulan pada  $3^{\circ}$ .
4. Posisi Bulan pada  $5^{\circ}$ .
5. Lapisan atmosfer dekat horizon.
6. Kabut/aerosol dekat ufuk.
7. Label “wilayah sangat rawan gangguan atmosfer”.
8. Label “buffer tinggi KHGT  $5^{\circ}$ ”.

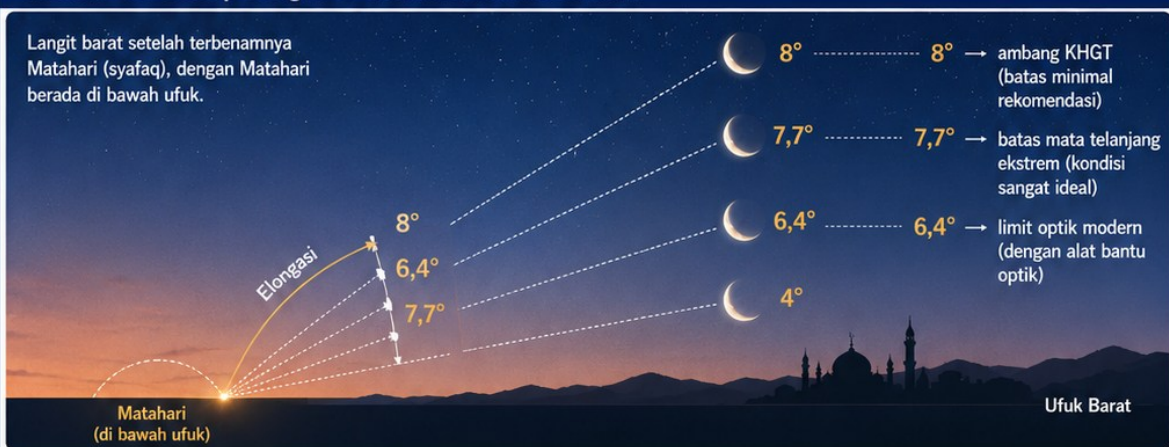
### Keterangan gambar:

Tinggi  $5^{\circ}$  berfungsi sebagai buffer terhadap problem horizon. Bulan yang terlalu rendah sangat rentan terhadap atmosfer tebal, cahaya senja, refraksi, kabut, dan penghalang lokal.



## LAMPIRAN 1 — GAMBAR KONSEPTUAL (Bagian 2)

Gambar 1.4. Konsep Elongasi 8° antara Bulan dan Matahari



Elongasi adalah sudut antara Matahari dan Bulan. Semakin besar elongasi, semakin tinggi peluang hilal terlihat. KHGT menetapkan ambang minimal 8° sebagai kriteria utama visibilitas hilal.

Gambar 1.5. Perbedaan Geosentris dan Toposentris



Karena paralaks Bulan, ketinggian dan elongasi yang dilihat pengamat di permukaan (toposentris) berbeda dari perhitungan geosentris. Oleh karena itu, hisab geosentris digunakan untuk kalender global, sedangkan rukyat toposentris digunakan untuk validasi di lokasi.

Gambar 1.6. Peran Rukyat dalam Sistem KHGT



Catatan: Ilustrasi tidak berskala dan bertujuan untuk menjelaskan konsep secara kualitatif.

Gambar 1.4

## Konsep Elongasi 8° antara Bulan dan Matahari

### Deskripsi gambar:

Diagram langit barat setelah Matahari terbenam. Tampilkan Matahari di bawah horizon dan Bulan pada beberapa posisi elongasi: 4°, 6,4°, 7,7°, dan 8°.

### Unsur visual yang harus ditampilkan:

1. Matahari sebagai titik acuan.
2. Busur sudut dari Matahari ke Bulan.
3. Posisi Bulan pada elongasi 4°.
4. Posisi Bulan pada elongasi 6,4°.
5. Posisi Bulan pada elongasi 7,7°.
6. Posisi Bulan pada elongasi 8°.
7. Label “limit optik modern”.
8. Label “batas mata telanjang ekstrem”.
9. Label “ambang KHGT”.

### Keterangan gambar:

Elongasi 8° dipilih karena berada di atas limit optik 6,4° dan batas mata telanjang 7,7°. Angka ini memberi margin ilmiah dari wilayah ekstrem visibilitas hilal.

Gambar 1.5

## Perbedaan Geosentris dan Toposentris

### Deskripsi gambar:

Ilustrasi Bumi sebagai bola. Satu garis pengamatan ditarik dari pusat Bumi menuju Bulan untuk geosentris, dan garis lain dari permukaan Bumi menuju Bulan untuk toposentris.

### Unsur visual yang harus ditampilkan:

1. Bumi berbentuk bola.
2. Titik pusat Bumi.
3. Pengamat di permukaan Bumi.
4. Bulan di langit.
5. Garis acuan geosentris.
6. Garis acuan toposentris.
7. Label “geosentris: acuan kalender global”.
8. Label “toposentris: acuan observasi lokal”.
9. Panah kecil menunjukkan paralaks Bulan.

**Keterangan gambar:**

Geosentris dipakai untuk kalender global karena memberi acuan seragam. Toposentris dipakai untuk rukyat lokal karena pengamat melihat dari permukaan Bumi.

Gambar 1.6

## Peran Rukyat dalam Sistem KHGT

**Deskripsi gambar:**

Diagram alur yang menunjukkan hubungan antara hisab geosentris, penetapan kalender, observasi toposentris, database rukyat, dan evaluasi ilmiah.

**Alur visual:**

Hisab geosentris  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$

- Penetapan kalender global
- Rukyat validatif lokal
- Database observasi positif-negatif
- Evaluasi periodik kriteria
- Penguatan KHGT

**Keterangan gambar:**

Dalam KHGT, rukyat tidak dihapus, tetapi berfungsi sebagai validasi empiris, edukasi publik, dokumentasi ilmiah, dan sumber evaluasi jangka panjang.

## B. Daftar Grafik Data dan Visualisasi Ilmiah

Grafik 1.1

### Perbandingan Batas Elongasi Hilal Modern

**Jenis grafik:**

Grafik batang horizontal.

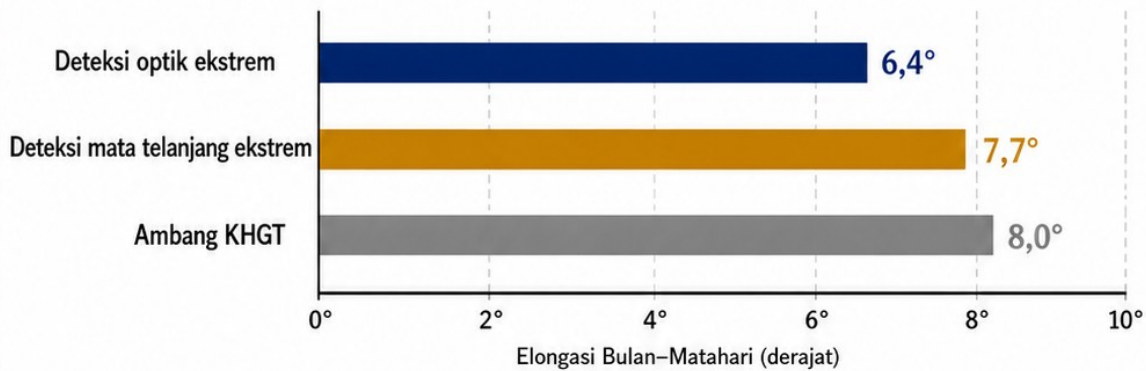
**Data yang ditampilkan:**

| Kategori Observasi             | Elongasi Minimum |
|--------------------------------|------------------|
| Deteksi optik ekstrem          | $6,4^{\circ}$    |
| Deteksi mata telanjang ekstrem | $7,7^{\circ}$    |
| Ambang KHGT                    | $8,0^{\circ}$    |



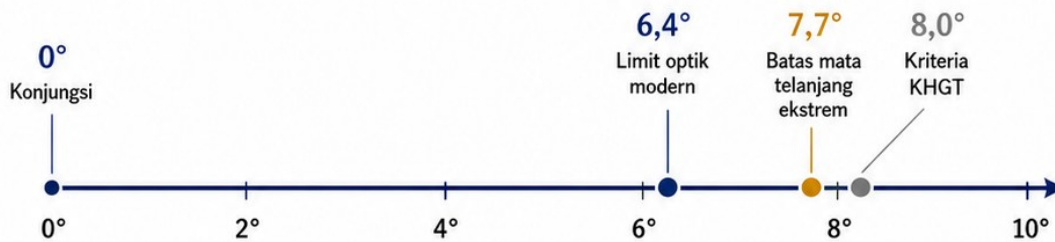
## LAMPIRAN 1 — GRAFIK ILMIAH (Bagian 1)

Grafik 1.1. Perbandingan Batas Elongasi Hilal Modern



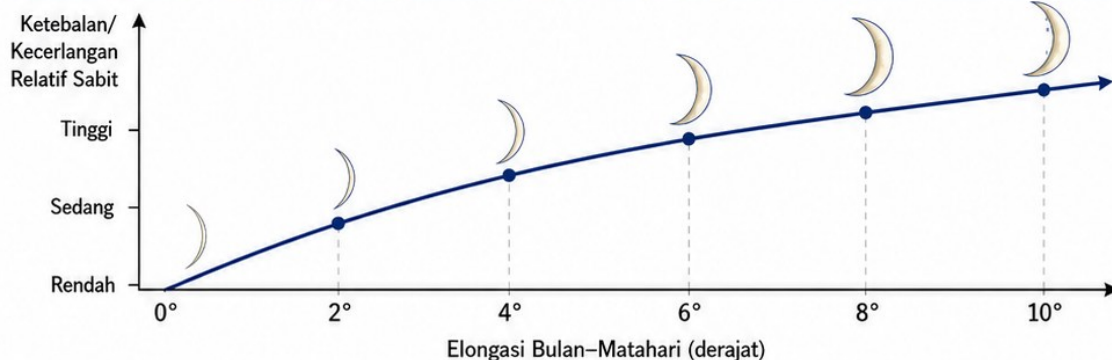
Perbandingan batas elongasi hilal berdasarkan kemampuan deteksi optik modern, deteksi mata telanjang ekstrem, dan ambang Kriteria Visibilitas Hilal Global Turki (KHGT).

Grafik 1.2. Posisi Kriteria KHGT terhadap Limit Danjon Modern



Posisi limit optik modern, batas mata telanjang ekstrem, dan kriteria KHGT terhadap skala elongasi Bulan-Matahari dari konjungsi (0°) hingga 10°.

Grafik 1.3. Hubungan Elongasi dan Perkembangan Sabit Bulan



Secara konseptual, semakin besar elongasi Bulan-Matahari, semakin tebal dan terang sabit Bulan. Peningkatan elongasi meningkatkan kecerlangan dan ketebalan sabit hingga batas visibilitas tercapai.

Catatan: Grafis ini bersifat konseptual dan berdasarkan literatur ilmiah modern.

**Tujuan grafik:**

Menunjukkan bahwa kriteria elongasi KHGT  $8^\circ$  berada di atas dua batas penting dalam rekam observasi modern.

**Keterangan grafik:**

Grafik ini memperlihatkan bahwa KHGT tidak memakai batas ekstrem sebagai kriteria kalender. Elongasi  $8^\circ$  memberi margin dari limit optik dan batas mata telanjang ekstrem.

Grafik 1.2

## Posisi Kriteria KHGT terhadap Limit Danjon Modern

**Jenis grafik:**

Grafik garis atau skala horizontal.

**Isi grafik:**

Buat sumbu horizontal  $0^\circ$  sampai  $10^\circ$ . Tandai:

- $0^\circ$  = konjungsi;
- $6,4^\circ$  = limit optik modern;
- $7,7^\circ$  = batas mata telanjang ekstrem;
- $8,0^\circ$  = kriteria KHGT.

**Tujuan grafik:**

Memvisualisasikan posisi  $8^\circ$  sebagai ambang kalender yang berada sedikit di atas batas mata telanjang dan cukup jauh di atas batas optik.

**Keterangan grafik:**

Limit Danjon modern tidak dibaca sebagai angka tunggal mutlak, tetapi sebagai wilayah batas. KHGT memilih  $8^\circ$  sebagai ambang kalender yang lebih stabil daripada rekor ekstrem.

Grafik 1.3

## Hubungan Elongasi dan Perkembangan Sabit Bulan

**Jenis grafik:**

Grafik garis konseptual.

**Sumbu grafik:**

- Sumbu X: Elongasi Bulan–Matahari.
- Sumbu Y: Ketebalan/kecerlangan relatif sabit.

**Pola grafik:**

Kurva meningkat seiring bertambahnya elongasi.

**Tujuan grafik:**

Menjelaskan bahwa elongasi berkaitan dengan perkembangan sabit Bulan. Semakin besar elongasi, sabit cenderung lebih tebal dan lebih mudah dikenali.

**Keterangan grafik:**

Elongasi lebih bermakna daripada umur Bulan karena langsung berkaitan dengan keterpisahan sudut Bulan–Matahari dan perkembangan sabit.

Grafik 1.4

## Hubungan Tinggi Hilal dan Gangguan Atmosfer Dekat Horizon

**Jenis grafik:**

Grafik garis menurun.

**Sumbu grafik:**

- Sumbu X: Tinggi Bulan dari horizon.
- Sumbu Y: Tingkat gangguan atmosfer dan horizon.

**Pola grafik:**

Gangguan sangat tinggi pada  $0^{\circ}$ – $2^{\circ}$ , lalu menurun ketika tinggi Bulan bertambah. Tandai garis vertikal pada  $5^{\circ}$  sebagai buffer KHGT.

**Tujuan grafik:**

Menunjukkan bahwa hilal rendah sangat rentan terhadap atmosfer, cahaya senja, aerosol, dan penghalang horizon.

**Keterangan grafik:**

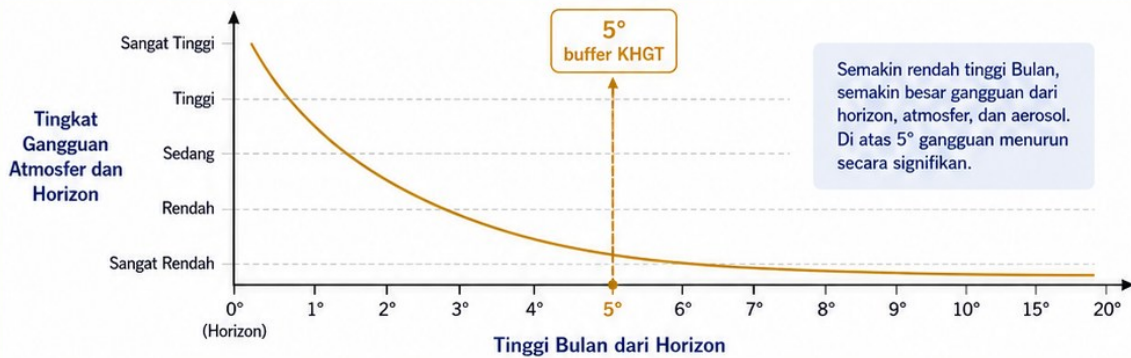
Tinggi  $5^{\circ}$  dalam KHGT berfungsi sebagai batas agar Bulan tidak berada pada wilayah horizon yang paling problematis.

Grafik 1.5

## Kelemahan Parameter Tunggal dalam Prediksi Hilal

## LAMPIRAN 1 — GRAFIK ILMIAH (Bagian 2)

Grafik 1.4. Hubungan Tinggi Hilal dan Gangguan Atmosfer Dekat Horizon



Grafik konseptual menunjukkan bahwa tingkat gangguan atmosfer dan horizon menurun seiring meningkatnya tinggi Bulan.

Grafik 1.5. Kelemahan Parameter Tunggal dalam Prediksi Hilal

|                                                                                                              | <br>Ketebalan Sabit<br>(Visibilitas intrinsik) | <br>Horizon<br>(Tinggi & halangan) | <br>Atmosfer<br>(Aerosol & turbulensi) | <br>Stabilitas Global<br>(Konsistensi lintang) | <br>Kesesuaian Kalender<br>(Keteraturan) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  Umur Bulan<br>(Age)       | ●                                                                                                                               | ◐                                                                                                                   | ◐                                                                                                                       | ○                                                                                                                                 | ◐                                                                                                                           |
|  Lag Bulan<br>(Lag Time)  | ●                                                                                                                               | ◐                                                                                                                   | ◐                                                                                                                       | ○                                                                                                                                 | ◐                                                                                                                           |
|  Tinggi<br>(Altitude)     | ◐                                                                                                                               | ●                                                                                                                   | ●                                                                                                                       | ◐                                                                                                                                 | ◐                                                                                                                           |
|  Elongasi<br>(Elongation) | ●                                                                                                                               | ◐                                                                                                                   | ◐                                                                                                                       | ●                                                                                                                                 | ◐                                                                                                                           |
|  5°–8°<br>(Buffer KHGT)   | ●                                                                                                                               | ●                                                                                                                   | ●                                                                                                                       | ●                                                                                                                                 | ●                                                                                                                           |

Keterangan: ● Kuat    ◐ Sedang    ○ Lemah    ● Sangat Kuat (paling andal)

Tidak ada satu parameter pun yang kuat di semua aspek. Buffer tinggi 5°–8° memberikan keseimbangan terbaik antara kelayakan fisik, kondisi lokal, stabilitas global, dan kesesuaian kalender.

Grafik 1.6. Fungsi Geosentris dan Toposentris dalam KHGT

| Geosentris                                                                                                                     |                                                                                     | Toposentris                                                                                                                                 |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  Pusat Bumi                                 |  |  Lokasi pengamat                                         |  |
|  Dipakai untuk kalender global              |  |  Dipakai untuk rukyat lokal                              |  |
|  Stabil                                     |  |  Dipengaruhi horizon dan atmosfer                        |  |
|  Tidak bergantung horizon lokal             |  |  Berguna untuk validasi                                  |  |
|  Parameter utama: tinggi 5° dan elongasi 8° |  |  Parameter: tinggi lokal, ARCV, DAZ, crescent width, lag |  |

Geosentris memberikan standar global yang stabil, sementara toposentris menangkap kondisi lokal yang nyata. Keduanya saling melengkapi untuk keputusan hilal yang ilmiah dan andal.

**Jenis grafik:**

Diagram matriks atau grafik radar konseptual.

**Parameter yang dibandingkan:**

| Parameter  | Ketebalan Sabit | Horizon | Atmosfer | Stabilitas Global | Kesesuaian Kalender |
|------------|-----------------|---------|----------|-------------------|---------------------|
| Umur Bulan | rendah          | rendah  | rendah   | sedang            | rendah              |
| Lag Bulan  | rendah          | sedang  | rendah   | rendah            | rendah              |
| Tinggi     | rendah          | tinggi  | sedang   | sedang            | sedang              |
| Elongasi   | tinggi          | rendah  | rendah   | tinggi            | sedang              |
| 5°–8°      | tinggi          | tinggi  | sedang   | tinggi            | tinggi              |

**Tujuan grafik:**

Menunjukkan bahwa kriteria gabungan 5°–8° lebih kuat daripada parameter tunggal.

**Keterangan grafik:**

Hilal tidak cukup diprediksi dengan satu parameter. KHGT memakai dua parameter untuk mewakili dimensi sabit dan dimensi horizon.

Grafik 1.6

## Fungsi Geosentris dan Toposentris dalam KHGT

**Jenis grafik:**

Diagram dua kolom.

**Kolom kiri: Geosentris**

- Acuan pusat Bumi.
- Dipakai untuk kalender global.
- Stabil.
- Tidak bergantung horizon lokal.
- Parameter utama: tinggi 5° dan elongasi 8°.

**Kolom kanan: Toposentris**

- Acuan lokasi pengamat.
- Dipakai untuk rukyat lokal.
- Dipengaruhi horizon dan atmosfer.
- Berguna untuk validasi.
- Parameter: tinggi lokal, ARCV, DAZ, crescent width, lag.



**Tujuan grafik:**

Menjelaskan bahwa geosentris dan toposentris tidak bertentangan, tetapi memiliki fungsi berbeda.

**Keterangan grafik:**

KHGT memakai geosentris untuk penetapan kalender global dan toposentris untuk observasi lokal serta validasi ilmiah.

## C. Diagram Alur dan Infografik Sistem KHGT

Diagram 1.1

### Alur Penetapan Awal Bulan KHGT

**Jenis visual:**

Diagram alur vertikal.

**Alur:**

1. Hitung konjungsi.
2. Hitung posisi Bulan dan Matahari.
3. Hitung tinggi hilal geosentris.
4. Hitung elongasi geosentris.
5. Uji syarat tinggi  $\geq 5^\circ$ .
6. Uji syarat elongasi  $\geq 8^\circ$ .
7. Jika keduanya terpenuhi, awal bulan ditetapkan.
8. Observasi lokal dilakukan sebagai validasi.
9. Data masuk database KHGT.

**Keterangan diagram:**

Penetapan KHGT dilakukan dengan hisab geosentris, sedangkan observasi lokal berfungsi untuk validasi dan evaluasi.

Diagram 1.2

### Sistem Dua Parameter KHGT

**Jenis visual:**

Diagram Venn atau dua pilar.

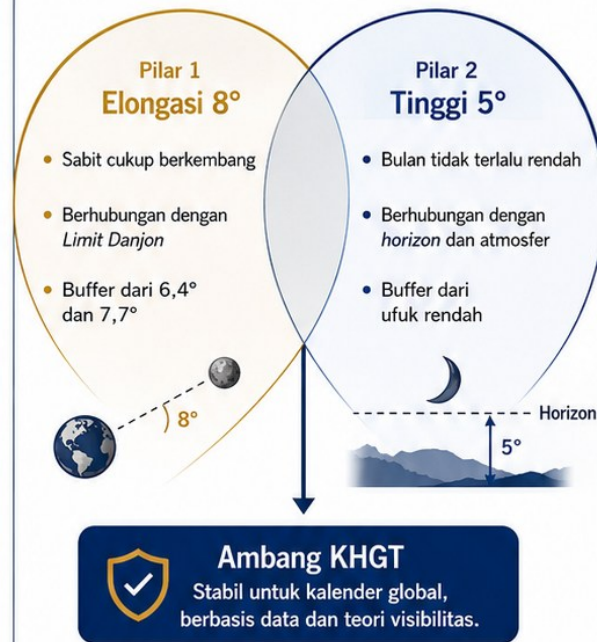
# LAMPIRAN 1 — DIAGRAM SISTEM KHGT

Diagram 1.1. Alur Penetapan Awal Bulan KHGT



Alur sistematis dari perhitungan hingga penetapan awal bulan KHGT berbasis kriteria 5°–8° dan validasi observasional.

Diagram 1.2. Sistem Dua Parameter KHGT



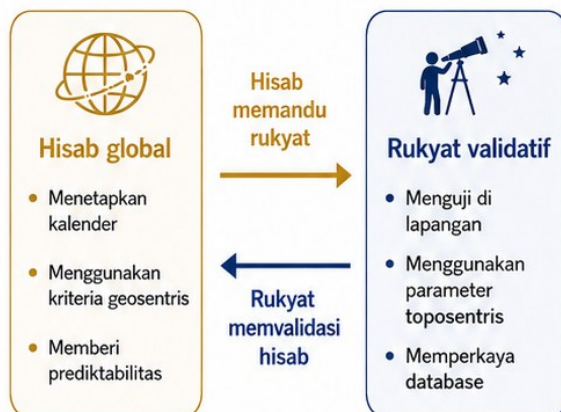
Kombinasi elongasi minimum 8° dan tinggi minimum 5° membangun ambang KHGT yang stabil dan *robust*.

Diagram 1.3. Transformasi Data Rukyat Lokal menjadi Kriteria Kalender Global



Data rukyat lokal diolah dan disintesis menjadi kriteria geosentris 5°–8° untuk kalender global yang konsisten.

Diagram 1.4. Perbedaan Fungsi Hisab dan Rukyat dalam KHGT



Hisab menyediakan prediksi dan kriteria global, rukyat memvalidasi dan memperkaya melalui data lapangan.



### Pilar 1: Elongasi 8°

- Menunjukkan sabit cukup berkembang.
- Berhubungan dengan Limit Danjon.
- Memberi buffer dari 6,4° dan 7,7°.

### Pilar 2: Tinggi 5°

- Menunjukkan Bulan tidak terlalu rendah.
- Berhubungan dengan horizon dan atmosfer.
- Memberi buffer dari ufuk rendah.

### Gabungan:

- Ambang KHGT.
- Stabil untuk kalender global.
- Berbasis data dan teori visibilitas.

### Keterangan diagram:

Kriteria KHGT kuat karena menggabungkan dimensi sabit dan dimensi horizon.

Diagram 1.3

## Transformasi Data Rukyat Lokal menjadi Kriteria Kalender Global

### Jenis visual:

Diagram proses.

### Alur:

Data rukyat lokal

- Analisis parameter toposentris
- Identifikasi batas visibilitas
- Sintesis prinsip sabit dan horizon
- Rumusan geosentris 5°–8°
- Kalender global
- Validasi observasional

### Keterangan diagram:

KHGT tidak menolak data rukyat lokal, tetapi mentransformasikan pelajaran observasi menjadi kriteria global yang stabil.

Diagram 1.4

## Perbedaan Fungsi Hisab dan Rukyat dalam KHGT

### Jenis visual:

Diagram hubungan dua arah.

### Hisab global:

- Menetapkan kalender.
- Menggunakan kriteria geosentris.
- Memberi prediktabilitas.

### Rukyat validatif:

- Menguji di lapangan.
- Menggunakan parameter toposentris.
- Memperkaya database.

### Hubungan dua arah:

- Hisab memandu rukyat.
- Rukyat memvalidasi hisab.

### Keterangan diagram:

Hisab dan rukyat dalam KHGT tidak dipertentangkan. Keduanya saling melengkapi dalam fungsi yang berbeda.

## D. Peta dan Visualisasi Geografis

Peta 1.1

## Peta Global Zona Visibilitas Hilal

### Jenis visual:

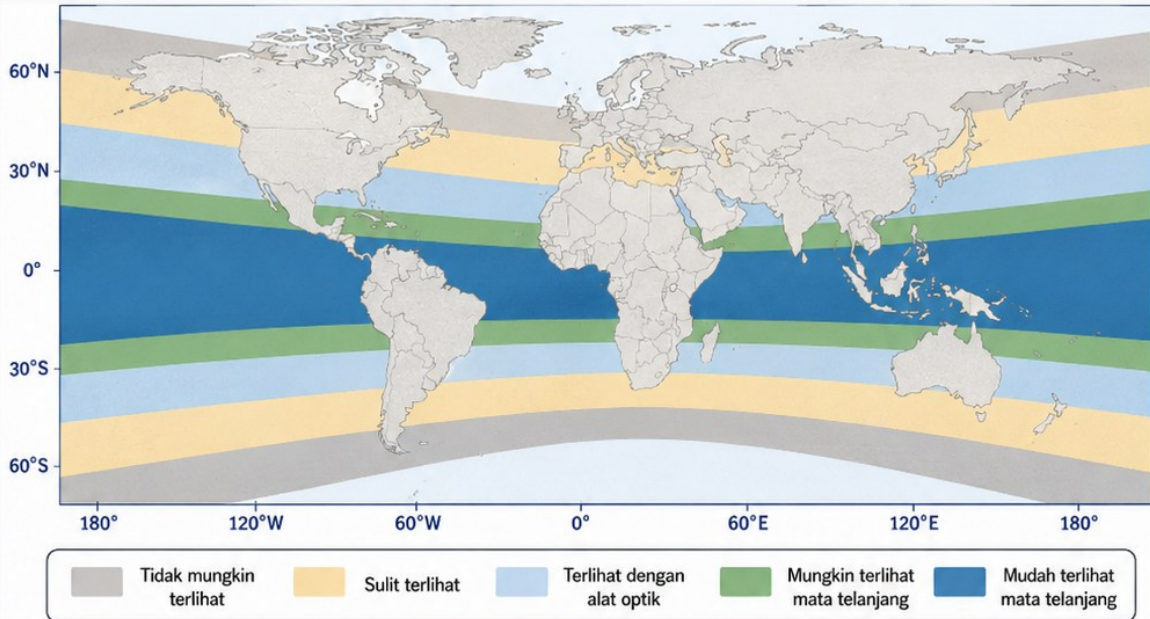
Peta dunia dengan zona warna.

### Zona yang disarankan:

1. Tidak mungkin terlihat.
2. Sulit terlihat.
3. Terlihat dengan alat optik.
4. Mungkin terlihat mata telanjang.
5. Mudah terlihat mata telanjang.

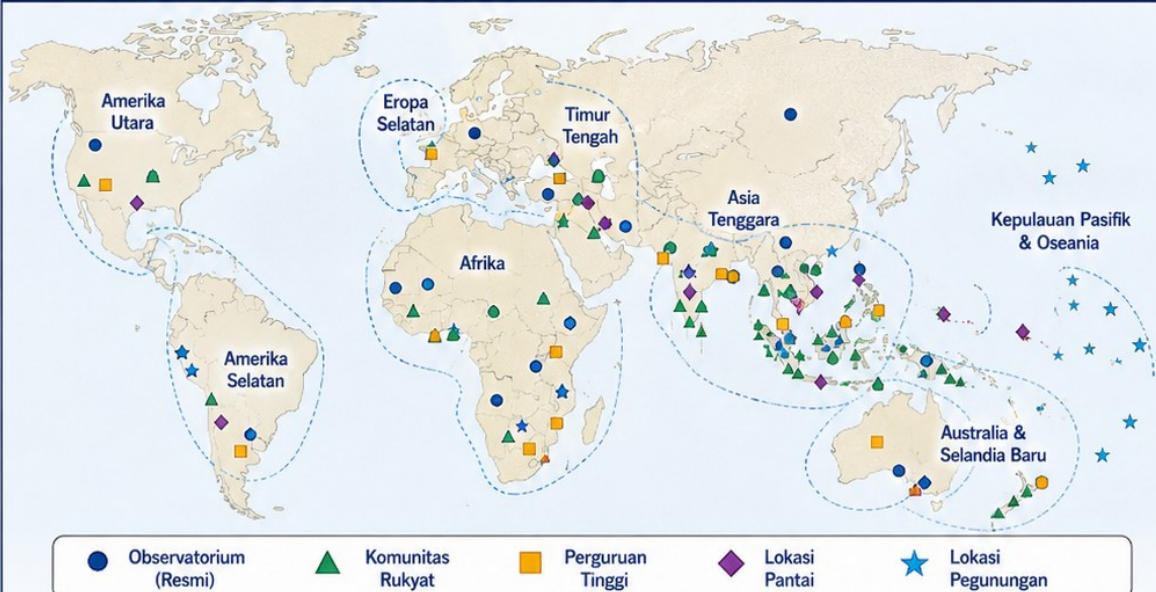
## LAMPIRAN 1 — PETA VISIBILITAS DAN RUKYAT

Peta 1.1. Peta Global Zona Visibilitas Hilal



Peta menunjukkan zona visibilitas hilal secara global berdasarkan ketinggian Bulan, elongasi, dan kondisi atmosfer rata-rata. Warna yang lebih gelap menandakan peluang visibilitas yang lebih baik.

Peta 1.2. Contoh Sebaran Lokasi Rukyat Validatif KHGT



Peta menunjukkan contoh sebaran lokasi rukyat validatif KHGT di berbagai wilayah. Jaringan titik pengamatan yang beragam memperkuat validasi data visibilitas dan meningkatkan akurasi penentuan awal bulan.

Catatan: Peta bersifat ilustratif dan tidak merepresentasikan kondisi aktual suatu waktu tertentu.

**Data yang diperlukan:**

Model visibilitas lokal seperti Odeh/Yallop, dengan parameter toposentris.

**Keterangan peta:**

Peta visibilitas menunjukkan peluang pengamatan lokal. Peta ini tidak menggantikan kriteria KHGT, tetapi menjadi alat validasi dan edukasi.

Peta 1.2

## Contoh Sebaran Lokasi Rukyat Validatif KHGT

**Jenis visual:**

Peta dunia dengan titik-titik lokasi pengamatan.

**Titik data yang ditampilkan:**

- Observatorium.
- Komunitas rukyat.
- Perguruan tinggi.
- Lokasi pantai.
- Lokasi pegunungan.
- Lokasi lintang rendah dan tinggi.

**Keterangan peta:**

Jaringan rukyat global diperlukan agar KHGT memiliki database observasi lintas wilayah, lintas musim, dan lintas kondisi atmosfer.

Peta 1.3

## Contoh Perbedaan Horizon Lokal

**Jenis visual:**

Kolase empat panel.

**Panel:**

1. Horizon laut.
2. Horizon pegunungan.
3. Horizon perkotaan.
4. Horizon berkabut/pantai lembap.



## LAMPIRAN 1 — VARIASI HORIZON LOKAL

Peta 1.3. Contoh Perbedaan Horizon Lokal



Horizon lokal sangat bervariasi antarwilayah karena bentuk permukaan bumi, halangan buatan, serta kondisi atmosfer. Oleh karena itu, kalender global sebaiknya **tidak secara langsung mengadopsi satu horizon lokal tertentu untuk seluruh dunia**. Meski demikian, pengamatan rukyat lokal tetap sangat penting sebagai validasi dan konfirmasi ilmiah yang melengkapi perhitungan astronomis.

*Catatan: Ilustrasi tidak berskala dan bertujuan untuk menjelaskan konsep secara kualitatif.*

**Keterangan peta/gambar:**

Horizon lokal sangat bervariasi. Karena itu, kalender global tidak boleh bergantung langsung pada satu horizon lokal, tetapi observasi lokal tetap penting untuk validasi.

## E. Gambar Edukasi untuk Publik

### Infografik 1.1

## Mengapa 8°?

**Format:**

Infografik vertikal.

**Isi utama:**

- 6,4°: batas deteksi optik ekstrem.
- 7,7°: batas mata telanjang ekstrem.
- 8°: ambang KHGT.
- Pesan utama: “KHGT mengambil angka di atas batas ekstrem, bukan di bawahnya.”

**Keterangan infografik:**

Elongasi 8° bukan angka sembarang, tetapi ambang yang berada di atas rekam batas visibilitas modern.

### Infografik 1.2

## Mengapa 5°?

**Format:**

Infografik vertikal.

**Isi utama:**

- 0°–2°: wilayah sangat rawan horizon.
- 3°–4°: masih rentan atmosfer dan cahaya senja.
- 5°: buffer KHGT.
- Pesan utama: “Bulan tidak cukup hanya ada; ia harus cukup tinggi.”

**Keterangan infografik:**

Tinggi 5° membantu menghindari wilayah horizon yang paling bermasalah dalam pengamatan hilal.

