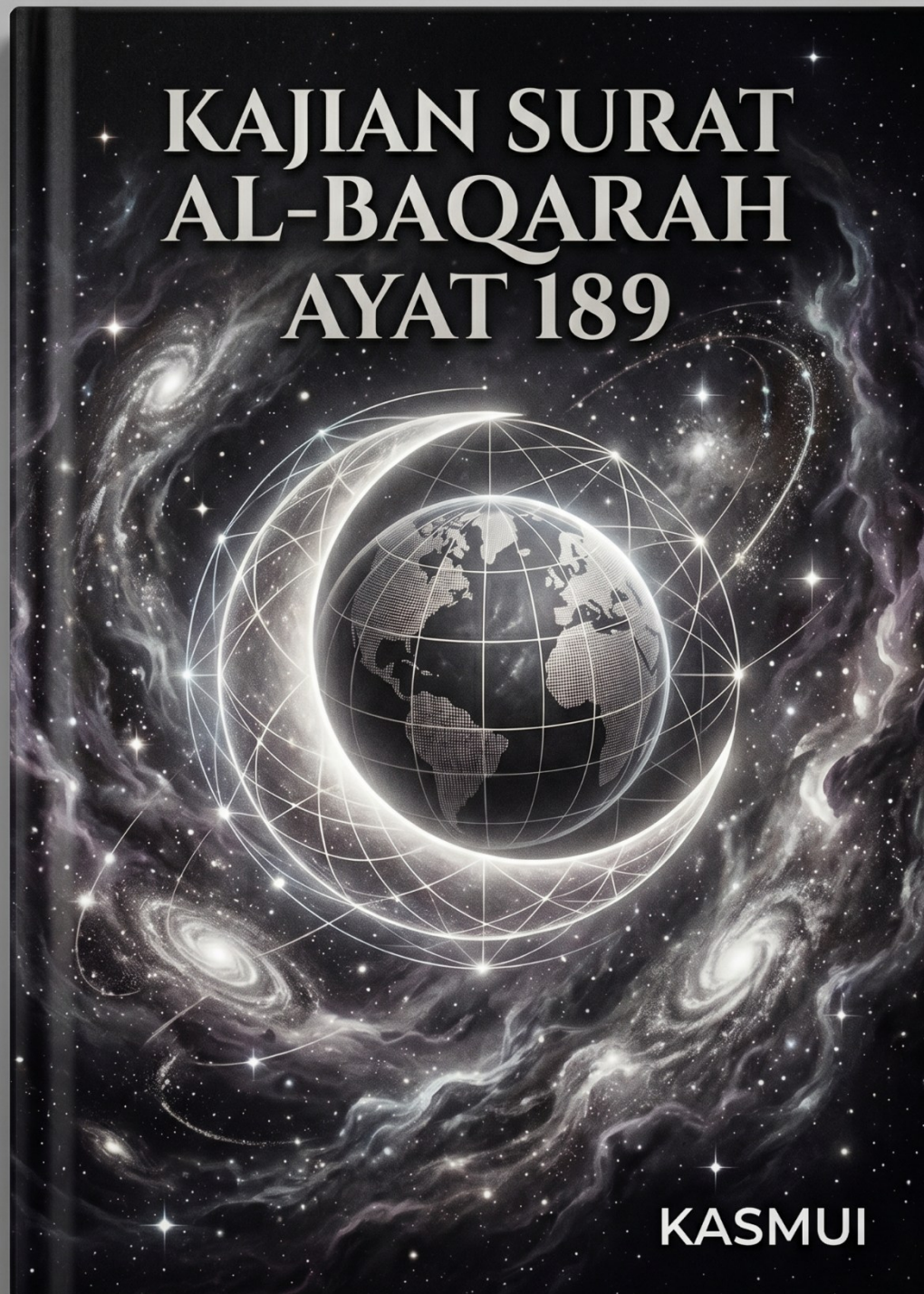


KAJIAN SURAT AL-BAQARAH AYAT 189

KASMUI



KAJIAN SURAT AL-BAQARAH AYAT 189

Penulis: KASMUI

Desain Sampul & Penata Letak: KASMUI / Tim Artistik Penerbit

Diterbitkan oleh: 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 KAJIAN SURAT AL-BAQARAH AYAT 189 -- Edisi I -- Semarang: Jaten & Siblings, 2026. vi + 58 hlm; 21 x 29,7 cm.

ISBN: 978-623-XXXX-XX-X

1. Hilal 2. Haji
2. Waqt I. Judul: KAJIAN SURAT AL-BAQARAH AYAT 189

[DDC No.]

Dicetak oleh Jaten Press.

PENGANTAR (IFTITAH)

Transisi Epistemologis: Dari Takhayul Menuju Kalibrasi Waktu Global Berbasis Mekanika Selestial

يَسْأَلُونَكَ عَنِ الْأَهِلَّةِ ۖ قُلْ هِيَ مَوَاقِيتُ لِلنَّاسِ وَالْحَجِّ ۚ وَلَيْسَ الْبُرْءُ بِأَنْ تَأْتُوا الْبُيُوتَ مِنْ ظُهُورِهَا وَلَكِنَّ الْبُرْءَ مِنَ اتَّقَىٰ ۗ وَآتُوا
الْبُيُوتَ مِنْ أَبْوَابِهَا ۚ وَاتَّقُوا اللَّهَ لَعَلَّكُمْ تُفْلِحُونَ

Artinya: "Mereka bertanya kepadamu (Muhammad) tentang bulan sabit. Katakanlah, 'Itu adalah (penunjuk) waktu bagi manusia dan (ibadah) haji.' Dan bukanlah suatu kebajikan memasuki rumah dari belakangnya, tetapi kebajikan adalah (kebajikan) orang yang bertakwa. Dan masukilah rumah-rumah itu dari pintu-pintunya; dan bertakwalah kepada Allah agar kamu beruntung." (QS. Al-Baqarah: 189)

Urgensi Penelitian Peradaban manusia sejak era pramodern selalu memiliki ketertarikan mendalam terhadap pergerakan benda-benda langit. Namun, fase awal observasi ini sering kali terjebak dalam paradigma animistik, astrologis, dan takhayul, sebagaimana yang dipraktikkan oleh masyarakat Jahiliyah pra-Islam. Turunnya Surat Al-Baqarah ayat 189 bukan sekadar jawaban atas rasa ingin tahu para sahabat—khususnya Mu'adz bin Jabal dan Tsa'labah—terhadap fenomena fisis bulan yang membesar dan menyusut. Lebih dari itu, ayat ini merupakan titik demarkasi (batas pemisah) epistemologis yang revolusioner. Al-Qur'an secara tegas mendekonstruksi mitologi yang menyelimuti fenomena lunar, sekaligus memperkenalkan konsep *Mawaqit* (sistem kalibrasi kronologis) yang terstruktur, rasional, dan fungsional bagi seluruh umat manusia (*lin-nas*).

Dalam konteks kontemporer, urgensi memahami dan mengaplikasikan konsep *Mawaqit* menjadi sangat krusial. Sistem penanggalan yang mengikat lebih dari satu miliar populasi Muslim global saat ini masih dilingkupi oleh fragmentasi metodologis. Perbedaan kriteria, lokalisasi penglihatan hilal secara terisolasi, hingga ketidakakuratan model komputasi masa lalu telah melahirkan asinkronisasi kalender yang mereduksi esensi universalitas Islam. Oleh karena itu, mentransformasikan perintah universal *mawaqit lin-nas* ke dalam sebuah sistem Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) yang berpijak pada komputasi astronomi tingkat tinggi adalah sebuah keniscayaan peradaban.

Kesenjangan Riset (Research Gap) Diskursus seputar penentuan awal bulan kamariah selama berabad-abad didominasi oleh perdebatan fikih klasik yang berpusat pada dikotomi *rukyat* (observasi visual) dan *hisab* (kalkulasi matematis). Para mufasir klasik yang otoritatif, seperti Imam Fakhrudin Ar-Razi, telah meletakkan fondasi teologis dan linguistik yang sangat kuat, menjelaskan bahwa ayat 189 menolak pendekatan yang irasional ("memasuki rumah dari belakangnya"). Namun, di era modern, narasi tafsir tekstual ini sering kali belum terkoneksi secara holistik dengan capaian astrofisika dan mekanika selestial mutakhir.

Kesenjangan fundamental terjadi ketika aplikasi *hisab* yang digunakan oleh sebagian otoritas masih mengandalkan pendekatan pergerakan rata-rata (*mean motion*) atau model kalkulasi geometris murni tanpa memperhitungkan variabel fisika atmosferik yang kompleks. Padahal, posisi bulan faktual tidak dapat direduksi menjadi sekadar perhitungan dua dimensi geosentris. Model komputasi yang tidak mempertimbangkan refraksi atmosfer, turbulensi optik, dan paralaks

toposentris adalah cacat secara empiris. Di sinilah letak kesenjangan kritisnya: kurangnya literatur integratif yang mampu menarik benang merah antara tafsir linguistik-saintifik dari lafaz Al-Qur'an dengan tuntutan parameter optika atmosfer, seperti koreksi *geocentric-apparent altitude* (ketinggian tampak geosentris), serta penggunaan basis data presisi tinggi dalam komputasi *Mawaqit*.

Kebaruan Ide (Novelty) Buku referensi ini hadir sebagai tawaran sintesis yang belum banyak dieksplorasi dalam literatur tafsir ilmi maupun kajian astronomi syariah. Kebaruan ide (novelty) dalam karya ini mencakup tiga pilar utama:

Pertama, rekontekstualisasi metodologi ilmiah melalui analisis semantik frasa "*masukilah rumah dari pintu-pintunya*". Buku ini tidak menafsirkannya sebatas pembatalan tabu ihram, melainkan sebagai protokol imperatif untuk menggunakan instrumen dan parameter sains yang paling presisi (pintu utama kebenaran empiris).

Kedua, integrasi data presisi tinggi dalam arsitektur hisab. Buku ini membuktikan bahwa semangat kepastian waktu dalam ayat ini secara saintifik menuntut logika peralihan komputasi menuju pemanfaatan data ephemeris *high-resolution*—khususnya pangkalan data DE441 dari Jet Propulsion Laboratory (JPL) NASA—yang dikonfigurasi untuk menjamin akurasi perhitungan pergerakan benda langit dengan toleransi kesalahan minimal dalam bentang waktu kronologis antara tahun 0 hingga 3000 Masehi. Penggabungan data resolusi tinggi ini dengan penyesuaian parameter ketinggian tampak (*geocentric-apparent altitude*) merupakan sumbangsih teknis mutlak untuk visibilitas hilal.

Ketiga, konseptualisasi integratif Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT). Karya ini tidak hanya berhenti pada pembuktian teoretis astronomi, tetapi juga merumuskan landasan pengaturan geografis-temporal. Analisis berfokus pada sinkronisasi siklus lunar harian terhadap Garis Penanggalan Internasional (*International Date Line*), sehingga membentuk protokol transfer tanggal yang kohesif, rasional, dan global, sebagai bentuk manifestasi tertinggi dari peribadatan intelektual umat beragama yang bertakwa kepada Allah.

DAFTAR PUSTAKA

PENGANTAR (IFTITAH)	4
DAFTAR PUSTAKA.....	6
BAB I: DIMENSI HISTORIS DAN ASBABUN NUZUL: RASIONALISASI BERAGAMA.....	8
1.1. Konteks Sosiologis Jazirah Arab Pra-Islam: Kepercayaan Animistik dan Takhayul Ihram.....	8
1.2. Riwayat Turunnya Ayat (Tinjauan Periwiyatan Mu'adz bin Jabal dan Tsa'labah)	9
1.3. Pergeseran Epistemologis: Dari Keingintahuan Kosmologis menjadi Manajemen Waktu Fungsional (<i>Mawaqit</i>)	10
1.4. Metafora "Masukilah Rumah dari Pintu-pintunya" sebagai Basis Metodologi Ilmiah	11
DAFTAR PUSTAKA BAB I.....	12
BAB II: ANALISIS LINGUISTIK DAN SEMANTIK: I'RAB SAINTIFIK	14
2.1. Akar Kata <i>Al-Ahillah</i> (الأهلة) dan Implikasi Jamaknya terhadap Keragaman Observasi Geografis	14
2.2. Terminologi <i>Mawaqit</i> (مواقيت) sebagai Standar Kalibrasi Kronologis Universal	15
2.3. Struktur Nahwu-Sharaf dan Korelasinya dengan Presisi Pengukuran	16
2.4. Tafsir Fungsional: Menolak "Jalan Belakang" (Asumsi) dalam Syariat dan Sains.....	17
DAFTAR PUSTAKA BAB II.....	19
BAB III: MEKANIKA SELESTIAL DAN KOMPUTASI PRESISI DATA.....	20
3.1. Anatomi Dinamika Sistem Bumi-Bulan-Matahari dalam Penentuan Fase Bulan	20
3.2. Menggugat Pendekatan Rata-rata (<i>Mean Motion</i>) dalam Kalkulasi Astronomi Syar'i	21
3.3. Integrasi Ephemeris Mutakhir: Optimalisasi Basis Data Resolusi Tinggi (DE441) untuk Kalkulasi Rentang Panjang (0–3000 Masehi)	22
3.4. Logika Peralihan Data dan Penjaminan Kepastian Waktu Sesuai Tuntutan <i>Mawaqit</i>	23
DAFTAR PUSTAKA BAB III.....	25
BAB IV: OPTIKA ATMOSFER DAN RESOLUSI VISIBILITAS HILAL	26
4.1. Keterbatasan Geometri Dua Dimensi dan Pentingnya Perspektif Toposentris	26
4.2. Koreksi Fisika-Optik dalam Pemindaian Koordinat: Signifikansi Parameter <i>Geocentric-Apparent Altitude</i>	27
4.3. Pengaruh Refraksi Cahaya, Turbulensi Atmosfer, dan Paralaks terhadap Kenampakan <i>Ahillah</i>	28
4.4. Validasi Metodologi: Merumuskan "Pintu Rumah" (Parameter Realistis) dalam Observasi Langit	29
DAFTAR PUSTAKA BAB IV	30

BAB V: PROTOKOL KALENDER HIJRIAH GLOBAL TUNGGAL (KHGT)	31
5.1. Makna <i>Lin-Nas</i> (للناس): Visi Universalisme Waktu dan Penghapusan Sekat Lokalisasi Observasi	31
5.2. Dinamika Geografis-Temporal: Sinkronisasi Siklus Lunar dengan Garis Penanggalan Internasional (<i>International Date Line</i>)	32
5.3. Pemetaan Kriteria Transfer Tanggal Berbasis Elongasi dan Ketinggian Bulan Secara Global ..	33
5.4. Solusi Penyatuan Umat: Menyelesaikan Kontradiksi Astronomis melalui Protokol Hisab Global Berbasis Komputasi Modern	34
DAFTAR PUSTAKA BAB V	35
BAB VI: KESIMPULAN ILMIAH DAN FUNGSIONAL	36
6.1. Ayat 189 sebagai Fondasi Pergeseran Paradigma Astrologis menuju Astronomis-Matematis 36	
6.2. Ibadah Intelektual: Membangun Sistem <i>Mawaqit</i> yang Bebas Mitos	37
6.3. Rekomendasi Arah Riset Lanjutan dalam Fikih Astronomi dan Sains Kebumihan	38
6.4. Validasi Fikih terhadap Multi-Spectral Imaging dan Teleskop Otomatis Berbasis Kecerdasan Buatan	39
DAFTAR PUSTAKA BAB VI	39
EPILOG: MANIFESTO PERADABAN WAKTU	41
DAFTAR PUSTAKA	42
GLOSARIUM	45
LAMPIRAN 1: DATA PARAMETRIS, MATRIKS KRITERIA ASTRONOMI, DAN BLUEPRINT LOGIKA KOMPUTASI GLOBAL	49
LAMPIRAN 2 ISYARAT SAINS SURAT AL-BAQARAH AYAT 189	53

BAB I: DIMENSI HISTORIS DAN ASBABUN NUZUL: RASIONALISASI BERAGAMA

1.1. Konteks Sosiologis Jazirah Arab Pra-Islam: Kepercayaan Animistik dan Takhayul Ihram

Kajian terhadap Surat Al-Baqarah ayat 189 tidak dapat dilepaskan dari lanskap sosiologis dan antropologis masyarakat Arab Pra-Islam (Jahiliyah). Secara epistemologis, peradaban Jazirah Arab pada masa itu beroperasi di bawah bayang-bayang sinkretisme yang kompleks antara sisa-sisa monoteisme Ibrahimik dan determinisme kosmologis. Fenomena langit, khususnya pergerakan matahari dan siklus fase bulan (*lunar phases*), tidak dipahami sebagai sebuah sistem mekanika selestial yang tunduk pada hukum fisika, melainkan dikonstruksi sebagai entitas supranatural yang memiliki agensi langsung terhadap nasib manusia, panen, dan ritus keagamaan (Al-Azmeh, 2014).

Dalam ontologi masyarakat Jahiliyah, langit adalah kanvas mitologi. Benda-benda langit sering kali diasosiasikan dengan kekuatan ilahiah atau perantara astral (astrolatri). Fase bulan yang berubah dari sabit (*hilal*), membesar menjadi purnama (*badr*), dan kembali mengecil, dianggap memiliki tuah magis. Oleh karena itu, pertanyaan yang diajukan oleh masyarakat Arab kepada Nabi Muhammad—yang kelak menjadi *sabab nuzul* turunnya ayat ini—pada hakikatnya bukan berangkat dari ketertarikan saintifik atau keingintahuan astronomis murni, melainkan kecemasan eksistensial dan astrologis terkait fluktuasi bentuk bulan dan implikasinya terhadap ritual kultus mereka (Peters, 1994).

Lebih jauh, distorsi rasionalitas ini bermanifestasi secara nyata dalam praktik ritual keseharian, salah satunya adalah takhayul ihram yang dianut oleh sebagian besar suku Arab, khususnya mereka yang bukan termasuk golongan *Al-Hums* (kaum religius elite Quraysh). Terdapat sebuah dogma komunal yang meyakini bahwa ketika seseorang telah berniat memasuki keadaan suci (*ihram*) untuk melaksanakan haji atau umrah, ia dilarang keras melintasi ambang pintu depan rumahnya sendiri. Pintu depan dianggap sebagai simbol keduniawian, rutinitas profan, dan dosa masa lalu (Hawting, 1999).

Sebagai kompensasi atas keyakinan irasional tersebut, masyarakat Jahiliyah menciptakan metode alternatif yang menyimpang dari logika spasial dan arsitektural. Mereka melubangi dinding bagian belakang rumah atau merobek bagian belakang tenda mereka sebagai jalur keluar-masuk selama masa ihram (Ar-Razi, 1981). Praktik yang dikenal dengan istilah *ti'yan al-buyut min dhuhuriha* (mendatangi rumah dari belakangnya) ini diyakini sebagai bentuk asketisme dan pemurnian diri yang mendekatkan mereka kepada Tuhan. Namun, secara paradigmatis, praktik ini mewakili matinya rasionalitas beragama. Kebajikan direduksi menjadi sekadar kepatuhan mekanis terhadap tradisi turun-temurun tanpa landasan epistemologis yang dapat dipertanggungjawabkan (Kister, 1980).

Sistem kepercayaan berbasis mitos ini menciptakan stagnasi peradaban. Manusia terbelenggu oleh ketakutan-ketakutan ilusif dan gagal memanfaatkan fenomena alam semesta sebagai instrumen

yang menopang kehidupan. Tidak ada dorongan untuk melakukan observasi yang terukur (presisi), mencatat data periodik, apalagi membangun sebuah sistem kalender global yang fungsional. Alam hanya menjadi objek penyembahan dan ketakutan, bukan objek penelitian. Kondisi sosiologis yang jumud dan anti-nalar inilah yang menjadi ruang kosong (vakum) bagi turunnya wahyu yang kelak melakukan dekonstruksi total. Al-Qur'an melalui Surat Al-Baqarah ayat 189 tidak hanya datang untuk meluruskan akidah, tetapi juga mendeklarasikan dimulainya era rasionalisasi metodologis, di mana beragama harus sejalan dengan kelurusan logika—sebuah fondasi yang kelak melahirkan tradisi hisab dan optika atmosfer di dunia Islam modern.

1.2. Riwayat Turunnya Ayat (Tinjauan Periwiyatan Mu'adz bin Jabal dan Tsa'labah)

Kajian historis terhadap *asbab an-nuzul* (sebab-sebab turunnya ayat) memegang peranan krusial dalam menyingkap hermeneutika Al-Qur'an, sekaligus memperlihatkan dialektika antara wahyu ilahi dan kapasitas kognitif masyarakat pada abad ketujuh. Berdasarkan literatur tafsir klasik yang komprehensif, khususnya *Mafatih al-Ghaib* karya Imam Fakhrudin Ar-Razi, pembukaan Surat Al-Baqarah ayat 189 diturunkan sebagai respons langsung terhadap pertanyaan spesifik dari komunitas awal Muslim. Diriwayatkan bahwa dua sahabat Nabi Muhammad, yakni Mu'adz bin Jabal dan Tsa'labah bin Ghanam, datang membawa sebuah pertanyaan kosmologis (Ar-Razi, 1981).

Dalam riwayat tersebut, mereka bertanya kepada Rasulullah, "Wahai Rasulullah, ada apa dengan bulan? Mengapa ia pada awalnya muncul sangat kecil dan tipis seperti benang, kemudian perlahan membesar, cahayanya bertambah terang hingga menjadi bundar dan sempurna (purnama), namun setelah itu ia kembali menyusut dan mengecil hingga kembali ke wujud asalnya?" (Al-Suyuti, 2003).

Pertanyaan yang diajukan oleh Mu'adz dan Tsa'labah ini merepresentasikan sebuah lompatan kognitif yang penting. Masyarakat Arab mulai bergerak dari sekadar ketakutan mitologis terhadap langit menuju pengamatan empiris (observasi visual) yang melahirkan keingintahuan teoretis. Mereka menuntut penjelasan fisis mengenai mekanisme mekanika selestial benda langit (Dallal, 2010).

Namun, respons Al-Qur'an terhadap interogasi saintifik ini sangat revolusioner dan menghadirkan pendekatan *teleological* (berorientasi pada tujuan). Al-Qur'an tidak merespons dengan penjabaran astrofisika teoretis mengenai orbit elips bulan, iluminasi matahari, atau posisi geosentris bumi. Wahyu justru mendiktekan: *qul hiya mawaqitu lin-nasi wal-hajj* (Katakanlah, itu adalah penunjuk waktu bagi manusia dan haji).

Dalam diskursus orientalisme masa lampau, peralihan jawaban ini kerap disalahpahami sebagai kelemahan atau pengabaian narasi Al-Qur'an terhadap fakta sains murni. Namun, para sarjana sejarah sains Islam modern memandang pergeseran ini sebagai strategi pedagogis dan epistemologis yang luar biasa cemerlang (Rahman, 1980; Saliba, 2007). Al-Qur'an secara sengaja melakukan *shifting paradigm* (pergeseran paradigma). Jika Al-Qur'an memaparkan teori heliosentrisme atau mekanika orbit pada masyarakat abad ke-7, hal itu tidak akan dapat diverifikasi oleh kapasitas keilmuan zaman tersebut dan justru berpotensi menimbulkan penolakan massal.

Sebaliknya, Al-Qur'an mengarahkan rasionalitas manusia pada aplikasi praktis dan fungsionalitas penciptaan. Fase bulan dikonseptualisasikan ulang bukan sebagai objek spekulasi ontologis tanpa ujung, melainkan sebagai *mawaqit*—instrumen universal untuk manajemen waktu (kronometri). Riwayat Mu'adz dan Tsa'labah ini menjadi landasan historis bahwa Islam mendorong manusia untuk mengintegrasikan fenomena alam semesta ke dalam tata kelola peradaban. Perubahan geometri fase bulan diubah menjadi fondasi kalibrasi waktu guna mengatur rotasi sipil, administrasi negara, sistem ekonomi, serta sinkronisasi ibadah global yang membutuhkan kepastian matematis. Jawaban inilah yang pada abad-abad berikutnya memicu para ilmuwan Muslim untuk tidak sekadar melihat bulan, melainkan menghitung (*hisab*) posisinya dengan akurasi optika tingkat tinggi.

1.3. Pergeseran Epistemologis: Dari Keingintahuan Kosmologis menjadi Manajemen Waktu Fungsional (*Mawaqit*)

Peralihan narasi yang dihadirkan oleh Surat Al-Baqarah ayat 189 menandai sebuah titik balik fundamental dalam sejarah filsafat sains. Secara filosofis, jawaban Al-Qur'an terhadap pertanyaan para sahabat memicu pergeseran epistemologis yang masif: dari ontologi yang spekulatif menuju teleologi yang fungsional-instrumental. Ketika peradaban kuno seperti Babilonia, Yunani, dan India terjebak pada upaya mistifikasi benda langit atau perdebatan teoretis murni mengenai substansi esensial (*quiddity*) kosmos, Al-Qur'an secara sengaja memutus diskursus teoretis hampa tersebut (Nasr, 1993). Wahyu meredireksi nalar komunal menuju pemanfaatan mekanika langit sebagai basis kronometri (pengukuran waktu) peradaban.

Terminologi *mawaqit* (مواقيت), yang merupakan bentuk jamak dari *miqat* (مِيقَات), secara linguistik tidak merujuk pada waktu yang mengalir secara abstrak (*zaman* atau *waqt*). *Miqat* mengandung makna batas presisi, kalibrasi matematis, dan standarisasi parameter, baik secara spasial maupun temporal. Oleh karena itu, penetapan *hilal* (fase bulan) sebagai *mawaqit* mewajibkan adanya sistem pengukuran yang dapat diuji silang, dihitung secara berulang, dan diandalkan secara universal (King, 2004). Di sinilah letak revolusi kognitifnya: bulan tidak lagi dilihat sebagai dewa yang harus disembah atau sekadar objek langit yang dikagumi cahayanya, melainkan dikonversi menjadi sebuah jam kosmik raksasa yang menuntut observasi presisi dan formulasi matematis.