## LAMPIRAN 1 — INFOGRAFIK EDUKASI (Bagian 1)

### Infografik 1.1. Mengapa 8°?



#### PESAN UTAMA:

**KHGT mengambil angka di atas batas ekstrem, bukan di bawahnya.**

### Infografik 1.2. Mengapa 5°?



#### PESAN UTAMA:

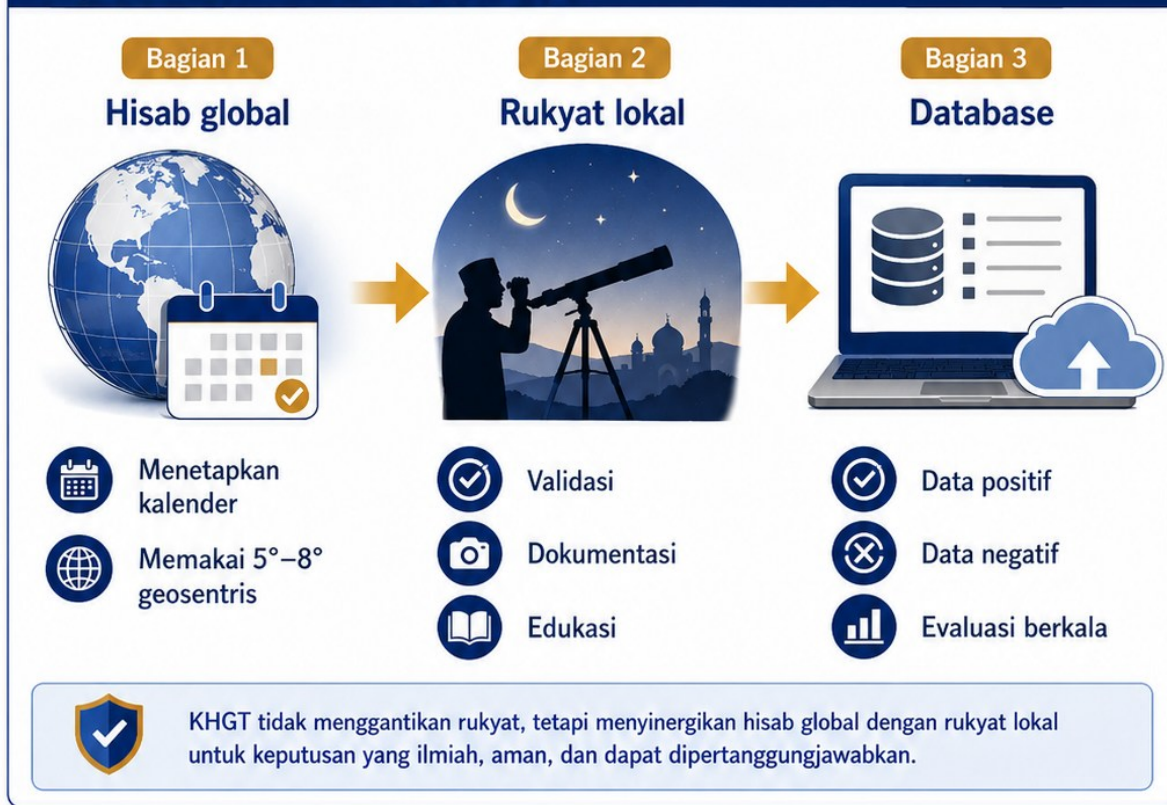
**Bulan tidak cukup hanya ada; ia harus cukup tinggi.**

Catatan: Ilustrasi tidak berskala dan bertujuan untuk menjelaskan konsep secara kualitatif.



## LAMPIRAN 1 — INFOGRAFIK EDUKASI (Bagian 2)

Infografik 1.3. KHGT Tidak Menghapus Rukyat



Infografik 1.4. Geosentris untuk Kalender, Toposentris untuk Observasi

|  GEOSENTRIS                     | VS | TOPOSENTRIS              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  Pusat Bumi                     |    | Lokasi pengamat          |
|  Kalender global                |    | Rukyat lokal             |
|  Stabil                         |    | Dipengaruhi horizon      |
|  Seragam                        |    | Berbeda tiap lokasi      |
|  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ KHGT |    | ARCV, DAZ, tinggi lokal  |

Gunakan geosentris (KHGT  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ ) untuk kalender global yang stabil dan seragam.  
Gunakan toposentris (ARCV, DAZ, tinggi lokal) untuk observasi yang akurat di lokasi Anda.

## Infografik 1.3

## KHGT Tidak Menghapus Rukyat

**Format:**

Infografik tiga bagian.

**Bagian 1: Hisab global**

- Menetapkan kalender.
- Memakai  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  geosentris.

**Bagian 2: Rukyat lokal**

- Validasi.
- Dokumentasi.
- Edukasi.

**Bagian 3: Database**

- Data positif.
- Data negatif.
- Evaluasi berkala.

**Keterangan infografik:**

Rukyat dalam KHGT tetap penting sebagai data ilmiah dan pendidikan publik.

## Infografik 1.4

## Geosentris untuk Kalender, Toposentris untuk Observasi

**Format:**

Infografik perbandingan sederhana.

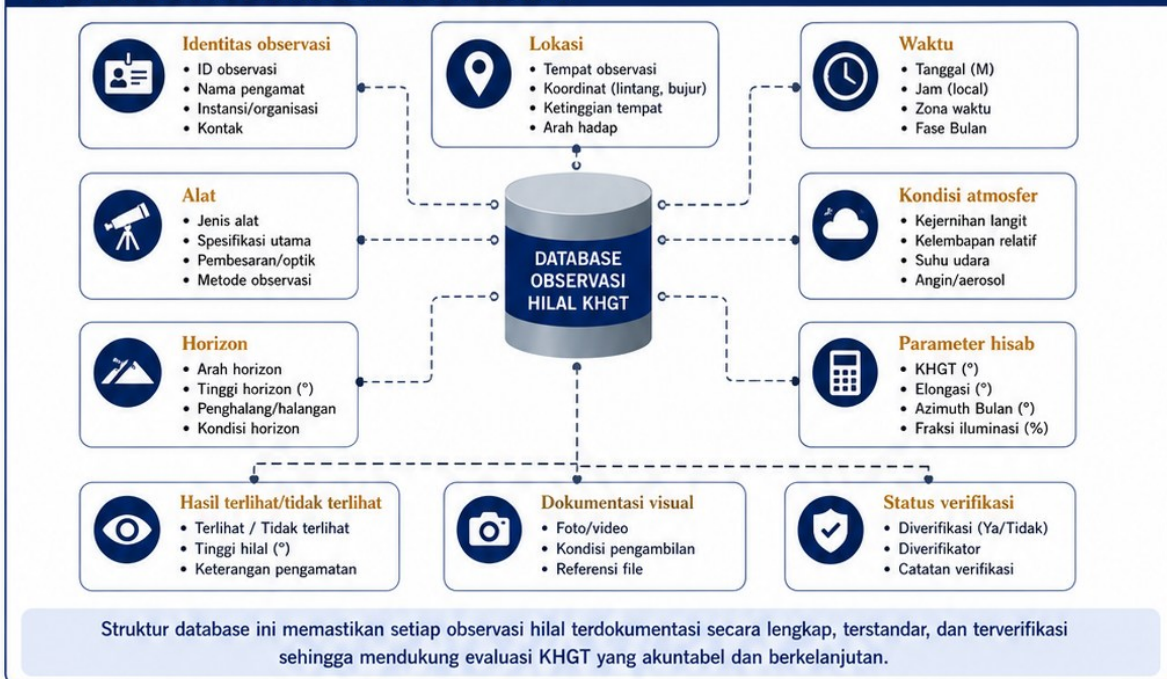
| Geosentris                     | Toposentris             |
|--------------------------------|-------------------------|
| Pusat Bumi                     | Lokasi pengamat         |
| Kalender global                | Rukyat lokal            |
| Stabil                         | Dipengaruhi horizon     |
| Seragam                        | Berbeda tiap lokasi     |
| $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$ KHGT | ARCV, DAZ, tinggi lokal |

**Keterangan infografik:**

Perbedaan geosentris dan toposentris adalah perbedaan fungsi, bukan pertentangan.

## LAMPIRAN 1 — GRAFIK EVALUASI KHGT

Grafik 1.7. Struktur Database Observasi Hilal KHGT



Grafik 1.8. Data Positif dan Negatif dalam Validasi Hilal



Grafik 1.9. Siklus Evaluasi KHGT





## F. Grafik Evaluasi dan Riset Lanjutan

Grafik 1.7

### Struktur Database Observasi Hilal KHGT

**Jenis visual:**

Diagram database atau bagan relasi.

**Komponen data:**

1. Identitas observasi.
2. Lokasi.
3. Waktu.
4. Alat.
5. Kondisi atmosfer.
6. Horizon.
7. Parameter hisab.
8. Hasil terlihat/tidak terlihat.
9. Dokumentasi visual.
10. Status verifikasi.

**Keterangan grafik:**

Database observasi diperlukan untuk mengevaluasi kriteria KHGT secara jangka panjang.

Grafik 1.8

### Data Positif dan Negatif dalam Validasi Hilal

**Jenis grafik:**

Diagram dua jalur.

**Jalur kiri: Data positif**

- Hilal terlihat.
- Memperkuat kondisi visibilitas.
- Menjadi bahan edukasi.

**Jalur kanan: Data negatif**

- Hilal tidak terlihat.
- Menjelaskan batas dan kendala.
- Penting untuk evaluasi.

**Keterangan grafik:**

Data negatif sama pentingnya dengan data positif dalam riset visibilitas hilal.

Grafik 1.9

## Siklus Evaluasi KHGT

**Jenis visual:**

Diagram siklus.

**Siklus:**

1. Hisab KHGT.
2. Penetapan kalender.
3. Observasi validatif.
4. Database hilal.
5. Analisis tahunan.
6. Evaluasi periodik.
7. Penguatan kriteria.
8. Kembali ke hisab KHGT.

**Keterangan grafik:**

KHGT harus stabil dalam penetapan, tetapi tetap terbuka terhadap evaluasi ilmiah berdasarkan data baru.

## G. Tabel Ringkas Lampiran Gambar dan Grafik

| Nomor      | Jenis Visual         | Judul                       | Fungsi dalam Buku                                |
|------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------|
| Gambar 1.1 | Diagram astronomi    | Skema Bulan–Bumi–Matahari   | Menjelaskan konjungsi dan awal pembentukan hilal |
| Gambar 1.2 | Ilustrasi komparatif | Bulan Ada vs Hilal Terlihat | Membedakan wujud geometris dan visibilitas       |
| Gambar 1.3 | Diagram horizon      | Konsep Tinggi Hilal 5°      | Menjelaskan buffer horizon                       |
| Gambar 1.4 | Diagram elongasi     | Konsep Elongasi 8°          | Menjelaskan jarak Bulan–Matahari                 |
| Gambar 1.5 | Diagram acuan        | Geosentris vs Toposentris   | Menjelaskan perbedaan fungsi acuan               |
| Gambar 1.6 | Diagram sistem       | Peran Rukyat dalam KHGT     | Menjelaskan rukyat validatif                     |
| Grafik 1.1 | Batang               | Perbandingan Batas Elongasi | Membela angka 8°                                 |
| Grafik 1.2 | Skala sudut          | KHGT terhadap Limit Danjon  | Menunjukkan posisi 8°                            |

|                |               |                               |                                      |
|----------------|---------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| Grafik 1.3     | Garis         | Elongasi dan Ketebalan Sabit  | Menjelaskan relasi elongasi-sabit    |
| Grafik 1.4     | Garis         | Tinggi dan Gangguan Atmosfer  | Menjelaskan alasan tinggi 5°         |
| Grafik 1.5     | Matriks/radar | Kelemahan Parameter Tunggal   | Membela kriteria gabungan            |
| Grafik 1.6     | Dua kolom     | Fungsi Geosentris–Toposentris | Menjelaskan fungsi berbeda           |
| Diagram 1.1    | Alur          | Penetapan Awal Bulan KHGT     | Menjelaskan prosedur hisab           |
| Diagram 1.2    | Dua pilar     | Sistem Dua Parameter KHGT     | Menjelaskan struktur 5°–8°           |
| Diagram 1.3    | Proses        | Data Lokal ke Kriteria Global | Menjelaskan transformasi metodologis |
| Diagram 1.4    | Relasi        | Hisab dan Rukyat dalam KHGT   | Menjelaskan integrasi                |
| Peta 1.1       | Peta global   | Zona Visibilitas Hilal        | Validasi dan edukasi                 |
| Peta 1.2       | Peta titik    | Lokasi Rukyat Validatif       | Menjelaskan jaringan observasi       |
| Peta 1.3       | Kolase        | Variasi Horizon Lokal         | Menjelaskan problem lokalitas        |
| Infografik 1.1 | Edukasi       | Mengapa 8°?                   | Sosialisasi elongasi                 |
| Infografik 1.2 | Edukasi       | Mengapa 5°?                   | Sosialisasi tinggi                   |
| Infografik 1.3 | Edukasi       | KHGT Tidak Menghapus Rukyat   | Menjawab keberatan publik            |
| Infografik 1.4 | Edukasi       | Geosentris dan Toposentris    | Menyederhanakan istilah teknis       |
| Grafik 1.7     | Database      | Struktur Data Observasi KHGT  | Menjelaskan kebutuhan metadata       |
| Grafik 1.8     | Diagram       | Data Positif dan Negatif      | Menjelaskan validasi ilmiah          |
| Grafik 1.9     | Siklus        | Evaluasi KHGT                 | Menjelaskan riset berkelanjutan      |

## H. Catatan Desain Visual untuk Penerbitan

Agar lampiran ini layak masuk buku, seluruh gambar dan grafik sebaiknya mengikuti prinsip desain berikut:

1. **Format warna:** biru tua, emas, putih, dan abu-abu lembut untuk kesan astronomis dan akademik.
2. **Tipografi:** gunakan huruf sans-serif bersih untuk label grafik dan huruf serif untuk keterangan panjang.
3. **Konsistensi simbol:** Bulan, Matahari, horizon, dan panah sudut harus memakai gaya visual yang sama di seluruh buku.
4. **Keterangan gambar:** setiap gambar wajib memiliki judul, nomor, sumber data, dan penjelasan singkat.

5. **Data grafik:** semua grafik berbasis angka harus mencantumkan sumber, terutama untuk nilai  $6,4^\circ$ ,  $7,7^\circ$ , dan  $8^\circ$ .
6. **Resolusi:** minimal 300 dpi untuk versi cetak.
7. **Format file:** SVG atau PDF untuk diagram vektor; PNG/TIFF 300 dpi untuk gambar raster.
8. **Aksesibilitas:** hindari kombinasi warna yang sulit dibedakan; gunakan label langsung, bukan hanya legenda warna.
9. **Konsistensi istilah:** gunakan istilah “tinggi hilal geosentris  $5''$ ” dan “elongasi geosentris  $8''$ ” secara konsisten.
10. **Keterangan ilmiah:** bedakan tegas antara visual konseptual, grafik berbasis data, dan peta hasil simulasi.

## I. Keterangan Gambar

### Gambar 1.1. Skema geometri Bulan–Bumi–Matahari setelah konjungsi.

Gambar ini memperlihatkan bahwa hilal mulai terbentuk setelah Bulan bergerak menjauh dari Matahari secara sudut. Konjungsi saja belum cukup menjamin keterlihatan hilal.

### Gambar 1.3. Tinggi hilal $5^\circ$ sebagai buffer terhadap horizon.

Hilal yang terlalu rendah sangat rentan terhadap atmosfer tebal, cahaya senja, aerosol, kabut, dan penghalang lokal. Kriteria tinggi  $5^\circ$  dalam KHGT berfungsi menghindari wilayah horizon yang paling problematis.

### Gambar 1.4. Elongasi $8^\circ$ sebagai ambang di atas Limit Danjon modern.

Elongasi  $8^\circ$  berada di atas batas optik  $6,4^\circ$  dan batas mata telanjang  $7,7^\circ$ . Karena itu, angka ini dapat dipahami sebagai ambang kalender yang memiliki margin dari wilayah ekstrem visibilitas.

### Gambar 1.5. Perbedaan acuan geosentris dan toposentris.

Geosentris digunakan untuk kalender global karena memberi acuan seragam dari pusat Bumi. Toposentris digunakan untuk observasi lokal karena pengamat melihat Bulan dari lokasi tertentu di permukaan Bumi.

### Grafik 1.1. Perbandingan batas elongasi hilal modern.

Grafik ini menunjukkan posisi elongasi  $8^\circ$  KHGT terhadap batas observasi modern. Kriteria KHGT tidak berada pada limit ekstrem, tetapi sedikit di atasnya sebagai buffer ilmiah.

### Diagram 1.4. Integrasi hisab dan rukyat dalam KHGT.

Hisab geosentris menetapkan kalender global, sedangkan rukyat toposentris berfungsi sebagai validasi, dokumentasi, edukasi, dan bahan evaluasi jangka panjang.



## LAMPIRAN 2

### Tabel Data, Protokol Observasi, dan Template Laporan Rukyat KHGT

*Buku Rekam Jejak Observasi: Batas Limit Danjon Modern*

Lampiran ini disusun sebagai perangkat teknis pendukung implementasi Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) dengan kriteria **tinggi hilal geosentris minimal 5°** dan **elongasi geosentris minimal 8°**. Lampiran ini memuat format tabel data, protokol observasi, standar metadata, serta template laporan rukyat validatif yang dapat dipakai oleh pengamat, lembaga falak, observatorium, perguruan tinggi, dan organisasi keagamaan.

Dalam sistem KHGT, rukyat tidak dihapus. Rukyat ditempatkan sebagai **validasi empiris**, **dokumentasi ilmiah**, **edukasi publik**, dan **basis evaluasi jangka panjang**. Karena itu, laporan rukyat harus disusun secara tertib, lengkap, dan dapat diverifikasi. Laporan yang hanya menyatakan “hilal terlihat” atau “hilal tidak terlihat” tidak cukup untuk riset visibilitas modern. Setiap laporan harus disertai data lokasi, waktu, alat, kondisi atmosfer, kondisi horizon, parameter astronomis, dokumentasi visual, dan status verifikasi.

#### A. Tujuan Lampiran

Lampiran ini memiliki lima tujuan utama.

Pertama, menyediakan format baku untuk mencatat data rukyat validatif KHGT.

Kedua, membantu pengamat membedakan antara data observasi visual, optik, fotografis, dan hasil pemrosesan citra.

Ketiga, memastikan bahwa setiap laporan rukyat memiliki metadata yang cukup untuk dianalisis ulang.

Keempat, menyediakan template laporan yang dapat digunakan secara langsung oleh lembaga atau komunitas pengamat hilal.

Kelima, membangun dasar awal bagi database observasi hilal KHGT yang berkelanjutan.

## B. Prinsip Dasar Observasi Validatif KHGT

Observasi validatif KHGT harus mengikuti beberapa prinsip dasar berikut.

1. **Hisab geosentris menetapkan kalender global.**  
Penetapan awal bulan dalam KHGT dilakukan berdasarkan terpenuhinya syarat tinggi hilal geosentris minimal  $5^\circ$  dan elongasi geosentris minimal  $8^\circ$ .
2. **Rukyat lokal berfungsi sebagai validasi.**  
Rukyat dilakukan untuk menguji, mendokumentasikan, dan memperkaya data empiris, bukan untuk membatalkan kalender global secara langsung karena cuaca atau horizon lokal.
3. **Data positif dan negatif sama-sama penting.**  
Hilal terlihat merupakan data positif. Hilal tidak terlihat, jika observasi dilakukan dengan prosedur baik, merupakan data negatif yang bernilai ilmiah.
4. **Metadata wajib dicatat.**  
Setiap laporan harus mencantumkan lokasi, waktu, alat, metode, kondisi atmosfer, kondisi horizon, parameter hisab, hasil pengamatan, dan dokumentasi.
5. **Konsistensi dengan hisab harus diperiksa.**  
Laporan rukyat harus sesuai dengan posisi Bulan dan Matahari menurut perhitungan astronomis.
6. **Kategori metode pengamatan harus jelas.**  
Laporan harus membedakan antara pengamatan mata telanjang, binokular, teleskop, kamera, dan citra hasil pemrosesan.
7. **Dokumentasi visual tidak berdiri sendiri.**  
Foto atau video hilal harus disertai data waktu, lokasi, alat, arah kamera, dan metode pemrosesan bila ada.
8. **Evaluasi dilakukan secara berkala.**  
Data rukyat dikumpulkan ke dalam database untuk evaluasi bulanan, tahunan, dan periodik.

## C. Tabel Data Utama Hisab KHGT

Tabel berikut digunakan untuk mencatat hasil hisab global yang menjadi dasar penetapan awal bulan.

### Tabel 2.1

Data Hisab Global KHGT

| No. | Komponen Data                    | Isian |
|-----|----------------------------------|-------|
| 1   | Nama bulan Hijriah               |       |
| 2   | Tahun Hijriah                    |       |
| 3   | Tanggal Masehi konjungsi/ijtimak |       |

|    |                              |                             |
|----|------------------------------|-----------------------------|
| 4  | Waktu konjungsi/ijtimak      |                             |
| 5  | Sistem waktu yang digunakan  | UTC / WIB / lainnya         |
| 6  | Sumber ephemeris             |                             |
| 7  | Perangkat lunak hisab        |                             |
| 8  | Versi perangkat lunak        |                             |
| 9  | Waktu evaluasi kriteria KHGT |                             |
| 10 | Tinggi hilal geosentris      |                             |
| 11 | Status tinggi hilal          | Memenuhi / Tidak memenuhi   |
| 12 | Elongasi geosentris          |                             |
| 13 | Status elongasi              | Memenuhi / Tidak memenuhi   |
| 14 | Kriteria KHGT 5°–8°          | Terpenuhi / Tidak terpenuhi |
| 15 | Keputusan awal bulan         |                             |
| 16 | Catatan kasus batas          | Ada / Tidak ada             |
| 17 | Pemeriksa hisab              |                             |
| 18 | Tanggal pemeriksaan          |                             |

**Keterangan:**

Tabel ini berfungsi sebagai dokumen inti penetapan KHGT. Nilai tinggi dan elongasi harus dinyatakan secara geosentris. Jika nilai berada sangat dekat dengan ambang 5° atau 8°, laporan harus diberi catatan kasus batas dan dihitung ulang dengan prosedur audit.

## D. Tabel Data Lokasi Observasi

Setiap observasi rukyat validatif harus mencatat data lokasi secara lengkap.

### Tabel 2.2

#### Identitas Lokasi Rukyat

| No. | Komponen Data         | Isian                                                                        |
|-----|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | Nama lokasi observasi |                                                                              |
| 2   | Desa/Kelurahan        |                                                                              |
| 3   | Kecamatan             |                                                                              |
| 4   | Kabupaten/Kota        |                                                                              |
| 5   | Provinsi/Negara       |                                                                              |
| 6   | Lintang tempat        |                                                                              |
| 7   | Bujur tempat          |                                                                              |
| 8   | Elevasi lokasi        |                                                                              |
| 9   | Zona waktu lokal      |                                                                              |
| 10  | Jenis lokasi          | Pantai / Pegunungan / Perkotaan / Observatorium / Lapangan terbuka / lainnya |
| 11  | Arah pandang utama    | Barat / Barat laut / Barat daya / lainnya                                    |
| 12  | Kondisi horizon barat | Terbuka / Terhalang sebagian / Terhalang berat                               |

|    |                                   |                                                                 |
|----|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 13 | Jenis halangan horizon            | Gedung / Bukit / Gunung / Pohon / Awan rendah / Kabut / lainnya |
| 14 | Perkiraan tinggi halangan horizon |                                                                 |
| 15 | Keterangan tambahan lokasi        |                                                                 |

**Keterangan:**

Data lokasi sangat penting karena visibilitas hilal lokal dipengaruhi horizon, lintang, bujur, elevasi, dan kondisi atmosfer setempat.

## E. Tabel Data Tim Pengamat

Identitas dan kompetensi pengamat harus dicatat untuk menilai kualitas laporan.

### Tabel 2.3

Identitas Tim Pengamat

| No. | Komponen Data                       | Isian                                            |
|-----|-------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1   | Nama lembaga/tim                    |                                                  |
| 2   | Koordinator pengamatan              |                                                  |
| 3   | Jumlah anggota tim                  |                                                  |
| 4   | Nama pengamat utama                 |                                                  |
| 5   | Pengalaman pengamat utama           | Pemula / Menengah / Mahir / Sangat berpengalaman |
| 6   | Pernah melihat hilal sebelumnya     | Ya / Tidak                                       |
| 7   | Jumlah pengalaman rukyat sebelumnya |                                                  |
| 8   | Operator alat optik                 |                                                  |
| 9   | Operator kamera                     |                                                  |
| 10  | Pencatat data                       |                                                  |
| 11  | Verifikator internal                |                                                  |
| 12  | Kontak lembaga/tim                  |                                                  |
| 13  | Catatan kompetensi                  |                                                  |

**Keterangan:**

Pengalaman pengamat penting karena hilal muda sering sangat tipis dan mudah tertukar dengan objek lain, artefak optik, atau ilusi visual.

## F. Tabel Data Cuaca dan Atmosfer

Kondisi atmosfer harus dicatat sebelum, selama, dan setelah observasi.

## Tabel 2.4

### Kondisi Cuaca dan Atmosfer

| No. | Komponen Data           | Sebelum Observasi                    | Saat Observasi        | Setelah Observasi     |
|-----|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1   | Tutupan awan            |                                      |                       |                       |
| 2   | Jenis awan              |                                      |                       |                       |
| 3   | Kejernihan langit       |                                      |                       |                       |
| 4   | Transparansi atmosfer   |                                      |                       |                       |
| 5   | Kabut/uap air           |                                      |                       |                       |
| 6   | Aerosol/debu/polusi     |                                      |                       |                       |
| 7   | Kelembapan relatif      |                                      |                       |                       |
| 8   | Suhu udara              |                                      |                       |                       |
| 9   | Tekanan udara           |                                      |                       |                       |
| 10  | Kecepatan angin         |                                      |                       |                       |
| 11  | Arah angin              |                                      |                       |                       |
| 12  | Cahaya senja            | Lemah / Sedang / Kuat                | Lemah / Sedang / Kuat | Lemah / Sedang / Kuat |
| 13  | Gangguan cahaya buatan  | Tidak ada / Rendah / Sedang / Tinggi |                       |                       |
| 14  | Catatan atmosfer khusus |                                      |                       |                       |

#### Keterangan:

Jika tidak tersedia alat ukur meteorologi, data dapat dicatat secara kualitatif. Namun, penggunaan alat ukur sederhana seperti termometer, higrometer, barometer, dan aplikasi cuaca lokal sangat dianjurkan.

## G. Tabel Data Alat Observasi

Jenis alat pengamatan harus dicatat secara rinci.

## Tabel 2.5

### Instrumen Pengamatan

| No. | Jenis Alat             | Merek/Model | Spesifikasi                   | Digunakan ? | Catatan |
|-----|------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|---------|
| 1   | Mata telanjang         | -           | -                             | Ya / Tidak  |         |
| 2   | Binokular              |             | Pembesaran, diameter objektif | Ya / Tidak  |         |
| 3   | Teleskop               |             | Diameter, panjang fokus       | Ya / Tidak  |         |
| 4   | Mounting/tripod        |             | Manual / motorik / GoTo       | Ya / Tidak  |         |
| 5   | Kamera DSLR/mirrorless |             | Sensor, lensa                 | Ya / Tidak  |         |

|    |                        |  |                                 |            |  |
|----|------------------------|--|---------------------------------|------------|--|
| 6  | Kamera planet/CCD/CMOS |  | Sensor, resolusi                | Ya / Tidak |  |
| 7  | Filter optik           |  | Jenis filter                    | Ya / Tidak |  |
| 8  | Kompas                 |  | Digital / analog                | Ya / Tidak |  |
| 9  | GPS                    |  | Akurasi koordinat               | Ya / Tidak |  |
| 10 | Aplikasi planetarium   |  | Nama aplikasi                   | Ya / Tidak |  |
| 11 | Perangkat hisab        |  | Nama perangkat                  | Ya / Tidak |  |
| 12 | Alat meteorologi       |  | Termometer/barometer/higrometer | Ya / Tidak |  |

**Keterangan:**

Perbedaan antara terlihat mata telanjang, terlihat dengan binokular, terlihat dengan teleskop, terlihat kamera, dan terlihat setelah pemrosesan citra harus dicatat secara tegas.

## H. Tabel Parameter Toposentris Lokasi Observasi

Parameter toposentris diperlukan untuk menganalisis kemungkinan rukyat lokal.

**Tabel 2.6**

Parameter Astronomis Toposentris

| No. | Parameter                         | Nilai | Satuan  | Catatan                                      |
|-----|-----------------------------------|-------|---------|----------------------------------------------|
| 1   | Waktu Matahari terbenam lokal     |       |         |                                              |
| 2   | Waktu Bulan terbenam lokal        |       |         |                                              |
| 3   | Lag Bulan                         |       | menit   | Selisih Bulan terbenam dan Matahari terbenam |
| 4   | Umur Bulan saat Matahari terbenam |       | jam     | Sejak konjungsi                              |
| 5   | Tinggi Bulan toposentris          |       | derajat | Dari lokasi pengamat                         |
| 6   | Azimut Bulan                      |       | derajat |                                              |
| 7   | Azimut Matahari                   |       | derajat |                                              |
| 8   | DAZ / beda azimut                 |       | derajat | Bulan minus Matahari                         |
| 9   | ARCV                              |       | derajat | Beda tinggi Bulan dan Matahari               |
| 10  | Elongasi toposentris              |       | derajat | Jika dihitung                                |
| 11  | Elongasi geosentris               |       | derajat | Untuk perbandingan                           |

|    |                         |                                            |                       |               |
|----|-------------------------|--------------------------------------------|-----------------------|---------------|
| 12 | Crescent width          |                                            | menit busur / derajat | Jika tersedia |
| 13 | Fraksi iluminasi Bulan  |                                            | persen                |               |
| 14 | Jarak Bulan–Bumi        |                                            | km                    | Opsional      |
| 15 | Deklinasi Bulan         |                                            | derajat               | Opsional      |
| 16 | Deklinasi Matahari      |                                            | derajat               | Opsional      |
| 17 | Sudut posisi sabit      |                                            | derajat               | Opsional      |
| 18 | Model visibilitas lokal | Odeh / Yallop / lainnya                    |                       |               |
| 19 | Zona visibilitas model  | Mudah / Mungkin / Optik / Sulit / Mustahil |                       |               |
| 20 | Catatan hisab lokal     |                                            |                       |               |

**Keterangan:**

Tabel ini tidak menggantikan kriteria KHGT. Parameter toposentris digunakan untuk menjelaskan kondisi rukyat lokal dan menganalisis keberhasilan atau kegagalan pengamatan.

## I. Tabel Kronologi Observasi

Kronologi observasi membantu menilai kesiapan tim dan validitas laporan.

### Tabel 2.7

#### Kronologi Kegiatan Rukyat

| Waktu Lokal | Kegiatan                          | Petugas | Catatan |
|-------------|-----------------------------------|---------|---------|
|             | Tiba di lokasi                    |         |         |
|             | Pemasangan alat                   |         |         |
|             | Penentuan arah barat/azimut       |         |         |
|             | Sinkronisasi waktu                |         |         |
|             | Pemeriksaan cuaca awal            |         |         |
|             | Matahari terbenam                 |         |         |
|             | Mulai pencarian hilal             |         |         |
|             | Pengamatan mata telanjang         |         |         |
|             | Pengamatan dengan binokular       |         |         |
|             | Pengamatan dengan teleskop        |         |         |
|             | Pengambilan foto/video            |         |         |
|             | Waktu terbaik estimasi pengamatan |         |         |
|             | Hasil sementara                   |         |         |
|             | Bulan terbenam                    |         |         |
|             | Penutupan observasi               |         |         |
|             | Verifikasi internal               |         |         |



**Keterangan:**

Kronologi rinci membantu memeriksa apakah observasi dilakukan pada waktu yang tepat dan dengan prosedur yang tertib.

## J. Tabel Hasil Observasi Visual

Hasil observasi harus membedakan metode pengamatan.

### Tabel 2.8

Hasil Pengamatan Berdasarkan Metode

| No. | Metode Pengamatan               | Hasil                         | Waktu Terlihat/Tidak Terlihat | Jumlah Pengamat | Catatan |
|-----|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|---------|
| 1   | Mata telanjang                  | Terlihat / Tidak terlihat     |                               |                 |         |
| 2   | Binokular                       | Terlihat / Tidak terlihat     |                               |                 |         |
| 3   | Teleskop                        | Terlihat / Tidak terlihat     |                               |                 |         |
| 4   | Kamera tanpa pemrosesan         | Terekam / Tidak terekam       |                               |                 |         |
| 5   | Kamera dengan pemrosesan ringan | Terekam / Tidak terekam       |                               |                 |         |
| 6   | Kamera dengan pemrosesan kuat   | Terekam / Tidak terekam       |                               |                 |         |
| 7   | Konfirmasi silang tim           | Ada / Tidak ada               |                               |                 |         |
| 8   | Kesimpulan sementara            | Positif / Negatif / Meragukan |                               |                 |         |

**Keterangan:**

Laporan “terlihat” harus menjelaskan apakah hilal terlihat langsung oleh mata, terlihat melalui alat, atau hanya muncul setelah pemrosesan citra.

## K. Tabel Dokumentasi Visual

Dokumentasi foto dan video harus dilengkapi metadata.

**Tabel 2.9**

Metadata Foto dan Video Hilal

| No. | Komponen Dokumentasi     | Isian                                                  |
|-----|--------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1   | Jenis dokumentasi        | Foto / Video / Citra hasil stacking / lainnya          |
| 2   | Nama file                |                                                        |
| 3   | Waktu pengambilan        |                                                        |
| 4   | Kamera/sensor            |                                                        |
| 5   | Lensa/teleskop           |                                                        |
| 6   | Panjang fokus            |                                                        |
| 7   | Aperture                 |                                                        |
| 8   | ISO/gain                 |                                                        |
| 9   | Kecepatan rana/exposure  |                                                        |
| 10  | Jumlah frame             |                                                        |
| 11  | Metode pemrosesan        | Tidak diproses / ringan / stacking / kontras / lainnya |
| 12  | Arah kamera              |                                                        |
| 13  | Medan pandang            |                                                        |
| 14  | Posisi Bulan dalam citra |                                                        |
| 15  | Objek pembanding         |                                                        |
| 16  | Nama operator kamera     |                                                        |
| 17  | Status verifikasi citra  | Terverifikasi / Belum / Ditolak                        |
| 18  | Catatan artefak/noise    |                                                        |

**Keterangan:**

Foto yang terlalu diproses tanpa data mentah harus diberi catatan khusus. Dokumentasi visual harus dipakai sebagai penguat laporan, bukan satu-satunya dasar kesimpulan.

## L. Tabel Klasifikasi Hasil Observasi

Klasifikasi berikut dipakai untuk menstandarisasi status laporan.

**Tabel 2.10**

Klasifikasi Status Rukyat Validatif KHGT

| Kode | Status                 | Definisi                                                  | Nilai Ilmiah             |
|------|------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------|
| P1   | Positif mata telanjang | Hilal terlihat langsung tanpa alat oleh pengamat terlatih | Sangat tinggi            |
| P2   | Positif binokular      | Hilal terlihat dengan binokular                           | Tinggi                   |
| P3   | Positif teleskop       | Hilal terlihat dengan teleskop                            | Tinggi                   |
| P4   | Positif fotografis     | Hilal terekam kamera tanpa pemrosesan kuat                | Sedang-tinggi            |
| P5   | Positif citra olahan   | Hilal muncul setelah pemrosesan citra                     | Sedang, perlu verifikasi |

|    |                        |                                                                |                                  |
|----|------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| N1 | Negatif valid          | Hilal tidak terlihat, observasi baik, langit mendukung         | Sangat penting                   |
| N2 | Negatif karena cuaca   | Hilal tidak terlihat karena awan/kabut/hujan                   | Penting sebagai catatan lokal    |
| N3 | Negatif karena horizon | Hilal tidak terlihat karena horizon terhalang                  | Penting sebagai catatan lokasi   |
| N4 | Negatif tidak lengkap  | Hilal tidak terlihat, tetapi metadata kurang                   | Terbatas                         |
| R1 | Meragukan              | Klaim tidak cukup kuat atau tidak konsisten                    | Perlu verifikasi                 |
| X1 | Ditolak                | Laporan bertentangan dengan hisab dasar atau bukti tidak valid | Tidak dipakai sebagai data utama |

**Keterangan:**

Klasifikasi ini membantu database KHGT membedakan kualitas laporan dan mencegah pencampuran antara data kuat, data lemah, dan data yang tidak dapat diverifikasi.

## M. Protokol Observasi Rukyat Validatif KHGT

### M.1 Tahap Persiapan Sebelum Observasi

1. Menentukan tanggal observasi berdasarkan kalender KHGT.
2. Menghitung data hisab global: tinggi geosentris dan elongasi geosentris.
3. Menghitung data toposentris lokasi pengamatan.
4. Menentukan lokasi dengan horizon barat terbaik.
5. Memeriksa prakiraan cuaca.
6. Menyiapkan alat observasi.
7. Menyiapkan kamera dan media penyimpanan.
8. Menyinkronkan waktu semua perangkat.
9. Menentukan azimuth Matahari dan Bulan.
10. Membuat lembar pencatatan lapangan.
11. Membagi tugas tim: operator alat, pencatat, pengamat visual, fotografer, dan verifikator.
12. Menguji alat sebelum Matahari terbenam.

### M.2 Tahap Pelaksanaan Observasi

1. Tim tiba di lokasi minimal 60–90 menit sebelum Matahari terbenam.
2. Koordinat dan elevasi lokasi dicatat.
3. Kondisi horizon difoto.
4. Arah barat dan azimuth Bulan ditentukan.
5. Alat dipasang dan disejajarkan.