Pergeseran ini secara historis menjadi katalisator utama lahirnya *'Ilm al-Miqat* (sains astronomi waktu) dalam tradisi keilmuan Islam klasik. Mandat ayat ini membebaskan para astronom Muslim dari ketergantungan pada model astrologi Ptolemeus yang usang, mendorong mereka mendirikan observatorium-observatorium (seperti Maragha dan Ulugh Beg) yang berfokus pada astrometri akurat. Para cendekiawan menyadari bahwa tanpa kalibrasi waktu yang eksak—yang diturunkan dari gerak presisi benda langit—tata kelola ibadah (*wal-hajj*), muamalah, administrasi negara, dan navigasi pelayaran tidak akan dapat terselenggara dengan tertib (Saliba, 1994). Ayat ini secara implisit menuntut umat manusia untuk menguasai algoritma gerak bulan guna memenuhi kewajiban agama dan sosiologis mereka.

Lebih jauh, penyebutan frasa *lin-nas* (untuk manusia) setelah kata *mawaqit* membawa implikasi sosiopolitik dan saintifik yang sangat luas. Al-Qur'an tidak menyatakan *mawaqit lil-mu'minin* (waktu bagi orang beriman), melainkan memperluas jangkauannya pada seluruh umat manusia tanpa memandang demografi agama (Dallal, 1999). Ini merupakan sebuah visi universalisme

penanggalan yang mengisyaratkan bahwa sistem manajemen waktu berbasis mekanika selestial harus bersifat rasional, objektif, dan inklusif.

Konsep *lin-nas* ini pada gilirannya meniscayakan sebuah sistem standarisasi yang melampaui batasan geografis lokal, yang pada era modern menuntut perumusan sebuah kalender global. Fragmentasi penentuan waktu yang hanya bergantung pada visibilitas lokal yang parsial bertentangan dengan semangat integrasi dan fungsionalitas universal dalam ayat ini. Dengan demikian, rekonseptualisasi bulan sebagai instrumen waktu fungsional bukan sekadar pelurusan akidah, melainkan cetak biru (blueprint) bagi integrasi sains komputasi dan tata kelola peradaban yang rasional.

1.4. Metafora "Masukilah Rumah dari Pintu-pintunya" sebagai Basis Metodologi Ilmiah

Lafaz penutup dari rangkaian Surat Al-Baqarah ayat 189 menghadirkan sebuah teguran sekaligus prinsip metodologis yang sangat tajam:

وَلَيْسَ الْبِرُّ بِأَنْ تَأْتُوا الْبُيُوتَ مِنْ ظُهُورِهَا وَلَكِنَّ الْبِرَّ مَنِ اتَّقَىٰ وَأْتُوا الْبُيُوتَ مِنْ أَبْوَابِهَا

"Dan bukanlah suatu kebajikan memasuki rumah dari belakangnya, tetapi kebajikan adalah (kebajikan) orang yang bertakwa. Dan masukilah rumah-rumah itu dari pintu-pintunya."

Secara harfiah dan historis, kalimat ini merupakan dekonstruksi final terhadap takhayul Jahiliyah terkait larangan melewati pintu depan saat sedang dalam keadaan *ihram*. Al-Qur'an secara eksplisit membatalkan ekuivalensi antara kesalehan (kebajikan) dengan praktik-praktik yang menyalahi akal sehat. Agama menegaskan bahwa berbuat *bisy'ah* (keganjilan yang dipaksakan) bukanlah manifestasi dari ketakwaan (Ar-Razi, 1981).

Namun, secara hermeneutis dan saintifik, perintah "*masukilah rumah dari pintu-pintunya*" (وَأْتُوا) (الْبُيُوتَ مِنْ أَبْوَابِهَا) melampaui konteks pembatalan ritual animistik. Para cendekiawan Muslim kontemporer memaknai frasa ini sebagai sebuah metafora epistemologis agung yang mewajibkan rasionalitas dan penggunaan metodologi yang benar dalam setiap penyelesaian masalah, baik dalam ranah syariat maupun sains (Guessoum, 2011). "Rumah" dalam konteks ini adalah majaz untuk tujuan, kebenaran, atau solusi rasional; sedangkan "pintu" adalah instrumen, parameter, dan metode valid yang telah didesain secara fungsional untuk mencapai kebenaran tersebut.

Dalam konteks astronomi dan penentuan awal bulan (*Mawaqit*), metafora ini sangat relevan. Menggantungkan sistem penanggalan umat pada metode-metode primitif, estimasi kasar tanpa dasar komputasi matematis, atau pengamatan yang mengabaikan kaidah optika atmosfer, dapat dianalogikan sebagai "memasuki rumah dari belakangnya"—sebuah tindakan absurd yang menyalahi prosedur alamiah (Purwanto, 2007). Sebaliknya, merumuskan *Mawaqit* melalui observasi empiris yang terukur, pemanfaatan algoritma *hisab* presisi tinggi, serta penggunaan parameter astrofisika modern (seperti koreksi ketinggian tampak atau *geocentric-apparent altitude*) adalah wujud nyata dari "memasuki rumah dari pintunya" (Azhari, 2007).

Prinsip metodologis ini menegaskan bahwa kebenaran agama tidak pernah menuntut manusia untuk membuang logikanya. Integritas saintifik justru menjadi prasyarat dalam merealisasikan

tujuan-tujuan syariah (*maqashid as-syariah*). Hal ini meruntuhkan pandangan pseudo-sains yang kerap berlindung di balik dalih purifikasi agama, namun menolak pembaruan data empiris. Dengan demikian, ayat ini menjadi landasan filosofis bahwa inovasi sains, pengembangan perangkat lunak astronomi beresolusi tinggi, dan perumusan protokol Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) bukanlah bentuk penyimpangan dari tradisi, melainkan bentuk implementasi tertinggi dari ketakwaan intelektual yang diperintahkan oleh Al-Qur'an.

DAFTAR PUSTAKA BAB I

Al-Azmeh, A. (2014). *The Emergence of Islam in Late Antiquity: Allah and His People*. Cambridge University Press.

Al-Suyuti, J. A. (2003). *Lubab an-Nuqul fi Asbab an-Nuzul*. Dar al-Kutub al-'Ilmiyyah.

Ar-Razi, F. (1981). *Tafsir al-Fakhr al-Razi al-Mushtahar bi al-Tafsir al-Kabir wa Mafatih al-Ghaib* (Vol. 5). Dar al-Fikr.

Azhari, S. (2007). *Ilmu Falak: Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern*. Suara Muhammadiyah.

Dallal, A. (1999). Science, Medicine, and Technology. In J. L. Esposito (Ed.), *The Oxford History of Islam* (pp. 155-213). Oxford University Press.

Dallal, A. (2010). *Islam, Science, and the Challenge of History*. Yale University Press.

Guessoum, N. (2011). *Islam's Quantum Question: Reconciling Muslim Tradition and Modern Science*. I.B. Tauris.

Hawting, G. R. (1999). *The Idea of Idolatry and the Emergence of Islam: From Polemic to History*. Cambridge University Press.

King, D. A. (2004). *In Synchrony with the Heavens: Studies in Astronomical Timekeeping and Instrumentation in Islamic Civilization* (Vol. 1). Brill.

Kister, M. J. (1980). Labbayka, Allahumma, Labbayka: On a Monotheistic Aspect of a Jahiliyya Practice. *Jerusalem Studies in Arabic and Islam*, 2, 33-57.

Nasr, S. H. (1993). *An Introduction to Islamic Cosmological Doctrines*. State University of New York Press.

Peters, F. E. (1994). *Muhammad and the Origins of Islam*. State University of New York Press.

Purwanto, A. (2007). *Ayat-Ayat Semesta: Sisi-Sisi Al-Qur'an yang Terlupakan*. Mizan.

Rahman, F. (1980). *Major Themes of the Qur'an*. Bibliotheca Islamica.

Saliba, G. (1994). *A History of Arabic Astronomy: Planetary Theories During the Golden Age of Islam*. New York University Press.

Saliba, G. (2007). *Islamic Science and the Making of the European Renaissance*. MIT Press.

BAB II: ANALISIS LINGUISTIK DAN SEMANTIK: 'RAB SAINTIFIK

2.1. Akar Kata *Al-Ahillah* (الأهلة) dan Implikasi Jamaknya terhadap Keragaman Observasi Geografis

Kajian terhadap struktur bahasa Al-Qur'an (*i'rab* dan *sharaf*) selalu menyingkap presisi semantik yang berdimensi sains. Dalam Surat Al-Baqarah ayat 189, kata benda yang digunakan untuk merespons pertanyaan mengenai bulan sabit bukanlah kata tunggal (mufrad) *al-hilal* (الهلال), melainkan bentuk jamaknya, yakni *al-ahillah* (الأهلة). Analisis morfologis dan etimologis terhadap pilihan kata ini tidak sekadar memberikan pemahaman linguistik, tetapi juga meletakkan fondasi bagi pemahaman mekanika selestial dan fenomena optis terkait keragaman observasi astronomis di berbagai belahan bumi.

Secara etimologis, kata *al-ahillah* berakar dari huruf *ha-lam-lam* (ه - ل - ل). Dalam tradisi leksikografi Arab klasik, sebagaimana dijelaskan oleh Ibnu Manzhur dalam *Lisan al-'Arab* maupun Edward William Lane dalam *Arabic-English Lexicon*, akar kata ini pada mulanya tidak merujuk secara eksklusif pada benda langit. Makna primernya adalah "mengangkat suara" atau "berteriak kegirangan" (Lane, 1863). Hal ini merujuk pada kebiasaan sosiologis masyarakat Arab kuno yang secara refleks bertakbir atau bersorak ketika pertama kali melihat guratan tipis bulan sabit di ufuk barat setelah matahari terbenam. Praktik ini dikenal dengan istilah *istihlal*. Dengan demikian, penamaan *hilal* secara bahasa mengandung elemen observasional (penglihatan) yang memicu reaksi komunal (suara).

Namun, mukjizat rasionalitas Al-Qur'an terlihat pada penggunaan bentuk jamak taksir (pluralitas yang pecah dari bentuk tunggalnya), *al-ahillah*. Dalam diskursus nahwu, *ahillah* tergolong dalam *jamak qillah* (jamak minor untuk jumlah tiga hingga sepuluh) atau secara majaz digunakan untuk merepresentasikan pluralitas fenomena. Pertanyaan kritisnya adalah: Mengapa Al-Qur'an menggunakan bentuk jamak untuk sebuah objek langit yang secara fisik hanya ada satu, yakni bulan (satelit alami bumi)?

Imam Fakhrudin Ar-Razi dalam *Mafatih al-Ghaib* memberikan justifikasi teologis awal dengan menyatakan bahwa jamak ini merepresentasikan perulangan fase bulan dari bulan ke bulan sepanjang tahun (Ar-Razi, 1981). Namun, dari perspektif astrofisika dan geografi matematis modern, penggunaan *al-ahillah* menyimpan isyarat saintifik (*i'rab* saintifik) yang jauh lebih mendalam. Pluralitas dalam *al-ahillah* merupakan pengakuan ilahiah terhadap fenomena *ikhtilaf al-matali'*—yaitu berbedanya ufuk terbit dan terbenamnya bulan akibat perbedaan koordinat geografis (lintang dan bujur) pengamat di permukaan bumi (Ilyas, 1994).

Karena bumi berbentuk *oblate spheroid* dan berotasi pada sumbunya, serta posisi bulan terus bergeser dalam orbit revolusinya (elongasi bertambah sekitar 12 derajat per hari), kenampakan hilal tidak akan pernah seragam di seluruh dunia pada satu detik waktu absolut yang sama. Ketika umur bulan dan ketinggiannya telah memenuhi ambang batas visibilitas (limit Danjon) di benua Amerika, ia mungkin masih berupa konjungsi tak kasat mata atau bahkan terbenam sebelum matahari di wilayah Asia Tenggara. Bentuk sabit yang terlihat di bujur barat akan lebih tebal dan lebih tinggi dibandingkan dengan bujur timur pada hari yang sama (Odeh, 2004).

Oleh karena itu, hilal di setiap titik observasi secara empiris berbeda secara geometris (ketinggian dan ketebalan), bergantung pada parameter toposentris pengamat. Al-Qur'an menyebutnya sebagai *ahillah* (berbagai hilal) karena realitas optiknya memang jamak. Setiap region, dengan parameter atmosfer dan koordinatnya sendiri, menyaksikan "hilal"-nya masing-masing. Kata *ahillah* mendekonstruksi pemahaman lokalisme ekstrem dengan mengakui realitas global visibilitas bulan.

Implikasi saintifik dari analisis semantik ini beresonansi langsung dengan arsitektur sistem komputasi hisab modern. Karena *al-ahillah* mengakui pluralitas visibilitas secara geografis, maka penyatuan sistem penanggalan tidak bisa dipaksa melalui observasi fisik di satu titik lokal (misalnya hanya merujuk pada rukyat di Makkah) untuk digeneralisasi ke seluruh dunia tanpa memodifikasi parameter komputasinya. Sistem harus memperhitungkan kurva parabolik visibilitas hilal di peta global. Lebih jauh, komputasi tidak bisa sekadar menggunakan koordinat geosentris murni yang mengabaikan lekuk bumi. Menyadari realitas plural *al-ahillah* menuntut implementasi konversi data dari geosentris ke parameter *geocentric-apparent altitude* (ketinggian tampak geosentris yang telah dikoreksi dengan nilai paralaks dan refraksi optik) (Hoffman, 2003).

Kesimpulannya, pemilihan kata *al-ahillah* bukanlah kebetulan sastra, melainkan penegasan ontologis bahwa penampakan bulan adalah fenomena yang terdistribusi secara spasial dan temporal di seluruh permukaan bumi. Pluralitas bulan sabit yang dikonfirmasi oleh struktur bahasa Al-Qur'an ini meniscayakan sebuah resolusi sistemik. Karena hilal itu jamak (*ahillah*) dan tersebar, ia membutuhkan sebuah protokol penanggalan matematis dan konvensi terstruktur, yang pada ayat selanjutnya langsung dijawab dengan konsep tunggal manajemen waktu: *Mawaqit* (sebagai matriks penyatu dari keragaman *ahillah*).

2.2. Terminologi *Mawaqit* (مواقيت) sebagai Standar Kalibrasi Kronologis Universal

Analisis terhadap struktur kebahasaan Al-Qur'an menunjukkan tingkatan presisi yang luar biasa dalam mendefinisikan waktu. Ketika Al-Qur'an merespons pertanyaan tentang ragam fase bulan (*al-ahillah*), jawaban yang diberikan tidak menggunakan kata *zaman* (زمن) atau *dahr* (دهر), melainkan *mawaqit* (مواقيت). Pemilihan leksikon ini mengandung implikasi saintifik dan yuridis yang sangat fundamental dalam perumusan sistem tata waktu peradaban, khususnya menyangkut standarisasi penanggalan yang berlaku secara global.

Secara morfologis (sharaf), kata *mawaqit* merupakan bentuk jamak taksir dari kata tunggal *miqat* (مِيقَات). Akar katanya berasal dari tiga konsonan dasar: *waw-qaf-ta* (و - ق - ت), yang membentuk kata *waqt* (waktu). Ibnu Faris dalam *Mu'jam Maqayis al-Lughah* menjelaskan bahwa *waqt* memiliki makna dasar "batas akhir dari suatu durasi" atau "ketentuan yang membatasi sesuatu" (Ibn Faris, 1979). Dalam tata bahasa Arab (nahwu), wazan (pola) *mif'al* (مِفْعَال), yang menjadi rujukan pembentukan kata *miqat*, berfungsi sebagai *ism al-alah* (kata benda instrumen/alat) atau *ism makan wa zaman* (kata benda yang merujuk pada titik presisi tempat dan waktu).

Dengan demikian, secara semantik, *miqat* bukanlah waktu yang mengalir bebas secara abstrak dan tak terhingga (*absolute flowing time*), melainkan sebuah titik kalibrasi, parameter pengukuran yang tetap, dan batas presisi yang telah ditentukan rumusnya. Penggunaan bentuk jamak *mawaqit* menegaskan adanya himpunan titik-titik kalibrasi matematis yang mengikat urutan kronologis kejadian secara berulang, sistematis, dan terukur (Azhari, 2012).

Ketika ayat ini menyatakan *qul hiya mawaqitu lin-nas* (katakanlah ia adalah mawaqit bagi manusia), lafaz ini secara epistemologis mewajibkan manusia untuk menciptakan sebuah sistem kalibrasi kronologis yang bersifat objektif. Dalam disiplin sains, suatu pengukuran hanya dapat disebut sebagai "kalibrasi standar" jika ia memenuhi kriteria validitas, reliabilitas (keterandalan), dan dapat diuji silang (repetitif) di mana pun pengamat berada. Observasi visual (*rukyat*) tanpa bantuan instrumen ukur murni tunduk pada subjektivitas pengamat, cuaca atmosferik lokal, dan keterbatasan fisiologis mata manusia (resolusi spasial mata telanjang), sehingga tidak bisa berdiri sendiri sebagai sebuah *miqat* yang absolut (Guessoum, 2011).

Oleh sebab itu, terminologi *mawaqit* secara tak langsung merupakan mandat ilahiah untuk mengembangkan disiplin *Ilm al-Hisab* (komputasi astronomi matematis). Dalam perjalanannya, para astronom Muslim klasik seperti Al-Khawarizmi, Al-Battani, dan Al-Biruni merespons lafaz ini dengan menyusun *Zij* (tabel ephemeris astronomi) guna memprediksi posisi bulan secara matematis. Mereka memahami bahwa *mawaqit* menuntut perhitungan geometri selestial yang kokoh (King, 2004).

Lebih jauh, frasa pelengkap *lin-nas* (للنَّاسِ) atau "bagi umat manusia" mengindikasikan bahwa instrumen ini tidak boleh terfragmentasi atau menjadi hak eksklusif kelompok lokal tertentu. Sistem yang dilahirkan haruslah berupa standar kronologis universal. Jika ditarik ke dalam diskursus modern, terminologi *mawaqit lin-nas* beresonansi secara sempurna dengan konsep Universal Time (Waktu Universal) dan desakan pembentukan Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT). Kalibrasi global menuntut satu hukum matematis (algoritma hisab) yang berlaku secara internasional, yang mengonversi keragaman *ahillah* (fase bulan yang tampak berbeda di lintang dan bujur berbeda) menjadi satu kesatuan tanggal atau *mawaqit* yang utuh demi sinkronisasi ritme peradaban, administrasi, dan ibadah umat manusia secara menyeluruh (Saksono, 2007).

Pemilihan kata *mawaqit* dengan demikian meruntuhkan dalih mempertahankan lokalisme kalender ekstrem yang menolak sistem hisab. Menjadikan bulan sebagai *mawaqit* meniscayakan kita untuk beralih dari observasi pasif ke komputasi aktif, dari pembacaan langit yang parsial menuju kalibrasi waktu yang saintifik, presisi, dan berlaku universal sesuai amanat Al-Qur'an.

2.3. Struktur Nahwu-Sharaf dan Korelasinya dengan Presisi Pengukuran

Keterkaitan antara linguistik Al-Qur'an dan metodologi sains empiris dapat ditelusuri secara mendalam melalui dekonstruksi struktur *nahwu* (sintaksis) dan *sharaf* (morfologi) pada Surat Al-Baqarah ayat 189. Al-Qur'an tidak menyusun kalimat secara kebetulan; setiap perubahan bentuk kata (*wazan*) dan kedudukan jabatan kata (*i'rab*) memuat perintah epistemologis yang tersembunyi. Dalam konteks ayat ini, rumusan tata bahasa Arab yang digunakan secara langsung merepresentasikan hierarki keilmuan dan tuntutan presisi dalam pengukuran waktu astronomis.

Ayat ini dibuka dengan frasa *yas'alunaka* (يَسْأَلُونَكَ), yang menggunakan bentuk *fi'il mudhari'* (kata kerja bentuk masa kini dan masa depan). Dalam kaidah *nahwu*, penggunaan *fi'il mudhari'* memberikan faedah *al-istimrar wa at-tajaddud* (kesinambungan dan pembaruan yang terus-menerus) (Ar-Razi, 1981). Pemilihan kata kerja dinamis ini, alih-alih menggunakan bentuk lampau (*madi*), mengisyaratkan bahwa pertanyaan dan penelitian manusia terhadap dinamika mekanika selestial (*ahillah*) tidak boleh mandek pada satu era saja. "Pencarian" (*su'al*) terhadap hakikat fase

bulan adalah sebuah investigasi saintifik yang berkelanjutan (Lorch, 1995). Implikasinya, metodologi penentuan awal bulan menuntut pembaruan teknologi secara konstan—dari sekadar observasi mata telanjang di padang pasir pada abad ke-7, bergeser menuju perumusan tabel logaritma *zij* di era keemasan Islam, hingga kewajiban menggunakan basis data astronomi beresolusi tinggi pada era komputasi modern untuk memenuhi standar presisi *mawaqit*.

Korelasi struktural yang paling fundamental terlihat pada susunan *mubtada'* (subjek) dan *khobar* (predikat) dalam frasa *hiya mawaqitu lin-nas* (هِيَ مَوْقِيْتُ لِلنَّاسِ). Kata ganti *hiya* (dia) merujuk pada *al-ahillah* (fase-fase bulan/fenomena fisik), yang berkedudukan sebagai *mubtada'*. Sementara itu, *mawaqit* (standar kalibrasi waktu/konsep matematis) berkedudukan sebagai *khobar*. Dalam logika sintaksis, *khobar* adalah penjelas atau identitas final dari *mubtada'*. Persamaan kalimat ini secara matematis dapat ditulis sebagai: *Ahillah = Mawaqit*.

Persamaan sintaksis di atas memuat transmudasi konseptual yang luar biasa. Al-Qur'an mengubah sebuah entitas fisis yang bervariasi (bulan sabit yang tampak berbeda di berbagai lintang dan bujur) menjadi sebuah parameter matematis yang tetap dan pasti (waktu). Agar entitas fisis tersebut dapat berfungsi secara mutlak sebagai *mawaqit* yang eksak, manusia harus melakukan komputasi tingkat tinggi. Presisi pengukuran yang dituntut oleh struktur bahasa ini tidak mengizinkan pendekatan estimasi kasar. Realisasi *khobar* (menjadikan bulan sebagai alat ukur waktu universal) mustahil dicapai jika model astronomi yang digunakan masih berpegang pada sistem geosentrisme murni yang mengabaikan posisi pengamat di permukaan bumi (toposentris).

Lebih jauh, agar struktur sintaksis *hiya mawaqitu* benar-benar terealisasi menjadi standar baku, formulasi sains tidak dapat menghindar dari koreksi fisika-optik. "Batas presisi" yang dimandatkan oleh kata *mawaqit* secara tak langsung mewajibkan penerapan parameter korektif seperti *geocentric-apparent altitude* (ketinggian tampak geosentris). Ketinggian bulan harus dihitung ulang dengan memasukkan variabel refraksi cahaya saat menembus lapisan atmosfer serta memperhitungkan jarak paralaks (Ilyas, 1994; Odeh, 2004). Tanpa kalkulasi *apparent altitude* ini, angka yang dihasilkan hanyalah fiksi matematis di atas kertas, bukan *mawaqit* yang fungsional di alam nyata.

Selain itu, struktur kalimat ini menggunakan huruf *jar lam* (ل) dalam kata *lin-nas* (لِلنَّاسِ) dan *lil-hajj* (وَالْحَجِّ), yang memberikan makna *ikhtishash* (pengkhususan tujuan) dan *manfa'ah* (utilitas). Al-Qur'an melegitimasi bahwa tujuan akhir dari komputasi rumit benda langit adalah demi kemaslahatan komunal umat manusia secara universal, bukan untuk kepentingan lokalisme sempit (Azhari, 2007). Oleh karena itu, *i'rab* saintifik dari ayat ini menyimpulkan bahwa keakuratan instrumen pengukuran (melalui integrasi model kalkulasi modern dan data ephemeris jangka panjang yang mutakhir) merupakan perintah linguistik yang melekat pada struktur teks Al-Qur'an. Rasionalitas beragama diukur dari sejauh mana peradaban mampu menerjemahkan struktur nahwu tersebut ke dalam algoritma hisab yang paling presisi.

2.4. Tafsir Fungsional: Menolak "Jalan Belakang" (Asumsi) dalam Syariat dan Sains

Puncak dari analisis semantik Surat Al-Baqarah ayat 189 termanifestasi dalam sebuah kiasan metaforis yang mengakhiri ayat tersebut: *wa laysal-birru bi'an ta'tul-buyuta min dhuhuriha walakinnal-birra manittaqa, wa'tul-buyuta min abwabiha* (Dan bukanlah suatu kebajikan

memasuki rumah dari belakangnya, tetapi kebajikan adalah [kebajikan] orang yang bertakwa. Dan masukilah rumah-rumah itu dari pintu-pintunya). Dalam disiplin tafsir linguistik, peralihan dari redaksi teknis mengenai waktu (*mawaqit*) menuju narasi tata cara memasuki rumah bukanlah sebuah lompatan topik yang acak, melainkan sebuah penegasan metodologis yang radikal.