6. Kondisi cuaca awal dicatat.
7. Waktu Matahari terbenam dicatat.
8. Pencarian hilal dimulai sesuai waktu yang direkomendasikan.
9. Pengamatan dilakukan bertahap: mata telanjang, binokular, teleskop, kamera.
10. Setiap klaim terlihat harus dikonfirmasi oleh lebih dari satu pengamat bila memungkinkan.
11. Foto atau video diambil dengan metadata lengkap.
12. Jika hilal tidak terlihat, catat kondisi penyebab yang mungkin.
13. Observasi dilanjutkan sampai Bulan terbenam atau sampai kondisi tidak memungkinkan.
14. Setelah observasi, tim melakukan verifikasi internal.

### **M.3 Tahap Verifikasi Awal**

1. Membandingkan arah klaim hilal dengan azimuth Bulan.
2. Membandingkan waktu klaim dengan waktu terbaik pengamatan.
3. Memeriksa konsistensi bentuk sabit.
4. Memeriksa apakah posisi hilal sesuai dengan tinggi dan azimuth Bulan.
5. Memeriksa kemungkinan salah identifikasi.
6. Menilai kualitas langit dan horizon.
7. Menilai kualitas foto/video.
8. Menentukan status sementara: positif, negatif, meragukan, atau ditolak.

### **M.4 Tahap Pelaporan**

1. Mengisi template laporan lengkap.
2. Melampirkan tabel hisab global dan toposentris.
3. Melampirkan foto lokasi dan horizon.
4. Melampirkan foto/video hilal bila ada.
5. Menyertakan data mentah jika tersedia.
6. Menyertakan catatan cuaca.
7. Menyertakan tanda tangan penanggung jawab.
8. Mengirim laporan ke pengelola database KHGT.
9. Menunggu verifikasi lanjutan.
10. Menyimpan arsip lokal.

# N. Template Laporan Rukyat Validatif KHGT

## N.1 Identitas Laporan

**Judul laporan:**

Laporan Rukyat Validatif KHGT Bulan ..... Tahun .....

**Tanggal observasi:**

.....

**Lokasi observasi:**

.....

**Lembaga/tim pengamat:**

.....

**Penanggung jawab laporan:**

.....

**Kontak:**

.....

## N.2 Ringkasan Hisab Global KHGT

| Komponen                       | Nilai                       |
|--------------------------------|-----------------------------|
| Bulan Hijriah yang diamati     |                             |
| Tahun Hijriah                  |                             |
| Tanggal Masehi                 |                             |
| Waktu konjungsi/ijtimak        |                             |
| Waktu evaluasi KHGT            |                             |
| Tinggi hilal geosentris        |                             |
| Elongasi geosentris            |                             |
| Status tinggi $\geq 5^\circ$   | Memenuhi / Tidak memenuhi   |
| Status elongasi $\geq 8^\circ$ | Memenuhi / Tidak memenuhi   |
| Status kriteria KHGT           | Terpenuhi / Tidak terpenuhi |
| Keputusan kalender global      |                             |
| Catatan                        |                             |

## N.3 Ringkasan Data Lokasi

| Komponen                  | Nilai |
|---------------------------|-------|
| Nama lokasi               |       |
| Lintang                   |       |
| Bujur                     |       |
| Elevasi                   |       |
| Zona waktu                |       |
| Jenis horizon             |       |
| Kondisi horizon barat     |       |
| Halangan horizon          |       |
| Perkiraan tinggi halangan |       |
| Catatan lokasi            |       |

## N.4 Ringkasan Parameter Toposentris

| Parameter                  | Nilai |
|----------------------------|-------|
| Matahari terbenam lokal    |       |
| Bulan terbenam lokal       |       |
| Lag Bulan                  |       |
| Umur Bulan                 |       |
| Tinggi Bulan toposentris   |       |
| Azimut Bulan               |       |
| Azimut Matahari            |       |
| DAZ                        |       |
| ARCV                       |       |
| Elongasi lokal/toposentris |       |
| Crescent width             |       |
| Fraksi iluminasi           |       |
| Model visibilitas lokal    |       |
| Zona visibilitas           |       |

## N.5 Kondisi Cuaca dan Atmosfer

| Komponen                 | Kondisi |
|--------------------------|---------|
| Tutupan awan             |         |
| Awan dekat horizon barat |         |
| Kabut/uap air            |         |
| Aerosol/debu/polusi      |         |
| Kejernihan langit        |         |
| Kelembapan               |         |
| Suhu udara               |         |

|                        |  |
|------------------------|--|
| Tekanan udara          |  |
| Angin                  |  |
| Cahaya senja           |  |
| Gangguan cahaya buatan |  |
| Catatan khusus         |  |

## N.6 Instrumen yang Digunakan

| Alat             | Spesifikasi | Status Penggunaan | Catatan |
|------------------|-------------|-------------------|---------|
| Mata telanjang   | -           | Ya / Tidak        |         |
| Binokular        |             | Ya / Tidak        |         |
| Teleskop         |             | Ya / Tidak        |         |
| Kamera           |             | Ya / Tidak        |         |
| Filter           |             | Ya / Tidak        |         |
| Mounting/tripod  |             | Ya / Tidak        |         |
| Perangkat hisab  |             | Ya / Tidak        |         |
| Alat meteorologi |             | Ya / Tidak        |         |

## N.7 Kronologi Observasi

| Waktu | Kegiatan                      | Catatan |
|-------|-------------------------------|---------|
|       | Tim tiba di lokasi            |         |
|       | Alat dipasang                 |         |
|       | Arah azimut ditentukan        |         |
|       | Matahari terbenam             |         |
|       | Pengamatan dimulai            |         |
|       | Pengamatan mata telanjang     |         |
|       | Pengamatan binokular          |         |
|       | Pengamatan teleskop           |         |
|       | Pengambilan foto/video        |         |
|       | Klaim terlihat/tidak terlihat |         |
|       | Bulan terbenam                |         |
|       | Observasi selesai             |         |
|       | Verifikasi internal           |         |

## N.8 Hasil Observasi

Status hasil observasi:

Pilih salah satu:

- Positif mata telanjang



- Positif binokular
- Positif teleskop
- Positif fotografis
- Positif citra olahan
- Negatif valid
- Negatif karena cuaca
- Negatif karena horizon
- Negatif tidak lengkap
- Meragukan
- Ditolak

**Uraian hasil observasi:**

.....

.....

.....

**Jumlah pengamat yang menyatakan melihat hilal:**

.....

**Jumlah pengamat yang tidak melihat hilal:**

.....

**Waktu pertama kali hilal terlihat jika ada:**

.....

**Metode pertama kali hilal terdeteksi:**

Mata telanjang / Binokular / Teleskop / Kamera / Citra olahan

**Arah posisi hilal menurut pengamat:**

.....

**Apakah posisi sesuai dengan hisab?**

Ya / Tidak / Perlu pemeriksaan

**Catatan kemungkinan salah identifikasi:**

.....

## N.9 Dokumentasi Visual

| No. | Nama File | Jenis File           | Waktu Pengambilan | Alat | Status |
|-----|-----------|----------------------|-------------------|------|--------|
| 1   |           | Foto / Video / Citra |                   |      |        |
| 2   |           | Foto / Video / Citra |                   |      |        |
| 3   |           | Foto / Video / Citra |                   |      |        |
| 4   |           | Foto / Video / Citra |                   |      |        |
| 5   |           | Foto / Video / Citra |                   |      |        |

Catatan pemrosesan citra:

.....

.....

Apakah file mentah tersedia?

Ya / Tidak

Lokasi penyimpanan file mentah:

.....

## N.10 Verifikasi Internal

| Aspek Verifikasi                            | Status                                         | Catatan |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------|---------|
| Waktu observasi sesuai                      | Ya / Tidak / Ragu                              |         |
| Arah azimuth sesuai                         | Ya / Tidak / Ragu                              |         |
| Tinggi Bulan sesuai                         | Ya / Tidak / Ragu                              |         |
| Bentuk sabit sesuai                         | Ya / Tidak / Ragu                              |         |
| Kondisi cuaca mendukung                     | Ya / Tidak / Sebagian                          |         |
| Dokumentasi mendukung                       | Ya / Tidak / Sebagian                          |         |
| Klaim dikonfirmasi lebih dari satu pengamat | Ya / Tidak                                     |         |
| Ada potensi salah identifikasi              | Ya / Tidak                                     |         |
| Kesimpulan verifikator                      | Diterima / Ditolak / Perlu verifikasi lanjutan |         |

## N.11 Kesimpulan Laporan

Berdasarkan data hisab, kondisi lokasi, kondisi atmosfer, instrumen yang digunakan, hasil observasi, dan verifikasi internal, laporan ini menyimpulkan bahwa observasi rukyat validatif KHGT pada tanggal ..... di lokasi ..... berstatus:

**Status akhir:**

.....

**Kesimpulan singkat:**

.....

.....

.....

**Rekomendasi:**

.....

.....

---

## N.12 Pengesahan Laporan

**Penyusun laporan:**

Nama: .....

Tanda tangan: .....

Tanggal: .....

**Koordinator observasi:**

Nama: .....

Tanda tangan: .....

Tanggal: .....

**Verifikator internal:**

Nama: .....

Tanda tangan: .....

Tanggal: .....

---

## O. Format Ringkas Laporan Satu Halaman

Format ringkas berikut dapat dipakai untuk publikasi cepat kepada masyarakat.

## Laporan Ringkas Rukyat Validatif KHGT

| Komponen                       | Data                                        |
|--------------------------------|---------------------------------------------|
| Bulan Hijriah                  |                                             |
| Tanggal Masehi                 |                                             |
| Lokasi rukyat                  |                                             |
| Koordinat                      |                                             |
| Tinggi hilal geosentris        |                                             |
| Elongasi geosentris            |                                             |
| Status kriteria KHGT           | Terpenuhi / Tidak terpenuhi                 |
| Tinggi hilal toposentris lokal |                                             |
| Elongasi lokal/toposentris     |                                             |
| Kondisi horizon                |                                             |
| Kondisi cuaca                  |                                             |
| Alat yang digunakan            |                                             |
| Hasil mata telanjang           | Terlihat / Tidak terlihat                   |
| Hasil binokular                | Terlihat / Tidak terlihat / Tidak digunakan |
| Hasil teleskop                 | Terlihat / Tidak terlihat / Tidak digunakan |
| Hasil kamera                   | Terekam / Tidak terekam / Tidak digunakan   |
| Status akhir observasi         | Positif / Negatif / Meragukan               |
| Catatan singkat                |                                             |

### Pernyataan ringkas:

Observasi ini merupakan rukyat validatif untuk mendukung dokumentasi ilmiah KHGT. Hasil observasi lokal digunakan sebagai data empiris, edukasi, dan evaluasi, sedangkan penetapan kalender global mengikuti kriteria KHGT  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  yang telah dihitung secara geosentris.

## P. Format Data Digital Database KHGT

Agar data mudah dikumpulkan dalam sistem digital, setiap laporan dapat diubah menjadi format data berikut.

### Tabel 2.11

Struktur Field Database Observasi KHGT

| Nama Field     | Tipe Data | Contoh Isian             | Wajib? |
|----------------|-----------|--------------------------|--------|
| observation_id | Teks      | KHGT-1447-RMD-001        | Ya     |
| hijri_month    | Teks      | Ramadan                  | Ya     |
| hijri_year     | Angka     | 1447                     | Ya     |
| gregorian_date | Tanggal   | 2026-02-18               | Ya     |
| observer_team  | Teks      | Tim Rukyat KHGT Semarang | Ya     |
| location_name  | Teks      | Pantai Marina            | Ya     |

|                       |              |                                     |               |
|-----------------------|--------------|-------------------------------------|---------------|
| latitude              | Desimal      | -6.9500                             | Ya            |
| longitude             | Desimal      | 110.3900                            | Ya            |
| elevation_m           | Angka        | 5                                   | Ya            |
| timezone              | Teks         | WIB / UTC+7                         | Ya            |
| geocentric_altitude   | Desimal      | 5.21                                | Ya            |
| geocentric_elongation | Desimal      | 8.14                                | Ya            |
| khgt_status           | Teks         | Terpenuhi                           | Ya            |
| local_moon_altitude   | Desimal      |                                     | Ya            |
| local_moon_azimuth    | Desimal      |                                     | Ya            |
| local_sun_azimuth     | Desimal      |                                     | Ya            |
| daz                   | Desimal      |                                     | Disarankan    |
| arcv                  | Desimal      |                                     | Disarankan    |
| crescent_width        | Desimal      |                                     | Disarankan    |
| moon_age_hours        | Desimal      |                                     | Disarankan    |
| moonset_lag_minutes   | Desimal      |                                     | Disarankan    |
| sky_condition         | Teks         | Cerah sebagian                      | Ya            |
| horizon_condition     | Teks         | Terbuka                             | Ya            |
| instrument_type       | Teks         | Mata telanjang, binokular, teleskop | Ya            |
| result_category       | Teks         | P1 / P2 / P3 / N1 / N2 / R1 / X1    | Ya            |
| first_seen_time       | Waktu        | 18:12 WIB                           | Jika positif  |
| image_available       | Boolean      | Ya / Tidak                          | Ya            |
| raw_file_available    | Boolean      | Ya / Tidak                          | Jika ada foto |
| verification_status   | Teks         | Terverifikasi / Belum / Ditolak     | Ya            |
| notes                 | Teks panjang |                                     | Opsional      |

## Q. Contoh Pengisian Ringkas

**Tabel 2.12**

Contoh Simulatif Pengisian Laporan Rukyat Validatif KHGT

| Komponen                 | Contoh Isian          |
|--------------------------|-----------------------|
| Bulan Hijriah            | Ramadan               |
| Tahun Hijriah            | 1447 H                |
| Tanggal observasi        | 18 Februari 2026      |
| Lokasi                   | Semarang, Jawa Tengah |
| Lintang                  | -6.9932°              |
| Bujur                    | 110.4203°             |
| Elevasi                  | 10 m                  |
| Tinggi hilal geosentris  | 5.12°                 |
| Elongasi geosentris      | 8.05°                 |
| Status KHGT              | Terpenuhi             |
| Tinggi toposentris lokal | 4.35°                 |
| Lag Bulan                | 27 menit              |

|                      |                                                                 |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Kondisi horizon      | Terbuka sebagian                                                |
| Kondisi atmosfer     | Cerah berawan tipis                                             |
| Alat                 | Mata telanjang, binokular 10×50, teleskop 80 mm                 |
| Hasil mata telanjang | Tidak terlihat                                                  |
| Hasil binokular      | Tidak terlihat                                                  |
| Hasil teleskop       | Terdeteksi meragukan                                            |
| Dokumentasi foto     | Ada, tetapi perlu verifikasi                                    |
| Status akhir         | R1 — Meragukan                                                  |
| Catatan              | Kemungkinan terganggu awan tipis dan cahaya senja dekat horizon |

**Catatan:**

Data di atas hanya contoh simulatif untuk memperlihatkan cara mengisi tabel. Data tersebut bukan laporan observasi aktual.

## R. Checklist Lapangan Rukyat KHGT

Checklist berikut dapat dicetak dan dibawa ke lokasi observasi.

### Checklist Sebelum Berangkat

| No. | Item                                | Status     |
|-----|-------------------------------------|------------|
| 1   | Data hisab global KHGT tersedia     | Ya / Tidak |
| 2   | Data toposentris lokasi tersedia    | Ya / Tidak |
| 3   | Koordinat lokasi sudah diverifikasi | Ya / Tidak |
| 4   | Prakiraan cuaca diperiksa           | Ya / Tidak |
| 5   | Alat optik siap                     | Ya / Tidak |
| 6   | Kamera dan baterai siap             | Ya / Tidak |
| 7   | Tripod/mounting siap                | Ya / Tidak |
| 8   | Kompas/GPS siap                     | Ya / Tidak |
| 9   | Jam perangkat disinkronkan          | Ya / Tidak |
| 10  | Lembar laporan dicetak              | Ya / Tidak |
| 11  | Tim sudah diberi tugas              | Ya / Tidak |
| 12  | Kontak darurat tersedia             | Ya / Tidak |

### Checklist di Lokasi

| No. | Item                       | Status     |
|-----|----------------------------|------------|
| 1   | Koordinat lokasi dicatat   | Ya / Tidak |
| 2   | Elevasi lokasi dicatat     | Ya / Tidak |
| 3   | Foto horizon diambil       | Ya / Tidak |
| 4   | Kondisi cuaca awal dicatat | Ya / Tidak |
| 5   | Alat dipasang dan diuji    | Ya / Tidak |

|    |                               |            |
|----|-------------------------------|------------|
| 6  | Arah azimut Bulan ditentukan  | Ya / Tidak |
| 7  | Matahari terbenam dicatat     | Ya / Tidak |
| 8  | Pengamatan visual dilakukan   | Ya / Tidak |
| 9  | Pengamatan optik dilakukan    | Ya / Tidak |
| 10 | Foto/video diambil            | Ya / Tidak |
| 11 | Hasil pengamatan dicatat      | Ya / Tidak |
| 12 | Verifikasi internal dilakukan | Ya / Tidak |

## Checklist Setelah Observasi

| No. | Item                            | Status     |
|-----|---------------------------------|------------|
| 1   | Data hasil observasi dirapikan  | Ya / Tidak |
| 2   | Foto/video diberi nama file     | Ya / Tidak |
| 3   | Metadata foto/video dicatat     | Ya / Tidak |
| 4   | Hasil dibandingkan dengan hisab | Ya / Tidak |
| 5   | Status laporan ditentukan       | Ya / Tidak |
| 6   | Laporan ditandatangani          | Ya / Tidak |
| 7   | Data dikirim ke database KHGT   | Ya / Tidak |
| 8   | Arsip lokal disimpan            | Ya / Tidak |

## S. Skala Penilaian Kualitas Observasi

Untuk membantu evaluasi, kualitas observasi dapat diberi skor.

**Tabel 2.13**

Skor Kualitas Observasi

| Aspek                    | Skor 0          | Skor 1                   | Skor 2                         |
|--------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------------|
| Koordinat lokasi         | Tidak ada       | Perkiraan                | Akurat dengan GPS              |
| Waktu observasi          | Tidak jelas     | Ada tetapi tidak sinkron | Sinkron dan jelas              |
| Kondisi cuaca            | Tidak dicatat   | Dicatat umum             | Dicatat rinci                  |
| Kondisi horizon          | Tidak dicatat   | Dicatat umum             | Difoto dan dianalisis          |
| Data hisab lokal         | Tidak ada       | Sebagian                 | Lengkap                        |
| Alat observasi           | Tidak jelas     | Disebut umum             | Spesifikasi lengkap            |
| Pengamat                 | Tidak jelas     | Ada nama                 | Ada pengalaman dan peran       |
| Dokumentasi visual       | Tidak ada       | Ada tanpa metadata       | Ada dengan metadata            |
| Verifikasi               | Tidak ada       | Internal sederhana       | Internal lengkap dan konsisten |
| Konsistensi dengan hisab | Tidak diperiksa | Diperiksa umum           | Diperiksa rinci                |



### Interpretasi skor total:

| Skor Total | Kategori Kualitas | Keterangan                             |
|------------|-------------------|----------------------------------------|
| 0–7        | Rendah            | Data kurang layak untuk analisis utama |
| 8–13       | Sedang            | Data dapat dipakai dengan catatan      |
| 14–18      | Baik              | Data layak masuk database utama        |
| 19–20      | Sangat baik       | Data sangat kuat untuk evaluasi KHGT   |

## T. Format Kesimpulan Standar

Kesimpulan laporan sebaiknya menggunakan format baku berikut.

### Format Kesimpulan Positif

Berdasarkan hasil hisab dan observasi di lokasi ..... pada tanggal ..... , hilal dinyatakan **terlihat** dengan metode ..... pada pukul ..... waktu setempat. Posisi hilal yang dilaporkan telah dibandingkan dengan parameter hisab lokal dan dinilai **sesuai / sebagian sesuai / belum sesuai**. Laporan ini diklasifikasikan sebagai ..... dan direkomendasikan untuk **diterima / diverifikasi lanjutan / diberi catatan** dalam database observasi KHGT.

### Format Kesimpulan Negatif

Berdasarkan hasil hisab dan observasi di lokasi ..... pada tanggal ..... , hilal dinyatakan **tidak terlihat** dengan metode ..... sampai waktu Bulan terbenam. Kondisi utama yang memengaruhi hasil observasi adalah ..... Laporan ini diklasifikasikan sebagai ..... dan direkomendasikan untuk **diterima sebagai data negatif / diberi catatan keterbatasan / tidak digunakan sebagai data utama** dalam database observasi KHGT.

### Format Kesimpulan Meragukan

Berdasarkan hasil observasi di lokasi ..... pada tanggal ..... , terdapat klaim atau indikasi hilal, tetapi data belum cukup kuat karena ..... Setelah dibandingkan dengan parameter hisab, laporan ini diklasifikasikan sebagai **meragukan** dan memerlukan verifikasi lanjutan terhadap dokumentasi, metadata, serta konsistensi posisi.

## U. Rekomendasi Pengelolaan Database KHGT

Agar database observasi KHGT dapat digunakan untuk riset jangka panjang, pengelolaannya perlu mengikuti rekomendasi berikut.

1. Setiap laporan diberi nomor identitas unik.
2. Data positif dan negatif disimpan dalam satu sistem.
3. Foto mentah dan foto olahan harus dibedakan.
4. Status verifikasi harus jelas.
5. Laporan yang meragukan tidak dibuang, tetapi diberi kategori khusus.
6. Laporan yang ditolak tetap dapat disimpan sebagai arsip dengan alasan penolakan.
7. Data dapat diekspor untuk analisis statistik.
8. Sistem harus mampu menampilkan peta lokasi observasi.
9. Database harus menyimpan riwayat perubahan data.
10. Setiap evaluasi tahunan harus merujuk pada database ini.

---

## V. Penutup Lampiran 2

Lampiran ini menegaskan bahwa implementasi KHGT  $5^{\circ}$ – $8^{\circ}$  memerlukan tata kelola observasi yang tertib dan ilmiah. Penetapan kalender global dilakukan melalui hisab geosentris, tetapi rukyat lokal tetap memiliki peran penting sebagai validasi, dokumentasi, edukasi, dan evaluasi. Agar peran ini berjalan baik, setiap observasi harus dicatat dengan metadata lengkap dan diklasifikasikan secara jelas.

Dengan tabel data, protokol observasi, dan template laporan ini, KHGT dapat dikembangkan bukan hanya sebagai sistem kalender, tetapi juga sebagai ekosistem ilmiah yang menghimpun data hilal dari berbagai wilayah. Data inilah yang kelak akan memperkuat, menguji, dan memperkaya argumentasi kriteria tinggi hilal geosentris  $5^{\circ}$  dan elongasi geosentris  $8^{\circ}$  sebagai fondasi kalender Hijriah global yang stabil, transparan, dan bertanggung jawab.

# LAMPIRAN 3

Q. J. R. astr. Soc. (1996), 37, 759-768

## (TERJEMAHAN) VISIBILITAS SABIT BULAN

Bradley E. Schaefer

Department of Physics, Yale University, New Haven, CT 06511, USA

(Diterima 14 Juni 1996)

### RINGKASAN

Visibilitas sabit Bulan yang tipis merupakan masalah penting bagi kalender banyak masyarakat, baik kuno maupun modern. Dengan kira-kira  $1 \times 10^9$  orang beragama Islam mengikuti kalender Islam, persoalan ini kemungkinan merupakan satu masalah astronomi non-trivial yang memberikan dampak terbesar terhadap dunia modern kita. Dalam dasawarsa terakhir, kemajuan besar telah dicapai dalam pengamatan dan teori visibilitas sabit. Makalah ini melaporkan pengamatan dan analisis mutakhir. Rekor baru telah ditetapkan untuk Bulan termuda, dengan pengamatan meyakinkan pada umur 15,0 jam oleh John Pierce dengan penglihatan tanpa alat, dan pada umur 12,1 jam oleh Jim Stamm dengan bantuan teleskop. Rekor-rekor ini dapat dipecahkan secara signifikan dalam kondisi optimal. Berbagai algoritma prediksi diuji dengan 294 pengamatan individual yang terkumpul ditambah 1490 pengamatan dari lima Moonwatch. Kriteria umur dan selang waktu terbenam Bulan ditemukan buruk, kriteria altitude/azimuth hanya dapat membuat prediksi meyakinkan sekitar seperempat waktu, sedangkan prediktor terbaik sejauh ini adalah algoritma teoretis modern.

### PENDAHULUAN

Banyak kalender kuno didasarkan pada bulan kamariah yang didefinisikan oleh penampakan pertama atau terakhir Bulan dekat konjungsi. Karena itu, banyak persoalan dalam kronologi memerlukan pengetahuan rinci tentang tanggal ketika Bulan dapat terlihat. Secara historis, hal ini telah mendorong banyak penelitian astronomi sejak zaman Babilonia hingga masa Arab abad pertengahan. Beberapa kalender modern yang banyak digunakan juga didasarkan pada visibilitas Bulan, sehingga prediksi dan postdiksi tanggal memerlukan perhitungan astronomi yang benar agar kalender tersebut memiliki kegunaan.

Ternyata visibilitas sabit merupakan masalah yang sulit, melibatkan perhitungan orbit, hamburan cahaya Bulan, hamburan atmosfer, dan fisiologi penglihatan. Untuk tinjauan pekerjaan hingga pertengahan 1980-an, lihat Ilyas (1994). Pada 1977, Bruin (1977) mengusulkan agar pendekatan teoretis modern digunakan untuk memodelkan fisika dan fisiologi yang terlibat, dan hal ini telah ditindaklanjuti dengan algoritma kerja yang rinci (Schaefer 1988). Mulai akhir 1980-an, lima Moonwatch diorganisasi untuk mengumpulkan data secara sistematis dari seluruh Amerika Utara, dengan hasil bahwa peta rinci probabilitas visibilitas dapat disusun dari 1490 laporan (Doggett & Schaefer 1994). Juga dikumpulkan 252 pengamatan individual yang tercatat dalam literatur astronomi (Schaefer 1988; Doggett & Schaefer 1994). Dengan demikian, masalah sabit kini berada pada dasar teoretis dan observasional yang kuat.

### SABIT-SABIT REKOR

Pengamatan sabit muda telah berubah menjadi kompetisi persahabatan di antara astronom amatir modern. Namun, adalah mungkin untuk keliru melaporkan Bulan muda (Schaefer, Ahmad, & Doggett

1993), dengan tingkat kesalahan sekitar 15 persen (Doggett & Schaefer 1994). Karena itu, klaim sabit yang sangat muda harus diperiksa secara cermat. Schaefer, Ahmad & Doggett (1993) menemukan bahwa laporan yang andal dibedakan secara jelas oleh pengalaman pengamat, kecepatan pelaporan, dan persiapan pengamat, dengan konsistensi rincian terhadap perhitungan sebagai syarat tambahan.

Dalam beberapa tahun terakhir, sejumlah pengamatan pemecah rekor telah dilaporkan secara rinci kepada saya (lihat Tabel I). Pemegang rekor saat ini adalah John Pierce pada 15,0 jam untuk penglihatan tanpa alat, dan Jim Stamm pada 12,1 jam untuk penglihatan berbantuan. Umur-umur ini adalah untuk waktu pengamatan pertama, sedangkan Tabel I memberikan umur untuk waktu visibilitas terbaik. Sekarang saya mengevaluasi kedua pengamatan tersebut dengan kriteria di atas.

John Pierce mengamati dari Collins Gap di Tennessee timur, dan telah memiliki pengalaman sebelumnya dalam pengamatan sabit. Laporan pertama yang saya miliki tentang peristiwa ini bertanggal 26 Mei 1990, tetapi ekspedisi khusus yang terdiri atas enam pengamat kemungkinan besar memperoleh tanggal yang benar. Para pengamat terlebih dahulu menghitung posisi Bulan terhadap titik terbenam Matahari untuk waktu tertentu sehingga mereka mengetahui secara tepat ke mana harus melihat. Pierce melihat Bulan dengan mata telanjang, dan pengamatan itu dikonfirmasi dengan teleskop 12,5 inci sebagaimana dilihat oleh empat orang. Jan Kemp juga melihat Bulan dengan penglihatan tanpa alat, Clint Bach dan Ed Byrd melihat sabit hanya melalui binokuler dan teleskop, sedangkan Jim Golden dan Travis Byrd sama sekali tidak dapat melihat Bulan. Waktu pengamatan pertama Pierce dekat dengan 25 Februari 1990 pukul 23:55 UT, untuk umur 15,0 jam. Laporan tersebut tidak mengandung anomali, sehingga saya menerimanya sebagai benar.

Jim Stamm mengamati sabit pada 21 Januari 1996 pukul 00:57 UT, yakni 12,1 jam setelah konjungsi, dengan teleskop 8 inci pada pembesaran 50× dari rumahnya dekat Tucson, Arizona. Stamm memiliki rekam jejak panjang pengalaman dalam mencari Bulan sabit muda (Doggett & Schaefer 1994). Pengamatannya segera dilaporkan kepada saya dan kepada grup berita Internet SCI.ASTRO. Persiapan Stamm adalah yang paling ekstensif dari semua upaya yang saya ketahui: ia memfokuskan teleskop pada malam sebelumnya dan mengarahkan teleskop terlebih dahulu melalui pengamatan bintang yang waktunya ditentukan. Saya telah memeriksa laporannya secara rinci dan tidak menemukan ketidaksesuaian dengan perhitungan. Misalnya, ia melaporkan dengan benar panjang busur sabit, perubahan warna progresif, dan waktunya sesuai dengan yang diharapkan. Singkatnya, laporan Stamm memenuhi semua kriteria saya untuk pengamatan yang andal.

Rekor-rekor ini dapat dipecahkan secara signifikan dalam kondisi optimal. Misalnya, seorang pengamat di ketinggian besar di California utara atau Nevada seharusnya dapat melihat Bulan pemecah rekor Stamm dengan mata telanjang. Lintang optimal, yaitu ketika Bulan berada tepat di atas Matahari, akan meningkatkan visibilitas, demikian pula lokasi dengan kelembapan rendah. Namun, untuk pemilihan lokasi, pengamat harus mengutamakan elevasi agar berada di atas aerosol atmosfer lapisan rendah. Elevasi dapat menentukan berhasil atau gagalnya upaya pengamatan. Misalnya, seandainya Stamm mengamati dari elevasi lebih dari 8000 kaki di atas permukaan laut, saya menghitung bahwa Bulan berumur 12,1 jam seharusnya dapat dideteksi dengan mata telanjang. Saran saya yang lain kepada pengamat adalah bersiap sejak awal dan memiliki cara yang akurat untuk mengetahui secara tepat di mana dan kapan harus melihat.

Saya telah menelusuri tahun-tahun mendatang untuk mencari peluang yang baik guna memecahkan rekor secara substansial dari observatorium di Cerro Tololo, Mauna Kea, dan La Palma. Dua peluang yang saya temukan keduanya berada di puncak Mauna Kea. Pada 10 Desember 1996, sabit berumur 11,1 jam kemungkinan terlihat dengan mata telanjang. Pada 7 Februari 1997, sabit berumur 13,3 jam kemungkinan terlihat dengan mata telanjang.

## PENGAMATAN

Makalah-makalah terdahulu (Schaefer 1988; Doggett & Schaefer 1994) telah mengumpulkan 252 laporan pengamatan sabit dari sumber-sumber astronomi. Sejak saat itu, saya telah mengumpulkan 43 pengamatan tambahan. McPartlan (1985) menyumbang 25 laporan, semuanya dibuat dari lokasi yang sama di Sudan. Sisanya dikumpulkan oleh saya sendiri sebagai komunikasi pribadi dari pengamat. Pengamatan dan parameter terkaitnya ditabulasikan dalam Tabel I. Kolom-kolomnya sama seperti dalam Doggett & Schaefer (1994).

Tabel tersebut juga memuat dua koreksi terhadap daftar sebelumnya. Pengamatan 117 memiliki waktu konjungsi yang salah dan umur yang salah. Pengamatan 44 harus dihapus sebagai tidak andal, karena Loewinger (1995) menemukan bahwa pengamatan Schmidt tidak dilakukan oleh Julius Schmidt, salah satu pengamat visual terbesar, melainkan oleh tukang kebunnya yang tidak terampil, Friedrich Schmidt, dalam pengamatan kasual. Hal ini menurunkan jumlah total menjadi 294 laporan terkumpul.

Tabel I. Pengamatan individual visibilitas sabit. Catatan: tabel numerik asli dipertahankan sebagai citra karena terdiri terutama atas data, simbol, dan notasi observasional.

## PENGUJIAN ALGORITMA

Banyak algoritma visibilitas sabit harus diuji terhadap semua data yang tersedia. Doggett & Schaefer (1994) menggunakan data Moonwatch yang luas, melibatkan 1490 laporan dari lima malam, untuk menguji 13 prediktor. Kesimpulannya adalah bahwa (1) kriteria kuno dan abad pertengahan sangat tidak andal, (2) hubungan altitude/azimuth memiliki akurasi yang wajar, dan (3) algoritma teoretis modern memiliki galat sistematis terendah, galat rata-rata terendah, dan galat maksimum terendah, kira-kira dengan faktor 2 dibandingkan semua model lain. Tabel IX mereka menguantifikasi hasil-hasil ini.

Kumpulan data independen berisi 294 pengamatan individual dapat digunakan untuk pengujian lebih lanjut atas berbagai algoritma. Penyelidikan ini disajikan di bawah, dengan ringkasan pada Tabel II.

### Umur

Sebagai pendekatan orde-nol, sabit hanya dapat terlihat lebih dari satu hari setelah konjungsi. Pada zaman kuno, hal ini dikanonisasi sebagai aturan bahwa Bulan akan terlihat jika umurnya lebih besar dari 24 jam. Doggett & Schaefer (1994) menunjukkan bahwa galat rata-rata untuk kriteria ini adalah  $93^\circ$  dalam bujur, sedangkan galat maksimumnya  $206^\circ$  bujur, sehingga seluruh dunia berada dalam “zona ketidakpastian”. Zona ini adalah wilayah tempat suatu algoritma tidak dapat menghasilkan prediksi dengan keyakinan tinggi. Tujuan penelitian visibilitas sabit adalah memperkecil zona ketidakpastian ini hingga ukuran minimal sebagaimana diukur dalam lebar bujur.