Secara sosiologis, kalimat ini memang difungsikan untuk menghapus takhayul ihram masyarakat Jahiliyah. Namun, Imam Fakhrudin Ar-Razi dalam *Mafatih al-Ghaib* memperluas cakrawala tafsir lafaz ini menjadi sebuah kaidah epistemologis universal. "Memasuki rumah dari belakangnya" (*ti'yan al-buyut min dhuhuriha*) adalah metafora untuk setiap pendekatan yang menyimpang dari rasionalitas, prosedur yang cacat logika, dan metodologi yang bertumpu pada asumsi tak berdasar (Ar-Razi, 1981). Sebaliknya, "memasuki rumah dari pintu-pintunya" (*wa'tul-buyuta min abwabiha*) melambangkan kewajiban imperatif bagi manusia untuk menggunakan jalan yang terstruktur, instrumen yang tepat, dan kaidah keilmuan yang tervalidasi dalam memecahkan setiap persoalan (Guessoum, 2011).

Ketika metafora ini direlasikan dengan diskursus *mawaqit* (kalibrasi waktu) pada awal ayat, ia melahirkan sebuah tafsir fungsional yang sangat tajam bagi dunia sains, khususnya astronomi Islam. Dalam upaya merumuskan sistem penanggalan, umat Islam tidak diperkenankan menggunakan "jalan belakang." Dalam konteks komputasi astronomi modern, "jalan belakang" adalah eufemisme untuk praktik pseudo-sains. Ini mencakup penggunaan algoritma hisab tradisional yang usang (*hisab urfi* atau *hisab taqribi*) yang hanya mengandalkan perhitungan gerak rata-rata bulan tanpa mempertimbangkan anomali orbit lunar. Menghitung posisi hilal dengan mengabaikan variabel gangguan gravitasi (perturbasi) matahari dan planet-planet lain adalah analogi matematis dari "memasuki rumah melalui dinding yang berlubang"—sebuah tindakan yang tidak akan pernah sampai pada kebenaran objektif (Purwanto, 2007).

Sebaliknya, tafsir fungsional "memasuki rumah dari pintunya" menuntut aplikasi sains pada level presisi tertinggi. Dalam kerangka mekanika selestial, hal ini berarti integrasi model eferemis mutakhir yang divalidasi oleh komunitas saintifik internasional. Memformulasikan algoritma yang mengekstrak data dari basis data resolusi tinggi untuk memetakan koordinat benda langit secara presisi merupakan implementasi langsung dari perintah ayat ini (Standish & Williams, 2012). "Pintu" kebenaran dalam astronomi adalah data yang akurat.

Lebih jauh, pendekatan metodologis yang benar tidak boleh terhenti pada kalkulasi ruang hampa. Bulan sabit (*hilal*) diamati dari dasar lautan udara bumi. Oleh karena itu, pengabaian terhadap efek atmosferik adalah kecacatan prosedural. Menerapkan koreksi fisika-optik untuk mengonversi koordinat geometris menjadi *geocentric-apparent altitude* (ketinggian tampak geosentris) dengan memasukkan faktor refraksi dan paralaks toposentris, adalah wujud kepatuhan terhadap prinsip "*wa'tul-buyuta min abwabiha*" (Odeh, 2004). Kita hanya bisa mengklaim posisi bulan secara valid jika kita memperhitungkan bagaimana cahayanya dibelokkan oleh atmosfer bumi sesuai titik observasi pengamat.

Pada level kebijakan publik dan syariat, tafsir fungsional ini memberikan pijakan epistemologis bagi penyatuan Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT). Mempertahankan sistem penanggalan yang terfragmentasi akibat lokalisme pengamatan, yang sering kali menghasilkan klaim rukyatul hilal yang bertentangan dengan limit visibilitas astronomis, adalah sebuah kemunduran

rasionalitas (Saksono, 2007). Hal tersebut bertentangan dengan kebajikan (*al-birr*) dan ketakwaan metodologis. Ketakwaan dalam sains Islam meniscayakan adanya sinkronisasi antara syariat yang bertujuan menyatukan umat dengan instrumen teknologi yang mampu memberikan kepastian. Merumuskan protokol penanggalan global berbasis kriteria hisab yang teruji secara komputasional adalah pintu gerbang utama untuk keluar dari krisis kronologis umat Islam modern.

DAFTAR PUSTAKA BAB II

- Ar-Razi, F. (1981). *Tafsir al-Fakhr al-Razi al-Mushtahar bi al-Tafsir al-Kabir wa Mafatih al-Ghaib* (Vol. 5). Dar al-Fikr.
- Azhari, S. (2007). *Ilmu Falak: Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern*. Suara Muhammadiyah.
- Azhari, S. (2012). *Kalender Jawa Islam: Memadukan Tradisi dan Tuntutan Kemodernan*. Museum Sandi.
- Guessoum, N. (2011). *Islam's Quantum Question: Reconciling Muslim Tradition and Modern Science*. I.B. Tauris.
- Hoffman, R. E. (2003). Observing the new moon. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 340(3), 1039-1051.
- Ibn Faris, A. (1979). *Mu'jam Maqayis al-Lughah*. Dar al-Fikr.
- Ilyas, M. (1994). *Astronomy of Islamic Times for the Twenty-first Century*. Mansell.
- King, D. A. (2004). *In Synchrony with the Heavens: Studies in Astronomical Timekeeping and Instrumentation in Islamic Civilization* (Vol. 1). Brill.
- Lane, E. W. (1863). *Arabic-English Lexicon*. Williams and Norgate.
- Lorch, R. (1995). *Arabic Mathematical Sciences: Instruments, Texts, Transmission*. Variorum.
- Odeh, M. S. (2004). New criterion for lunar crescent visibility. *Experimental Astronomy*, 18(1), 39-64.
- Purwanto, A. (2007). *Ayat-Ayat Semesta: Sisi-Sisi Al-Qur'an yang Terlupakan*. Mizan.
- Saksono, T. (2007). *Mengkompromikan Rukyat & Hisab*. Amythas Publicita.
- Standish, E. M., & Williams, J. G. (2012). Orbital Ephemerides of the Sun, Moon, and Planets. *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac*, 3, 305-346.

BAB III: MEKANIKA SELESTIAL DAN KOMPUTASI PRESISI DATA

3.1. Anatomi Dinamika Sistem Bumi-Bulan-Matahari dalam Penentuan Fase Bulan

Pemenuhan mandat *mawaqit* sebagaimana diisyaratkan dalam Surat Al-Baqarah ayat 189 menuntut pemahaman yang radikal terhadap arsitektur fisika alam semesta. Pembentukan fase bulan (*al-ahillah*) bukanlah peristiwa fisis yang terisolasi pada entitas satelit bumi semata, melainkan produk dari interaksi gravitasi dan geometri optis yang sangat kompleks dalam sistem tiga benda (*three-body problem*): Bumi, Bulan, dan Matahari. Anatomi dari dinamika ketiga benda langit inilah yang menjadi landasan ontologis bagi perumusan visibilitas hilal dan algoritma kalender global.

Secara fundamental, kenampakan bulan sabit sangat bergantung pada sudut fase (*phase angle*), yakni sudut yang terbentuk antara Matahari, Bumi, dan Bulan. Siklus fase bulan atau bulan sinodis (*synodic month*) dimulai dari titik konjungsi geosentris (*ijtimak* atau *syzygy*), yaitu sebuah konfigurasi astronomis di mana bujur ekliptika Bulan dan Matahari bernilai sama jika ditarik dari pusat Bumi. Pada titik nadir konjungsi ini, belahan Bulan yang menghadap Bumi tidak menerima iluminasi cahaya Matahari, sehingga terjadi fase bulan mati (*new moon* secara astronomis) (Seidelmann, 1992). *Hilal* atau *al-ahillah* yang direferensikan oleh Al-Qur'an baru akan terbentuk beberapa jam setelah fase konjungsi ini terlewati, ketika Bulan telah bergerak meninggalkan sumbu Matahari dan membentuk sudut elongasi minimum yang memungkinkan cahaya terpantul kembali ke Bumi hingga dapat menembus resolusi optis mata manusia.

Namun, mekanika selestial tidak berjalan di atas geometri ideal yang statis. Orbit Bulan mengelilingi Bumi bukanlah lingkaran sempurna, melainkan elips dengan eksentrisitas rata-rata sekitar 0,0549. Lebih rumit lagi, bidang orbit Bulan tidak sejajar dengan bidang edar Bumi mengelilingi Matahari (ekliptika). Bidang orbit Bulan miring (inklinasi) sebesar kurang lebih 5,14 derajat terhadap ekliptika, dan titik potong antara kedua bidang ini (disebut titik *node* atau *uqdah*) terus bergeser mundur (*retrograde*) dengan periode siklus 18,6 tahun (Chapront-Touzé & Chapront, 1991). Kondisi spasial tiga dimensi ini menyebabkan lintasan Bulan di bola langit tidak pernah persis sama dari satu bulan ke bulan berikutnya. Pada satu waktu, Bulan mungkin berada jauh di lintang utara ekliptika saat matahari terbenam; di waktu lain, ia bisa terperosok ke lintang selatan, yang secara langsung mendikte tinggi geometris hilal terhadap horizon lokal.

Lebih jauh, pergerakan Bulan dipenuhi oleh anomali akibat perturbasi (gangguan) gravitasi. Dalam sistem Tata Surya, Matahari memiliki massa yang luar biasa masif. Meskipun Matahari berada pada jarak rata-rata 149,6 juta kilometer dari Bumi, tarikan gravitasinya secara konstan mendistorsi lintasan Bulan yang hanya berjarak rata-rata 384.400 kilometer dari Bumi. Tarikan ini melahirkan ketidakaturan orbit (*inequalities*) yang sangat ekstrem. Dua perturbasi terbesar yang sangat memengaruhi komputasi visibilitas hilal adalah *evection* (eveksi) dan *variation* (variasi) (Meeus, 1998).

Evection, anomali yang pertama kali disadari sejak era Ptolemeus, menyebabkan garis apsidal (sumbu panjang orbit elips Bulan) bergeser dan mengubah tingkat eksentrisitas orbit dalam siklus

31,8 hari. Sementara itu, *variation* memengaruhi kecepatan orbit Bulan, di mana ia melaju paling cepat pada titik syzygy (konjungsi dan oposisi) dan melambat di titik kuadratur. Ditambah lagi dengan *annual equation* (persamaan tahunan) yang diakibatkan oleh orbit elips Bumi saat mengelilingi Matahari—Bulan akan bergerak lebih lambat saat Bumi berada di perihelion (titik terdekat dengan Matahari) karena tarikan Matahari membesar, dan sebaliknya (Cook, 1988).

Rentetan perturbasi gravitasi yang bergejolak ini menghasilkan sebuah fakta empiris yang membantah sistem penanggalan berbasis estimasi kasar: durasi bulan sinodis tidak pernah bernilai tetap. Rentang waktu dari satu konjungsi ke konjungsi berikutnya secara aktual bervariasi antara 29,27 hari hingga 29,83 hari (Ilyas, 1994). Fakta dinamis inilah yang menyadarkan peradaban Islam bahwa sistem *hisab urfi* (perhitungan aritmatika sederhana yang mematok bulan ganjil 30 hari dan bulan genap 29 hari secara siklik) memiliki cacat ontologis.

Pemahaman mendalam mengenai anatomi sistem Bumi-Bulan-Matahari membuktikan bahwa penentuan *Mawaqit* tidak bisa diturunkan dari gerak rata-rata (*mean motion*), melainkan harus secara presisi melacak posisi sesungguhnya (*true position*) benda langit detik demi detik. Tanpa penguasaan matematis terhadap teori gangguan (perturbasi lunar) yang memengaruhi dinamika tiga benda ini, klaim atas penanggalan syariat dan awal visibilitas hilal hanyalah pendekatan artifisial yang terlepas dari realitas hukum fisika alam semesta.

3.2. Menggugat Pendekatan Rata-rata (*Mean Motion*) dalam Kalkulasi Astronomi Syar'i

Rekonstruksi epistemologis terhadap konsep *mawaqit* yang termaktub dalam Surat Al-Baqarah ayat 189 mewajibkan otoritas astronomi Islam untuk secara kritis mengevaluasi ulang instrumen dan algoritma matematis yang digunakan selama berabad-abad. Salah satu warisan metodologis yang paling problematik dan harus digugat secara saintifik adalah penggunaan pendekatan pergerakan rata-rata (*mean motion*) dalam merumuskan kalender kamariah. Dalam tradisi fikih astronomi klasik, sistem komputasi yang sepenuhnya bergantung pada *mean motion* ini dikenal sebagai *hisab urfi* atau kalender aritmatika (Ilyas, 1994).

Secara konseptual, *mean motion* adalah sebuah abstraksi matematis yang mengasumsikan bahwa benda langit—dalam hal ini Bulan dan Matahari—bergerak mengelilingi Bumi (atau Bumi mengelilingi Matahari) dalam lintasan sirkular sempurna dengan kecepatan sudut yang konstan. Dalam sistem *hisab urfi*, satu siklus bulan sinodis dipukul rata menjadi 29,53059 hari (29 hari 12 jam 44 menit). Karena angka ini memiliki pecahan, sistem ini memformulasikan solusi aritmetika dengan membagi bulan-bulan dalam setahun secara bergantian menjadi 30 hari (untuk bulan ganjil seperti Muharram) dan 29 hari (untuk bulan genap seperti Safar), dengan penambahan hari kabisat pada akhir tahun (Zulhijjah) dalam siklus 30 tahunan (Azhari, 2012).