TABLE I

*Individual observations of crescent visibility*

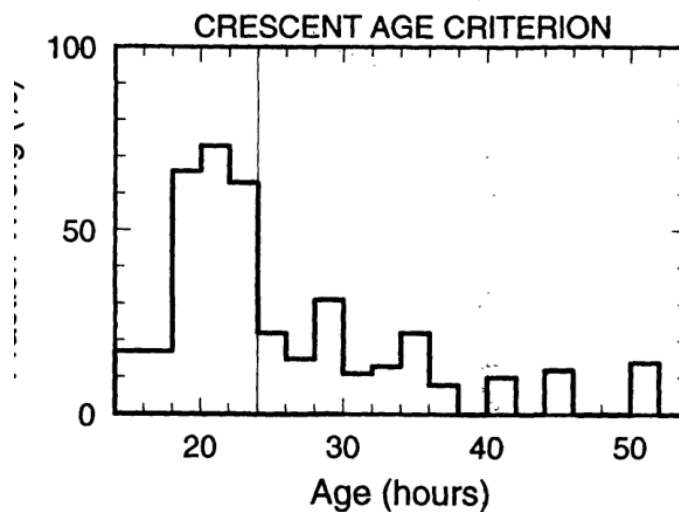
| No. | Year | M  | D  | E/M | JD (conj.)  | Observer       | Vis.                       | Lat.  | Long.  | Alt.  | RH | $k_a$ | ARCL | ARCV | DAZ  | Age   | $L_c$ |
|-----|------|----|----|-----|-------------|----------------|----------------------------|-------|--------|-------|----|-------|------|------|------|-------|-------|
| 44  | 1871 | 9  | 14 | M   | 2404685-300 | F.Schmidt      | Unreliable observation ... |       |        |       |    |       |      |      |      |       |       |
| 117 | 1971 | 3  | 27 | E   | 2441037-308 |                | V                          | 51°0  | 0°0    | 100   | 70 | 18    | 14.7 | 14.4 | 3.0  | 23.8  | 9     |
| 253 | 1983 | 11 | 5  | E   | 2445643-432 | M.McPartlan    | I                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 8     | 9.3  | 8.8  | 3.1  | 17.0  | 3     |
| 254 | 1983 | 11 | 6  | E   | 2445643-432 | M.McPartlan    | V                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 8     | 21.5 | 19.0 | 10.3 | 41.3  | 8     |
| 255 | 1983 | 12 | 5  | E   | 2445673-019 | M.McPartlan    | I                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 7     | 13.4 | 12.1 | 5.8  | 27.1  | 5     |
| 256 | 1984 | 1  | 3  | E   | 2445702-709 | M.McPartlan    | I                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 7     | 5.6  | 4.2  | 3.7  | 10.3  | 1     |
| 257 | 1984 | 1  | 4  | E   | 2445702-709 | M.McPartlan    | V                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 7     | 16.5 | 15.5 | 5.8  | 34.9  | 7     |
| 258 | 1984 | 2  | 2  | E   | 2445732-491 | M.McPartlan    | I                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 8     | 8.7  | 7.4  | 4.5  | 16.0  | 3     |
| 259 | 1984 | 2  | 3  | E   | 2445732-491 | M.McPartlan    | V                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 8     | 18.9 | 18.5 | 4.0  | 40.4  | 8     |
| 260 | 1984 | 3  | 3  | E   | 2445762-272 | M.McPartlan    | I                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 10    | 10.9 | 10.3 | 3.6  | 21.6  | 4     |
| 261 | 1984 | 3  | 4  | E   | 2445762-272 | M.McPartlan    | V                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 10    | 21.2 | 21.1 | 1.8  | 45.9  | 8     |
| 262 | 1984 | 4  | 2  | E   | 2445792-008 | M.McPartlan    | I                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 11    | 13.5 | 13.3 | 2.0  | 28.1  | 5     |
| 263 | 1984 | 4  | 3  | E   | 2445792-008 | M.McPartlan    | V                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 11    | 24.4 | 24.4 | 0.2  | 52.3  | 10    |
| 264 | 1984 | 5  | 2  | E   | 2445821-657 | M.McPartlan    | V                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 18    | 17.8 | 17.8 | 1.1  | 36.8  | 7     |
| 265 | 1984 | 5  | 31 | E   | 2445851-201 | M.McPartlan    | I                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 23    | 12.3 | 12.3 | 1.1  | 23.7  | 5     |
| 266 | 1984 | 6  | 1  | E   | 2445851-201 | M.McPartlan    | V                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 23    | 24.9 | 24.7 | 3.3  | 48.0  | 11    |
| 267 | 1984 | 6  | 30 | E   | 2445880-639 | M.McPartlan    | V                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 23    | 20.9 | 20.3 | 5.0  | 37.5  | 9     |
| 268 | 1984 | 7  | 29 | E   | 2445909-994 | M.McPartlan    | V                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 22    | 17.2 | 16.4 | 5.1  | 28.9  | 7     |
| 269 | 1984 | 8  | 27 | E   | 2445939-310 | M.McPartlan    | I                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 24    | 13.1 | 12.5 | 3.8  | 20.9  | 5     |
| 270 | 1984 | 8  | 28 | E   | 2445939-310 | M.McPartlan    | V                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 24    | 26.7 | 23.3 | 13.2 | 45.1  | 9     |
| 271 | 1984 | 9  | 25 | E   | 2445968-633 | M.McPartlan    | I                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 18    | 8.3  | 8.1  | 1.7  | 12.5  | 3     |
| 272 | 1984 | 9  | 26 | E   | 2445968-633 | M.McPartlan    | V                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 18    | 21.7 | 18.6 | 11.2 | 36.9  | 7     |
| 273 | 1984 | 10 | 25 | E   | 2445998-006 | M.McPartlan    | I                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 46    | 15.8 | 13.5 | 8.3  | 27.4  | 5     |
| 274 | 1984 | 10 | 26 | E   | 2445998-006 | M.McPartlan    | V                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 9     | 29.4 | 24.2 | 16.8 | 51.7  | 10    |
| 275 | 1984 | 11 | 23 | E   | 2446027-457 | M.McPartlan    | I                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 8     | 9.3  | 7.6  | 5.3  | 16.3  | 3     |
| 276 | 1984 | 11 | 24 | E   | 2446027-457 | M.McPartlan    | V                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 8     | 22.5 | 19.3 | 11.5 | 40.7  | 8     |
| 277 | 1984 | 12 | 23 | E   | 2446056-992 | M.McPartlan    | V                          | 15°6  | 35°6   | 1100  | 30 | 7     | 15.2 | 13.4 | 7.1  | 28.0  | 6     |
| 278 | 1990 | 2  | 25 | E   | 2447947-872 | J.Pierce +     | V(V)                       | 35°6  | -83°5  | 5000  | 70 | 8     | 8.6  | 8.6  | -0.5 | 14.8  | 4     |
| 279 | 1990 | 2  | 25 | E   | 2447947-872 | C.Bach +       | I(V)                       | 35°6  | -83°5  | 5000  | 75 | 9     | 8.6  | 8.6  | -0.5 | 14.8  | 4     |
| 280 | 1990 | 2  | 25 | E   | 2447947-872 | J.Golden +     | I(I)                       | 35°6  | -83°5  | 5000  | 75 | 9     | 8.6  | 8.6  | -0.5 | 14.8  | 4     |
| 281 | 1990 | 5  | 24 | E   | 2448035-992 | C.Bach +       | I(V)                       | 35°6  | -83°5  | 5000  | 70 | 15    | 9.0  | 9.0  | 0.3  | 13.2  | 5     |
| 282 | 1990 | 11 | 19 | E   | 2448212-878 | B.Schaefer     | V                          | 39°0  | -76°8  | 260   | 60 | 13    | 27.9 | 15.2 | 23.5 | 61.5  | 9     |
| 283 | 1990 | 12 | 18 | E   | 2448242-683 | B.Schaefer     | V                          | 39°0  | -76°8  | 260   | 60 | 12    | 19.0 | 13.8 | 13.2 | 42.1  | 8     |
| 284 | 1991 | 3  | 17 | E   | 2448331-841 | B.Schaefer     | V                          | 39°0  | -76°8  | 260   | 60 | 19    | 21.5 | 21.5 | 0.8  | 39.8  | 11    |
| 285 | 1991 | 5  | 15 | E   | 2448390-692 | B.Schaefer     | V                          | 39°0  | -76°8  | 260   | 60 | 25    | 25.8 | 23.0 | 11.7 | 44.5  | 13    |
| 286 | 1991 | 9  | 7  | M   | 2448507-960 | M.Hedges       | V(V)                       | 50°4  | -4°4   | 400   | 85 | 33    | 17.1 | 12.9 | 11.2 | -29.9 | 8     |
| 287 | 1992 | 3  | 5  | E   | 2448686-058 | B.Schaefer     | V                          | 39°0  | -76°8  | 260   | 60 | 17    | 16.9 | 16.9 | -0.5 | 34.4  | 8     |
| 288 | 1992 | 4  | 2  | M   | 2448715-710 | K.Krisciunas   | I(I)                       | 19°8  | -155°5 | 13700 | 65 | 1     | 8.1  | 8.1  | 0.8  | -13.2 | 3     |
| 289 | 1995 | 1  | 1  | E   | 2449718-956 | P.Schwaar      | I(V)                       | 33°0  | -106°0 | 4000  | 50 | 5     | 9.1  | 9.1  | -0.3 | 13.6  | 4     |
| 290 | 1995 | 6  | 28 | E   | 2449896-535 | B.Schaefer     | V                          | -30°1 | -71°0  | 9100  | 50 | 1     | 11.0 | 11.0 | -0.1 | 21.7  | 5     |
| 291 | 1996 | 1  | 19 | M   | 2450103-035 | J.Stamm        | V(V)                       | 32°4  | -111°0 | 2800  | 45 | 6     | 14.3 | 13.2 | 5.6  | -23.0 | 6     |
| 292 | 1996 | 1  | 20 | E   | 2450103-035 | J.Stamm +      | I(V)                       | 32°4  | -111°0 | 2800  | 50 | 6     | 8.8  | 8.5  | -1.9 | 12.3  | 4     |
| 293 | 1996 | 1  | 20 | E   | 2450103-035 | P.Schwaar +    | I(V)                       | 32°8  | -113°2 | 850   | 50 | 7     | 8.8  | 8.6  | -1.8 | 12.4  | 4     |
| 294 | 1996 | 1  | 20 | E   | 2450103-035 | D.Patchick + 2 | I(V)                       | 34°1  | -118°3 | 1740  | 50 | 11    | 9.0  | 8.8  | -1.5 | 12.7  | 4     |
| 295 | 1996 | 1  | 20 | E   | 2450103-035 | D.Patchick + 7 | I(I)                       | 34°1  | -118°3 | 1740  | 50 | 11    | 9.0  | 8.8  | -1.5 | 12.7  | 4     |

Dengan 294 pengamatan individual, Bulan semula 15,0 jam telah terlihat, sedangkan Bulan setua 51,3 jam pernah tidak terlihat. Uji kriteria yang lebih baik adalah membuat histogram fraksi waktu ketika algoritma menghasilkan hasil yang salah sebagai fungsi umur (lihat Gambar 1). Jika algoritma sempurna, yakni Bulan tiba-tiba “menyala” pada umur 24 jam, maka histogram seharusnya mendekati nol persen salah untuk semua umur. Jika algoritma baik, fraksi salah hanya akan signifikan di dekat ambang, dalam kasus ini umur 24 jam. Kriteria tak bias akan memiliki histogram yang selalu kurang dari 50 persen prediksi salah, sebab jika tidak, kriteria yang sedikit digeser dapat dibangun dengan reliabilitas yang lebih baik. Histogram diplot dengan rentang lengkap pada sumbu horizontal yang mencakup 90 persen tengah dari rentang seluruh 294 pengamatan, sehingga kekompakan histogram menjadi ukuran akurasi kriteria. Dengan ini, kita dapat menafsirkan Gambar 1. Histogram lebih dari 50 persen untuk umur 18 hingga 24 jam, menunjukkan bahwa kriteria umur sangat bias. Untuk umur sabit 18 hingga 30 jam, lemparan koin sama andalnya dengan ambang umur. Kriteria umur dilanggar secara signifikan pada seluruh rentang yang

dipersoalkan, sehingga saya menyimpulkan bahwa kriteria ini tidak pernah dapat memberikan jawaban yang andal.

Tabel II. Ringkasan pengujian algoritma

| Algoritma             | Galat rata-rata data Moonwatch | Galat maksimum data Moonwatch | Bias? data individual | Lebar total data individual |
|-----------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Umur                  | 93°                            | 206°                          | Ya                    | 238°                        |
| Selang terbenam Bulan | 66°                            | 144°                          | Ya                    | 150°                        |
| Altitude/azimuth      | 40°                            | 70°                           | Ya                    | 94°                         |
| Teoretis modern       | 11°                            | 23°                           | Tidak                 | 59°                         |



of the age criterion. This histogram shows the fraction of dual observations for which the age criterion (i.e. the Moon :

Gambar 1. Uji kriteria umur. Histogram ini menunjukkan fraksi dari 294 pengamatan individual terkumpul yang untuknya kriteria umur, yaitu Bulan seharusnya terlihat jika umurnya > 24 jam, memprediksi jawaban yang salah. Model tak bias tidak boleh memperlihatkan bin dengan fraksi kesalahan > 50 persen. Rentang horizontal plot mencakup 90 persen tengah dari seluruh 294 titik data, sehingga lebar histogram merupakan indikasi akurasi model. Dalam kasus ambang 24 jam, tiga bin memiliki kesalahan > 50 persen dan prediksi sering salah pada seluruh umur yang dipertimbangkan. Dengan kata lain, umur adalah prediktor visibilitas Bulan yang buruk.

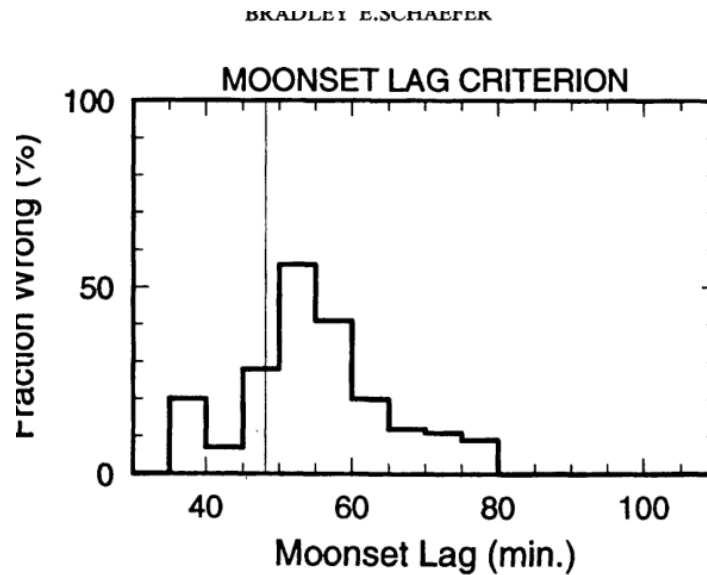
Sekarang mari kita perkirakan lebar zona ketidakpastian yang diukur dalam derajat bujur. Simpangan akar-kuadrat-rata-rata untuk histogram adalah 7,9 jam, yang bersesuaian dengan 119° bujur. Jadi bahkan hanya lebar total  $1\sigma$  dari zona ketidakpastian untuk kriteria umur adalah 238°. Seluruh dunia berada di dalam zona ketidakpastian sekitar  $1,5\sigma$ , yang berarti kriteria ini sangat buruk.

### Selang terbenam Bulan

Bangsa Babilonia kuno mengembangkan aturan bahwa Bulan seharusnya terlihat jika waktu terbenamnya tertinggal lebih dari 48 menit setelah Matahari terbenam. Untuk Moonwatch, prediktor ini menghasilkan galat rata-rata 66° dalam bujur dan galat maksimum 144° dalam bujur (Doggett & Schaefer 1994). Dengan demikian, prediksi apa pun dari kriteria Babilonia ini harus dianggap tidak andal.

Dengan 294 pengamatan individual, kita melihat pola ketidakandalan yang sama. Sabit dengan selang terbenam Bulan sesingkat 35 menit telah terlihat, sedangkan sabit dengan selang sebesar 75 menit pernah tidak terlihat. Sekali lagi, uji kriteria yang lebih baik adalah membuat histogram yang menampilkan fraksi waktu ketika prediksi salah sebagai fungsi selang terbenam Bulan (lihat Gambar 2).





of the moonset-lag criterion. The Babylonians advanced a cl

Gambar 2. Uji kriteria selang terbenam Bulan. Bangsa Babilonia mengemukakan klaim bahwa Bulan akan terlihat jika ia terbenam lebih dari 48 menit setelah Matahari. Histogram ini menunjukkan fraksi jawaban salah yang dihasilkan metode ini sebagai fungsi selang terbenam Bulan. Salah satu bin memiliki kesalahan > 50 persen, menunjukkan bahwa kriteria Babilonia tersebut bias. Lebar histogram diterjemahkan menjadi zona ketidakpastian yang mencakup seluruh dunia; artinya, metode ini tidak pernah dapat menghasilkan prediksi yang meyakinkan.

Bin untuk selang 50-55 menit memiliki galat lebih dari 50 persen, menunjukkan bahwa kriteria selang terbenam Bulan bias. Distribusi yang lebar, dibandingkan dengan rentang 90 persen tengah yang diplot, menunjukkan model ini buruk. Ukuran kuantitatif diberikan oleh simpangan akar-kuadrat-rata-rata histogram, yaitu 10,0 menit. Karena langit berputar dengan laju  $1^\circ$  setiap 4 menit, ketidakpastian 10,0 menit diterjemahkan menjadi pergeseran  $2,5^\circ$  dalam posisi Bulan. Dengan gerak Bulan rata-rata  $0,5^\circ$  per jam terhadap Matahari, Bulan memerlukan 5,0 jam untuk melintasi langit dari posisi optimal ke posisi  $1\sigma$ . Sementara itu terjadi, Bumi telah berputar  $75^\circ$  bujur. Jadi lebar total  $1\sigma$  dari zona ketidakpastian adalah  $150^\circ$  bujur. Seluruh dunia selalu berada dalam zona ketidakpastian  $2,4\sigma$ , yang berarti kriteria ini buruk.

## Altitude/azimuth

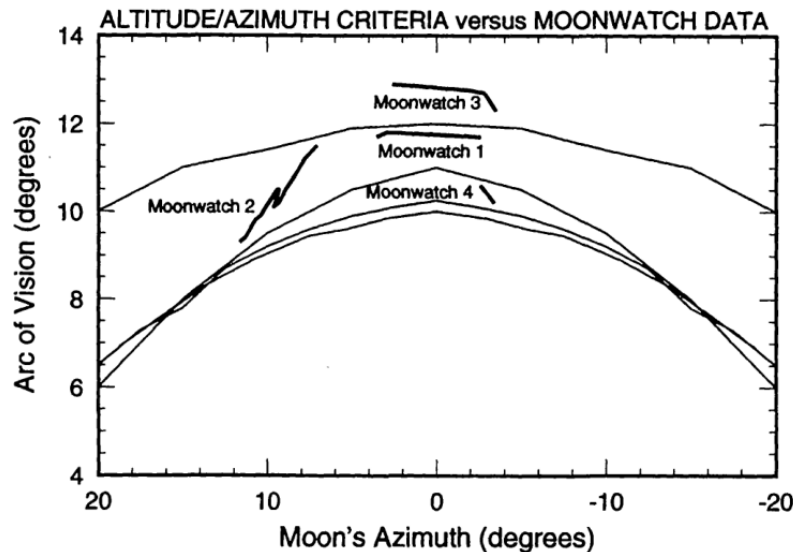


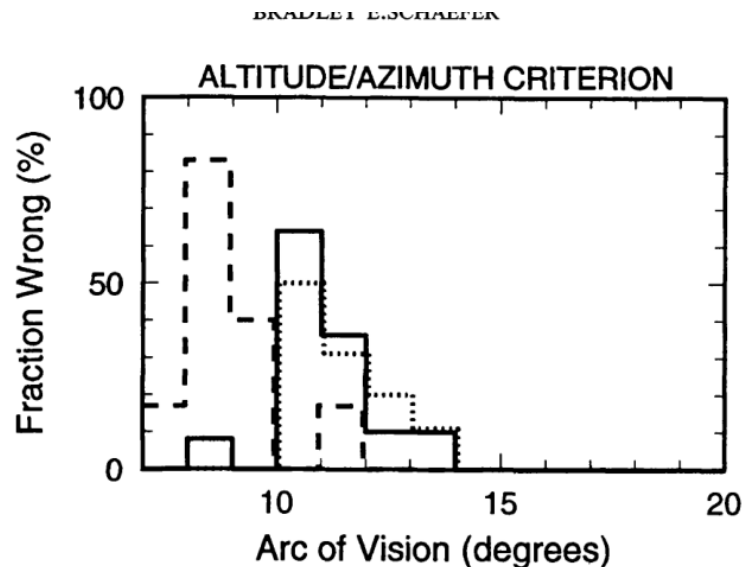
FIG. 3. Altitude/azimuth criteria versus the Moonwatch data. The altitude of the Moon above the Sun (the arc of vision) must exceed some threshold value (as a function of the relative azimuth of the Sun and Moon) for the crescent to be sighted. Historically, the thresholds have all been derived from one set of data, yet, even so, various investigators derive widely disparate relations. In any case, the well-observed

Gambar 3. Kriteria altitude/azimuth terhadap data Moonwatch. Ketinggian Bulan di atas Matahari, yaitu busur visibilitas, harus melampaui suatu nilai ambang sebagai fungsi azimuth relatif Matahari dan Bulan agar sabit dapat terlihat. Secara historis, semua ambang diturunkan dari satu kumpulan data; namun bahkan demikian, berbagai peneliti menurunkan hubungan yang sangat berbeda. Dalam setiap kasus, Moonwatch yang teramati dengan baik menunjukkan bahwa ambang nyata berubah secara luas dari lokasi ke lokasi dan dari bulan ke bulan. Alasan kegagalan semua kriteria altitude/azimuth adalah bahwa kriteria tersebut tidak memperhitungkan variasi besar dalam kekaburan udara sebagai fungsi musim, lintang, elevasi, dan kelembapan relatif.

Altitude dan azimuth relatif Matahari dan Bulan merupakan beberapa parameter yang lebih penting untuk menentukan kecerlangan sabit dan kecerlangan langit. Karena itu, plot altitude relatif Matahari dan Bulan, yaitu busur visibilitas, sebagai fungsi azimuth relatif dapat dibagi ke dalam wilayah visibilitas dan invisibilitas. Keterkaitan dengan fisika masalah ini menjamin bahwa formulasi altitude/azimuth akan lebih unggul daripada formulasi umur atau selang terbenam Bulan. Masalahnya kemudian muncul dalam kalibrasi garis pemisah. Secara historis, hal ini selalu dilakukan dengan data empiris dari satu kumpulan pengamatan tertentu, terutama yang diambil oleh Julius Schmidt di Observatorium Athena pada 1800-an. Sayangnya, banyak peneliti telah menganalisis data yang sama dengan kesimpulan yang sangat bervariasi. Gambar 3 menunjukkan empat kriteria terbitan dari Fotheringham (1910), Maunder (1911), Ilyas (1984), dan Ilyas (1988). Untuk Bulan tepat di atas Matahari, ambang busur visibilitas adalah  $12,0^\circ$  menurut Fotheringham,  $11,0^\circ$  menurut Maunder,  $10,0^\circ$  menurut klaim Ilyas pertama, dan  $10,3^\circ$  menurut klaim Ilyas kedua. Penyebaran luas para peneliti yang menganalisis data yang persis sama ini merupakan indikasi kuat bahwa kriteria altitude/azimuth memiliki masalah signifikan.

Altitude ambang sebagai fungsi azimuth untuk empat Moonwatch juga digambar dalam Gambar 3. Karena ketidakpastian pengukuran jauh lebih kecil daripada pemisahan, kita segera melihat bahwa ambang bervariasi luas dari lunasi ke lunasi dan bahkan dari negara bagian ke negara bagian. Hal ini tidak mengejutkan, sebab kekaburan udara berubah drastis menurut waktu dalam setahun dan lokasi. Meskipun demikian, hubungan altitude/azimuth diterapkan secara membuta, tanpa memperhatikan apakah yang dipertimbangkan adalah langit musim dingin yang jernih di gurun Arizona atau udara musim

panas yang keruh menggantung di atas rawa Louisiana. Analisis kuantitatif atas data Moonwatch menunjukkan galat rata-rata tipikal  $40^\circ$  dalam bujur dan galat maksimum  $70^\circ$  dalam bujur (Doggett & Schaefer 1994).



Tests of the altitude/azimuth criteria. The histogram presents the fraction of wrong answers as a function of the arc of vision for three azimuth ranges:  $< 5^\circ$  (solid line),  $5^\circ-10^\circ$  (dotted line) and  $> 10^\circ$  (dashed line). The presence of bins with a fraction wrong  $> 50\%$  indicates a biased criterion. The altitude/azimuth formulation is a significant improvement over the two ancient criteria (see Figs 1 and 2), yet nevertheless the histogram implies that the zone of uncertainty covers three-quarters

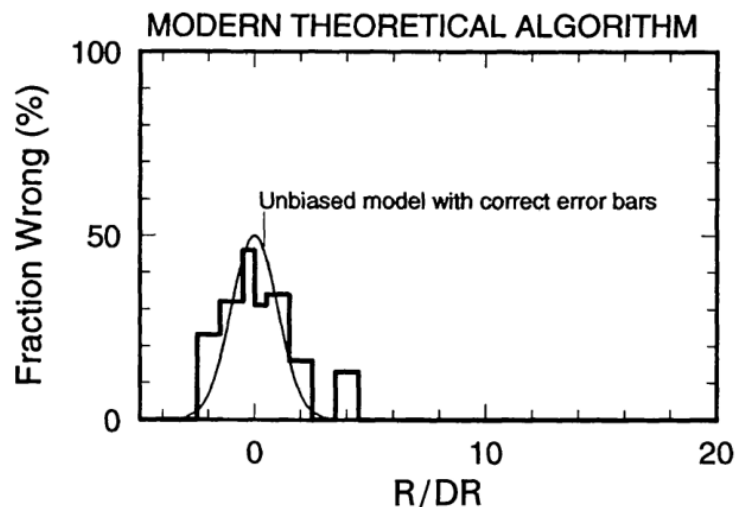
Gambar 4. Pengujian kriteria altitude/azimuth. Histogram menyajikan fraksi jawaban salah sebagai fungsi busur visibilitas untuk tiga rentang azimuth:  $< 5^\circ$  (garis penuh),  $5^\circ-10^\circ$  (garis titik), dan  $> 10^\circ$  (garis putus-putus). Keberadaan bin dengan kesalahan  $> 50$  persen menunjukkan kriteria bias. Formulasi altitude/azimuth merupakan perbaikan signifikan dibanding dua kriteria kuno (lihat Gambar 1 dan 2), namun lebar histogram tetap menyiratkan bahwa zona ketidakpastian mencakup tiga perempat dunia.

Untuk 294 pengamatan individual, ketika azimuth Bulan berada dalam  $5^\circ$  dari azimuth Matahari, sabit telah terlihat dengan mata telanjang dengan busur visibilitas serendah  $8,6^\circ$ , sedangkan sabit pernah tidak terlihat untuk nilai setinggi  $13,3^\circ$ . Gambar 4 menunjukkan histogram fraksi prediksi salah untuk kriteria Maunder pada tiga rentang terpisah pemisahan azimuth ( $< 5^\circ$ ,  $5^\circ-10^\circ$ , dan  $> 10^\circ$ ). Sekali lagi, keberadaan bin dengan kesalahan  $> 50$  persen menunjukkan bias signifikan. Sebaran jawaban salah mencakup bagian substansial dari seluruh rentang. Secara lebih kuantitatif, simpangan akar-kuadrat-rata-rata histogram masing-masing adalah  $1,1^\circ$ ,  $1,0^\circ$ , dan  $1,1^\circ$ . Untuk menerjemahkan ini menjadi ketidakpastian bujur, kita dapat mengikuti jalur yang sama seperti pada bagian sebelumnya, tetapi harus membagi dengan kosinus lintang pengamat untuk memperhitungkan gerak Bulan yang tidak tegak lurus terhadap horizon. Untuk lintang sedang, ketidakpastian  $1,1^\circ$  pada ambang busur visibilitas diterjemahkan menjadi ketidakpastian  $1\sigma$  sebesar  $47^\circ$  dalam bujur. Lebar total zona ketidakpastian kemudian menjadi  $94^\circ$ , nilai yang buruk namun tetap jauh lebih baik daripada yang diberikan oleh kriteria kuno. Seluruh dunia masuk ke dalam zona ketidakpastian  $3,8\sigma$ . Untuk setiap lunasi, kriteria altitude/azimuth tidak dapat membuat prediksi yang meyakinkan untuk kira-kira tiga perempat dunia.

### Algoritma teoretis modern

Algoritma teoretis modern didasarkan pada gagasan Bruin (1977) bahwa proses fisik dan fisiologis yang terlibat dapat dimodelkan secara cermat. Algoritma ini dijelaskan secara ekstensif oleh Schaefer (1988, 1990, 1993) dan Doggett & Schaefer (1994). Keunggulan signifikan model ini atas semua prediktor lain adalah bahwa kekaburan atmosfer dihitung dan diterapkan secara langsung, sehingga visibilitas yang sangat berbeda di Arizona dan Louisiana dapat diperhitungkan dengan benar. Koefisien ekstingsi dihitung dari korelasi musiman, lintang, dan elevasi yang dikoreksi terhadap kelembapan relatif rata-rata sore musiman. Komponen hamburan aerosol, hamburan Rayleigh, dan serapan ozon ditangani secara terpisah karena struktur vertikalnya yang berbeda. Penanganan atmosfer berdasarkan lokasi demi lokasi dan bulan demi bulan menunjukkan bahwa algoritma teoretis modern akan menjadi perbaikan substansial atas hubungan altitude/azimuth lama.

Algoritma teoretis modern menghitung parameter  $R$ , yang harus positif agar visibilitas mungkin terjadi.  $R$  adalah logaritma kecerlangan aktual sabit dibagi kecerlangan ambang deteksi pada waktu optimal selama senja. Algoritma ini juga menghitung  $DR$ , yaitu taksiran ketidakpastian  $1\sigma$ . Besaran  $R/DR$  merupakan ukuran keyakinan dalam visibilitas, sehingga nilai positif yang besar mengimplikasikan visibilitas mudah, sedangkan nilai dekat nol mengimplikasikan lokasi dekat bagian tengah zona ketidakpastian. Doggett & Schaefer (1994) menguji algoritma ini dengan data Moonwatch dan menemukan galat rata-rata  $11^\circ$  bujur serta galat maksimum  $23^\circ$  bujur.



test of the modern theoretical algorithm. The plot is a histogram of wrong answers as a function of  $R/DR$ . The lack of bins with  $> 50$  percents and the centring near zero show the model to be without bias. The compared with the other histograms emphasizes that this model is the best. The  $1\sigma$  error corresponds to  $29^\circ$  of longitude.

Gambar 5. Uji algoritma teoretis modern. Plot adalah histogram fraksi jawaban salah sebagai fungsi  $R/DR$ . Tidak adanya bin dengan jawaban salah  $> 50$  persen dan pemusatan dekat nol menunjukkan bahwa model tidak memiliki bias. Lebar yang kecil dibanding histogram lainnya menegaskan bahwa model ini paling akurat. Galat  $1\sigma$  bersesuaian dengan  $29^\circ$  bujur.

Ke-294 pengamatan individual juga dapat digunakan untuk menguji algoritma teoretis modern. Sabit telah terlihat untuk nilai  $R/DR$  negatif  $-2,5$ , sedangkan sabit tidak terlihat untuk nilai positif  $+4,0$ . Gambar 5 menunjukkan histogram fraksi prediksi salah sebagai fungsi  $R/DR$ . Karena besaran ini adalah nilai  $R$  dibagi galat  $1\sigma$  yang dihitungnya, model tak bias dengan ketidakpastian yang dihitung dengan benar seharusnya menghasilkan histogram yang konsisten dengan Gaussian yang berpuncak pada  $R/DR = 0$  dengan maksimum 50 persen dan sigma satu (lihat Gambar 5). Simpangan akar-kuadrat-rata-rata

histogram adalah 1,4, agak lebih besar daripada nilai yang diinginkan 1,0, yang menunjukkan bahwa perhitungan model agak optimistis dalam akurasi.

Perbedaan ini tidak mengkhawatirkan, karena seluruhnya muncul dari dua sabit yang gagal terlihat dengan R/DR sama dengan 3,8 dan 4,0. Laju galat positif untuk pengamat berpengalaman (lihat Doggett & Schaefer 1994) telah diukur  $> 1$  persen, sehingga sebagian pelebaran distribusi akibat galat pengamat memang diharapkan. Karena DR yang dihitung tidak mencakup galat pengamat, hasilnya masih konsisten. Pusat massa histogram berada pada  $0,2 \pm 0,2$  dan semua bin kurang dari 50 persen, yang menunjukkan bahwa model tidak memiliki bias substansial. Untuk mengevaluasi ukuran rata-rata zona ketidakpastian, kita perlu mengetahui laju perubahan R dan nilai rata-rata galat  $1\sigma$  untuk situasi dekat ambang. Untuk banyak kondisi dekat ambang, saya menemukan bahwa perubahan  $60^\circ$  dalam bujur, dengan semua hal lain dipertahankan konstan, menghasilkan perubahan rata-rata  $0,88 \pm 0,06$  dalam R. Untuk pengamatan dengan  $-1 < R < 1$ , nilai DR rata-rata adalah  $0,31 \pm 0,01$ , yang untuk konsistensi harus dikalikan dengan faktor empiris 1,4 dari lebar histogram pada Gambar 5. Dengan demikian, ketidakpastian  $1\sigma$  dalam R adalah 0,43, yaitu 49 persen dari perubahan R yang dihasilkan oleh  $60^\circ$  bujur dekat ambang. Nilai  $1\sigma$  kemudian bersesuaian dengan  $29^\circ$  bujur, dan lebar total zona ketidakpastian adalah  $59^\circ$ .

## KESIMPULAN

Saya telah mengumpulkan total 294 pengamatan individual visibilitas sabit dari literatur astronomi. Kesimpulan saya adalah sebagai berikut. (1) Rekor dunia saat ini untuk Bulan muda tanpa bantuan teleskop adalah 15,0 jam oleh John Pierce. (2) Rekor dunia saat ini untuk Bulan muda dengan bantuan teleskop adalah 12,1 jam oleh Jim Stamm. (3) Rekor-rekor ini dapat dipecahkan secara substansial dalam kondisi optimal. (4) Peluang baik untuk memecahkan rekor terdapat pada 10 Desember 1996 dan 7 Februari 1997 dari puncak Mauna Kea. (5) Pengamat yang berusaha memecahkan rekor sangat disarankan untuk berada pada elevasi setinggi mungkin dan merancang suatu cara untuk mengetahui secara tepat di mana dan kapan harus melihat. (6) Kriteria umur Bulan praktis tidak berguna. (7) Kriteria selang terbenam Bulan tidak pernah dapat menghasilkan prediksi yang meyakinkan. (8) Berbagai hubungan altitude/azimuth hanya dapat memberikan prediksi yang meyakinkan satu dari empat kali. (9) Algoritma teoretis modern sejauh ini merupakan model terbaik menurut semua ukuran.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bruin, F., 1977. *Vistas Astron.*, 21, 331.
- Doggett, L.E. & Schaefer, B.E., 1994. *Icarus*, 107, 388.
- Fotheringham, J.K., 1910. *Mon. Not. R. astr. Soc.*, 70, 527.
- Ilyas, M., 1984. *Islamic Calendar, Times & Qibla, Berita*, Kuala Lumpur.
- Ilyas, M., 1988. *Astron. Astrophys.*, 206, 133.
- Ilyas, M., 1994. *Q. J. R. astr. Soc.*, 35, 425.
- Loewinger, Y., 1995. *Q. J. R. astr. Soc.*, 36, 449.
- McPartlan, M., 1985. *I. B. L. A.*, 156, 215.
- Maunder, E.W., 1911. *J. Br. astr. Ass.*, 21, 355.
- Schaefer, B.E., 1988. *Q. J. R. astr. Soc.*, 29, 511.
- Schaefer, B.E., 1990. *LunarCal*, Western Research Company, 2127 E. Speedway, suite 209, Tucson, AZ 85719, USA.

Schaefer, B.E., 1993. *Vistas Astron.*, 36, 311.

Schaefer, B.E., Ahmad, I. & Doggett, L.E., 1993. *Q. J. R. astr. Soc.*, 34, 53.

Catatan verifikasi: teks utama, caption, dan heading telah diterjemahkan ke Bahasa Indonesia; data numerik, nama, notasi, rujukan, dan simbol ilmiah dipertahankan. Tabel I dipertahankan sebagai citra karena struktur tabel asli sangat lebar dan memuat data observasional numerik yang tidak memerlukan perubahan angka.

# LAMPIRAN 4

Experimental Astronomy (2004) 18: 39-64

DOI: 10.1007/s10686-005-9002-5 © Springer 2006

(TERJEMAHAN) KRITERIA BARU UNTUK VISIBILITAS HILAL BULAN

**MOHAMMAD SH. ODEH**

Arab Union for Astronomy and Space Sciences (AUASS), P.O. Box 141568, Amman 11814, Yordania

(e-mail: modeh@auass.org)

(Diterima 12 Mei 2005; disetujui 19 September 2005)

**Abstrak.** Sebuah kriteria baru untuk visibilitas hilal Bulan telah ditetapkan dengan menggunakan 737 observasi, hampir setengahnya diperoleh oleh Islamic Crescent Observation Project (ICOP). Kriteria ini didasarkan pada dua variabel, yakni busur penglihatan topokentrik dan lebar sabit topokentrik. Model baru ini mampu memprediksi visibilitas hilal Bulan baik untuk pengamatan dengan mata telanjang maupun pengamatan berbantuan optik. Dari basis data tersebut kami menemukan batas Danjon sebesar 6,4 derajat.

**Kata kunci:** Hilal, Bulan

\* Wakil Ketua "Crescents, Calendars and Mawaqeeet Committee" AUASS.

## 1. Pendahuluan

Visibilitas hilal Bulan telah dikaji oleh banyak astronom sejak era Babilonia; sebagai hasilnya, saat ini terdapat lebih dari 12 kriteria berbeda untuk visibilitas hilal Bulan, yang didasarkan pada sejumlah pengamatan dalam berbagai kondisi bulan sabit. Banyak dari kriteria tersebut dikembangkan oleh astronom Muslim, karena sejumlah peristiwa keagamaan Islam berkaitan langsung dengan terlihatnya hilal. Misalnya, bulan Kamariah (Hijriah) yang baru dimulai pada hari berikutnya setelah terlihatnya hilal baru di ufuk barat setelah matahari terbenam.

## 2. Kriteria visibilitas hilal Bulan

### 2.1. Kriteria Babilonia

Bangsa Babilonia menyimpulkan bahwa hilal Bulan terlihat dengan mata telanjang apabila dua kondisi berikut terpenuhi pada saat matahari terbenam setempat:

1. Umur Bulan lebih besar daripada 24 jam.
2. Selang terbenam Bulan (interval waktu antara matahari terbenam dan bulan terbenam) lebih besar daripada 48 menit.



## 2.2. Astronom Muslim

Banyak astronom Muslim telah mengembangkan kriteria mereka sendiri atau telah mempelajari dan membahas persoalan visibilitas hilal Bulan dalam literatur mereka, antara lain: Ibn Tariq, Habash, Al-Khwarzmi, Al-Khazin, Al-Tabari, Al-Fahhad, Al-Farghani, Thabet Bin Qurrah, Al-Battani, Ibn Maimon, Al-Biruni, Al-Sufi, Ibn Sina, At-Tusi, dan Al-Kashani (Ilyas, 1994; Doggett dan Schaefer, 1994). Sebagai contoh, kriteria Ibn Tariq bergantung pada ketinggian Bulan saat matahari terbenam dan selang terbenam Bulan. Pada masa modern, Mohammad Ilyas mengembangkan beberapa kriteria untuk visibilitas hilal.

## 2.3. Kriteria terkini dan modern

Pada awal abad ke-19, Fotheringham dan Maunder mengembangkan kriteria untuk visibilitas hilal Bulan, dan pada tahun 1977 Bruin memperoleh kriterianya sendiri. Baru-baru ini, Schaefer membahas persoalan visibilitas hilal Bulan secara luas, dan ia memasukkan kondisi atmosfer ke dalam pekerjaannya. Schaefer mengembangkan kriteria berdasarkan 295 catatan observasi yang ia peroleh dari beberapa sumber (Schaefer, 1988, 1996; Doggett dan Schaefer, 1994). Yallop (1997) menggunakan basis data yang sama yang dibangun oleh Schaefer, tetapi ia melakukan revisi dan koreksi komprehensif atas beberapa catatan. South African Astronomical Observatory (SAAO) mengembangkan kriteria berdasarkan basis data Schaefer di samping beberapa catatan observasi lain dari berbagai sumber (Caldwell dan Laney, 2001).

## 3. Islamic Crescent Observation Project (ICOP)

Islamic Crescent Observation Project (ICOP) didirikan pada tahun 1998 sebagai proyek global yang diselenggarakan oleh Arab Union for Astronomy and Space Sciences (AUASS) dan Jordanian Astronomical Society (JAS). Tujuan utamanya sebagai satu-satunya proyek sejenis adalah mengumpulkan informasi tentang observasi hilal pada awal setiap bulan Kamariah di berbagai negara dan wilayah di seluruh dunia.

Pada awal setiap bulan Kamariah, anggota ICOP mengirimkan hasil observasi mereka kepada koordinator ICOP, dan hasil tersebut segera dipublikasikan di Internet pada laman utama ICOP di <http://www.icoproject.org>.

Setelah tujuh tahun kerja ekstensif oleh anggota ICOP, kami dapat memperoleh sebuah basis data baru yang besar untuk observasi hilal Bulan muda. Basis data ini, bersama basis data lama, digunakan untuk mengembangkan kriteria baru guna memprediksi visibilitas hilal Bulan muda, baik dengan mata telanjang maupun dengan bantuan alat optik.

## 4. Variabel kriteria visibilitas

NEW CRITERION FOR LUNAR CRESCENT VISIBILITY

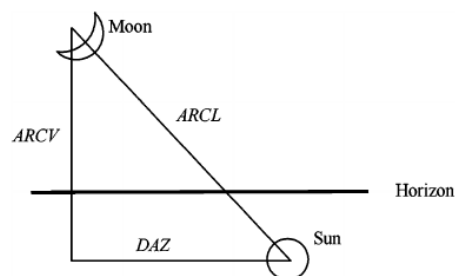


Figure 1. Basic geometric variables for crescent visibility prediction.

*Gambar 1. Variabel geometris dasar untuk prediksi visibilitas hilal.*

Berikut ini adalah daftar parameter observasi yang paling sering digunakan untuk memprediksi visibilitas hilal Bulan. Tiga parameter paling dasar ditunjukkan pada Gambar 1:

- Umur Bulan (Age): interval waktu antara konjungsi dan waktu observasi.
- Selang terbenam Bulan (Lag): interval waktu antara matahari terbenam dan bulan terbenam atau antara bulan terbit dan matahari terbit.
- Ketinggian Bulan: jarak sudut Bulan di atas horizon.
- Busur cahaya (ARCL): jarak sudut (elongasi) antara Matahari dan Bulan.
- Busur penglihatan (ARCV): selisih sudut ketinggian antara Matahari dan Bulan.
- Azimut relatif (DAZ): selisih sudut azimut antara Matahari dan Bulan.
- Lebar sabit (W): lebar area Bulan yang tersinari, diukur sepanjang diameter Bulan.

Visibilitas hilal Bulan tidak dapat diprediksi secara andal hanya dengan menggunakan satu dari parameter-parameter di atas. Secara khusus, penggunaan Age atau Lag saja, sebagaimana cukup sering dilakukan, sama sekali tidak memiliki nilai prediktif, sebagaimana telah ditunjukkan dengan jelas oleh Schaefer (1996).

Setidaknya dua parameter harus digunakan secara bersama-sama agar diperoleh hasil yang akurat: satu parameter terkait dengan kecerlangan intrinsik hilal, dan satu parameter lainnya terkait dengan jaraknya terhadap horizon (yang pada dirinya berkaitan erat dengan ekstingsi atmosfer).

Berlawanan dengan asumsi yang cukup umum, umur Bulan sangat buruk keterkaitannya dengan kecerlangan intrinsiknya. Misalnya, Bulan berumur 10 jam yang berada pada ekliptika akan memiliki kecerlangan hampir sama dengan Bulan berumur 0 jam yang berjarak 5 derajat dari ekliptika. Parameter yang jauh lebih baik untuk tujuan ini adalah ARCL, karena lebar hilal Bulan meningkat seiring bertambahnya elongasi Bulan dari Matahari. Namun parameter ini belum sempurna, karena pada ARCL yang sama, lebar hilal maksimum ketika Bulan berada di perigee dan minimum ketika berada di apogee. Parameter terbaik untuk memasukkan kecerlangan intrinsik Bulan karena itu secara langsung adalah lebar (W) hilal.

Mengenai parameter kedua, ARCV secara langsung memberikan jarak sudut Bulan di atas horizon dan harus digunakan bersama W.

Tabel I, II, dan III menunjukkan masing-masing kriteria Maunder, India, dan Bruin (Yallop, 1997).

Tabel IV menunjukkan kriteria SAAO, dengan DALT adalah ketinggian tampak, dalam derajat di atas horizon, dari tepi bawah Bulan saat matahari terbenam. Apabila hilal berada di bawah DALT2, visibilitas dengan mata telanjang akan tidak mungkin. Visibilitas dengan bantuan optik mungkin masih dapat terjadi, tetapi menjadi semakin tidak mungkin ketika mendekati DALT1. Di bawah DALT1, visibilitas mustahil bahkan dengan bantuan optik (Caldwell dan Laney, 2001).

**Tabel I. Kriteria Maunder**

| DAZ  | 0°    | 5°    | 10°  | 15°  | 20°  |
|------|-------|-------|------|------|------|
| ARCV | 11,0° | 10,5° | 9,5° | 8,0° | 6,0° |

**Tabel II. Kriteria India**

| DAZ  | 0°    | 5°    | 10°  | 15°  | 20°  |
|------|-------|-------|------|------|------|
| ARCV | 10,4° | 10,0° | 9,3° | 8,0° | 6,2° |

**Tabel III. Kriteria Bruin**

| W    | 0,3"  | 0,5" | 0,7" | 1"   | 2"   | 3"   |
|------|-------|------|------|------|------|------|
| ARCV | 10,0° | 8,4° | 7,5° | 6,4° | 4,7° | 4,3° |

**Tabel IV. Kriteria SAAO**

| DAZ   | 0°   | 5°   | 10°  | 15°  | 20°  |
|-------|------|------|------|------|------|
| DALT1 | 6,3° | 5,9° | 4,9° | 3,8° | 2,6° |
| DALT2 | 8,2° | 7,8° | 6,8° | 5,7° | 4,5° |

## 5. Kriteria baru hilal Bulan

Saya telah menggabungkan seluruh observasi hilal Bulan yang tersedia ke dalam satu basis data besar, yang terdiri atas catatan-catatan berikut:

- 294 catatan dari daftar Schaefer (Schaefer, 1988, 1996; Doggett dan Schaefer, 1994).
- 6 catatan dari daftar Jim Stamm (komunikasi pribadi).
- 42 catatan dari daftar SAAO (Caldwell dan Laney, 2001).
- 15 catatan dari daftar Mohsen Mirsaeed (komunikasi pribadi).
- 57 catatan dari daftar Alireza Mehrani (komunikasi pribadi).
- 323 catatan dari ICOP.

Dengan demikian, kriteria baru ini didasarkan pada 737 catatan, dan prediksi visibilitas dilakukan dengan mengadopsi dua variabel berikut:

- ARCV topokentrik tanpa atmosfer (airless topocentric ARCV).
- Lebar sabit topokentrik W.

Ke-737 catatan tersebut dicantumkan dalam Tabel VI, dan perhitungan dilakukan dengan perangkat lunak Accurate Times yang tersedia di <http://www.icoproject.org/accut.html>. Semua perhitungan dilakukan pada waktu observasi terbaik, yang dapat didekati dengan persamaan berikut (Yallop, 1997):

$$T_b = T_s + (4/9) \times \text{Lag} \quad (1)$$

dengan:  $T_b$  = waktu terbaik;  $T_s$  = waktu matahari terbenam; Lag = selang terbenam Bulan.

Kriteria baru ditunjukkan pada Tabel V.

**Tabel V. Kriteria baru**

| W     | 0,1"  | 0,2"  | 0,3"  | 0,4"  | 0,5" | 0,6" | 0,7" | 0,8" | 0,9" |
|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| ARCV1 | 5,6°  | 5,0°  | 4,4°  | 3,8°  | 3,2° | 2,7° | 2,1° | 1,6° | 1,0° |
| ARCV2 | 8,5°  | 7,9°  | 7,3°  | 6,7°  | 6,2° | 5,6° | 5,1° | 4,5° | 4,0° |
| ARCV3 | 12,2° | 11,6° | 11,0° | 10,4° | 9,8° | 9,3° | 8,7° | 8,2° | 7,6° |

Dengan keterangan:

- Zona A ( $\text{ARCV} \geq \text{ARCV3}$ ): Hilal terlihat dengan mata telanjang.
- Zona B ( $\text{ARCV} \geq \text{ARCV2}$ ): Hilal terlihat dengan bantuan optik, dan dapat terlihat dengan mata telanjang.
- Zona C ( $\text{ARCV} \geq \text{ARCV1}$ ): Hilal terlihat hanya dengan bantuan optik.
- Zona D ( $\text{ARCV} < \text{ARCV1}$ ): Hilal tidak terlihat bahkan dengan bantuan optik.
- Perhatikan bahwa ARCV1, ARCV2, dan ARCV3 bersifat tanpa atmosfer dan topokentrik; karena itu ARCV yang dihitung juga harus sama sifatnya.

- Visibilitas pada awal setiap zona sangat bergantung pada kondisi atmosfer, ketajaman penglihatan, pengalaman pengamat, serta ketepatan melihat lokasi hilal. Artinya, Anda mungkin tidak dapat berharap melihat hilal bahkan dengan bantuan optik jika ARCV tepat berada pada awal Zona C ketika kondisi atmosfer berkabut atau tidak mendukung.

Prediksi visibilitas hilal Bulan dengan kriteria baru ini juga dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$V = \text{ARCV} - (-0,1018 \times W^3 + 0,7319 \times W^2 - 6,3226 \times W + 7,1651) \quad (2)$$

dengan: ARCV = busur penglihatan tanpa atmosfer dan topokentrik dalam derajat; W = lebar sabit topokentrik dalam menit busur.

- $V \geq 5,65$ : Zona A.
- $2 \leq V < 5,65$ : Zona B.
- $-0,96 \leq V < 2$ : Zona C.
- $V < -0,96$ : Zona D.

## 6. Basis data observasi hilal Bulan

Tabel VI di bawah ini memuat 737 catatan, dengan kolom bernomor 1 sampai 19 memiliki makna sebagai berikut:

3. Nomor catatan, diurutkan secara kronologis.
4. Sumber referensi, yaitu: A (daftar Schaefer), B (daftar Stamm), C (daftar SAAO), D (daftar Mirsaeed), F (daftar Mehrani), dan I (ICOP).
5. Observasi pagi (M) atau sore (E).
6. Tanggal lokal observasi, dalam bentuk dd-mm-yyyy.
7. Nama pengamat.
8. Bujur timur lokasi observasi.
9. Lintang lokasi observasi.
10. Elevasi lokasi observasi dalam meter.
11. Visibilitas dengan mata telanjang: tidak terlihat (I), terlihat (V), atau kosong jika tidak dicoba.
12. Visibilitas dengan binokular: tidak terlihat (I), terlihat (V), atau kosong jika tidak dicoba.
13. Visibilitas dengan teleskop: tidak terlihat (I), terlihat (V), atau kosong jika tidak dicoba.
14. Tanggal Julian pada saat perhitungan (Waktu Terbaik).
15. Umur topokentrik Bulan (Age) dalam jam pada Waktu Terbaik.
16. Selang terbenam Bulan (Lag) dalam menit.
17. Kolom 15-17: busur penglihatan topokentrik (ARCV), azimuth relatif topokentrik (DAZ), dan busur cahaya topokentrik (ARCL), semuanya dalam derajat pada Waktu Terbaik dan tidak dikoreksi terhadap refraksi.
18. Lebar sabit topokentrik (W) dalam detik busur pada Waktu Terbaik.
19. Nilai prediksi visibilitas (V) yang dijelaskan pada Bagian 5.

### Tabel VI. Catatan observasi hilal Bulan

*Catatan penataan: karena Tabel VI berisi 737 catatan numerik yang sangat lebar dan berlanjut dari halaman ke halaman, halaman tabel asli disisipkan sebagai citra beresolusi tinggi agar tidak ada angka,*

simbol, atau catatan observasi yang berkurang/berubah. Judul kelompok dan keterangan kolom telah diterjemahkan pada teks di atas.

TABLE VI  
Lunar crescent observation records (Group D)

| No. | R | E | 3          | 4 | Date | Observer        | Long   | Lat   | Ele  | N | B | T | 12 | 3D          | Age  | Lag | ARCV | DAZ  | ARCL | W  | V     |
|-----|---|---|------------|---|------|-----------------|--------|-------|------|---|---|---|----|-------------|------|-----|------|------|------|----|-------|
| 514 | I | E | 12-02-2002 |   |      | Sehajraktarevic | 018.4  | 43.9  | 630  | I |   |   |    | 2452318.180 | 9.3  | 4   | 0.7  | 5.7  | 5.8  | 5  | -5.96 |
| 565 | I | E | 10-12-2002 |   |      | Odeh            | 035.8  | 30.9  | 3800 | I |   |   |    | 2452613.118 | 8.5  | 9   | 1.7  | 3.1  | 3.6  | 2  | -5.25 |
| 730 | I | E | 10-01-2005 |   |      | Sani            | 007.6  | 11.2  | 686  | I |   |   |    | 2453381.230 | 4.9  | 9   | 2.0  | 5.1  | 5.5  | 5  | -4.63 |
| 481 | I | E | 17-09-2001 |   |      | Fahmy           | 073.3  | 04.1  | 30   | I |   |   |    | 2452170.049 | 1.2  | 11  | 2.7  | 3.7  | 4.6  | 3  | -4.12 |
| 189 | I | E | 03-01-1984 |   |      | Katbeh          | 035.6  | 35.6  | 30   | I |   |   |    | 245276.142  | 12.0 | 16  | 1.6  | 3.5  | 3.9  | 3  | -3.49 |
| 582 | F | M | 02-03-2003 |   |      | Mehran          | 051.7  | 32.6  | 1800 | I |   |   |    | 2452700.618 | 12.7 | 8   | 1.6  | 12.2 | 12.3 | 21 | -3.45 |
| 620 | I | E | 25-10-2003 |   |      | Khan            | -123.1 | 44.6  | 60   | I |   |   |    | 2452938.557 | 13.8 | 18  | 3.0  | 6.2  | 6.9  | 7  | -3.44 |
| 498 | I | E | 15-11-2001 |   |      | Chalermthai     | 054.3  | 24.3  | 13   | I |   |   |    | 2452229.073 | 8.4  | 17  | 3.6  | 0.4  | 3.7  | 2  | -3.32 |
| 699 | I | E | 14-10-2004 |   |      | Al-Muhammad     | 050.0  | 26.6  | 10   | I |   |   |    | 2453293.097 | 13.2 | 16  | 3.4  | 4.4  | 5.9  | 5  | -3.46 |
| 711 | I | E | 11-12-2004 |   |      | Stamm           | -110.7 | 32.9  | 326  | I |   |   |    | 2453551.082 | 11.8 | 18  | 3.2  | 6.3  | 7.1  | 8  | -3.15 |
| 700 | I | E | 14-10-2004 |   |      | Hadi            | 035.5  | 30.4  | 1735 | I |   |   |    | 2453293.140 | 14.1 | 16  | 3.5  | 5.1  | 6.2  | 6  | -3.13 |
| 500 | I | E | 15-11-2001 |   |      | JAS             | 035.8  | 31.9  | 939  | I |   |   |    | 2452229.119 | 9.8  | 20  | 3.9  | 1.4  | 4.2  | 3  | -2.98 |
| 566 | I | E | 04-12-2002 |   |      | Dukku           | 009.8  | 10.3  | 600  | I |   |   |    | 2452613.215 | 11.3 | 18  | 3.9  | 2.4  | 4.6  | 3  | -2.93 |
| 731 | I | E | 10-01-2005 |   |      | Hastifer        | -084.1 | 37.2  | 1774 | I |   |   |    | 2453363.456 | 12.3 | 18  | 3.6  | 6.8  | 7.7  | 9  | -2.64 |
| 255 | A | E | 23-09-1987 |   |      | Stamm           | -084.1 | 37.2  | 305  | I |   |   |    | 2447062.488 | 20.3 | 17  | 3.3  | 9.0  | 9.6  | 13 | -2.53 |
| 567 | I | E | 04-12-2002 |   |      | Lukman          | 003.4  | 06.5  | 35   | I |   |   |    | 2452613.235 | 11.8 | 19  | 4.3  | 2.1  | 4.8  | 3  | -2.47 |
| 626 | I | E | 24-11-2003 |   |      | Pazhouresh      | 059.2  | 32.9  | 1468 | I |   |   |    | 2452968.051 | 15.1 | 20  | 3.7  | 7.3  | 8.1  | 10 | -2.46 |
| 559 | I | E | 12-05-2004 |   |      | Khushnaisn      | 048.0  | 29.4  | 274  | I |   |   |    | 245255.078  | 12.4 | 23  | 3.5  | 8.2  | 9.3  | 3  | -2.41 |
| 482 | I | E | 17-09-2001 |   |      | Al-Muhammad     | 050.0  | 26.6  | 10   | I |   |   |    | 2452170.119 | 31.0 | 20  | 4.5  | 1.2  | 4.6  | 3  | -2.34 |
| 664 | I | E | 18-06-2004 |   |      | Ebrah'm         | 018.4  | -33.9 | 200  | I |   |   |    | 2453175.164 | 18.8 | 21  | 3.6  | 8.7  | 9.4  | 12 | -2.31 |
| 724 | I | E | 12-12-2004 |   |      | Kacem           | 003.7  | 32.5  | 550  | I |   |   |    | 2453352.204 | 15.9 | 20  | 3.5  | 9.1  | 9.7  | 14 | -2.23 |
| 627 | I | E | 24-11-2003 |   |      | Janghorban      | 051.7  | 32.6  | 1500 | I |   |   |    | 2452968.073 | 15.5 | 21  | 3.9  | 7.5  | 8.4  | 11 | -2.14 |
| 106 | A | E | 27-04-1992 |   |      | Stamm           | 004.1  | 33.4  | 30   | I |   |   |    | 245372.780  | 13.0 | 23  | 4.3  | 2.6  | 5.3  | 4  | -2.13 |
| 041 | A | E | 18-06-1871 |   |      | Schmidt         | 023.7  | 38.0  | 122  | I |   |   |    | 2404597.253 | 16.6 | 27  | 4.5  | 4.6  | 6.4  | 6  | -2.09 |
| 687 | I | E | 14-09-2004 |   |      | Stamm           | -110.8 | 32.4  | 2750 | I |   |   |    | 2453263.575 | 13.2 | 22  | 4.7  | 3.1  | 5.6  | 5  | -2.02 |
| 368 | I | E | 13-07-1999 |   |      | Saab            | 046.5  | 44.6  | 620  | I |   |   |    | 2451373.166 | 15.1 | 21  | 4.4  | 5.7  | 7.2  | 8  | -2.00 |
| 190 | I | E | 03-01-1984 |   |      | Stamm           | -084.0 | 37.2  | 802  | I |   |   |    | 2452703.408 | 12.6 | 25  | 4.3  | 7.1  | 8.2  | 9  | -1.93 |
| 444 | I | E | 23-02-2001 |   |      | Salie           | 018.4  | -33.9 | 200  | I |   |   |    | 2451964.238 | 11.1 | 25  | 5.0  | 1.3  | 5.1  | 4  | -1.84 |
| 518 | I | E | 14-03-2002 |   |      | Al-Muhammad     | 050.0  | 26.6  | 10   | I |   |   |    | 2452348.124 | 14.0 | 21  | 4.7  | 5.3  | 7.0  | 7  | -1.81 |
| 519 | I | E | 14-03-2002 |   |      | Mayoof          | 050.5  | 26.2  | 4    | I |   |   |    | 2452348.122 | 14.0 | 21  | 4.7  | 5.2  | 7.0  | 7  | -1.79 |
| 520 | I | E | 14-03-2002 |   |      | Odeh            | 035.5  | 30.4  | 1735 | I |   |   |    | 2452348.168 | 14.8 | 23  | 4.8  | 5.7  | 7.4  | 7  | -1.60 |
| 383 | I | E | 08-12-1999 |   |      | Catwell         | 018.4  | -33.9 | 350  | I |   |   |    | 2451521.552 | 19.4 | 26  | 4.7  | 7.6  | 8.9  | 11 | -1.40 |

(Continued on next page)

TABLE VI  
(Continued)

| No.       | R | E | Date       | Observer   | Long   | Lat   | Ele  | N | B  | T  | JD          | Age   | Lag | ARCV | DAZ  | ARCL | W  | V     |
|-----------|---|---|------------|------------|--------|-------|------|---|----|----|-------------|-------|-----|------|------|------|----|-------|
| 1         | 2 | 3 | 4          | 5          | 6      | 7     | 8    | 9 | 10 | 11 | 12          | 13    | 14  | 15   | 16   | 17   | 18 | 19    |
| 701       | I | E | 14-10-2004 | khan       | -123.1 | 44.6  | 60   | I | I  |    | 243293.570  | 22.2  | 22  | 3.8  | 11.4 | 12.0 | 21 | -1.27 |
| 678       | I | E | 16-08-2004 | Ebrahim    | 018.4  | -33.9 | 200  | I | I  |    | 243234.189  | 15.7  | 26  | 5.0  | 6.2  | 7.9  | 9  | -1.27 |
| 003       | I | E | 23-02-1962 | Ebrahim    | 035.7  | 38.9  | 120  | I | I  |    | 242633.789  | 12.1  | 38  | 5.3  | 3.3  | 6.9  | 5  | -1.24 |
| 268       | A | E | 03-06-1989 | Keliscunas | -155.5 | 19.8  | 4255 | I |    |    | 242768.173  | 10.8  | 27  | 5.4  | 3.0  | 6.2  | 6  | -1.16 |
| 571       | F | M | 02-01-2003 | Mehrani    | 051.9  | 32.8  | 1500 | I | I  |    | 245264.1636 | -17.2 | 27  | 4.9  | 7.4  | 8.9  | 12 | -1.05 |
| 521       | I | E | 14-03-2002 | Salih      | 073.3  | 04.1  | 1    | I |    |    | 2452348.062 | 13.2  | 23  | 5.6  | 3.0  | 6.4  | 5  | -0.97 |
| (Group C) |   |   |            |            |        |       |      |   |    |    |             |       |     |      |      |      |    |       |
| No.       | R | E | Date       | Observer   | Long   | Lat   | Ele  | N | B  | T  | JD          | Age   | Lag | ARCV | DAZ  | ARCL | W  | V     |
| 1         | 2 | 3 | 4          | 5          | 6      | 7     | 8    | 9 | 10 | 11 | 12          | 13    | 14  | 15   | 16   | 17   | 18 | 19    |
| 737       | I | E | 02-11-2006 | Stamm      | -111.1 | 32.2  | 963  | I |    | V  | 2453677.533 | 22.3  | 21  | 4.1  | 11.3 | 12.0 | 21 | -0.96 |
| 502       | I | E | 15-11-2001 | Siddiqui   | -074.0 | 41.1  | 60   | I |    |    | 2452229.412 | 15.9  | 32  | 5.4  | 5.6  | 7.7  | 9  | -0.88 |
| 060       | I | E | 19-05-1994 | Kacem      | 003.7  | 32.5  | 150  | I | I  |    | 243245.290  | 15.2  | 32  | 4.8  | 0.7  | 1.9  | 3  | -0.83 |
| 522       | I | E | 14-03-2003 | Zennit     | 003.7  | 32.5  | 550  | I | I  |    | 2452348.256 | 13.4  | 29  | 5.3  | 6.0  | 11.2 | 8  | -0.72 |
| 612       | I | E | 26-09-2003 | Al-Wuhamad | 030.0  | 26.6  | 10   | I |    | I  | 2452909.115 | 17.3  | 27  | 5.9  | 2.8  | 6.5  | 6  | -0.65 |
| 510       | F | E | 15-12-2001 | Mehrani    | 051.7  | 32.6  | 1500 | I |    |    | 2452259.076 | 17.1  | 31  | 5.7  | 5.4  | 7.8  | 9  | -0.60 |
| 381       | I | E | 08-11-1999 | Odeh       | 035.9  | 32.0  | 984  | I | I  |    | 2451491.125 | 12.9  | 30  | 6.1  | 0.6  | 6.2  | 5  | -0.50 |
| 382       | C | E | 08-11-1999 | Odeh       | 034.7  | 31.8  | 60   | I |    |    | 2451491.126 | 12.9  | 31  | 6.1  | 0.7  | 6.2  | 5  | -0.49 |
| 613       | I | E | 26-09-2003 | Odeh       | 035.5  | 30.4  | 1646 | I |    |    | 2452909.159 | 14.2  | 28  | 6.0  | 3.8  | 7.1  | 8  | -0.40 |
| 424       | I | E | 26-11-2000 | Mehrani    | 051.7  | 32.6  | 1500 | I | I  |    | 2451875.076 | 15.5  | 32  | 6.2  | 2.7  | 6.7  | 6  | -0.36 |
| 758       | A | M | 13-05-1988 | Stamm      | -084.1 | 07.2  | 305  | I |    | I  | 2447296.923 | -13.7 | 35  | 6.1  | 2.9  | 6.8  | 7  | -0.32 |
| 512       | I | E | 12-01-2003 | Lukman     | 011.40 | 32.4  | 843  | I |    |    | 2452318.580 | 12.6  | 30  | 6.2  | 6.6  | 8.7  | 10 | -0.16 |
| 578       | F | E | 03-01-2003 | Mehrani    | 051.9  | 32.0  | 1500 | I | I  |    | 2452643.084 | 15.6  | 30  | 5.7  | 7.5  | 8.4  | 13 | -0.13 |
| 335       | C | E | 28-03-1998 | Mehrani    | 018.4  | -33.9 | 350  | I |    |    | 2450901.211 | 15.1  | 30  | 6.0  | 5.2  | 8.0  | 10 | -0.13 |
| 614       | I | E | 26-09-2003 | Ebrahim    | 018.4  | -33.9 | 200  | I |    |    | 2452909.209 | 14.6  | 30  | 6.1  | 4.7  | 7.7  | 9  | -0.12 |

(Continued on next page)

TABLE VI  
(Group C)

| No. | R | E | Date       | Observer         | Long   | Lat   | E <sub>le</sub> | N | B  | T  | JD          | Age   | Lag | ARCV | DAZ  | ARCL | W  | V    |
|-----|---|---|------------|------------------|--------|-------|-----------------|---|----|----|-------------|-------|-----|------|------|------|----|------|
| 1   | 2 | 3 | 4          | 5                | 6      | 7     | 8               | 9 | 10 | 11 | 12          | 13    | 14  | 15   | 16   | 17   | 18 | 19   |
| 697 | I | M | 13-10-2004 | Stamm            | -110.7 | 32.4  | 2210            | I | I  | V  | 2453292.044 | -14.6 | 32  | 6.5  | 0.4  | 6.5  | 6  | 0.00 |
| 507 | I | E | 15-12-2001 | Tirhi            | 035.2  | 31.8  | 760             | I | I  | I  | 2452259.123 | 17.9  | 33  | 6.2  | 5.7  | 8.4  | 10 | 0.02 |
| 220 | A | E | 31-12-1986 | Schaefer         | -077.0 | 39.0  | 30              | I | I  | I  | 2446796.424 | 18.5  | 33  | 5.0  | 10.8 | 11.9 | 22 | 0.07 |
| 703 | I | E | 14-10-2004 | Ebrahim          | 018.4  | -33.9 | 200             | I | I  | I  | 2453293.220 | 15.2  | 33  | 6.5  | 2.0  | 6.8  | 7  | 0.09 |
| 425 | I | E | 16-01-2000 | Murad            | 035.9  | 32.0  | 1940            | I | I  | I  | 2432875.120 | 16.3  | 34  | 6.2  | 3.0  | 7.2  | 8  | 0.10 |
| 369 | I | E | 13-07-1999 | Salzani          | 018.4  | -33.9 | 200             | I | I  | I  | 2453293.126 | 14.7  | 32  | 6.6  | 2.3  | 7.0  | 7  | 0.21 |
| 370 | I | E | 16-04-1988 | Stamm            | 084.1  | 37.2  | 305             | I | I  | I  | 2447268.522 | 13.4  | 36  | 6.7  | 1.1  | 6.8  | 7  | 0.22 |
| 370 | I | E | 13-07-1999 | Caldwell         | 018.4  | -33.9 | 350             | I | I  | I  | 2451373.176 | 14.7  | 36  | 6.6  | 2.3  | 7.0  | 7  | 0.22 |
| 371 | I | E | 13-07-1999 | Farooq           | -079.9 | 43.3  | 88              | I | I  | I  | 2451373.553 | 22.3  | 32  | 5.1  | 11.4 | 12.5 | 23 | 0.23 |
| 192 | A | E | 02-02-1984 | McPartlan        | 035.6  | 15.6  | 335             | I | I  | I  | 2445733.161 | 16.7  | 29  | 6.5  | 4.4  | 7.9  | 8  | 0.25 |
| 646 | I | E | 21-03-2004 | Ebrahim          | 018.4  | -33.9 | 200             | I | I  | I  | 2453086.217 | 18.8  | 31  | 6.3  | 6.3  | 8.9  | 11 | 0.27 |
| 680 | I | E | 16-08-2004 | Amirzadeh        | 057.1  | 30.2  | 1820            | I | I  | I  | 2453234.135 | 15.5  | 33  | 6.7  | 2.5  | 7.2  | 7  | 0.31 |
| 628 | I | E | 24-11-2003 | Singer           | -117.5 | 47.6  | 950             | I | I  | I  | 2452988.517 | 24.7  | 30  | 4.1  | 14.4 | 14.9 | 34 | 0.32 |
| 607 | I | E | 07-08-1982 | Young            | 021.5  | 28.0  | 1200            | I | I  | I  | 2400965.286 | 28.0  | 21  | 8.0  | 15.3 | 15.8 | 30 | 0.39 |
| 400 | I | E | 06-03-2000 | Farooq           | 029.9  | 43.3  | 88              | I | I  | I  | 2451610.481 | 17.9  | 36  | 6.3  | 7.1  | 9.4  | 13 | 0.43 |
| 384 | I | E | 08-12-1999 | Essa             | 039.7  | -04.0 | 0               | I | I  | I  | 2451521.150 | 17.5  | 30  | 6.8  | 3.4  | 7.6  | 8  | 0.43 |
| 476 | I | E | 19-08-2001 | Rahkooi          | 048.2  | 38.6  | 1600            | I | I  | I  | 2452141.167 | 14.6  | 36  | 6.6  | 4.7  | 8.1  | 10 | 0.47 |
| 388 | I | E | 07-01-2000 | Sarker           | 090.4  | 23.7  | 13              | I | I  | I  | 2451550.988 | 17.5  | 34  | 6.9  | 1.5  | 7.1  | 7  | 0.49 |
| 305 | C | E | 02-03-1995 |                  | 018.4  | -33.9 | 350             | I | I  | I  | 2449779.233 | 29.8  | 22  | 4.5  | 14.5 | 15.2 | 32 | 0.57 |
| 211 | A | E | 23-11-1984 | McPartlan        | 035.6  | 15.6  | 335             | I | I  | I  | 2446028.139 | 16.8  | 31  | 6.7  | 5.2  | 8.4  | 11 | 0.58 |
| 681 | I | E | 16-08-2004 | Al-Muhammad      | 050.0  | 26.6  | 30              | I | I  | I  | 2453234.147 | 15.7  | 33  | 7.0  | 2.0  | 7.3  | 7  | 0.58 |
| 409 | I | E | 07-05-2000 | Caldwell         | 035.4  | 38.9  | 350             | I | I  | I  | 2431869.182 | 13.6  | 39  | 6.9  | 2.5  | 7.4  | 9  | 0.60 |
| 389 | I | E | 07-01-2000 | Salzani          | 018.4  | -33.9 | 200             | I | I  | I  | 2451521.233 | 23.0  | 34  | 6.3  | 3.8  | 7.9  | 8  | 0.60 |
| 583 | I | E | 03-03-2003 | Ebrahim          | 018.4  | -33.9 | 200             | I | I  | I  | 2452702.235 | 16.4  | 34  | 7.0  | 3.4  | 10.4 | 15 | 0.63 |
| 704 | I | E | 14-10-2004 | Alsup            | -118.2 | 34.1  | 94              | I | I  | I  | 2453293.565 | 21.9  | 29  | 5.8  | 10.3 | 11.8 | 20 | 0.67 |
| 572 | I | E | 03-01-2003 | Al-Muhammad      | 049.8  | 26.6  | 10              | I | I  | I  | 2452643.095 | 17.8  | 33  | 6.5  | 6.9  | 9.5  | 13 | 0.68 |
| 647 | I | E | 21-03-2004 | Khushatish       | 048.0  | 29.4  | 30              | I | I  | I  | 2453086.136 | 16.8  | 33  | 7.0  | 3.6  | 7.8  | 9  | 0.69 |
| 705 | I | E | 14-10-2004 | Khakoo           | -118.0 | 33.9  | 19              | I | I  | I  | 2453293.564 | 21.9  | 29  | 5.8  | 10.2 | 11.7 | 20 | 0.69 |
| 426 | I | E | 26-11-2000 | Essa             | 039.7  | -04.0 | 0               | I | I  | I  | 2451875.147 | 16.9  | 31  | 7.1  | 2.2  | 7.4  | 8  | 0.70 |
| 020 | A | E | 06-05-1864 | Schmidt          | 026.2  | 39.6  | 122             | I | I  | I  | 2401998.232 | 17.5  | 40  | 6.8  | 4.7  | 8.3  | 10 | 0.71 |
| 538 | I | E | 11-06-2002 | Odeh             | 035.8  | 31.9  | 939             | I | I  | I  | 2452437.212 | 17.9  | 38  | 6.9  | 4.0  | 8.0  | 9  | 0.71 |
| 477 | B | E | 07-08-2001 | Movannhed-Nezhad | 036.8  | 29.5  | 1600            | I | I  | I  | 2452437.212 | 17.9  | 38  | 6.9  | 4.0  | 8.0  | 9  | 0.71 |
| 682 | I | E | 16-08-2004 | Caldwell         | 035.9  | 32.3  | 940             | I | I  | I  | 2453234.147 | 16.6  | 34  | 7.0  | 3.1  | 10.3 | 15 | 0.73 |
| 549 | D | E | 07-09-2002 | Mirsaeed         | 056.5  | 31.1  | 1700            | I | I  | I  | 2452551.110 | 13.4  | 35  | 7.0  | 2.8  | 7.5  | 9  | 0.73 |
| 216 | A | E | 20-04-1985 | Stamm            | -084.1 | 37.2  | 305             | I | I  | I  | 2446176.525 | 18.8  | 38  | 6.9  | 3.6  | 7.9  | 8  | 0.75 |
| 480 | F | E | 19-08-2001 | Mehrani          | 051.3  | 32.5  | 2400            | I | I  | I  | 2452141.152 | 14.4  | 35  | 6.9  | 3.7  | 7.9  | 9  | 0.76 |