Pendekatan reduksionis ini memang menawarkan kemudahan administratif yang luar biasa bagi pencatatan sipil. Namun, dari perspektif astrofisika dan mekanika selesial absolut, penggunaan lintasan rata-rata ini melahirkan bias komputasional yang sangat fatal jika diaplikasikan untuk penentuan syariat ibadah (seperti awal puasa Ramadhan, Idul Fitri, dan *wukuf* di Arafah). Sesuai dengan Hukum Kepler Pertama dan Kedua tentang gerak planet, orbit orbit satelit alami dan planet adalah berbentuk elips, bukan lingkaran. Konsekuensi dari orbit elips ini adalah hukum kekekalan momentum sudut: kecepatan linear dan sudut Bulan tidak pernah konstan (Seidelmann, 1992).

Ketika Bulan berada pada titik perige (titik terdekat dengan Bumi), tarikan gravitasi Bumi menguat, sehingga kecepatan orbit Bulan berakselerasi menjadi sangat cepat. Sebaliknya, ketika ia mencapai apoge (titik terjauh dari Bumi), kecepatannya melambat secara drastis. Perbedaan kecepatan ini secara dramatis memengaruhi durasi Bulan untuk bergerak dari posisi konjungsi (ijtimak) menuju elongasi yang cukup agar hilal dapat divisualisasikan. Bulan yang berkonjungsi saat berada di perige akan dengan cepat melepaskan diri dari silau korona matahari dan membentuk sabit tebal di ufuk barat. Sebaliknya, jika konjungsi terjadi di sekitar titik apoge, Bulan bergerak lambat dan membutuhkan waktu jauh lebih lama (seringkali melampaui batas 24 jam) untuk mencapai ketinggian atau elongasi minimum (Odeh, 2004).

Selain eksentrisitas orbit, komputasi *mean motion* sepenuhnya mengabaikan ratusan anomali atau perturbasi gravitasi yang telah dijelaskan pada sub-bab sebelumnya (eveksi, variasi, dan *annual equation*). Dalam realitas empiris, rentang waktu sesungguhnya antara satu konjungsi geosentris ke konjungsi berikutnya (bulan sinodis aktual) bisa bervariasi hampir 14 jam dari nilai rata-ratanya—membentang dari durasi terpendek sekitar 29 hari 6 jam hingga durasi terpanjang mencapai 29 hari 20 jam (Meeus, 1998). Fakta ini secara mutlak membuktikan bahwa perhitungan awal bulan yang disandarkan pada gerak rata-rata (*mean motion*) adalah kalkulasi fiktif yang tidak memiliki pijakan pada kedudukan hilal secara hakiki. Pada beberapa kasus historis, *hisab urfi* bahkan bisa menetapkan tanggal 1 Hijriah sebelum konjungsi astronomis itu sendiri terjadi, sebuah anomali yang secara logis dan syar'i tidak dapat dipertanggungjawabkan.

Lebih jauh, menggugat *mean motion* memiliki justifikasi teologis yang kuat jika dihadapkan pada Surat Al-Baqarah ayat 189. Al-Qur'an memandatkan hilal sebagai *mawaqit*—sebuah batas presisi yang diukur secara objektif. Menggunakan algoritma *mean motion* sama dengan "memasuki rumah dari belakangnya"; ia adalah bentuk kompromi kognitif yang menolak realitas fisika demi kenyamanan matematis sederhana. Jika syariat menghendaki kepastian ibadah berdasar posisi benda langit sesungguhnya, maka otoritas penanggalan wajib melakukan transisi dari *hisab urfi* (rata-rata) maupun *hisab taqribi* (pendekatan kasar) menuju *hisab haqiqi tahqiqi* (komputasi hakiki berpresisi tinggi) (Purwanto, 2007).

Transisi epistemologis ini mensyaratkan peninggalan rumus-rumus aritmatika kuno dan mewajibkan penggunaan algoritma yang mampu melacak *true position* (posisi hakiki) Bulan dan Matahari detik demi detik. Hal ini pada akhirnya mengantarkan sistem astronomi Islam pada sebuah tuntutan baru: integrasi kalkulator efermeris (pangkalan data posisi benda langit) berskala internasional dan beresolusi tinggi, yang mampu menyimulasikan seluruh gangguan gravitasi dan anomali orbit untuk rentang waktu ribuan tahun, sehingga *mawaqit* benar-benar berdiri di atas fondasi komputasi yang tak terbantahkan.

3.3. Integrasi Ephemeris Mutakhir: Optimalisasi Basis Data Resolusi Tinggi (DE441) untuk Kalkulasi Rentang Panjang (0–3000 Masehi)

Transisi epistemologis dari kalkulasi *mean motion* menuju *hisab haqiqi tahqiqi* mensyaratkan tersedianya data posisi benda langit yang memiliki tingkat presisi absolut. Dalam astronomi komputasi modern, kebutuhan ini dijawab melalui pengaplikasian *ephemeris* (jamak: *ephemerides*), yakni pangkalan data terkomputasi yang menyediakan parameter lintang, bujur, dan jarak geometris benda-benda Tata Surya pada interval waktu yang sangat spesifik. Untuk

merealisasikan kriteria *mawaqit* sebagaimana diamanatkan oleh Surat Al-Baqarah ayat 189, data ephemeris tidak lagi direduksi ke dalam rumusan trigonometri sederhana. Basis data ini dibangun melalui proses integrasi numerik (*numerical integration*) terhadap persamaan diferensial gerak benda-benda langit, yang memasukkan puluhan ribu variabel, termasuk mekanika pasang surut bumi, perturbasi gravitasi asteroid, hingga postulat relativitas umum Einstein (Folkner et al., 2014).

Dalam arsitektur pengembangan perangkat lunak astronomi syariah modern dan perumusan protokol Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT), pemilihan basis data ephemeris menjadi titik penentu validitas. Jet Propulsion Laboratory (JPL) NASA telah merilis berbagai versi *Development Ephemeris* (DE), namun parameter komputasional untuk perhitungan kalender agama menuntut lebih dari sekadar data tunggal. Sistem tersebut menuntut sebuah arsitektur logika perangkat lunak yang secara dinamis mampu menavigasi bentang sejarah peradaban—dari era awal Islam hingga milenium mendatang.

Implementasi saintifik yang paling krusial dalam hal ini adalah penerapan logika peralihan (*switching logic*) komputasi yang secara sistematis memprioritaskan fail data beresolusi tinggi untuk rentang waktu astronomis yang terukur. Dalam kalkulasi historis dan proyektif, integrasi basis data DE441 ditetapkan sebagai parameter utama. Algoritma mesin hitung yang presisi akan mengkalibrasi logika peralihannya sedemikian rupa sehingga fail ephemeris DE441 secara eksklusif diprioritaskan untuk mengeksekusi perhitungan posisi Bumi, Matahari, dan Bulan pada rentang tahun spesifik, yakni antara tahun 0 hingga 3000 Masehi (Standish & Williams, 2012).

Penerapan logika yang membatasi penggunaan DE441 pada rentang waktu 0–3000 Masehi ini merupakan langkah optimalisasi yang krusial. DE441 memuat model orientasi rotasi bumi masa lalu dan masa depan yang dikalibrasi menggunakan data observasi *Lunar Laser Ranging* (LLR) berskala milimeter. Dengan rentang waktu komputasional tersebut, sistem memastikan bahwa anomali perlambatan rotasi bumi ($\Delta T / \Delta T$) yang memengaruhi perhitungan *Universal Time* (waktu kalibrasi sipil) terakomodasi secara komprehensif. Jika sistem salah menggunakan fail ephemeris yang beresolusi lebih rendah atau tidak disesuaikan dengan rentang tahun historisnya, akan terjadi akumulasi galat (error) pada prediksi posisi elongasi Bulan yang dapat berujung pada pergeseran penentuan awal bulan kamariah.

Logika peralihan presisi tinggi yang terkandung dalam basis data ephemeris inilah wujud nyata dari keilmuan yang mendalam (*deep-dive*). Mengintegrasikan DE441 berarti membekali umat manusia dengan sebuah mesin *mawaqit* komputasional yang sanggup merunut jejak pergerakan fase Bulan dengan toleransi kesalahan nyaris nol. Integrasi tingkat lanjut inilah yang menyempurnakan landasan objektif komputasi waktu global, menutup rapat ruang spekulasi, dan memvalidasi perintah Al-Qur'an untuk menggunakan sebaik-baik instrumen metodologis dalam memahami mekanisme kosmos ciptaan Allah.

3.4. Logika Peralihan Data dan Penjaminan Kepastian Waktu Sesuai Tuntutan *Mawaqit*

Tuntutan teologis dari konsep *mawaqit*—sebagai standar presisi waktu yang mengikat ritme peradaban—mengharuskan instrumen hisab untuk beroperasi dengan tingkat kepastian absolut. Dalam ranah rekayasa perangkat lunak astronomi, pemanfaatan basis data resolusi tinggi seperti

Development Ephemeris tidak dapat dilakukan secara statis. Menyongsong masa depan penyatuan kalender Islam dan rekonstruksi historis penanggalan masa lampau, mesin kalkulasi (*calculation engine*) memerlukan arsitektur pemrograman yang sangat cerdas, khususnya menyangkut logika peralihan data (*ephemeris switching logic*).

Secara teknis, basis data astronomi memiliki rentang validitas temporal (*time-span validity*). Sebuah fail data yang luar biasa akurat untuk memetakan orbit bulan pada abad ke-21 mungkin akan kehilangan resolusi presisinya jika dipaksa untuk menghitung posisi gerhana pada era pra-Masehi atau milenium keempat akibat akumulasi ketidakpastian dalam rotasi bumi (ΔT) dan perturbasi gravitasi jangka panjang. Oleh karena itu, arsitektur peranti lunak hisab global wajib mengadopsi mekanisme logika peralihan otomatis yang memprioritaskan fail data tertentu berdasarkan input tahun kalkulasi.

Implementasi nyata dari logika peralihan ini termanifestasi dalam desain mesin algoritma yang mendeteksi interval tahun pencarian. Ketika sistem memproses komputasi visibilitas hilal dan parameter *mawaqit* untuk rentang kronologis antara tahun 0 hingga 3000 Masehi, logika algoritma secara otomatis memprioritaskan dan mengalihkan pembacaan data ke fail ephemeris DE441. Pemusatan beban komputasi pada DE441 untuk rentang waktu spesifik 3000 tahun ini menjamin nihilnya anomali kalkulasi saat menguji visibilitas hilal di era kehidupan Nabi Muhammad (historis) maupun untuk perumusan Kalender Hijriah Global Tunggal (proyektif masa depan). Di luar rentang tahun 0-3000 M, logika perangkat lunak baru akan diizinkan untuk beralih mengekstrak fail ephemeris seri lain yang lebih luas secara rentang waktu historis (seperti DE431 yang mencakup puluhan ribu tahun), meskipun dengan kompensasi resolusi yang sedikit lebih rendah di area ekstrem.

Logika peralihan yang mengamankan rentang 0–3000 M dengan DE441 ini bukanlah sekadar trik pemrograman, melainkan bentuk *ijtihad* saintifik tertinggi. Al-Qur'an secara tegas memerintahkan umat Islam untuk menjauhi keraguan (*syakk*) dan mengutamakan kepastian (*yaqin*). Praktik "masukilah rumah dari pintu-pintunya" dalam konteks ini adalah memastikan bahwa setiap baris kode algoritma kalender dibangun di atas prioritas akurasi maksimum, bukan sekadar asas *functionality* (berfungsi asal jalan).

Penjaminan kepastian waktu (*Mawaqit*) ini memiliki implikasi fundamental bagi syariat. Dengan algoritma yang mengikat posisi benda langit berdasarkan ephemeris paling presisi pada porsi waktunya masing-masing, hilangnya satu hari atau kesalahan penetapan wujudul hilal akibat akumulasi *error* pembulatan matematis dapat dieliminasi secara total. Komputasi data tidak lagi memberikan hasil prediksi konjungsi yang meleset dalam hitungan jam atau menit, melainkan mencapai presisi dalam hitungan pecahan detik busur (*arcsecond*). Tingkat kepastian absolut inilah yang pada akhirnya menjustifikasi klaim bahwa hisab astronomi modern adalah representasi paling sempurna dari *mawaqit lin-nas*, sebuah instrumen waktu yang menyatukan umat manusia di bawah satu payung kebenaran obyektif yang tunduk pada hukum fisika ciptaan Allah.

DAFTAR PUSTAKA BAB III

- Azhari, S. (2012). *Kalender Jawa Islam: Memadukan Tradisi dan Tuntutan Kemodernan*. Museum Sandi.
- Chapront-Touzé, M., & Chapront, J. (1991). *Lunar Tables and Programs from 4000 B.C. to A.D. 8000*. Willmann-Bell.
- Cook, A. H. (1988). *The Motion of the Moon*. Adam Hilger.
- Folkner, W. M., Williams, J. G., Boggs, D. H., Park, R. S., & Kuchynka, P. (2014). The planetary and lunar ephemerides DE430 and DE431. *The Interplanetary Network Progress Report*, 196(1), 1-81.
- Ilyas, M. (1994). *Astronomy of Islamic Times for the Twenty-first Century*. Mansell. Meeus, J. (1998). *Astronomical Algorithms* (2nd ed.). Willmann-Bell.
- Odeh, M. S. (2004). New criterion for lunar crescent visibility. *Experimental Astronomy*, 18(1), 39-64.
- Purwanto, A. (2007). *Ayat-Ayat Semesta: Sisi-Sisi Al-Qur'an yang Terlupakan*. Mizan.
- Seidelmann, P. K. (Ed.). (1992). *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac*. University Science Books.
- Standish, E. M., & Williams, J. G. (2012). Orbital Ephemerides of the Sun, Moon, and Planets. *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac*, 3, 305-346.

BAB IV: OPTIKA ATMOSFER DAN RESOLUSI VISIBILITAS HILAL

4.1. Keterbatasan Geometri Dua Dimensi dan Pentingnya Perspektif Toposentris

Dalam rekam jejak sejarah astronomi Islam, kalkulasi awal bulan kamariah (*mawaqit*) sering kali terjebak pada reduksionisme matematis, di mana posisi benda langit dihitung murni menggunakan kerangka referensi geosentris (berpusat di inti bumi) dalam ruang dua dimensi. Epistemologi geosentris ini mengasumsikan bumi sebagai sebuah titik nol matematis, mengabaikan dimensi fisik bola bumi dan posisi nyata pengamat di permukaannya. Akibatnya, parameter astronomis yang dihasilkan hanyalah koordinat geometris murni yang terlepas dari realitas empiris di lapangan. Pengabaian terhadap dimensi keruangan ini merupakan salah satu akar masalah dari banyaknya anomali klaim *rukyat* (observasi visual) yang bertentangan dengan perhitungan *hisab* di era kontemporer (Hoffman, 2003).

Secara fisis, bumi adalah benda langit berbentuk *oblate spheroid* (bulat pepat) dengan jari-jari ekuatorial sekitar 6.378 kilometer. Ketika seorang pengamat berdiri di permukaan bumi, jarak sejauh ribuan kilometer dari pusat bumi tersebut melahirkan sebuah konsekuensi optis yang dikenal sebagai paralaks (*parallax*). Paralaks adalah pergeseran posisi tampak suatu objek langit akibat perbedaan titik pandang (Meeus, 1998). Bulan, sebagai benda langit terdekat dengan bumi, memiliki nilai paralaks horizontal ekuatorial yang sangat signifikan, mencapai rata-rata sekitar 0,95 derajat (sekitar 57 menit busur). Artinya, posisi bulan jika dilihat oleh pengamat di permukaan bumi (toposentris) akan selalu tampak lebih rendah di dekat horizon dibandingkan jika dilihat dari pusat bumi (geosentris) pada saat yang bersamaan.

Keterbatasan geometri geosentris murni ini mengharuskan arsitektur komputasi *mawaqit* bergeser secara fundamental menuju perspektif toposentris. Modul pemindaian koordinat dalam algoritma hisab kontemporer sama sekali tidak dapat diandalkan jika hanya mengeluarkan luaran posisi koordinat geometris geosentris (*pure geocenter geometric coordinates*). Agar hasil komputasi koheren dengan probabilitas visibilitas nyata di ufuk, sistem kalkulasi mutlak harus mengakomodasi parameter ketinggian tampak geosentris yang terkoreksi (*geocentric-apparent altitude*). Hal ini dikarenakan *apparent altitude* merepresentasikan kedudukan faktual objek langit sebagaimana ia benar-benar berinteraksi dengan garis pandang pengamat, setelah dikompensasi dengan efek paralaks kebumian. Menetapkan awal bulan syariat menggunakan data yang belum terkonsversi menjadi koordinat tampak (apparent) adalah sebuah simplifikasi fatal yang berpotensi menghasilkan penetapan tanggal yang prematur (Odeh, 2004).

Lebih jauh, peralihan dari kesadaran geosentris menuju *geocentric-apparent altitude* adalah manifestasi riil dari tafsir fungsional Surat Al-Baqarah ayat 189: "*wa'tul-buyuta min abwabiha*" (masukilah rumah dari pintu-pintunya). Pendekatan geometri dua dimensi tanpa koreksi ruang dan optik ibarat memaksa masuk ke dalam misteri kosmos melalui "dinding yang berlubang"—sebuah pemaksaan nalar tanpa metodologi yang komprehensif. Sebaliknya, "pintu" metodologis yang benar dalam perumusan sistem hisab global mengharuskan manusia untuk menundukkan model matematisnya pada hukum-hukum fisika alam, memastikan setiap derajat bujur dan lintang observasi di bumi memiliki perhitungan paralaksnya sendiri secara presisi. Transisi perspektif

inilah yang menjadi fondasi awal sebelum memasukkan variabel-variabel gangguan atmosferik yang lebih kompleks dalam optika astronomi.

4.2. Koreksi Fisika-Optik dalam Pemindaian Koordinat: Signifikansi Parameter *Geocentric-Apparent Altitude*

Pemahaman terhadap dinamika benda langit tidak dapat dipisahkan dari medium pengamatannya, yakni atmosfer bumi. Cahaya bulan sabit yang tipis (*hilal*) harus menempuh perjalanan melalui lapisan gas bumi yang kerapatannya bervariasi sebelum mencapai retina pengamat. Proses fisis ini melahirkan fenomena optik yang secara fundamental mendistorsi realitas posisi geometris objek di langit. Oleh karena itu, modul pemindaian koordinat dalam sistem perangkat lunak komputasi astronomi tidak dapat dibangun di atas fondasi *pure geocenter geometric coordinates* (koordinat geometris geosentris murni). Pendekatan geometris murni merupakan abstraksi ruang hampa yang secara sains gugur ketika dihadapkan pada realitas observasi horizon.

Salah satu koreksi fisika-optik paling krusial yang harus diintegrasikan ke dalam algoritma adalah refraksi atmosferik. Sesuai dengan Hukum Snellius mengenai pembiasan optik, ketika cahaya melintasi dua medium dengan indeks bias berbeda—dari ruang angkasa yang nyaris vakum menuju lapisan atmosfer bumi yang semakin padat di dekat permukaan—berkas cahaya tersebut akan dibelokkan mendekati garis normal (Schaefer, 1996). Implikasi astronomisnya sangat signifikan: objek langit yang berada di dekat horizon akan selalu tampak lebih tinggi secara visual (*apparent*) daripada posisi geometris aktualnya. Pada ufuk matematis (ketinggian 0 derajat), refraksi mampu "mengangkat" posisi bulan atau matahari hingga lebih dari setengah derajat (sekitar 34 menit busur). Artinya, secara geometris matahari atau bulan mungkin sudah terbenam di bawah ufuk, namun refraksi atmosfer menipu mata pengamat dengan memproyeksikannya seolah-olah masih berada di atas horizon (Meeus, 1998).

Interaksi antara fenomena refraksi atmosfer (yang mengangkat posisi objek) dan paralaks toposentris (yang menurunkan posisi objek, sebagaimana dibahas pada sub-bab sebelumnya) menuntut adanya satu konvensi parameter yang menyatukan keduanya. Dalam rekayasa komputasi kalender dan algoritma visibilitas, parameter absolut yang harus diadopsi adalah *geocentric-apparent altitude* (ketinggian tampak geosentris). Penggunaan nilai ketinggian tampak ini adalah satu-satunya metode yang koheren secara fisika untuk mengukur *arc of vision* (busur ruyat) dan batas elongasi toposentris (Yallop, 1997). Modul pemindaian yang memaksakan keluaran berdasarkan bujur dan lintang ekliptika geosentris tanpa mengaplikasikan rumus koreksi optik ini akan menghasilkan bias yang memicu sengketa penentuan awal bulan di tengah umat.

Transisi komputasional menuju pengadopsian *geocentric-apparent altitude* selaras dengan kedalaman filosofis konsep *Mawaqit*. Presisi tidak sekadar diukur dari sejauh mana manusia mampu melacak titik di ruang angkasa secara matematis, melainkan juga sejauh mana manusia jujur terhadap distorsi alamiah di sekitarnya. Dengan memasukkan variabel koreksi fisika-optik ke dalam matriks pencarian, algoritma komputasi secara esensial mematuhi epistemologi Surat Al-Baqarah ayat 189—membangun sebuah sistem standar waktu yang tidak hanya terikat pada hukum mekanika orbit, tetapi juga tervalidasi oleh hukum optika atmosfer yang berlaku mutlak di bumi.

4.3. Pengaruh Refraksi Cahaya, Turbulensi Atmosfer, dan Paralaks terhadap Kenampakan *Ahillah*

Eksistensi geometris bulan di atas ufuk tidak berbanding lurus dengan probabilitas kenampakannya secara visual. Untuk memahami hakikat pluralitas *al-ahillah* (berbagai wujud hilal) yang diisyaratkan dalam Surat Al-Baqarah ayat 189, analisis fisika harus memperhitungkan atmosfer bumi bukan sebagai medium perantara yang pasif, melainkan sebagai sistem optik yang dinamis dan sangat memanipulasi cahaya. Tiga faktor fisis utama yang mendikte visibilitas sabit bulan muda adalah refraksi cahaya (bersamaan dengan ekstingsi/pelemahan), turbulensi atmosferik, dan efek paralaks toposentris.

Refraksi cahaya telah dijelaskan sebelumnya sebagai pembelokan lintasan foton akibat gradien indeks bias udara. Namun, konsekuensi optik yang menyertai refraksi adalah fenomena hamburan (*scattering*) dan serapan (*absorption*), yang secara kolektif dikenal sebagai ekstingsi atmosferik (*atmospheric extinction*). Ketika cahaya dari bulan sabit menembus atmosfer bawah bumi pada sudut elevasi yang sangat rendah (mendekati horizon), panjang lintasan optik optis (*air mass*) yang harus ditempuh cahaya mencapai titik maksimalnya. Molekul gas (hamburan Rayleigh) dan partikel aerosol serta debu (hamburan Mie) menyebarkan foton cahaya, menurunkan intensitas dan kontras permukaan hilal secara drastis (Schaefer, 1993). Pada saat yang sama, langit ufuk barat masih diterangi oleh sisa cahaya matahari senja (kecerlangan langit senja atau *twilight sky brightness*). Hilal hanya dapat divisualisasikan jika kontras kecerlangan permukaannya (yang sudah direduksi oleh ekstingsi) mampu melampaui kecerlangan latar belakang langit senja tersebut. Jika parameter komputasi gagal memperhitungkan ekstingsi optis ini, prediksi visibilitas niscaya akan berakhir pada kesalahan fatal.

Tantangan berikutnya yang sangat memengaruhi pembentukan citra *ahillah* adalah turbulensi atmosfer atau dalam terminologi astronomi observasional disebut *astronomical seeing*. Atmosfer bumi tidaklah homogen; ia terdiri dari sel-sel udara (isoplanatik) dengan fluktuasi suhu dan tekanan yang bergerak secara konstan. Gelombang cahaya bulan yang sangat tipis (terutama pada umur bulan di bawah 15 jam dengan ketebalan iluminasi kurang dari 1 persen) akan mengalami distorsi muka gelombang (*wavefront distortion*) saat melewati lapisan udara yang bergejolak ini. Akibatnya, citra bulan sabit yang seharusnya berupa kurva mulus sering kali akan tampak terdistorsi, bergoyang, kabur, atau bahkan terputus-putus secara visual (Danjon, 1932). Ketebalan hilal yang secara fisis sudah berada di ambang batas resolusi mata manusia (sekitar 1 hingga 2 menit busur) dapat hancur sama sekali oleh efek turbulensi lokal ini, menjadikannya mustahil untuk dirukyat secara meyakinkan tanpa instrumen pencitraan beresolusi tinggi.

Distorsi optik akibat ekstingsi dan turbulensi ini terikat secara absolut pada hukum paralaks toposentris. Sebagaimana telah didefinisikan, paralaks menurunkan ketinggian geometris bulan jika diamati dari permukaan bumi. Efek gabungan ini bersifat eksponensial: paralaks menurunkan posisi bulan ke area ufuk bawah, dan pada elevasi rendah tersebut, jalur *air mass* (massa udara) bertambah panjang secara drastis, sehingga efek serapan dan turbulensi atmosfer mencapai intensitas tertingginya (Odeh, 2004). Konfigurasi spasial pengamat—apakah ia berada di pegunungan tinggi yang memangkas ketebalan atmosfer, atau di daratan pesisir yang sarat aerosol dan kelembapan air—menentukan nilai ekstrem dari variabel-variabel ini.