(Continued on next page)



(Continued on next page)

(Continued on next page)

TABLE VI  
(Continued)

| No. | R | E | Date       | Observer    | Long   | Lat   | Ele  | N | B  | T  | JD          | Age   | Lag | ARCV | DAZ  | ARCL | W  | V    |
|-----|---|---|------------|-------------|--------|-------|------|---|----|----|-------------|-------|-----|------|------|------|----|------|
| 1   | 2 | 3 | 4          | 5           | 6      | 7     | 8    | 9 | 10 | 11 | 12          | 13    | 14  | 15   | 16   | 17   | 18 | 19   |
| 181 | A | M | 30-07-1981 | Schaefer    | -071.3 | 42.3  | 30   | I | I  | I  | 244815.885  | -18.6 | 45  | 7.3  | 5.8  | 9.3  | 13 | 1.43 |
| 375 | I | E | 10-09-1999 | Odeh        | 035.5  | 30.4  | 1646 | I | I  | I  | 2451432.176 | 18.6  | 35  | 7.4  | 5.3  | 9.1  | 12 | 1.44 |
| 326 | I | E | 02-10-1997 | Charaybeh   | 034.7  | 31.8  | 60   | I | I  | I  | 2450724.134 | 21.9  | 35  | 7.3  | 6.9  | 10.0 | 14 | 1.51 |
| 321 | F | E | 07-01-1997 | Mehran      | 032.9  | 32.7  | 100  | I | I  | I  | 2450725.153 | 18.7  | 37  | 7.9  | 7.7  | 10.4 | 16 | 1.44 |
| 560 | I | E | 05-11-2002 | Hadi        | 035.8  | 31.9  | 939  | I | V  | V  | 245284.129  | 18.4  | 36  | 7.1  | 7.3  | 10.2 | 16 | 1.54 |
| 524 | I | E | 13-04-2002 | Mohammadi   | 052.5  | 29.6  | 1500 | I | V  | V  | 2452378.137 | 19.3  | 36  | 7.5  | 5.2  | 9.1  | 11 | 1.55 |
| 312 | A | E | 20-01-1996 | Patchick    | -118.3 | 34.1  | 530  | I | I  | I  | 2450103.565 | 13.7  | 41  | 7.8  | 1.6  | 7.9  | 10 | 1.61 |
| 313 | A | E | 20-01-1996 | Patchick    | -118.3 | 34.1  | 530  | I | I  | I  | 2450103.565 | 13.7  | 41  | 7.8  | 1.6  | 7.9  | 10 | 1.61 |
| 463 | I | M | 19-02-2000 | Al-Muhammad | 051.0  | 35.5  | 1500 | I | I  | I  | 2452575.922 | 19.6  | 49  | 7.8  | 3.4  | 8.5  | 10 | 1.83 |
| 328 | F | E | 30-13-1997 | Mehran      | 018.4  | -33.9 | 350  | I | V  | V  | 2450813.263 | 24.0  | 33  | 6.1  | 12.1 | 13.6 | 27 | 1.69 |
| 015 | A | E | 29-04-1862 | Schmidt     | 023.7  | 38.0  | 122  | I | I  | I  | 2401260.233 | 18.1  | 45  | 8.0  | 0.2  | 8.0  | 9  | 1.70 |
| 573 | I | E | 03-01-2003 | Kacem       | 003.7  | 32.5  | 550  | I | V  | V  | 2452643.218 | 19.9  | 39  | 7.1  | 8.4  | 11.0 | 18 | 1.71 |
| 184 | A | E | 05-11-1983 | McPartlan   | 035.6  | 15.6  | 335  | I | I  | I  | 245644.142  | 17.4  | 35  | 7.8  | 3.0  | 8.4  | 10 | 1.74 |
| 681 | A | E | 24-03-1990 | Bach        | -083.5 | 35.6  | 1324 | I | V  | V  | 2448036.347 | 14.3  | 47  | 8.0  | 9.3  | 8.0  | 10 | 1.84 |
| 432 | I | E | 26-12-2000 | Schmidt     | 035.7  | 30.2  | 1680 | I | I  | I  | 2451008.139 | 20.6  | 41  | 7.9  | 4.6  | 9.1  | 11 | 1.82 |
| 643 | F | M | 19-02-2004 | Mehran      | 031.7  | 32.6  | 1800 | I | V  | V  | 2453054.621 | -31.4 | 26  | 5.0  | 16.1 | 16.9 | 42 | 1.90 |
| 301 | A | E | 01-01-1995 | Schwaar     | -106.0 | 33.0  | 1219 | I | V  | V  | 2449719.524 | 14.6  | 43  | 8.1  | 0.3  | 8.1  | 10 | 1.96 |
| 591 | F | M | 30-04-2003 | Mehran      | 051.7  | 32.6  | 1800 | I | V  | V  | 2452759.561 | -36.7 | 29  | 5.9  | 14.5 | 15.6 | 33 | 1.96 |

(Continued on next page)

TABLE VI  
(Group B)

| No. | 1 | 2 | 3 | E | Date       | Observer    | Long   | Lat  | Ele  | N | B | T | JD          | Age  | Lag | ARCV | DAZ  | ARCL | W  | V    |
|-----|---|---|---|---|------------|-------------|--------|------|------|---|---|---|-------------|------|-----|------|------|------|----|------|
| 733 | I | A | E | E | 06-12-2000 | Salie       | 018.4  | 33.9 | 200  | V |   |   | 2451905.284 | 23.6 | 42  | 7.6  | 7.6  | 10.7 | 15 | 1.99 |
| 734 | I | A | E | E | 08-01-1999 | Salie       | 018.4  | 33.9 | 200  | V |   |   | 2451119.286 | 25.2 | 36  | 6.8  | 10.8 | 12.4 | 23 | 2.01 |
| 904 | A | A | E | E | 08-02-1921 | Stamm       | -006.2 | 36.5 | 0    | V |   |   | 2442229.262 | 17.5 | 43  | 8.2  | 10.8 | 12.4 | 23 | 2.02 |
| 137 | A | E | E | E | 01-07-1973 | Stamm       | 178.4  | 34.0 | 115  | I |   |   | 2442824.736 | 17.2 | 51  | 7.7  | 10.2 | 9.9  | 11 | 2.03 |
| 105 | A | E | E | E | 29-03-1922 | Mackenzie   | 018.5  | 33.9 | 30   | I |   |   | 2442824.736 | 27.5 | 35  | 7.1  | 10.2 | 12.4 | 21 | 2.04 |
| 338 | A | E | E | E | 21-09-1998 | Mehrani     | 031.2  | 31.8 | 760  | I |   |   | 2451078.166 | 22.1 | 37  | 7.7  | 10.2 | 10.3 | 14 | 2.05 |
| 337 | I | E | E | E | 08-12-1999 | Isfah       | 001.4  | 06.5 | 3500 | I |   |   | 2451551.242 | 18.9 | 36  | 8.2  | 10.2 | 11.9 | 10 | 2.07 |
| 434 | C | E | E | E | 26-12-2000 | Katbeh      | 020.8  | 32.4 | 1800 | I |   |   | 2451905.284 | 23.5 | 42  | 7.7  | 10.2 | 10.6 | 15 | 2.07 |
| 714 | I | A | E | E | 13-11-2004 | Torabinejad | 031.9  | 32.0 | 933  | I |   |   | 2451323.174 | 23.3 | 34  | 9.4  | 12.2 | 13.8 | 29 | 2.08 |
| 429 | I | E | E | E | 15-09-2004 | Amirzadeh   | 059.0  | 36.6 | 1300 | I |   |   | 2452968.518 | 24.5 | 36  | 7.2  | 13.6 | 14.8 | 33 | 2.09 |
| 688 | I | E | E | E | 02-03-1989 | Victor      | -084.8 | 42.7 | 259  | I |   |   | 2447232.559 | 14.2 | 53  | 8.2  | 10.3 | 11.9 | 20 | 2.10 |
| 524 | A | E | E | E | 14-06-1988 | Stamm       | -084.1 | 37.2 | 305  | I |   |   | 2447232.559 | 17.1 | 51  | 8.3  | 10.3 | 8.2  | 10 | 2.11 |
| 560 | A | E | E | E | 08-02-1921 | Hunefeld    | -009.1 | 38.8 | 0.4  | I |   |   | 2442229.268 | 17.6 | 45  | 8.3  | 10.3 | 8.4  | 10 | 2.12 |
| 935 | A | E | E | E | 02-04-1989 | Stamm       | 035.7  | 40.0 | 1480 | I |   |   | 2452523.171 | 24.0 | 39  | 7.0  | 10.6 | 11.9 | 20 | 2.13 |
| 212 | A | E | E | E | 23-11-1984 | Stamm       | -081.0 | 34.0 | 61   | I |   |   | 2446028.411 | 22.4 | 39  | 8.3  | 10.6 | 12.7 | 24 | 2.14 |
| 592 | A | E | E | E | 02-05-2003 | Ebrahim     | 018.4  | 33.9 | 200  | I |   |   | 2452762.184 | 27.9 | 38  | 7.3  | 10.6 | 12.7 | 24 | 2.15 |
| 615 | I | E | E | E | 18-05-2004 | Mehrani     | 050.3  | 32.0 | 1500 | I |   |   | 2453133.558 | 22.0 | 39  | 7.5  | 10.6 | 12.7 | 24 | 2.16 |
| 615 | I | E | E | E | 26-09-2003 | Torabinejad | -111.8 | 41.8 | 1460 | I |   |   | 2453133.558 | 22.0 | 39  | 7.5  | 10.6 | 12.7 | 24 | 2.17 |
| 134 | A | E | E | E | 15-03-1972 | McMahon     | -117.6 | 35.5 | 914  | I |   |   | 2441392.599 | 15.3 | 42  | 8.3  | 10.4 | 12.6 | 24 | 2.18 |
| 135 | A | E | E | E | 15-03-1972 | Moran       | -117.6 | 35.5 | 1128 | I |   |   | 2441392.599 | 15.4 | 42  | 8.3  | 10.4 | 12.6 | 24 | 2.19 |
| 606 | F | E | E | E | 27-08-2003 | Mehrani     | 051.4  | 32.0 | 2200 | I |   |   | 2452878.569 | 16.3 | 43  | 8.4  | 10.4 | 12.6 | 24 | 2.20 |
| 319 | I | E | E | E | 07-05-1997 | Isfah       | 034.9  | 31.8 | 79   | V |   |   | 2450767.167 | 19.4 | 40  | 7.8  | 10.4 | 12.6 | 24 | 2.21 |
| 331 | B | E | E | E | 27-01-1998 | Isfah       | 034.9  | 31.8 | 79   | V |   |   | 2450767.167 | 19.4 | 40  | 7.8  | 10.4 | 12.6 | 24 | 2.22 |
| 631 | I | E | E | E | 27-04-1973 | Schmidt     | -095.4 | 29.8 | 122  | I |   |   | 2450811.038 | 17.3 | 46  | 8.3  | 10.4 | 12.6 | 24 | 2.23 |
| 639 | I | E | E | E | 15-09-2004 | Boroujerdi  | 023.7  | 38.0 | 1100 | I |   |   | 2453264.118 | 18.6 | 46  | 8.3  | 10.4 | 12.6 | 24 | 2.24 |
| 508 | I | E | E | E | 15-12-2001 | Essa        | 039.7  | 35.7 | 1100 | I |   |   | 2452259.156 | 18.8 | 38  | 8.5  | 10.4 | 12.6 | 24 | 2.25 |
| 412 | I | E | E | E | 02-07-2000 | Bahali      | 102.4  | 02.3 | 37   | I |   |   | 2451777.986 | 17.0 | 38  | 8.5  | 10.4 | 12.6 | 24 | 2.26 |
| 392 | I | E | E | E | 07-01-2000 | Essa        | 039.7  | 35.7 | 1100 | I |   |   | 2451777.986 | 17.0 | 38  | 8.5  | 10.4 | 12.6 | 24 | 2.27 |
| 605 | D | E | E | E | 27-08-2003 | Mirsaeed    | 050.9  | 35.0 | 1500 | I |   |   | 2452878.568 | 16.3 | 43  | 8.5  | 10.4 | 12.6 | 24 | 2.28 |
| 690 | A | E | E | E | 17-09-2004 | Marzani     | 050.9  | 35.7 | 930  | I |   |   | 2452878.568 | 16.3 | 43  | 8.5  | 10.4 | 12.6 | 24 | 2.29 |
| 364 | I | E | E | E | 14-06-1999 | Katbeh      | 051.7  | 38.2 | 1500 | I |   |   | 2453344.184 | 20.8 | 40  | 7.6  | 10.4 | 12.6 | 24 | 2.30 |
| 248 | A | E | E | E | 26-06-1987 | Mohammadi   | -051.5 | 39.2 | 1500 | I |   |   | 2453344.184 | 20.8 | 40  | 7.6  | 10.4 | 12.6 | 24 | 2.31 |
| 324 | C | E | E | E | 04-08-1997 | Victor      | -084.5 | 42.7 | 244  | I |   |   | 2446973.576 | 33.9 | 35  | 8.6  | 12.9 | 14.7 | 29 | 2.32 |
|     |   |   |   |   |            |             | 035.2  | 31.3 | 600  | V |   |   | 2450665.203 | 33.9 | 35  | 7.0  | 12.9 | 14.7 | 29 | 2.33 |

(Continued on next page)

TABLE VI  
(Continued)

| No. | R | E | Date       | Observer       | Long   | Lat  | Ele  | N | B  | T  | JD | Age         | Lag   | ARCV | DAZ | ARCL | W    | V  |
|-----|---|---|------------|----------------|--------|------|------|---|----|----|----|-------------|-------|------|-----|------|------|----|
| 1   | 2 | 3 | 4          | 5              | 6      | 7    | 8    | 9 | 10 | 11 | 12 | 13          | 14    | 15   | 16  | 17   | 18   | 19 |
| 304 | D | E | 31-01-1995 | Mirsaad        | 051.3  | 35.6 | 1100 |   | V  |    |    | 2449749.102 | 16.1  | 46   | 8.7 | 1.8  | 8.9  | 12 |
| 415 | F | E | 18-06-2004 | Mehrani        | 051.9  | 33.3 | 2300 |   | I  |    |    | 2453175.183 | 19.9  | 51   | 8.8 | 2.5  | 9.1  | 11 |
| 465 | F | E | 02-07-2000 | Mehrani        | 051.7  | 32.6 | 1500 |   | I  |    |    | 2451728.175 | 20.6  | 43   | 7.9 | 0.6  | 11.7 | 21 |
| 665 | I | E | 18-06-2004 | Al-Muhammad    | 050.0  | 26.6 | 10   | I |    | I  |    | 2453175.164 | 19.4  | 46   | 8.9 | 0.9  | 8.9  | 11 |
| 655 | I | E | 04-06-1997 | Haji Ali Ahmad | 034.9  | 31.8 | 79   |   | I  |    |    | 2450603.596 | -27.5 | 37   | 6.7 | 13.6 | 15.2 | 33 |
| 691 | I | E | 20-04-2004 | Mehrani        | 050.1  | 33.3 | 2600 |   | I  |    |    | 2453115.948 | 20.3  | 38   | 7.9 | 2.4  | 9.2  | 21 |
| 337 | C | E | 15-09-2004 | Mehrani        | 050.1  | 33.3 | 2600 |   | I  |    |    | 2453264.133 | 23.7  | 38   | 7.9 | 9.9  | 12.5 | 23 |
| 666 | I | E | 26-05-1998 | Khushaish      | 035.2  | 31.8 | 760  |   | I  |    |    | 2450960.208 | 20.7  | 41   | 7.7 | 9.9  | 12.5 | 23 |
| 282 | A | E | 18-06-2004 | Khushaish      | 048.0  | 28.4 | 30   |   | I  |    |    | 2453175.173 | 19.6  | 47   | 8.9 | 1.3  | 9.0  | 11 |
| 277 | I | E | 24-05-1990 | Breda          | -110.5 | 31.6 | 1372 |   | I  |    |    | 2448036.615 | 15.9  | 49   | 8.8 | 0.2  | 8.9  | 12 |
| 365 | I | E | 14-06-1999 | Bortle         | 048.0  | 29.4 | 80   |   | I  |    |    | 2448005.903 | -19.2 | 46   | 8.1 | 8.0  | 11.4 | 20 |
| 287 | I | E | 14-06-1999 | Guessoum       | 048.0  | 29.4 | 82   |   | I  |    |    | 2451344.172 | 20.5  | 41   | 7.8 | 9.2  | 12.1 | 22 |
| 298 | D | M | 18-02-2000 | Stamm          | 041.0  | 32.6 | 630  |   | I  |    |    | 2450556.173 | 13.5  | 40   | 8.0 | 0.6  | 9.0  | 11 |
| 298 | D | M | 11-01-1994 | Mirsaad        | 051.3  | 35.6 | 1100 |   | I  |    |    | 2448363.637 | -19.3 | 48   | 8.7 | 5.0  | 10.0 | 14 |
| 270 | B | M | 02-07-1989 | Stamm          | -111.0 | 32.4 | 842  |   | I  |    |    | 2447709.995 | -17.7 | 51   | 8.9 | 1.6  | 9.1  | 12 |
| 048 | A | E | 03-10-1872 | Schmidt        | 023.7  | 38.0 | 122  |   | I  |    |    | 2405070.184 | 24.0  | 41   | 8.0 | 9.1  | 12.1 | 21 |
| 484 | I | E | 17-10-2001 | Bahali         | 018.4  | 33.9 | 37   |   | I  |    |    | 2452199.969 | 16.5  | 37   | 8.9 | 0.4  | 8.9  | 12 |
| 316 | C | E | 08-02-1997 | Pearson        | -105.5 | 39.7 | 3353 |   | I  |    |    | 2450488.253 | 25.9  | 33   | 6.5 | 14.3 | 15.7 | 37 |
| 267 | A | E | 05-05-1989 | Stamm          | -084.1 | 37.2 | 305  |   | I  |    |    | 2447652.608 | 15.6  | 55   | 8.9 | 0.3  | 8.9  | 12 |
| 249 | A | E | 26-06-1987 | Stamm          | -084.1 | 37.2 | 305  |   | I  |    |    | 2446973.561 | 19.9  | 55   | 8.9 | 3.2  | 9.5  | 12 |
| 727 | I | E | 12-02-2004 | Stamm          | 0110.7 | 32.4 | 842  |   | I  |    |    | 2453323.529 | 21.9  | 41   | 7.2 | 11.9 | 13.9 | 30 |
| 045 | A | E | 06-07-1872 | Schmidt        | 003.7  | 32.5 | 550  |   | I  |    |    | 2450981.261 | 22.9  | 52   | 8.1 | 6.6  | 10.6 | 15 |
| 639 | I | E | 22-01-2004 | Kacen          | 003.7  | 32.5 | 550  |   | I  |    |    | 2453027.230 | 19.6  | 44   | 8.1 | 6.6  | 10.6 | 15 |
| 010 | A | E | 05-10-1861 | Schmidt        | 023.7  | 38.0 | 122  |   | I  |    |    | 2401054.177 | 34.9  | 25   | 4.6 | 19.4 | 10.0 | 60 |
| 185 | A | E | 05-11-1983 | Stamm          | -084.1 | 37.2 | 305  |   | I  |    |    | 2445644.457 | 23.6  | 44   | 8.0 | 9.6  | 12.5 | 23 |
| 393 | I | E | 07-01-2000 | Mokhtari       | -006.8 | 34.0 | 50   |   | I  |    |    | 2451531.247 | 22.1  | 49   | 8.9 | 4.5  | 10.0 | 14 |
| 291 | B | E | 16-03-1991 | Stamm          | -111.0 | 32.4 | 842  |   | I  |    |    | 2448332.581 | 17.7  | 44   | 9.0 | 3.2  | 9.5  | 13 |
| 593 | I | E | 02-05-2003 | Tahir          | 114.9  | 05.0 | 63   |   | I  |    |    | 2452761.948 | 21.1  | 39   | 9.2 | 1.3  | 9.3  | 12 |
| 661 | I | E | 19-05-2004 | Stamm          | -111.0 | 32.4 | 842  |   | I  |    |    | 2453145.615 | 20.9  | 50   | 9.2 | 2.0  | 9.4  | 12 |
| 436 | I | E | 26-12-2000 | Essa           | 039.7  | 04.0 | 940  |   | I  |    |    | 2451995.160 | 21.2  | 41   | 9.2 | 1.6  | 9.3  | 12 |
| 315 | I | E | 13-06-1994 | Had1           | 034.9  | 31.8 | 79   |   | I  |    |    | 2453370.146 | 20.1  | 41   | 8.2 | 8.7  | 12.1 | 21 |
| 317 | C | M | 08-03-1997 |                | 034.7  | 31.8 | 60   |   | I  |    |    | 2450515.654 | -21.0 | 39   | 8.1 | 9.1  | 12.2 | 23 |

(Continued on next page)

TABLE VI  
(Continued)

| No. | R | E | Date       | Observer       | Long   | Lat   | Ele  | N | B  | T  | JD          | Age   | Lag | ARCV | DAZ  | ARCL | W  | V    |
|-----|---|---|------------|----------------|--------|-------|------|---|----|----|-------------|-------|-----|------|------|------|----|------|
| 1   | 2 | 3 | 4          | 5              | 6      | 7     | 8    | 9 | 10 | 11 | 12          | 13    | 14  | 15   | 16   | 17   | 18 | 19   |
| 284 | A | E | 24-05-1990 | Bortle         | -118.1 | 34.2  | 530  | I |    | V  | 2448036.640 | 16.4  | 52  | 9.1  | 0.8  | 9.2  | 13 | 3.28 |
| 285 | A | E | 24-05-1990 | O'Neira        | -118.1 | 34.2  | 530  | I |    | V  | 2448036.640 | 16.4  | 52  | 9.1  | 0.8  | 9.2  | 13 | 3.28 |
| 290 | C | E | 15-02-1991 |                | 073.1  | 33.4  | 500  | V |    |    | 2448030.053 | 19.1  | 46  | 9.2  | 0.8  | 9.2  | 12 | 3.30 |
| 432 | I | E | 17-02-2001 | Mehrani        | 021.7  | 32.6  | 1500 | V |    |    | 2452600.200 | 23.0  | 43  | 8.7  | 0.8  | 9.2  | 12 | 3.30 |
| 433 | C | E | 17-02-1998 | Schmidt        | 018.4  | 33.9  | 350  | V |    |    | 2450872.240 | 23.4  | 38  | 7.7  | 11.3 | 13.7 | 28 | 3.35 |
| 334 | A | E | 21-03-2003 | Mehrani        | 051.7  | 32.6  | 1800 | V |    |    | 2452729.586 | -41.9 | 28  | 5.7  | 18.5 | 19.3 | 51 | 3.43 |
| 585 | F | M | 11-03-2003 | Long           | 018.5  | -33.9 | 91   | V |    |    | 2420100.253 | 17.0  | 53  | 9.3  | 0.1  | 9.3  | 13 | 3.43 |
| 588 | A | E | 28-11-1913 |                | 058.4  | 33.7  | 1500 | I |    |    | 2452821.161 | 20.8  | 52  | 9.1  | 4.3  | 10.1 | 14 | 3.44 |
| 603 | F | E | 30-06-2003 | Mehrani        | 058.4  | 33.7  | 1500 | I |    |    | 2446973.630 | 21.2  | 60  | 9.2  | 4.4  | 10.2 | 14 | 3.44 |
| 250 | A | E | 26-06-1987 |                | -105.0 | 39.8  | 1676 | I |    |    | 2443577.444 | 19.3  | 54  | 9.2  | 3.5  | 9.8  | 14 | 3.47 |
| 162 | A | E | 09-03-1978 | Bishop         | -064.2 | 45.1  | 9    | V |    |    | 2453322.931 | 19.3  | 39  | 8.9  | 6.2  | 10.8 | 18 | 3.49 |
| 715 | I | E | 13-11-2004 | Haji Ali Ahmad | 114.8  | 04.9  | 30   | I |    |    | 2453566.637 | 21.7  | 0   | 9.3  | 4.0  | 9.5  | 14 | 3.52 |
| 109 | A | M | 13-08-1931 | Danjon         | 007.7  | 48.6  | 122  | I |    |    | 2450915.131 | 23.5  | 47  | 9.1  | 6.2  | 11.0 | 12 | 3.56 |
| 443 | F | E | 26-06-2001 | Shamberlain    | 051.7  | 32.6  | 1500 | I |    |    | 2450915.131 | 23.5  | 47  | 9.1  | 6.2  | 11.0 | 12 | 3.56 |
| 579 | F | M | 31-01-2001 | Mehrani        | 051.7  | 32.6  | 1500 | I |    |    | 2452670.628 | -33.3 | 38  | 7.1  | 14.6 | 16.2 | 37 | 3.58 |
| 486 | I | E | 17-10-2001 | Mohammadi      | 052.5  | 29.6  | 1500 | V |    |    | 2452200.099 | 18.9  | 43  | 9.0  | 5.7  | 10.7 | 17 | 3.60 |
| 630 | I | E | 24-11-2003 | Lukuman        | 003.4  | 06.5  | 35   | I |    |    | 2452968.240 | 18.6  | 41  | 8.1  | 5.1  | 10.4 | 17 | 3.61 |
| 632 | I | E | 15-09-2004 | Khushtash      | 048.0  | 28.4  | 30   | I |    |    | 2453264.133 | 23.6  | 40  | 8.7  | 8.5  | 12.1 | 21 | 3.61 |
| 256 | A | E | 19-01-1988 | Stamm          | -111.0 | 32.2  | 780  | I |    |    | 2447180.549 | 19.1  | 47  | 8.8  | 7.4  | 11.4 | 20 | 3.62 |
| 332 | B | E | 28-01-1998 | Pearce         | -095.4 | 29.8  | 14   | V |    |    | 2450842.512 | 18.0  | 47  | 9.4  | 0.7  | 9.4  | 13 | 3.63 |
| 173 | A | E | 28-01-1979 | ACAC           | -081.3 | 29.9  | 0    | V |    |    | 2443902.472 | 17.1  | 47  | 9.4  | 0.1  | 9.4  | 14 | 3.63 |
| 174 | A | E | 28-01-1979 | Olson          | -081.3 | 29.9  | 0    | V |    |    | 2443902.472 | 17.1  | 47  | 9.4  | 0.1  | 9.4  | 14 | 3.63 |
| 394 | I | E | 02-03-2003 | Ibrahim        | 101.7  | 42.0  | 244  | I |    |    | 2443902.489 | 17.3  | 55  | 9.3  | 2.5  | 9.7  | 14 | 3.64 |
| 404 | I | E | 05-04-2000 | Zafarani       | 101.7  | 42.0  | 244  | I |    |    | 2443902.489 | 17.3  | 55  | 9.3  | 2.5  | 9.7  | 14 | 3.64 |
| 404 | I | E | 05-04-2000 | Zafarani       | 101.7  | 42.0  | 244  | I |    |    | 2443902.489 | 17.3  | 55  | 9.3  | 2.5  | 9.7  | 14 | 3.64 |
| 404 | I | E | 05-04-2000 | Zafarani       | 101.7  | 42.0  | 244  | I |    |    | 2443902.489 | 17.3  | 55  | 9.3  | 2.5  | 9.7  | 14 | 3.64 |
| 543 | I | E | 09-08-2002 | Bahali         | 102.4  | 02.3  | 37   | I |    |    | 2451639.982 | 17.6  | 39  | 9.4  | 2.1  | 9.7  | 14 | 3.65 |
| 175 | A | E | 28-01-1979 | Sherman        | -082.4 | 29.7  | 0    | I |    |    | 2452495.987 | 17.1  | 40  | 9.4  | 1.0  | 9.5  | 14 | 3.68 |
| 252 | A | E | 26-06-1987 |                | -100.0 | 30.0  | 457  | I |    |    | 2443902.475 | 17.2  | 47  | 9.4  | 0.1  | 9.4  | 14 | 3.69 |
| 376 | I | E | 10-09-1999 | Shaukat        | -077.0 | 38.8  | 36   | I |    |    | 2446973.592 | 20.3  | 52  | 9.5  | 1.9  | 9.7  | 13 | 3.70 |
| 286 | C | E | 20-09-1990 |                | 034.7  | 31.8  | 60   | V |    |    | 2451432.490 | 24.8  | 44  | 8.5  | 9.7  | 12.9 | 23 | 3.72 |
| 176 | A | E | 28-01-1979 | Verne          | -093.6 | 42.0  | 274  | V |    |    | 2448155.163 | 40.3  | 29  | 5.9  | 18.4 | 19.3 | 51 | 3.72 |
| 311 | I | E | 14-01-2002 | Mohammadi      | 052.5  | 29.6  | 1500 | V |    |    | 2443902.494 | 17.4  | 56  | 9.4  | 2.5  | 9.7  | 15 | 3.73 |
| 320 | C | E | 07-05-1997 | Kaufmann       | 018.4  | 33.9  | 350  | I |    |    | 2452289.097 | 23.1  | 57  | 9.1  | 7.0  | 11.4 | 18 | 3.74 |
| 177 | A | E | 28-01-1979 | Fcfferman      | -090.3 | 38.7  | 183  | I |    |    | 2450576.184 | 19.2  | 48  | 9.3  | 16.6 | 17.8 | 16 | 3.77 |
| 314 | C | E | 21-01-1996 |                | 018.4  | -33.9 | 350  | I |    |    | 2443902.489 | 17.3  | 53  | 9.5  | 1.9  | 9.6  | 14 | 3.77 |
| 633 | I | E | 15-09-2004 | A1-Muhammad    | 050.0  | 26.6  | 30   | I |    |    | 2450104.262 | 28.7  | 34  | 6.5  | 16.3 | 17.5 | 46 | 3.79 |
|     |   |   |            |                |        |       |      |   |    |    | 2453264.127 | 23.4  | 40  | 8.9  | 8.1  | 12.0 | 21 | 3.80 |

(Continued on next page)

TABLE VI  
(Continued)

| No. | R | E | Date       | Observer    | Long   | Lat   | Ele  | N | B  | T  | JD          | Age   | Lag | ARCV | DAZ  | ARCL | N  | V    |
|-----|---|---|------------|-------------|--------|-------|------|---|----|----|-------------|-------|-----|------|------|------|----|------|
| 1   | 2 | 3 | 4          | 5           | 6      | 7     | 8    | 9 | 10 | 11 | 12          | 13    | 14  | 15   | 16   | 17   | 18 | 19   |
| 413 | I | E | 02-07-2000 | Odeh        | 035.5  | 30.4  | 1646 | I | I  | V  | 2451728.217 | 21.3  | 46  | 8.7  | 8.6  | 12.2 | 23 | 3.83 |
| 694 | I | E | 15-09-2004 | Mayoof      | 050.5  | 26.2  | 13   | I | I  | V  | 2453264.125 | 23.4  | 40  | 8.9  | 8.0  | 12.0 | 21 | 3.84 |
| 325 | I | E | 13-04-2002 | Kaufmann    | -009.7 | 30.5  | 75   | I | V  | V  | 2453378.310 | 22.4  | 45  | 9.4  | 8.5  | 10.9 | 16 | 3.84 |
| 476 | F | E | 01-07-2003 | Stamm       | 051.0  | 32.4  | 62   | I | V  | V  | 2452501.159 | 21.3  | 42  | 8.0  | 7.9  | 11.4 | 13 | 3.86 |
| 475 | F | E | 17-10-2001 | Odeh        | 031.8  | 31.9  | 939  | I | V  | V  | 2452200.144 | 19.7  | 44  | 9.1  | 6.6  | 11.3 | 19 | 3.88 |
| 437 | I | E | 25-01-2001 | Mohammadi   | 032.5  | 29.6  | 1500 | I | V  | V  | 2451935.104 | 23.5  | 47  | 9.4  | 5.6  | 10.9 | 16 | 3.90 |
| 218 | C | E | 12-12-1985 | Laling      | 020.8  | -32.4 | 1800 | I | V  | V  | 2446412.257 | 17.8  | 55  | 9.6  | 2.5  | 9.9  | 15 | 3.91 |
| 488 | I | E | 17-10-2001 | Al-Muhammad | 050.0  | 26.6  | 10   | I | I  | I  | 2452200.104 | 19.0  | 43  | 9.3  | 5.2  | 10.7 | 17 | 3.92 |
| 253 | A | E | 26-06-1987 |             | -112.1 | 33.5  | 329  | I | V  | V  | 2446973.632 | 21.0  | 56  | 9.7  | 3.0  | 10.2 | 14 | 3.97 |
| 621 | I | E | 26-10-2003 | Pazhouhesh  | 059.2  | 32.9  | 1468 | I | V  | V  | 2452939.072 | 23.8  | 41  | 8.2  | 11.4 | 14.0 | 30 | 3.98 |
| 163 | A | E | 09-03-1978 | Bortle      | -073.8 | 42.7  | 183  | I | V  | V  | 2443577.473 | 19.8  | 54  | 9.7  | 3.2  | 10.2 | 15 | 4.05 |
| 104 | A | E | 09-03-1978 | Dessert     | -073.8 | 42.7  | 183  | I | V  | V  | 2443577.473 | 19.8  | 54  | 9.7  | 3.2  | 10.2 | 15 | 4.05 |
| 156 | A | E | 09-03-1978 | Komrowski   | -072.9 | 41.3  | 61   | I | V  | V  | 2443577.473 | 19.8  | 54  | 9.7  | 3.2  | 10.2 | 15 | 4.05 |
| 272 | C | E | 01-10-1989 | Parull      | -072.9 | 41.3  | 61   | I | V  | V  | 2443577.473 | 19.8  | 54  | 9.7  | 3.2  | 10.2 | 15 | 4.05 |
| 254 | A | E | 26-06-1987 | Klemola     | 034.6  | 31.3  | 175  | I | V  | V  | 2447801.155 | 42.3  | 31  | 6.5  | 18.1 | 19.2 | 49 | 4.08 |
| 143 | A | E | 10-11-1977 | Patterson   | -122.0 | 37.0  | 1494 | I | V  | V  | 2446973.631 | 21.8  | 59  | 9.7  | 4.2  | 10.6 | 15 | 4.09 |
| 143 | A | E | 26-06-1987 | Patterson   | -122.0 | 37.0  | 1494 | I | V  | V  | 2446973.631 | 21.8  | 59  | 9.7  | 4.2  | 10.6 | 15 | 4.09 |
| 542 | D | E | 08-08-2002 | Mirsaed     | 051.3  | 35.6  | 1100 | I | V  | V  | 2452494.554 | -18.1 | 48  | 9.8  | 0.6  | 9.8  | 14 | 4.09 |
| 495 | I | E | 05-04-2000 | Mehrani     | 051.7  | 32.6  | 1500 | I | V  | V  | 2451640.141 | 20.2  | 46  | 9.3  | 7.2  | 11.7 | 20 | 4.13 |
| 394 | I | E | 07-01-2000 | Islah       | 003.4  | 06.5  | 35   | I | V  | V  | 2451551.254 | 22.2  | 44  | 9.9  | 1.0  | 10.0 | 14 | 4.16 |
| 417 | I | E | 28-09-2000 | Salie       | 018.4  | -33.9 | 200  | I | V  | V  | 2451816.215 | 20.3  | 46  | 9.3  | 7.1  | 11.7 | 20 | 4.17 |
| 483 | I | E | 28-09-2000 | Salidwell   | 018.4  | -33.9 | 200  | I | V  | V  | 2451816.215 | 20.3  | 46  | 9.3  | 7.1  | 11.7 | 20 | 4.17 |
| 483 | I | E | 28-09-2000 | Salidwell   | 018.4  | -33.9 | 200  | I | V  | V  | 2451816.215 | 20.3  | 46  | 9.3  | 7.1  | 11.7 | 20 | 4.17 |
| 077 | A | E | 22-11-1989 | Mirsaed     | 054.3  | 35.7  | 2000 | I | V  | V  | 2452368.549 | 21.3  | 56  | 9.8  | 2.1  | 10.1 | 10 | 4.18 |
| 142 | A | E | 18-02-1977 | Schenk      | 004.2  | 50.9  | 30   | I | V  | V  | 2411338.766 | -18.3 | 71  | 9.6  | 4.3  | 10.6 | 17 | 4.19 |
| 033 | A | E | 05-02-1867 | Schenk      | -087.7 | 43.8  | 30   | I | V  | V  | 2441338.766 | -18.3 | 71  | 9.6  | 4.3  | 10.6 | 17 | 4.19 |
| 607 | I | E | 18-02-1867 | Schenk      | 023.7  | 38.0  | 122  | I | V  | V  | 2403103.494 | 19.4  | 57  | 9.9  | 0.7  | 9.9  | 14 | 4.20 |
| 347 | D | E | 28-08-2003 | Zainal      | 102.9  | 05.3  | 20   | I | V  | V  | 2452879.983 | 18.4  | 41  | 9.9  | 0.4  | 9.9  | 14 | 4.22 |
| 302 | C | E | 18-03-1999 | Mirsaed     | 050.8  | 36.0  | 1500 | I | V  | V  | 2451256.135 | 19.6  | 48  | 9.4  | 6.3  | 11.3 | 19 | 4.23 |
| 471 | I | E | 01-01-1995 | O'Meara     | -155.5 | 19.8  | 4180 | I | V  | V  | 2449719.684 | 17.7  | 46  | 9.9  | 2.3  | 10.1 | 15 | 4.26 |
| 489 | I | E | 21-07-2001 | Al-Mustafa  | 073.3  | 04.1  | 1    | I | V  | V  | 2452112.071 | 18.2  | 43  | 9.7  | 0.6  | 9.9  | 15 | 4.27 |
| 622 | I | E | 17-10-2001 | Salih       | 046.5  | 24.6  | 620  | I | V  | V  | 2452200.117 | 19.2  | 44  | 9.7  | 5.0  | 10.8 | 18 | 4.28 |
| 622 | I | E | 18-10-2003 | Mehrani     | 000.7  | 32.5  | 5000 | I | V  | V  | 2452375.999 | 21.0  | 52  | 10.3 | 11.7 | 16.4 | 11 | 4.29 |
| 635 | I | E | 15-09-2004 | Kacem       | 003.7  | 32.5  | 550  | I | V  | V  | 2453264.260 | 26.9  | 42  | 8.8  | 10.5 | 13.7 | 27 | 4.30 |
| 623 | I | E | 26-10-1921 | Janghorban  | 051.7  | 32.6  | 1500 | I | V  | V  | 2452939.093 | 24.4  | 43  | 8.4  | 11.6 | 14.3 | 31 | 4.33 |
| 036 | A | E | 08-02-1921 | Campbell    | -071.1 | 42.3  | 30   | I | V  | V  | 2422729.440 | 20.6  | 58  | 10.1 | 0.1  | 10.1 | 14 | 4.34 |
| 306 | A | E | 28-06-1995 | Schaefer    | -071.0 | -30.1 | 2774 | I | V  | V  | 2449897.435 | 20.4  | 51  | 10.1 | 0.1  | 10.1 | 14 | 4.36 |
| 031 | D | E | 17-01-1866 | Schmidt     | 023.7  | 38.0  | 122  | I | V  | V  | 2402619.166 | 18.8  | 56  | 10.1 | 0.4  | 10.1 | 15 | 4.40 |
| 303 | D | E | 30-01-1995 | Mirsaed     | 051.3  | 35.6  | 1100 | I | V  | V  | 2449747.630 | -19.3 | 52  | 9.7  | 5.3  | 11.1 | 18 | 4.41 |

(Continued on next page)

TABLE VI  
(Continued)

| No. | R | E | Date       | Observer   | Long   | Lat   | Ele  | N | B  | I  | JD | Age         | Lag   | ARCV | DAZ  | ARCL | #    | V  |      |
|-----|---|---|------------|------------|--------|-------|------|---|----|----|----|-------------|-------|------|------|------|------|----|------|
| 1   | 2 | 3 | 4          | 5          | 6      | 7     | 8    | 9 | 10 | 11 | 12 | 13          | 14    | 15   | 16   | 17   | 18   | 19 |      |
| 336 | I | E | 06-02-2000 | Caldwell   | 018.4  | -33.9 | 350  | V | V  |    |    | 2451581.258 | 28.3  | 46   | 9.0  | 10.0 | 13.4 | 25 | 4.41 |
| 348 | I | E | 18-03-1999 | Caldwell   | 018.4  | -34.0 | 350  | V | V  |    |    | 2451256.225 | 21.9  | 45   | 9.2  | 8.7  | 12.6 | 24 | 4.43 |
| 349 | I | E | 18-03-1999 | Salie      | 018.4  | -33.9 | 200  | V | V  |    |    | 2451256.225 | 21.9  | 45   | 9.2  | 8.7  | 12.6 | 24 | 4.44 |
| 039 | A | E | 16-03-1915 | Schoch     | 008.7  | 49.4  | 213  | V | V  |    |    | 2420573.251 | 21.0  | 64   | 10.1 | 1.7  | 10.3 | 15 | 4.47 |
| 178 | A | E | 28-01-1979 | Peterson   | -122.3 | 47.6  | 30   | V | V  |    |    | 2443902.565 | 18.6  | 65   | 9.9  | 4.2  | 10.7 | 18 | 4.52 |
| 472 | I | E | 21-07-2001 | Gharaybeh  | 035.9  | 32.6  | 500  | I |    |    |    | 2452112.214 | 21.1  | 50   | 9.4  | 7.6  | 12.1 | 22 | 4.54 |
| 545 | I | E | 09-08-2002 | Ebrarim    | 018.4  | 35.4  | 1500 | V |    |    |    | 2452496.162 | 20.6  | 51   | 9.9  | 6.7  | 11.9 | 21 | 4.84 |
| 555 | D | E | 04-11-2002 | Nahideed   | 018.4  | 35.4  | 1500 | V |    |    |    | 2452496.162 | 20.6  | 51   | 9.9  | 6.7  | 11.9 | 21 | 4.84 |
| 419 | I | E | 28-09-2003 | Mehrani    | 031.7  | 26.2  | 105  | V |    |    |    | 2451856.167 | 19.8  | 47   | 9.6  | 4.9  | 11.1 | 18 | 4.55 |
| 608 | I | E | 11-12-2004 | Mehrani    | 051.7  | 32.6  | 1500 | I | V  |    |    | 2452880.147 | 21.6  | 47   | 9.6  | 7.3  | 12.0 | 21 | 4.56 |
| 723 | F | M | 11-12-2004 | Mehrani    | 051.6  | 32.6  | 1500 | V |    |    |    | 2453350.622 | 21.3  | 51   | 9.3  | 8.8  | 12.8 | 25 | 4.58 |
| 323 | C | E | 05-07-1997 |            | 018.5  | -33.9 | 1740 | V |    |    |    | 2450842.576 | 19.2  | 53   | 10.1 | 1.8  | 10.3 | 16 | 4.61 |
| 556 | I | E | 04-11-2002 | Mehrani    | 051.9  | 32.8  | 1500 | V |    |    |    | 2450635.177 | 20.4  | 55   | 10.3 | 1.2  | 10.3 | 15 | 4.61 |
| 473 | I | E | 21-07-2001 | Odeh       | 035.8  | 31.9  | 939  | V |    | V  |    | 2452582.599 | -18.0 | 51   | 10.2 | 0.5  | 10.2 | 16 | 4.62 |
| 512 | I | E | 14-01-2002 | Saab       | 046.5  | 24.6  | 920  | I | V  |    |    | 2452112.215 | 21.1  | 51   | 9.5  | 7.5  | 12.1 | 22 | 4.63 |
| 093 | A | E | 19-04-1921 | Tarab      | 007.4  | 43.5  | 150  | V |    |    |    | 2452582.599 | 21.1  | 51   | 9.5  | 7.5  | 12.1 | 22 | 4.63 |
| 438 | I | E | 05-01-2001 | Saab       | 046.5  | 24.6  | 920  | V |    |    |    | 2452582.599 | 21.1  | 51   | 9.5  | 7.5  | 12.1 | 22 | 4.63 |
| 625 | F | M | 23-11-2003 | Mehrani    | 051.4  | 35.8  | 1100 | I | V  | V  |    | 2451935.115 | 23.9  | 48   | 10.1 | 4.7  | 11.1 | 17 | 4.64 |
| 032 | A | E | 27-10-1859 | Schmidt    | 023.7  | 38.0  | 122  | V |    |    |    | 2452966.616 | -19.4 | 55   | 10.1 | 4.7  | 11.1 | 17 | 4.75 |
| 456 | I | E | 18-03-1999 | Mohammadi  | 052.5  | 29.6  | 1500 | V |    |    |    | 2400345.160 | 40.1  | 34   | 5.9  | 20.3 | 21.2 | 64 | 4.76 |
| 300 | C | M | 24-04-2001 | Mehrani    | 051.7  | 32.6  | 1500 | V |    |    |    | 2451256.130 | 19.6  | 47   | 10.0 | 5.1  | 11.2 | 19 | 4.77 |
| 545 | I | E | 09-08-2002 | Janghorban | -155.5 | 19.8  | 4180 | V |    |    |    | 2452024.152 | 22.6  | 50   | 9.8  | 7.2  | 12.2 | 21 | 4.78 |
| 546 | I | E | 09-08-2002 | Mehrani    | 051.7  | 32.6  | 1500 | V |    | V  |    | 2449718.184 | -18.4 | 48   | 10.3 | 0.7  | 10.3 | 16 | 4.79 |
| 158 | A | E | 09-03-1978 | Cebula     | 051.7  | 32.6  | 1500 | V |    | V  |    | 2452496.162 | 20.6  | 51   | 9.9  | 6.7  | 11.9 | 21 | 4.84 |
| 722 | I | M | 11-12-2004 | Khushaish  | -089.0 | 40.5  | 244  | V |    |    |    | 2453277.516 | 20.6  | 56   | 10.3 | 3.0  | 10.7 | 17 | 4.84 |
| 414 | I | E | 12-07-2000 | Caldwell   | 048.0  | 29.4  | 30   | V |    |    |    | 2453350.631 | 21.1  | 51   | 9.6  | 8.2  | 12.6 | 24 | 4.84 |
| 503 | I | E | 16-11-2000 | Kaufmann   | 020.8  | -32.4 | 420  | V |    |    |    | 2451728.114 | 20.0  | 57   | 10.0 | 5.7  | 11.5 | 20 | 4.84 |
| 406 | I | E | 28-09-2000 | Kacem      | 008.7  | 49.6  | 175  | V |    |    |    | 2452230.174 | 35.0  | 57   | 7.8  | 15.5 | 17.3 | 43 | 4.85 |
| 553 | I | E | 05-04-2000 | Odeh       | 035.9  | 32.0  | 850  | I | V  |    |    | 2451816.249 | 21.5  | 48   | 9.9  | 6.9  | 12.1 | 21 | 4.89 |
| 079 | A | E | 07-10-2002 | Kaufmann   | 008.7  | 49.6  | 175  | V |    |    |    | 2451640.184 | 21.0  | 48   | 9.9  | 7.2  | 12.2 | 22 | 4.93 |
|     |   |   |            | decroupet  | 005.7  | 50.6  | 213  | V |    |    |    | 2452555.219 | 30.7  | 48   | 7.5  | 16.0 | 17.6 | 47 | 4.95 |
|     |   |   |            |            |        |       |      |   |    |    |    | 2409883.174 | 26.4  | 75   | 9.9  | 8.2  | 12.8 | 22 | 4.97 |

(Continued on next page)



TABLE VI  
(Continued)

| No. | 1 | 2 | 3          | E          | Date   | Observer | Long | Lat | E <sub>le</sub> | N | B | I | JD          | Age   | L <sub>ag</sub> | ARCV | DAZ  | ARCL | W  | V    |
|-----|---|---|------------|------------|--------|----------|------|-----|-----------------|---|---|---|-------------|-------|-----------------|------|------|------|----|------|
| 169 | A | E | 09-03-1978 | McGraw     | -093.6 | 41.6     | 244  | V   |                 |   |   |   | 2443577.529 | 20.9  | 57              | 10.4 | 3.3  | 10.9 | 17 | 4.99 |
| 170 | A | E | 09-03-1978 | Newman     | -093.6 | 41.6     | 244  | V   |                 |   |   |   | 2443577.529 | 20.9  | 57              | 10.4 | 3.3  | 10.9 | 17 | 4.99 |
| 397 | I | E | 06-01-2003 | Shammary   | 051.7  | 52.6     | 1500 | V   |                 |   |   |   | 5431531.111 | 23.8  | 52              | 10.3 | 5.2  | 11.6 | 16 | 5.02 |
| 624 | I | E | 26-10-2003 | Khushfai   | 048.0  | 29.4     | 30   | V   |                 |   |   |   | 2452939.133 | 24.5  | 44              | 9.1  | 11.2 | 14.4 | 32 | 5.04 |
| 561 | I | E | 05-11-2003 | Salie      | 018.4  | -33.9    | 200  | V   |                 |   |   |   | 2452584.239 | 20.4  | 54              | 10.2 | 5.4  | 11.5 | 20 | 5.06 |
| 609 | I | E | 28-08-2003 | Odeh       | 036.2  | 32.4     | 700  | I   |                 |   |   | V | 2452880.189 | 22.4  | 49              | 9.9  | 7.7  | 12.6 | 23 | 5.07 |
| 122 | A | E | 08-12-1942 | Oravec     | -074.0 | 40.7     | 0    | V   |                 |   |   |   | 2430702.414 | 19.3  | 62              | 10.1 | 5.8  | 11.7 | 21 | 5.08 |
| 367 | C | M | 12-07-1999 |            | 035.2  | 31.8     | 200  | V   |                 |   |   |   | 2451371.595 | -22.8 | 51              | 9.5  | 9.6  | 13.5 | 27 | 5.08 |
| 222 | A | E | 28-04-1987 | Schaefer   | -077.0 | 38.9     | 30   | V   |                 |   |   |   | 2446914.518 | 21.6  | 61              | 10.6 | 1.6  | 10.7 | 16 | 5.11 |
| 223 | A | E | 28-04-1987 | McLeod     | -081.8 | 36.7     | 0    | V   |                 |   |   |   | 2446914.518 | 21.4  | 52              | 10.6 | 1.6  | 10.7 | 16 | 5.11 |
| 526 | A | E | 28-04-1987 | Doggett    | -077.1 | 38.9     | 30   | I   |                 |   |   |   | 2446914.518 | 21.6  | 61              | 10.6 | 1.6  | 10.7 | 16 | 5.11 |
| 726 | A | E | 28-04-1987 | Stedman    | -077.1 | 38.9     | 30   | I   |                 |   |   |   | 2446914.518 | 21.6  | 61              | 10.6 | 1.6  | 10.7 | 16 | 5.11 |
| 227 | A | E | 28-04-1987 | Stedman    | -077.1 | 38.9     | 30   | I   |                 |   |   |   | 2446914.518 | 21.6  | 61              | 10.6 | 1.6  | 10.7 | 16 | 5.11 |
| 228 | A | E | 28-04-1987 | Chester    | -077.1 | 38.9     | 30   | V   |                 |   |   |   | 2446914.518 | 21.6  | 61              | 10.6 | 1.6  | 10.7 | 16 | 5.11 |
| 113 | A | M | 20-08-1933 | Schmidt    | -077.1 | 38.9     | 30   | V   |                 |   |   |   | 2446914.518 | 21.6  | 61              | 10.6 | 1.6  | 10.7 | 16 | 5.11 |
| 102 | A | E | 30-12-1921 | Danjon     | 007.7  | 48.6     | 122  | V   |                 |   |   |   | 2427304.663 | -24.3 | 70              | 10.3 | 5.7  | 11.8 | 19 | 5.12 |
| 028 | A | E | 24-06-1865 | MacKenzie  | 018.5  | -33.9    | 30   | I   |                 |   |   |   | 2427304.663 | 38.3  | 44              | 8.2  | 15.5 | 17.5 | 42 | 5.13 |
| 085 | A | E | 31-01-1911 | Schmidt    | 023.7  | 38.0     | 122  | I   |                 |   |   |   | 2402412.259 | 35.5  | 45              | 7.8  | 16.4 | 18.2 | 47 | 5.13 |
| 217 | C | M | 11-12-1985 | Cave       | -000.9 | 51.0     | 61   | V   |                 |   |   |   | 2419068.224 | 32.0  | 65              | 8.8  | 13.2 | 15.9 | 36 | 5.13 |
| 368 | I | E | 03-05-2002 | Laing      | 020.8  | -32.4    | 1800 | V   |                 |   |   |   | 2446410.618 | 21.5  | 55              | 10.0 | 7.3  | 12.3 | 23 | 5.14 |
| 369 | I | E | 13-05-2002 | Bahr       | 034.9  | 92.0     | 63   | I   |                 |   |   |   | 2432507.350 | 22.4  | 56              | 10.7 | 6.3  | 12.7 | 16 | 5.15 |
| 343 | I | E | 18-01-1999 | Shahani    | 034.9  | 92.0     | 63   | I   |                 |   |   |   | 2432507.350 | 22.4  | 56              | 10.7 | 6.3  | 12.7 | 16 | 5.15 |
| 229 | A | E | 02-05-2003 | Saali      | 044.0  | 26.1     | 640  | V   |                 |   |   |   | 2431137.117 | 21.8  | 52              | 10.6 | 1.7  | 10.8 | 17 | 5.16 |
| 295 | I | E | 02-05-2003 | Williams   | -082.5 | 28.0     | 0    | V   |                 |   |   |   | 2446914.518 | 21.5  | 53              | 10.7 | 0.8  | 10.9 | 16 | 5.19 |
| 490 | I | E | 17-10-2001 | Hasanzadeh | 046.0  | 38.2     | 1400 | V   |                 |   |   |   | 2452762.181 | 26.3  | 59              | 10.4 | 5.7  | 11.9 | 19 | 5.20 |
| 517 | D | M | 12-03-2002 | Ebrahim    | 018.4  | -33.9    | 200  | V   |                 |   |   |   | 2452200.227 | 20.9  | 51              | 10.1 | 7.0  | 12.3 | 22 | 5.21 |
| 509 | I | E | 15-12-2001 | Mirsaeed   | 051.3  | 35.6     | 1100 | V   |                 |   |   |   | 2452345.604 | -46.6 | 33              | 6.4  | 20.8 | 21.7 | 63 | 5.24 |
| 407 | I | E | 05-04-2000 | Stamm      | -111.0 | 32.4     | 843  | V   |                 |   |   |   | 2452259.535 | 27.2  | 54              | 9.9  | 8.8  | 13.3 | 25 | 5.25 |
| 108 | A | E | 20-03-1922 | Salie      | 018.4  | -33.9    | 200  | V   |                 |   |   |   | 2451640.209 | 22.0  | 50              | 10.1 | 7.4  | 12.5 | 23 | 5.25 |
| 009 | A | E | 20-03-1922 | Salie      | 018.4  | -33.9    | 200  | V   |                 |   |   |   | 2451640.209 | 22.0  | 50              | 10.1 | 7.4  | 12.5 | 23 | 5.25 |
| 179 | A | E | 28-01-1970 | Benning    | -132.4 | 31.5     | 0    | V   |                 |   |   |   | 243902.531  | 19.0  | 75              | 10.7 | 4.5  | 11.4 | 19 | 5.26 |
| 439 | A | E | 25-01-2001 | Westfall   | -132.4 | 31.5     | 0    | V   |                 |   |   |   | 243902.531  | 19.0  | 75              | 10.7 | 4.5  | 11.4 | 19 | 5.26 |
| 230 | A | E | 28-04-1987 | Kacem      | 003.7  | 32.8     | 550  | V   |                 |   |   |   | 2451935.236 | 27.2  | 54              | 10.8 | 6.7  | 12.4 | 21 | 5.36 |
| 231 | A | E | 28-04-1987 | Caton      | -081.7 | 36.2     | 1402 | V   |                 |   |   |   | 2446914.531 | 21.8  | 60              | 10.8 | 1.1  | 10.9 | 17 | 5.36 |
| 232 | A | E | 28-04-1987 | ASU        | -081.7 | 36.2     | 1402 | V   |                 |   |   |   | 2446914.531 | 21.8  | 60              | 10.8 | 1.1  | 10.9 | 17 | 5.36 |
| 233 | A | E | 28-04-1987 | Victor     | -084.5 | 42.7     | 244  | I   |                 |   |   |   | 2446914.547 | 22.2  | 67              | 10.8 | 2.6  | 11.1 | 17 | 5.37 |

(Continued on next page)

TABLE VI  
(Continued)

| No. | 1 | 2 | 3          | 4           | 5      | 6     | 7    | 8 | 9 | 10 | 11          | 12    | 13  | 14   | 15   | 16   | 17 | 18   | 19 |
|-----|---|---|------------|-------------|--------|-------|------|---|---|----|-------------|-------|-----|------|------|------|----|------|----|
|     |   |   |            |             |        |       |      |   |   |    |             |       |     |      |      |      |    |      |    |
| 234 | A | E | 28-04-1987 | Observer    | Long   | Lat   | Ele  | N | B | T  | JD          | Age   | Lag | ARCv | DAZ  | ARCL | W  | V    |    |
| 640 | I | E | 22-01-2004 | Ebrahim     | -084.5 | 42.7  | 244  | V | V |    | 2446914.547 | 22.2  | 67  | 10.8 | 2.6  | 11.1 | 17 | 5.37 |    |
| 331 | I | E | 02-03-1989 | Odeh        | 018.4  | -33.9 | 200  | V | V |    | 2453027.268 | 21.1  | 56  | 10.3 | 6.3  | 11.1 | 22 | 5.39 |    |
| 602 | I | E | 02-03-2003 | Abdhamani   | 031.7  | 32.9  | 1300 | V | V |    | 2432729.117 | 25.6  | 50  | 10.7 | 4.9  | 11.8 | 18 | 5.40 |    |
| 352 | C | E | 20-04-2004 | Aram        | 051.7  | 32.5  | 550  | V | V | V  | 2452811.311 | 23.5  | 52  | 10.6 | 5.2  | 11.8 | 19 | 5.40 |    |
| 083 | A | E | 18-03-1999 | Bac         | 062.4  | 27.3  | 1195 | I | V |    | 2453116.116 | 23.6  | 50  | 10.4 | 1.8  | 11.0 | 17 | 5.40 |    |
| 235 | A | E | 01-05-1908 | Seidelman   | 035.2  | 31.8  | 760  | V | V |    | 2451156.178 | 20.4  | 50  | 10.4 | 5.6  | 11.9 | 21 | 5.42 |    |
| 353 | A | E | 28-04-1987 | Saab        | 003.1  | 44.1  | 183  | V | V |    | 2418063.306 | 26.2  | 60  | 9.8  | 10.2 | 14.1 | 28 | 5.42 |    |
| 145 | A | E | 18-03-1999 | Korycansky  | -084.4 | 33.7  | 335  | I | V | V  | 2446914.533 | 21.8  | 58  | 10.9 | 0.5  | 10.9 | 17 | 5.43 |    |
| 171 | A | E | 09-03-1978 | Haasoyk     | 046.5  | 24.6  | 620  | I | V |    | 2451216.145 | 19.9  | 48  | 10.6 | 4.1  | 11.4 | 19 | 5.43 |    |
| 457 | I | E | 24-04-2001 | Gharaybeh   | -076.9 | 38.9  | 30   | I | V |    | 2443518.439 | 18.2  | 62  | 10.6 | 1.7  | 10.9 | 18 | 5.46 |    |
| 716 | I | E | 18-11-1984 | Barabinejad | 119.3  | 50.3  | 510  | I | V |    | 2443577.603 | 22.4  | 56  | 10.6 | 7.5  | 11.9 | 20 | 5.46 |    |
| 736 | I | E | 18-11-1984 | Barabinejad | 033.9  | 32.8  | 630  | I | V |    | 2452054.194 | 23.5  | 52  | 10.3 | 7.3  | 12.6 | 23 | 5.47 |    |
| 103 | A | E | 29-01-1922 | MacKenzie   | -087.4 | 35.0  | 610  | I | V |    | 2423044.539 | 42.9  | 40  | 7.9  | 17.5 | 19.2 | 17 | 5.53 |    |
| 237 | A | E | 28-04-1987 | Pilluga     | 018.5  | 33.9  | 30   | I | V |    | 2446914.532 | 22.3  | 65  | 10.9 | 2.2  | 11.2 | 17 | 5.54 |    |
| 597 | I | E | 02-05-2003 | Mohammadi   | 054.4  | 27.7  | 700  | V | V |    | 2452762.142 | 25.2  | 53  | 10.9 | 3.3  | 11.4 | 18 | 5.54 |    |
| 288 | C | E | 18-12-1990 | Mohammadi   | 073.1  | 33.4  | 500  | V | V |    | 2448244.022 | 33.7  | 56  | 10.1 | 9.7  | 13.9 | 26 | 5.55 |    |
| 372 | I | E | 12-08-1999 | Mohammadi   | 052.3  | 32.7  | 1500 | I | V |    | 2451403.158 | 27.7  | 48  | 9.6  | 11.3 | 14.8 | 32 | 5.55 |    |
| 259 | A | M | 13-06-1988 | Stamm       | -084.1 | 37.2  | 305  | I | V | V  | 2447355.905 | -22.6 | 65  | 10.7 | 5.5  | 12.0 | 20 | 5.55 |    |
| 327 | C | M | 29-11-1997 | Dalee       | 034.7  | 31.8  | 60   | V | V |    | 2450781.663 | -21.0 | 57  | 11.0 | 9.2  | 11.0 | 17 | 5.56 |    |
| 458 | I | E | 28-04-2001 | Richardson  | 035.6  | 31.9  | 939  | V | V |    | 2452054.195 | 23.5  | 52  | 10.4 | 7.2  | 12.6 | 23 | 5.56 |    |
| 681 | A | E | 19-04-1901 | Johnston    | -091.1 | 36.8  | 630  | V | V |    | 2453066.526 | 23.7  | 56  | 11.0 | 5.3  | 12.0 | 20 | 5.62 |    |
| 040 | A | E | 20-05-1871 | Schmidt     | -002.8 | 30.7  | 30   | I |   |    | 2415494.333 | 21.2  | 74  | 10.5 | 6.4  | 12.3 | 23 | 5.64 |    |
|     |   |   |            |             | 023.7  | 38.0  | 122  | I |   |    | 2405568.231 | 30.8  | 60  | 10.3 | 8.7  | 13.3 | 25 | 5.64 |    |

(Continued on next page)

TABLE VI  
(Group A)

| No. | 1 | 2 | 3          | E          | Date   | Observer | Long | Lat | E <sub>le</sub> | N | B | I | JD          | Age   | L <sub>3Q</sub> | ARCV | DAZ  | ARCL | W  | V    |
|-----|---|---|------------|------------|--------|----------|------|-----|-----------------|---|---|---|-------------|-------|-----------------|------|------|------|----|------|
| 128 | A | E | 06-04-1970 | Quigley    | -088.0 | 44.5     | 244  | V   | V               | V | V | V | 2440683.540 | 20.0  | 66              | 11.0 | 1.1  | 11.0 | 18 | 5.65 |
| 198 | I | E | 02-05-2003 | Mckenna    | -009.5 | 51.7     | 50   | V   | V               | V | V | V | 2432762.360 | 32.0  | 77              | 10.2 | 9.6  | 14.0 | 26 | 5.65 |
| 346 | A | E | 01-08-2002 | Odeh       | 035.5  | 30.7     | 1735 | V   | V               | V | V | V | 2432496.206 | 21.0  | 32              | 10.5 | 6.7  | 12.4 | 23 | 5.67 |
| 421 | I | E | 28-09-2006 | Ficcor     | -081.6 | 43.3     | 883  | V   | V               | V | V | V | 2435184.480 | 27.3  | 58              | 9.6  | 11.5 | 15.0 | 31 | 5.69 |
| Q58 | A | E | 22-06-1876 | Schmidt    | 023.7  | 38.0     | 122  | I   | V               | V | V | V | 2406428.266 | 20.1  | 66              | 10.7 | 5.5  | 12.0 | 22 | 5.72 |
| 657 | I | E | 20-04-2004 | Mehrani    | 051.0  | 32.8     | 2100 | I   | V               | V | V | V | 2453116.155 | 24.5  | 56              | 11.1 | 3.1  | 11.5 | 18 | 5.72 |
| 239 | A | E | 28-04-1987 | Fry        | -093.7 | 41.6     | 244  | I   | V               | V | V | V | 2446914.571 | 22.7  | 67              | 11.1 | 2.5  | 11.4 | 18 | 5.77 |
| 146 | A | E | 09-01-1978 | Barrett    | -087.6 | 41.9     | 244  | V   | V               | V | V | V | 2443518.466 | 18.6  | 67              | 11.0 | 2.6  | 11.3 | 19 | 5.77 |
| 147 | A | E | 09-01-1978 | Hill       | -079.8 | 36.0     | 305  | V   | V               | V | V | V | 2443518.454 | 18.5  | 61              | 11.0 | 1.1  | 11.1 | 19 | 5.78 |
| 148 | A | E | 09-01-1978 | Talbert    | -079.8 | 36.0     | 305  | V   | V               | V | V | V | 2443518.454 | 18.5  | 61              | 11.0 | 1.1  | 11.1 | 19 | 5.78 |
| 149 | A | E | 09-01-1978 | Connor     | -079.8 | 36.0     | 305  | V   | V               | V | V | V | 2443518.454 | 18.5  | 61              | 11.0 | 1.1  | 11.1 | 19 | 5.78 |
| 430 | A | E | 17-10-2001 | Bonn       | -089.6 | 43.0     | 274  | V   | V               | V | V | V | 2453200.148 | 18.7  | 48              | 11.1 | 0.7  | 11.3 | 20 | 5.79 |
| 492 | I | E | 17-10-2001 | Mehvifaki  | 039.7  | 04.0     | 0    | I   | V               | V | V | V | 2453200.148 | 18.7  | 48              | 11.1 | 0.7  | 11.3 | 20 | 5.83 |
| 497 | I | E | 17-10-2001 | Sykes      | 039.7  | 04.0     | 0    | I   | V               | V | V | V | 2453200.148 | 18.7  | 48              | 11.1 | 0.7  | 11.3 | 20 | 5.83 |
| -03 | C | M | 03-04-2000 | Watts      | -110.0 | 32.2     | 2441 | V   | V               | V | V | V | 2451637.565 | 23.1  | 55              | 11.2 | 1.6  | 11.3 | 18 | 5.85 |
| 151 | A | E | 09-01-1978 | Fleming    | 035.2  | 31.8     | 200  | V   | V               | V | V | V | 2443518.459 | 18.6  | 60              | 11.1 | 0.7  | 11.2 | 19 | 5.91 |
| 152 | A | E | 09-01-1978 | Watts      | -081.1 | 34.0     | 152  | V   | V               | V | V | V | 2443518.459 | 18.6  | 60              | 11.1 | 0.7  | 11.2 | 19 | 5.91 |
| 336 | A | E | 25-04-1998 | Mirsaed    | 051.3  | 35.6     | 1100 | V   | V               | V | V | V | 2450928.561 | 35.8  | 37              | 7.3  | 18.7 | 20.1 | 61 | 5.91 |
| 201 | A | E | 31-05-1984 | Mcpartian  | 035.6  | 15.6     | 335  | I   | V               | V | V | V | 2445882.188 | 22.2  | 52              | 11.2 | 1.0  | 11.3 | 18 | 5.92 |
| 438 | A | E | 08-04-1997 | Duncombe   | -057.7 | 35.2     | 288  | V   | V               | V | V | V | 2452759.567 | 22.7  | 52              | 11.3 | 0.2  | 11.3 | 18 | 5.96 |
| 153 | A | E | 09-01-1978 | Guzman     | -081.3 | 29.9     | 0    | V   | V               | V | V | V | 2443518.464 | 18.7  | 57              | 11.2 | 0.2  | 11.3 | 19 | 6.01 |
| 154 | A | E | 09-01-1978 | Morris     | -081.3 | 29.9     | 0    | V   | V               | V | V | V | 2443518.464 | 18.7  | 57              | 11.2 | 0.2  | 11.3 | 19 | 6.01 |
| 445 | I | E | 24-02-2001 | Yucel      | 007.2  | 51.7     | 41   | V   | V               | V | V | V | 2451965.232 | 33.6  | 68              | 10.0 | 11.7 | 15.4 | 32 | 6.04 |
| 550 | I | E | 07-09-2002 | Johnson    | -061.5 | 10.7     | 0    | V   | V               | V | V | V | 2452525.439 | 19.2  | 47              | 11.2 | 2.4  | 11.4 | 20 | 6.06 |
| 155 | A | E | 09-01-1978 | McGraw     | -093.6 | 41.6     | 244  | V   | V               | V | V | V | 2443518.483 | 19.0  | 68              | 11.2 | 2.6  | 11.5 | 20 | 6.07 |
| Q55 | A | E | 04-06-1875 | Denning    | -002.6 | 51.5     | 0    | V   | V               | V | V | V | 2406044.377 | 22.2  | 96              | 10.5 | 8.4  | 13.4 | 27 | 6.07 |
| 156 | A | E | 09-01-1978 | Faber      | -084.3 | 33.9     | 335  | V   | V               | V | V | V | 2443518.469 | 18.8  | 60              | 11.3 | 0.7  | 11.3 | 19 | 6.08 |
| 139 | A | E | 21-12-1976 | Olsen      | -091.6 | 42.0     | 074  | V   | V               | V | V | V | 2443134.467 | 20.2  | 69              | 11.1 | 4.7  | 12.0 | 22 | 6.10 |
| 630 | I | E | 08-01-1981 | Bricker    | 002.7  | 52.7     | 0    | V   | V               | V | V | V | 2452800.270 | 28.2  | 55              | 10.5 | 8.8  | 13.3 | 23 | 6.11 |
| 370 | I | E | 28-08-2003 | Zainal     | 102.9  | 05.3     | 550  | I   | V               | V | V | V | 2451461.971 | 22.3  | 47              | 11.4 | 0.8  | 11.5 | 18 | 6.12 |
| 269 | A | E | 04-06-1989 | Arnold     | -001.0 | 50.8     | 0    | V   | V               | V | V | V | 2447682.370 | 24.0  | 93              | 10.5 | 8.8  | 13.7 | 28 | 6.13 |
| 144 | A | E | 11-12-1977 | Keszthelyi | 020.0  | 47.8     | 183  | V   | V               | V | V | V | 2443489.142 | 20.9  | 76              | 10.7 | 7.6  | 13.1 | 26 | 6.15 |
| 195 | A | E | 03-03-1984 | Stamm      | -084.1 | 37.2     | 305  | I   | V               | V | V | V | 2445763.501 | 28.3  | 56              | 10.9 | 7.9  | 13.5 | 24 | 6.16 |
| 677 | F | M | 15-08-2004 | Mehrani    | 051.7  | 32.7     | 1500 | V   | V               | V | V | V | 2453232.558 | -22.5 | 61              | 11.5 | 1.4  | 11.5 | 18 | 6.17 |

(Continued on next page)

TABLE VI  
(Continued)

| No. | R | E | Date       | Observer         | Long   | Lat   | E <sub>le</sub> | N | B  | I  | JD          | Age   | U <sub>34</sub> | ARCV | DAZ  | ARCL | #  | V    |
|-----|---|---|------------|------------------|--------|-------|-----------------|---|----|----|-------------|-------|-----------------|------|------|------|----|------|
| 1   | 2 | 3 | 4          | 5                | 6      | 7     | 8               | 9 | 10 | 11 | 12          | 13    | 14              | 15   | 16   | 17   | 18 | 19   |
| 130 | A | E | 04-06-1970 | Hoffler          | -097.0 | 28.0  | 30              | V |    |    | 2440742.576 | 22.2  | 61              | 11.5 | 1.0  | 11.5 | 18 | 6.18 |
| 131 | A | E | 08-02-1971 |                  | -108.9 | 34.2  | 30.12           | V | V  |    | 242729.582  | 23.9  | 28              | 11.5 | 0.1  | 11.5 | 18 | 6.18 |
| 132 | A | E | 01-01-1972 | Fleming          | -108.9 | 34.2  | 30              | V | V  |    | 242729.582  | 23.9  | 28              | 11.5 | 0.1  | 11.5 | 18 | 6.18 |
| 634 | I | E | 24-12-2003 | Qureshi          | 075.12 | 53.3  | 500             | V | V  |    | 245298.024  | 25.6  | 50              | 9.8  | 12.2 | 15.2 | 37 | 6.25 |
| 587 | I | E | 02-04-2003 | Singer           | -117.6 | 47.6  | 604             | V | V  |    | 2452732.622 | 31.1  | 67              | 10.8 | 8.9  | 13.9 | 26 | 6.25 |
| 329 | C | E | 30-12-1997 |                  | 034.6  | 31.3  | 175             | V |    |    | 2450813.137 | 21.1  | 60              | 11.4 | 1.9  | 11.6 | 20 | 6.25 |
| 330 | C | E | 30-12-1997 |                  | 035.2  | 31.3  | 600             | V |    |    | 2450813.137 | 21.1  | 60              | 11.4 | 1.9  | 11.6 | 20 | 6.25 |
| 241 | A | E | 28-04-1987 |                  | -104.0 | 30.6  | 2408            | V | V  |    | 2446914.588 | 22.9  | 59              | 11.5 | 0.1  | 11.5 | 19 | 6.26 |
| 242 | A | E | 28-04-1987 |                  | -104.0 | 30.6  | 2408            | V | V  |    | 2446914.588 | 22.9  | 59              | 11.5 | 0.1  | 11.5 | 19 | 6.26 |
| 187 | C | E | 05-12-1983 | McPartian        | 035.6  | 15.6  | 335             | I |    |    | 2445674.147 | 25.5  | 52              | 11.2 | 5.8  | 12.6 | 22 | 6.29 |
| 339 | C | E | 21-10-1998 |                  | 034.7  | 31.8  | 60              | V |    |    | 2451108.145 | 29.6  | 54              | 11.1 | 7.5  | 13.3 | 24 | 6.31 |
| 416 | A | E | 28-07-1862 | Schmidt          | 023.7  | 38.0  | 122             | I | V  |    | 2401350.248 | 44.8  | 39              | 7.2  | 20.8 | 22.0 | 67 | 6.32 |
| 498 | A | E | 26-05-2071 | Kaufmann         | 028.7  | 48.0  | 125             | V |    |    | 245209.172  | 22.1  | 52              | 10.9 | 15.4 | 17.8 | 79 | 6.39 |
| 373 | C | E | 12-08-1999 | Schmidt          | 034.7  | 31.8  | 60              | V |    |    | 2451403.293 | 29.7  | 51              | 10.2 | 8.4  | 13.8 | 34 | 6.39 |
| 670 | I | E | 18-06-2004 | Singer           | -117.6 | 47.6  | 650             | V | V  |    | 2451175.692 | 31.8  | 85              | 10.7 | 11.5 | 15.3 | 34 | 6.39 |
| 378 | I | E | 10-10-1999 | Odeh             | 035.9  | 32.0  | 850             | V | V  | V  | 2451462.152 | 27.5  | 53              | 11.0 | 10.0 | 13.6 | 25 | 6.40 |
| 158 | A | E | 09-01-1978 | Rosamond         | -090.2 | 30.0  | 0               | V | V  |    | 2443518.489 | 19.1  | 59              | 11.5 | 0.0  | 11.5 | 20 | 6.44 |
| 159 | A | E | 09-01-1978 | Schiffer         | -090.2 | 30.0  | 0               | V | V  |    | 2443518.489 | 19.1  | 59              | 11.5 | 0.0  | 11.5 | 20 | 6.44 |
| 160 | A | E | 09-01-1978 | Meibaum          | -090.2 | 30.0  | 0               | V | V  |    | 2443518.489 | 19.1  | 59              | 11.5 | 0.0  | 11.5 | 20 | 6.44 |
| 119 | A | E | 13-06-1934 | Tshernov         | 033.9  | 55.6  | 213             | V |    |    | 2427602.303 | 41.9  | 98              | 9.1  | 16.3 | 18.6 | 47 | 6.45 |
| 243 | A | E | 28-04-1987 | Chamberlain      | 0111.9 | 49.7  | 1311            | V |    |    | 2446914.584 | 23.8  | 60              | 11.7 | 7.6  | 12.0 | 20 | 6.56 |
| 539 | I | E | 11-06-2002 | Carzani          | -111.5 | 32.4  | 840             | V | V  |    | 243247.628  | 25.6  | 63              | 11.2 | 7.8  | 13.6 | 32 | 6.56 |
| 080 | A | E | 29-05-1900 | Johnson          | -111.0 | 32.4  | 840             | V | V  |    | 243247.628  | 25.6  | 63              | 11.2 | 7.8  | 13.6 | 32 | 6.56 |
| 140 | A | E | 21-12-1976 | Jones            | -080.7 | 38.7  | 305             | V |    |    | 2441169.327 | 27.6  | 64              | 10.7 | 10.1 | 14.7 | 31 | 6.59 |
| 575 | I | E | 03-01-2003 | Khakoo           | -118.0 | 33.9  | 19              | I | V  |    | 2441134.456 | 19.9  | 61              | 11.7 | 1.7  | 11.8 | 21 | 6.65 |
| 356 | C | M | 14-05-1999 |                  | 034.7  | 31.8  | 60              | V |    |    | 2452643.558 | 28.5  | 60              | 10.6 | 10.9 | 15.1 | 33 | 6.65 |
| 580 | F | E | 02-02-2003 | Mehrani          | 051.7  | 32.6  | 1500            | V | V  |    | 2451312.602 | -35.0 | 40              | 8.0  | 18.5 | 20.2 | 62 | 6.66 |
| 732 | I | E | 11-01-2005 | Sehbafraktarevic | 018.4  | 43.9  | 950             | V | V  |    | 2452673.110 | 26.3  | 57              | 11.1 | 8.5  | 14.0 | 27 | 6.68 |
| 307 | C | E | 25-09-1995 |                  | 018.4  | 43.9  | 950             | V | V  |    | 2453382.170 | 27.2  | 65              | 9.7  | 13.8 | 16.8 | 43 | 6.71 |
| 388 | I | E | 06-02-2000 | Essa             | 039.7  | 37.0  | 405             | V |    |    | 2449886.218 | 22.7  | 58              | 11.8 | 1.4  | 11.9 | 21 | 6.71 |
| 395 | I | E | 07-01-2003 | Stamm            | -061.5 | 70.0  | 905             | I |    |    | 245261.170  | 35.2  | 20              | 10.8 | 12.0 | 12.2 | 37 | 6.73 |
| 395 | I | E | 07-01-2003 | Hadze-Copitah    | -061.5 | 70.0  | 905             | I |    |    | 245261.170  | 35.2  | 20              | 10.8 | 12.0 | 12.2 | 37 | 6.73 |
| 335 | I | M | 24-12-2003 | Ajnasi           | 037.1  | 31.7  | 1100            | V | V  | V  | 245251.433  | 26.5  | 59              | 11.9 | 0.1  | 11.9 | 19 | 6.74 |
| 357 | I | M | 14-05-1999 | Odeh             | 037.1  | 31.7  | 555             | V | V  | V  | 245298.083  | -35.2 | 40              | 8.0  | 18.6 | 20.3 | 62 | 6.77 |
| 479 | I | E | 19-08-2001 | Khakoo           | -118.0 | 33.9  | 19              | V | V  | V  | 2452141.624 | 23.2  | 55              | 10.8 | 9.3  | 14.3 | 31 | 6.78 |
| 576 | I | E | 03-01-2003 | Stamm            | -111.0 | 32.4  | 843             | V | V  |    | 2452643.544 | 27.9  | 59              | 10.8 | 10.3 | 14.9 | 32 | 6.81 |
| 100 | A | E | 04-08-1921 | Mackenzie        | 018.5  | -33.9 | 30              | I |    |    | 2422906.192 | 19.5  | 61              | 11.8 | 0.4  | 11.8 | 21 | 6.82 |
| 278 | A | E | 25-04-1990 | Bortle           | -073.7 | 41.6  | 30              | I | V  |    | 2448007.513 | 19.4  | 72              | 11.8 | 0.7  | 11.8 | 21 | 6.82 |

(Continued on next page)

TABLE VI  
(Continued)

| No. | R | E | Date       | Observer    | Long   | Lat  | Ele  | N | B  | I  | JD          | Age  | Lag | ARCV | DAZ  | ARCL | W  | V    |
|-----|---|---|------------|-------------|--------|------|------|---|----|----|-------------|------|-----|------|------|------|----|------|
| 1   | 2 | 3 | 4          | 5           | 6      | 7    | 8    | 9 | 10 | 11 | 12          | 13   | 14  | 15   | 16   | 17   | 18 | 19   |
| 671 | I | E | 18-06-2004 | Torabinejad | -081.8 | 36.8 | 630  | I | V  |    | 2453175.559 | 27.5 | 71  | 11.7 | 6.0  | 13.1 | 23 | 6.82 |
| 570 | F | E | 05-12-2001 | Mehrani     | 051.4  | 35.7 | 1500 | V | V  |    | 2452614.079 | 31.1 | 59  | 10.1 | 12.9 | 16.4 | 40 | 6.85 |
| 493 | I | E | 17-10-2001 | Dukku       | 009.8  | 10.3 | 600  | V | V  |    | 2452200.228 | 21.1 | 50  | 11.8 | 2.9  | 12.2 | 22 | 6.86 |
| 151 | A | E | 09-01-1978 | Ikels       | -098.1 | 29.7 | 152  | V |    |    | 2443518.514 | 19.6 | 60  | 11.9 | 0.0  | 11.9 | 21 | 6.86 |
| 205 | A | E | 27-08-1984 | Mcpartian   | 035.6  | 15.6 | 335  | I |    |    | 2445940.180 | 20.4 | 50  | 11.7 | 3.9  | 12.3 | 23 | 6.86 |
| 449 | I | E | 21-01-2001 | Hafiz       | -074.0 | 40.8 | 4145 | V |    |    | 2452937.441 | 24.9 | 56  | 11.1 | 9.5  | 14.7 | 29 | 6.87 |
| 448 | A | E | 13-01-2001 | Mehrani     | 053.0  | 32.6 | 1150 | V |    |    | 2452408.165 | 27.7 | 61  | 11.6 | 5.5  | 13.0 | 24 | 6.88 |
| 530 | I | E | 13-05-2002 | Mehrani     | 051.7  | 32.6 | 1500 | V | V  |    | 2452408.165 | 27.7 | 61  | 11.6 | 5.5  | 13.0 | 24 | 6.88 |
| 056 | A | E | 01-07-1878 | Schmidt     | 023.7  | 38.0 | 1222 | V | V  |    | 2407167.265 | 28.9 | 63  | 10.6 | 11.2 | 15.4 | 35 | 6.89 |
| 675 | I | E | 18-07-2004 | Mehrani     | 051.7  | 32.7 | 1500 | V | V  |    | 2453205.177 | 27.6 | 63  | 11.6 | 7.0  | 13.5 | 25 | 6.91 |
| 459 | I | E | 24-04-2001 | Kacem       | 003.7  | 32.5 | 550  | V | V  | V  | 2452024.286 | 25.6 | 58  | 11.4 | 7.6  | 13.7 | 27 | 6.94 |
| 441 | I | E | 25-01-2001 | Shaikh      | -074.2 | 40.4 | 29   | V |    |    | 2451935.443 | 34.6 | 66  | 11.2 | 9.4  | 14.7 | 29 | 6.98 |
| 379 | I | E | 10-10-1999 | Saab        | 046.5  | 24.5 | 620  | I | V  |    | 2451462.125 | 26.4 | 53  | 11.7 | 6.0  | 13.2 | 24 | 6.98 |
| 562 | I | E | 05-11-2002 | Hafiz       | -080.3 | 26.0 | 1    | V |    |    | 2452584.459 | 25.3 | 53  | 10.9 | 9.8  | 14.7 | 33 | 7.00 |
| 112 | A | E | 25-05-1933 | Tshernov    | 033.9  | 55.6 | 213  | V |    |    | 2427218.295 | 32.5 | 123 | 11.1 | 10.1 | 15.0 | 30 | 7.01 |
| 324 | A | E | 08-11-1981 | Katania     | -122.0 | 37.0 | 8494 | V | V  | V  | 2446914.671 | 28.2 | 68  | 12.5 | 12.0 | 12.9 | 36 | 7.04 |
| 526 | I | E | 13-04-2002 | Hafiz       | -080.3 | 26.0 | 1    | V |    |    | 2452378.506 | 27.2 | 55  | 11.9 | 4.8  | 12.9 | 21 | 7.05 |
| 617 | I | E | 27-09-2003 | Kaufmann    | 008.7  | 49.6 | 175  | V | V  |    | 2452910.235 | 29.7 | 49  | 7.7  | 20.3 | 21.7 | 70 | 7.08 |
| 022 | A | E | 04-08-1864 | Schmidt     | 023.7  | 38.0 | 122  | I | V  |    | 2402088.244 | 50.1 | 40  | 7.4  | 22.3 | 23.5 | 74 | 7.10 |
| 531 | I | E | 13-05-2002 | Katbeh      | 044.4  | 33.3 | 40   | V | V  |    | 2452408.182 | 28.3 | 63  | 11.7 | 6.6  | 13.5 | 25 | 7.12 |
| 532 | I | E | 13-05-2002 | Mohammadi   | 052.5  | 29.6 | 1500 | V | V  |    | 2452408.182 | 28.3 | 63  | 11.7 | 5.7  | 13.2 | 24 | 7.12 |
| 032 | A | E | 01-04-1919 | Whitnell    | -001.6 | 53.9 | 183  | V |    |    | 2422050.307 | 21.2 | 87  | 11.9 | 4.2  | 12.6 | 24 | 7.14 |
| 344 | I | E | 18-01-1999 | Isiaq       | 003.4  | 06.5 | 35   | I |    |    | 2451197.260 | 24.6 | 52  | 12.1 | 2.6  | 12.4 | 22 | 7.14 |
| 037 | A | E | 25-08-1911 | Bougon      | 002.3  | 49.9 | 15   | V |    |    | 2419274.303 | 40.3 | 53  | 8.3  | 19.4 | 21.1 | 64 | 7.18 |
| 129 | A | E | 06-04-1970 | Penegor     | 122.0  | 48.0 | 132  | V |    |    | 2440683.641 | 21.9 | 58  | 12.1 | 4.4  | 12.3 | 22 | 7.18 |
| 446 | I | E | 14-02-2004 | Norathim    | 018.4  | 36.9 | 1100 | V |    |    | 2437651.135 | 30.1 | 69  | 11.7 | 7.9  | 14.1 | 27 | 7.21 |
| 708 | I | E | 15-10-2004 | Norathim    | 059.8  | 32.0 | 1100 | V |    |    | 2437651.135 | 30.1 | 69  | 11.7 | 7.9  | 14.1 | 27 | 7.21 |
| 325 | C | E | 03-09-1997 | Pazhouhesh  | 034.7  | 31.8 | 1468 | V | V  | V  | 2453294.082 | 36.9 | 48  | 9.6  | 15.9 | 18.5 | 51 | 7.26 |
| 124 | A | E | 05-03-1954 | Quigley     | -088.0 | 44.5 | 244  | V |    |    | 2434807.513 | 20.2 | 71  | 12.2 | 0.2  | 12.2 | 23 | 7.29 |
| 564 | I | E | 05-11-2002 | Fituri      | -117.0 | 32.0 | 100  | V |    |    | 2452584.556 | 28.8 | 55  | 10.6 | 12.1 | 16.1 | 39 | 7.29 |
| 717 | I | E | 13-11-2004 | Garba       | 010.7  | 13.7 | 580  | V |    |    | 2453323.248 | 25.3 | 51  | 11.2 | 9.6  | 14.8 | 33 | 7.30 |
| 533 | I | E | 13-05-2002 | Khushatsh   | 048.0  | 29.4 | 30   | V | V  |    | 2452408.167 | 27.8 | 61  | 12.0 | 5.6  | 13.2 | 24 | 7.32 |
| 354 | I | E | 18-03-1999 | Touma       | -006.8 | 34.0 | 50   | V |    |    | 2451256.294 | 22.7 | 58  | 11.8 | 6.5  | 13.4 | 27 | 7.32 |
| 131 | A | E | 15-04-1971 | Pence       | -088.7 | 39.5 | 183  | V | V  |    | 2441057.526 | 22.4 | 71  | 11.7 | 6.5  | 13.4 | 27 | 7.33 |
| 641 | I | E | 22-01-2004 | Torabinejad | -123.1 | 41.8 | 1400 | V | V  |    | 2453027.578 | 28.0 | 66  | 10.7 | 12.2 | 16.2 | 39 | 7.33 |

(Continued on next page)

TABLE VI  
(Continued)

| R | E | Date       | Observer       | Long   | Lat   | Ele  | N | B | T  | JD           | Age   | Lag | ARCV | DAZ  | ARCL | W  | V    |
|---|---|------------|----------------|--------|-------|------|---|---|----|--------------|-------|-----|------|------|------|----|------|
| I | M | 3          | 4              | 5      | 6     | 7    | 8 | 9 | 10 | 11           | 12    | 13  | 14   | 15   | 16   | 17 | 18   |
| F | I | 10-10-1989 | Touma          | -006.8 | 34.0  | 50   | V |   |    | 2451462.269  | 32.0  | 57  | 11.5 | 9.4  | 14.8 | 30 | 7.35 |
| I | M | 12-03-2004 | Wehrani        | 031.7  | 32.7  | 1500 | I |   |    | 2453291.585  | -23.1 | 60  | 12.3 | 0.0  | 12.3 | 21 | 7.36 |
| F | I | 12-03-1861 | Nehran         | 023.7  | 38.0  | 122  | V | I |    | 2400087.208  | 25.5  | 64  | 12.4 | 0.6  | 12.5 | 22 | 7.37 |
| I | M | 12-03-1899 | Schopt         | 013.3  | 52.5  | 61   | V |   |    | 2447276.239  | 20.8  | 83  | 12.3 | 1.6  | 12.4 | 23 | 7.38 |
| F | I | 02-04-1984 | McPharlan      | 035.6  | 15.6  | 335  | I |   |    | 2445793.178  | 26.4  | 53  | 12.4 | 1.9  | 12.5 | 21 | 7.40 |
| I | E | 21-03-2004 | Khakoo         | -118.0 | 33.9  | 19   | V |   |    | 2452086.606  | 26.1  | 60  | 12.2 | 8.6  | 13.5 | 24 | 7.41 |
| I | E | 14-05-1934 | Tshervov       | 033.9  | 55.6  | 213  | V |   |    | 2425752.280  | 29.0  | 119 | 11.7 | 8.9  | 14.5 | 29 | 7.45 |
| I | E | 13-05-2002 | Yayoi          | 030.2  | 46.2  | 300  | V |   |    | 2452038.368  | 33.7  | 70  | 12.5 | 12.1 | 14.4 | 34 | 7.48 |
| I | E | 24-02-2001 | Naif           | 030.2  | 46.2  | 630  | V |   |    | 2452038.368  | 33.7  | 70  | 12.5 | 12.1 | 14.4 | 34 | 7.48 |
| I | E | 24-02-2001 | Yakhtarevic    | 102.9  | 08.3  | 20   | V |   |    | 2451964.980  | 25.5  | 52  | 12.5 | 13.7 | 12.1 | 21 | 7.47 |
| I | E | 22-06-2001 | Rahkooi        | 046.0  | 38.2  | 1400 | V |   |    | 2452083.209  | 27.8  | 67  | 11.0 | 14.1 | 15.8 | 37 | 7.48 |
| I | E | 24-02-2001 | Salie          | 018.4  | -33.9 | 200  | V |   |    | 2451965.248  | 35.3  | 57  | 11.4 | 10.4 | 15.5 | 33 | 7.51 |
| I | E | 13-05-2002 | Al-AbduImohsen | 049.7  | 25.3  | 130  | V |   |    | 2452408.156  | 27.5  | 60  | 12.3 | 4.5  | 13.1 | 24 | 7.54 |
| F | M | 19-03-2004 | Wehrani        | 051.7  | 32.7  | 1500 | V |   |    | 2453083.593  | -44.2 | 39  | 7.8  | 21.5 | 22.8 | 74 | 7.54 |
| M | I | 09-07-1983 | Wehrani        | -087.1 | 37.2  | 305  | V |   |    | 2445524.910  | 25.0  | 69  | 11.6 | 9.0  | 14.6 | 32 | 7.59 |
| I | M | 14-02-2003 | Wehrani        | 051.6  | 32.9  | 1300 | V |   |    | 2452098.088  | 26.7  | 61  | 10.8 | 12.4 | 16.7 | 36 | 7.62 |
| I | M | 13-03-2004 | Stamm          | -111.0 | 32.4  | 842  | V |   |    | 2452562.024  | 24.1  | 62  | 12.5 | 1.6  | 12.7 | 26 | 7.63 |
| I | E | 15-10-2004 | Janghorban     | 051.7  | 32.6  | 1500 | V |   |    | 2453294.103  | 37.4  | 49  | 9.8  | 16.1 | 18.8 | 52 | 7.63 |
| I | E | 15-10-2001 | Wehrani        | 051.6  | 32.6  | 1500 | V |   |    | 2453294.103  | 37.4  | 49  | 9.8  | 16.1 | 18.8 | 52 | 7.63 |
| F | E | 24-02-2001 | Wehrani        | 051.7  | 32.6  | 1500 | V |   |    | 2451965.125  | 30.1  | 60  | 12.1 | 17.1 | 18.8 | 52 | 7.66 |
| I | E | 05-12-2002 | Janghorban     | 051.7  | 32.6  | 1500 | V |   |    | 2452614.084  | 31.2  | 60  | 10.9 | 12.2 | 16.4 | 40 | 7.67 |
| I | E | 22-06-2001 | Hassanzadeh    | 051.3  | 35.7  | 1100 | V |   |    | 2452083.188  | 27.2  | 60  | 11.3 | 10.6 | 15.5 | 36 | 7.71 |
| I | E | 04-06-1999 | Ishaq          | 003.4  | 06.5  | 3500 | V |   |    | 2443244.268  | 22.9  | 54  | 12.2 | 4.8  | 13.1 | 26 | 7.71 |
| I | E | 01-01-1959 | Wehrani        | 051.7  | 32.6  | 122  | V |   |    | 2400237.216  | 26.4  | 67  | 11.2 | 11.0 | 15.7 | 37 | 7.71 |
| A | E | 01-01-1859 | Wehrani        | 051.7  | 32.6  | 122  | V |   |    | 2400237.216  | 26.4  | 67  | 11.2 | 11.0 | 15.7 | 37 | 7.71 |
| A | E | 01-01-1862 | Schmidt        | 022.9  | 37.9  | 325  | V |   |    | 2401147.502  | 24.6  | 71  | 12.1 | 6.4  | 13.7 | 28 | 7.76 |
| A | E | 05-03-1973 | Hanford        | -085.0 | 40.0  | 105  | V |   |    | 241747.167   | 22.5  | 68  | 12.6 | 1.0  | 12.6 | 23 | 7.77 |
| A | E | 13-04-2002 | Stamm          | -111.0 | 32.4  | 843  | V |   |    | 2452378.600  | 30.6  | 61  | 12.3 | 6.5  | 13.9 | 26 | 7.78 |
| I | E | 02-04-2003 | Khakoo         | -118.2 | 33.8  | 0    | V |   |    | 2452732.612  | 31.2  | 62  | 12.5 | 5.7  | 13.7 | 25 | 7.87 |
| E | E | 23-02-1993 | Patterson      | 018.2  | -34.0 | 60   | V |   |    | 2449042.242  | 22.0  | 39  | 7.9  | 22.7 | 24.0 | 77 | 7.88 |
| C | E | 21-12-1976 | Patterson      | -122.5 | 37.6  | 0    | V |   |    | 2443134.561  | 22.0  | 72  | 12.5 | 4.4  | 13.2 | 26 | 7.91 |
| A | E | 24-09-1965 | Weiss          | 005.3  | 51.1  | 30   | V |   |    | 2439027.701  | 21.3  | 84  | 12.6 | 1.6  | 12.7 | 24 | 7.94 |
| I | M | 13-01-2003 | Al-Khoo        | 018.3  | 06.3  | 1    | V |   |    | 2452539.524  | 25.2  | 60  | 11.9 | 8.6  | 13.8 | 33 | 7.99 |
| I | E | 13-01-2003 | Al-Khoo        | 018.3  | 06.3  | 1    | V |   |    | 2452539.524  | 25.2  | 60  | 11.9 | 8.6  | 13.8 | 33 | 7.99 |
| A | E | 24-02-2001 | Nohammadi      | 032.5  | 29.6  | 1500 | V |   |    | 2451965.124  | 30.1  | 59  | 12.5 | 6.4  | 14.0 | 27 | 8.00 |
| I | E | 11-01-2005 | Wehrani        | 051.6  | 32.6  | 1500 | V |   |    | 2453382.099  | 24.8  | 63  | 11.5 | 10.7 | 15.7 | 38 | 8.02 |
| F | E | 28-10-2000 | Wehrani        | 051.7  | 32.6  | 1500 | V |   |    | 2451846.097  | -21.9 | 65  | 12.0 | 9.8  | 15.1 | 32 | 8.03 |
| A | M | 19-01-1996 | Stamm          | -111.0 | 32.4  | 853  | V |   |    | 24505102.077 | 31.3  | 65  | 12.4 | 13.2 | 13.6 | 28 | 8.04 |

---

(Continued on next page)

TABLE VI  
(Continued)

| No. | R | E | Date       | Observer  | Long   | Lat   | El <sup>e</sup> | N | B | T | JD          | Age <sup>13</sup> | Lag <sup>14</sup> | ARCV <sup>15</sup> | DAZ <sup>16</sup> | ARCL <sup>17</sup> | W <sup>18</sup> | V <sup>19</sup> |
|-----|---|---|------------|-----------|--------|-------|-----------------|---|---|---|-------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-----------------|-----------------|
| 130 | A | E | 13-07-1980 | Schaefer  | -070.7 | 41.4  | 0               | 9 |   |   | 2444434.529 | 42.6              | 59                | 9.7                | 18.0              | 20.4               | 58              | 8.07            |
| 117 | A | E | 14-05-1934 | Andreko   | 036.2  | 50.0  | 122             | 9 |   |   | 242752.250  | 28.1              | 100               | 12.5               | 6.6               | 14.1               | 27              | 8.09            |
| 230 | A | M | 23-05-1990 | Brieda    | -110.5 | 31.6  | 1372            | 9 |   |   | 2448034.990 | 23.1              | 65                | 12.2               | 7.6               | 14.3               | 31              | 8.11            |
| 548 | I | E | 09-08-2002 | Dukku     | 009.8  | 10.3  | 600             | 9 |   |   | 2432496.237 | 21.9              | 35                | 12.7               | 7.4               | 13.0               | 25              | 8.12            |
| 111 | I | E | 13-10-1964 | Amirzadeh | 093.1  | 50.2  | 1400            | 9 | V |   | 2432381.990 | 21.1              | 31                | 12.3               | 7.5               | 14.6               | 31              | 8.13            |
| 126 | A | E | 03-04-1962 | Thackeray | -028.2 | -25.8 | 1372            | 9 | V |   | 2437760.346 | 23.4              | 36                | 12.3               | 7.3               | 14.3               | 31              | 8.18            |



## 7. Observasi hilal termuda

### 7.1. Umur topokentrik

Dari Tabel VI, hilal termuda yang terlihat dengan bantuan optik adalah deteksi Stamm #310 pada umur topokentrik 13 jam 14 menit. Di urutan yang sangat dekat adalah observasi Mirsaeed #549 dengan 13 jam 18 menit. Dengan mata telanjang, hilal termuda yang terdeteksi adalah pada 15 jam 33 menit dari Pierce #274.

#### Observasi Stamm:

Bulan baru geosentrik: 20 Januari 1996, pukul 12:50 UT.

Bulan baru topokentrik: 20 Januari 1996, pukul 11:43 UT.

Visibilitas pertama: 21 Januari 1996, pukul 00:57 UT.

Umur geosentrik: 12:07.

Umur topokentrik: 13:14.

#### Observasi Mirsaeed:

Bulan baru geosentrik: 07 September 2002, pukul 03:10 UT.

Bulan baru topokentrik: 07 September 2002, pukul 01:29 UT.

Visibilitas pertama: 07 September 2002, pukul 14:47 UT.

Umur geosentrik: 11:37.

Umur topokentrik: 13:18.

#### Observasi Pierce:

Bulan baru geosentrik: 25 Februari 1990, pukul 08:54 UT.

Bulan baru topokentrik: 25 Februari 1990, pukul 08:22 UT.

Visibilitas pertama: 25 Februari 1990, pukul 23:55 UT.

Umur geosentrik: 15:01.

Umur topokentrik: 15:33.

### 7.2. Selang terbenam

Selang terbenam hilal minimum masing-masing adalah 21 menit dengan bantuan optik (Stamm #737) dan 29 menit dengan mata telanjang (Ashdod #286).

### 7.3. ARCL topokentrik (elongasi)

Elongasi minimum hilal yang terlihat dengan bantuan optik adalah 6,4 derajat (Stamm #697, pada waktu visibilitas terakhir pukul 13:09 UT); untuk observasi dengan mata telanjang nilainya adalah 7,7 derajat (Pierce #274, pada waktu visibilitas pertama pukul 23:55 UT).

## 8. Batas Danjon

Danjon (1936) menemukan bahwa tidak ada hilal yang dapat terlihat ketika Bulan berjarak kurang dari 7 derajat dari Matahari, karena panjang busur hilal pada saat itu adalah nol. Ia mengaitkan efek ini dengan bayangan pegunungan Bulan. McNally (1983) menemukan batas Danjon sebesar 5 derajat dan menjelaskannya dengan efek turbulensi atmosfer (seeing). Schaefer (1991) menemukan batas Danjon sebesar 7 derajat dan menunjukkan bahwa pada konfigurasi tersebut kecerlangan Bulan per satuan panjang sebenarnya berada di bawah ambang deteksi mata. Dari basis data besar kami, kami menemukan batas Danjon sebesar 6,4 derajat dari observasi #697.

## 9. Kesimpulan

Berdasarkan basis data besar yang menggabungkan pengamatan historis ditambah observasi kami sendiri dalam kerangka proyek ICOP, kami telah menurunkan suatu kriteria yang akurat untuk prediksi visibilitas hilal, baik dengan mata telanjang maupun dengan bantuan optik.

Lebar sabit merupakan parameter yang baik untuk menggambarkan kecerlangan intrinsik hilal, berbeda dengan umur Bulan, sebagaimana busur penglihatan berguna untuk memasukkan efek ekstingsi atmosfer dan karenanya memperkirakan kecerlangan tampak hilal.

Islamic Crescent Observation Project (ICOP) telah menjadi kontributor penting dalam pengamatan hilal, dengan lebih banyak pengamatan yang dilakukan dalam 6 tahun daripada gabungan seluruh observasi dari tahun 1859 sampai 2000! Selain itu, keberadaan beberapa pengamat di berbagai lokasi, khususnya yang berada pada lintang dan ketinggian tinggi, benar-benar memberikan informasi tambahan yang sangat berharga tentang visibilitas hilal.

Batas Danjon terbaik dengan bantuan optik adalah 6,4 derajat.

## Ucapan terima kasih

Saya ingin mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada anggota ICOP yang berpartisipasi secara serius dalam proyek ini dan membuat basis data besar ini tersedia untuk penetapan kriteria prediksi visibilitas hilal yang akurat.

## Daftar Pustaka

Caldwell, J., Laney, C.: First visibility of the Lunar crescent. SAAO, African Skies 5 (2001)

Danjon, A.: L'Astronomie 50, 2 (1936)

Doggett, L., Schaefer, B.: ICARUS 107, 388 (1994)

Ilyas, M.: QJRS 35, 425 (1994)

McNally, D.: QJRS 24, 417 (1983)

Schaefer, B.: QJRS 29, 511 (1988)

Schaefer, B.: QJRS 32, 265 (1991)

Schaefer, B.: QJRS 37, 759 (1996)

Yallop, B.: A method for predicting the first sighting of the new Crescent Moon, RGO NAO Technical Note No. 69 (1997)

**Tabel Koreksi**

| Nomor                | Lokasi                                                       | Kesalahan    | Koreksi      |
|----------------------|--------------------------------------------------------------|--------------|--------------|
| Kesalahan nomor satu | Halaman 45, Tabel VI, Grup (C), nomor observasi 737, kolom 4 | 02-11-2006   | 02-11-2005   |
| Kesalahan nomor dua  | Halaman 62, Bagian 7.3, baris pertama                        | (Stamm #797) | (Stamm #697) |

**PENULIS****KASMUI**

- Dosen Kimia, Komputasi, IT, dan AI UNNES, serta Praktisi Ilmu Falak;
- Anggota Majelis Tabligh PDM Kota Semarang dan PWM Jawa Tengah;
- Anggota Tim Pengembang Software KHGT MTT PP Muhammadiyah;
- Website pribadi: <https://hisabmu.com/>, <https://kasmui.cloud/>;
- Minat & Hobi: Computer programming.





وَالشَّمْسُ وَالْقَمَرُ  
بِحُسْبَانٍ

(QS. AR-RAHMĀN: 5)

# Rekam Jejak Observasi (Batas Limit Danjon Modern)

## SINOPSIS

- ✦ Buku ini mengkaji rekam jejak observasi hilal dan perkembangan pemahaman modern tentang Batas Limit Danjon dalam penentuan awal bulan Hijriah. Dengan memadukan data observasional, teori visibilitas hilal, analisis astronomi, dan pendekatan kalender global, buku ini menunjukkan bahwa penetapan Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) memerlukan dasar yang logis, terukur, dan berbasis bukti.
- ✦ Melalui telaah atas elongasi, tinggi hilal, geosentris dan toposentris, serta validasi rukyat modern, pembahasan diarahkan untuk menegaskan alasan ilmiah di balik pilihan kriteria tinggi hilal geosentris 5 derajat dan elongasi geosentris 8 derajat. Kriteria ini dipaparkan bukan sebagai angka arbitrer, melainkan sebagai sintesis antara data eksperimen, model visibilitas, dan kebutuhan kalender Islam global yang stabil dan prediktif.
- ✦ Buku ini relevan bagi peneliti ilmu falak, akademisi, pengamat hilal, pengembang kalender Hijriah, dan siapa pun yang ingin memahami hubungan antara observasi, hisab, dan kemaslahatan penanggalan Islam secara lebih mendalam.



# KASMUI