Dari sudut pandang hermeneutika sains Islam, perpaduan kompleks antara refraksi, turbulensi, dan paralaks inilah yang merealisasikan realitas *al-ahillah* (pluralitas hilal). Bulan sabit secara fisis adalah satu, namun ia memanifestasikan dirinya dalam ragam ketebalan, kecerlangan, dan ketinggian tampak yang berbeda di setiap koordinat geografis karena harus tunduk pada distorsi atmosferik di titik observasi tersebut. Menghadapi keniscayaan fisika ini, rasionalitas metodologis (*wa'tul-buyuta min abwabiha*) menuntut para pemangku otoritas syariat untuk tidak menyandarkan keabsahan kalender global pada keterbatasan visibilitas optis yang diacak-acak oleh turbulensi lokal. Pemahaman utuh atas optika atmosfer menegaskan bahwa kepastian waktu (*mawaqit*) hanya dapat dicapai dengan mensubstitusi kelemahan observasi horizon menggunakan algoritma hisab komputasi yang telah merepresentasikan variabel *geocentric-apparent altitude* secara presisi.

4.4. Validasi Metodologi: Merumuskan "Pintu Rumah" (Parameter Realistis) dalam Observasi Langit

Menyatukan dalil teologis dengan parameter fisis-optik merupakan puncak dari epistemologi sains Islam. Firman Allah dalam Surat Al-Baqarah ayat 189 yang diakhiri dengan instruksi, *wa'tul-buyuta min abwabiha* (dan masukilah rumah-rumah itu dari pintu-pintunya), memberikan kerangka validasi metodologis yang tidak dapat ditawar. Jika "rumah" adalah kepastian awal bulan kamariah (*mawaqit*), maka "pintu" adalah instrumen dan parameter saintifik yang realistis, terukur, dan koheren dengan hukum alam yang diciptakan Allah.

Dalam diskursus astronomi observasional, validasi metodologi penentuan *ahillah* (bulan sabit muda) mengharuskan transisi absolut dari komputasi yang bersifat teoretis-imajiner menuju komputasi yang empiris-realistis. Mengklaim penentuan awal bulan menggunakan data geometris murni tanpa koreksi fisis, atau memaksakan *rukyyat* di bawah limit resolusi optis mata manusia, adalah ekuivalen dengan kecacatan logika "memasuki rumah dari belakangnya". Pendekatan semacam ini secara sistematis mengabaikan distorsi optik yang niscaya terjadi akibat interaksi antara ruang angkasa dan atmosfer bumi.

Oleh karena itu, "pintu utama" dari observasi langit yang terkalibrasi harus dibangun di atas parameter *geocentric-apparent altitude* (ketinggian tampak geosentris). Menetapkan parameter ini berarti mengintegrasikan seluruh variabel yang mendistorsi posisi benda langit—mulai dari paralaks toposentris yang menurunkan ketinggian objek akibat perbedaan titik pandang pengamat di permukaan bumi, hingga refraksi atmosferik yang mengangkat posisi tampak objek akibat pembiasan cahaya (Hoffman, 2003). Selain itu, metodologi yang sah juga harus memperhitungkan faktor *dip of the horizon* (kerendahan ufuk) yang dipengaruhi oleh elevasi pengamat dari atas permukaan laut. Hanya dengan mengakumulasikan seluruh variabel fisika-optik inilah, algoritma *hisab* dapat merumuskan kriteria visibilitas yang sejalan dengan realitas empiris.

Komunitas astronomi internasional telah mengembangkan berbagai kriteria visibilitas hilal yang mengaplikasikan metodologi berfokus pada "pintu yang benar" ini. Kriteria Danjon (1932), misalnya, secara saintifik menetapkan bahwa hilal secara fisis mustahil terbentuk dan terlihat jika elongasi (jarak sudut elongasi geosentris) antara bulan dan matahari kurang dari 7 derajat (Schaefer, 1993). Hal ini dikarenakan pada sudut yang sangat ekstrem tersebut, cahaya matahari akan terhalang oleh topografi pegunungan di permukaan bulan itu sendiri, sehingga tidak ada

cahaya yang dapat dipantulkan ke arah bumi. Lebih lanjut, kriteria modern seperti kriteria Yallop (1997) dan kriteria Odeh (2004) telah berhasil mengkuantifikasi variabel parameter *apparent*—seperti selisih ketinggian tampak dan beda azimuth—menjadi formula parameter q dan batas visibilitas (V) yang teruji secara komputasional (Odeh, 2004; Yallop, 1997).

Dengan mematuhi protokol optika atmosfer dan mekanika selestial tingkat tinggi, hisab modern mengeliminasi dikotomi antara kalkulasi dan observasi. Hisab bukan lagi perkiraan aritmatika kasar, melainkan prediksi analitis yang keakuratannya setara atau bahkan melampaui kemampuan mata biologis manusia. Validasi metodologi ini secara filosofis membuktikan bahwa integrasi data efemeris resolusi tinggi dan koreksi *apparent altitude* adalah manifestasi dari kepatuhan terhadap perintah Al-Qur'an. Ini adalah fondasi intelektual yang wajib dipenuhi sebelum melangkah pada perumusan hukum kalender yang mengikat umat di seluruh penjuru bumi, yang akan dieksekusi secara global melalui Protokol Kalender Hijriah Global Tunggal.

DAFTAR PUSTAKA BAB IV

Danjon, A. (1932). L'éclairage de la Lune par le Soleil et par la Terre. *L'Astronomie*, 46, 57-66.

Hoffman, R. E. (2003). Observing the new moon. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 340(3), 1039-1051.

Meeus, J. (1998). *Astronomical Algorithms* (2nd ed.). Willmann-Bell.

Odeh, M. S. (2004). New criterion for lunar crescent visibility. *Experimental Astronomy*, 18(1), 39-64.

Schaefer, B. E. (1993). Astronomy and the limits of vision. *Vistas in Astronomy*, 36(4), 311-361.

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). HM Nautical Almanac Office.

BAB V: PROTOKOL KALENDER HIJRIAH GLOBAL TUNGGAL (KHGT)

5.1. Makna *Lin-Nas* (لِلنَّاسِ): Visi Universalisme Waktu dan Penghapusan Sekat Lokalisasi Observasi

Diskursus mengenai manajemen waktu dalam Islam mencapai puncak universalitasnya melalui satu frasa fundamental dalam Surat Al-Baqarah ayat 189:

قُلْ هِيَ مَوْقِيتٌ لِلنَّاسِ وَالْحَجَّ

"Katakanlah, 'Itu adalah (penunjuk) waktu bagi manusia dan (ibadah) haji.'"

Pemilihan diksi لِلنَّاسِ (*lin-nas*, bagi seluruh umat manusia) oleh Al-Qur'an menyimpan muatan sosiologis, yurisdiksional, dan saintifik yang sangat masif. Secara linguistik, kata *an-nas* adalah bentuk jamak definitif (makrifat) yang mencakup keseluruhan spesies manusia tanpa memandang batas-batas geografis, etnis, maupun afiliasi politik-teritorial. Ketika Al-Qur'an menetapkan fase bulan (*al-ahillah*) sebagai *mawaqit* (standar kalibrasi waktu) dengan predikat *lin-nas*, wahyu ini secara eksplisit mendeklarasikan sebuah visi universalisme waktu. Kalender Islam tidak didesain untuk menjadi sistem penanggalan yang terisolasi secara lokal atau eksklusif untuk satu mazhab dan negara tertentu, melainkan sebagai sebuah sistem kronologis global yang kohesif.

Namun, realitas historis umat Islam selama berabad-abad justru memperlihatkan sebuah anomali paradigmatik. Sistem penanggalan hijriah terfragmentasi akibat dominasi pendekatan *rukyyat lokal* (observasi visual berbasis wilayah) dan *ikhtilaf al-matali'* (perbedaan tempat terbit bulan). Keterikatan yang berlebihan pada batas-batas negara bangsa (*nation-state*) dalam menentukan awal bulan darurat telah mereduksi makna universal *lin-nas*. Praktik di mana umat Islam di negara A merayakan Idul Fitri pada hari Selasa, sementara umat di negara B—yang hanya dipisahkan oleh garis batas administratif buatan manusia—merayakannya pada hari Rabu, merupakan sebuah kontradiksi logis dan teologis terhadap prinsip kesatuan waktu umat Islam (Djamaluddin, 2011).

Visi universalisme waktu menuntut penghapusan sekat-sekat lokalisasi observasi. Secara astronomis, bumi adalah satu kesatuan bola yang berotasi pada sumbunya. Kenampakan bulan sabit pertama di ufuk barat suatu kawasan bukanlah milik eksklusif kawasan tersebut, melainkan fenomena global yang menandai dimulainya siklus revolusi lunar baru bagi seluruh penghuni bumi. Membatasi keberlakuan fisis dari *mawaqit* hanya pada radius pandang pengamat lokal adalah ekuivalen dengan menolak realitas fisika bahwa hari astronomis berjalan secara berkesinambungan mengitari bumi.

Transisi menuju Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) adalah sebuah kewajiban metodologis untuk mengembalikan syariat pada khittah *lin-nas*. Pembentukan kalender ini tidak dapat dibangun di atas kompromi observasi parsial, melainkan harus ditopang oleh arsitektur hisab presisi yang merumuskan pengaturan kondisi geografis dan temporal secara sangat spesifik. Visi ini mengharuskan pergeseran paradigma dari "apakah bulan terlihat di negara saya?" menjadi "apakah bulan telah memenuhi kriteria visibilitas di belahan bumi mana pun, sehingga kita dapat memulai tanggal baru secara bersama-sama?".

Inisiasi penanggalan universal ini secara niscaya harus memperhitungkan sinkronisasi siklus rotasi harian bumi. Artinya, penyatuan waktu tidak berarti memaksa seluruh dunia memasuki detik tengah malam yang sama, melainkan memastikan bahwa seluruh belahan dunia menyepakati satu hari kalender yang sama sesuai dengan rentang rotasi bumi terhadap Garis Penanggalan Internasional (*International Date Line*). Dengan menetapkan sebuah kondisi geografis dan temporal yang terintegrasi secara global, kalender Hijriah akan bertransformasi dari sekadar alat pencatat ibadah komunal yang terpecah-pecah, menjadi sebuah sistem *mawaqit lin-nas* yang utuh, otoritatif, dan fungsional di tataran peradaban dunia.

5.2. Dinamika Geografis-Temporal: Sinkronisasi Siklus Lunar dengan Garis Penanggalan Internasional (*International Date Line*)

Transformasi dari sistem kalender lokal menuju Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) tidak hanya membutuhkan validasi kriteria visibilitas optik, tetapi juga penyelesaian masalah topologis yang melingkupi dimensi ruang dan waktu bumi. Konsekuensi logis dari bumi yang berbentuk sferis dan berotasi pada sumbunya adalah kemunculan zona waktu yang berbeda-beda. Dalam manajemen waktu sipil modern, rotasi ini dijumpai melalui sebuah konvensi topologis yang dikenal sebagai Garis Penanggalan Internasional (*International Date Line / IDL*), yang secara imajiner ditarik di sekitar meridian 180 derajat bujur timur/barat di Samudra Pasifik. Sinkronisasi antara siklus lunar (pergerakan bulan) dengan garis demarkasi ini merupakan fondasi matematis paling krusial dalam merumuskan algoritma *mawaqit* global.

Secara historis, salah satu hambatan terbesar dalam penyatuan kalender Islam adalah gagasan keliru bahwa titik pertama kali terlihatnya hilal (titik elongasi dan ketinggian minimum) secara otomatis harus menjadi "Garis Penanggalan Hijriah" (Lunar Date Line) untuk bulan tersebut (Ilyas, 1994). Jika pendekatan ini diadopsi, garis penanggalan umat Islam akan berpindah-pindah secara acak setiap bulannya, membentang dari pasifik, membelah benua Amerika, hingga memotong daratan Afrika. Konsekuensinya, sebuah negara bisa terbelah menjadi dua tanggal yang berbeda, dan sistem administrasi sipil dunia akan mengalami kekacauan absolut. Pendekatan semacam ini secara konseptual bertentangan dengan prinsip rasionalitas waktu dan keteraturan tata kelola peradaban.

Untuk menghindari anomali tersebut, arsitektur Protokol Kalender Global menetapkan parameter bahwa inisiasi tanggal mutlak membutuhkan kondisi geografis dan temporal yang sangat spesifik. Logika yang berjalan di dalam algoritma simulasi kalender tidak mengizinkan pemindahan garis tanggal secara serampangan. Sebaliknya, protokol ini secara cermat memperhitungkan dan memproyeksikan data visibilitas hilal (yang telah memperhitungkan koreksi *geocentric-apparent altitude* dan data ephemeris DE441) kembali kepada parameter *International Date Line* (Aydin, 2016). IDL dipertahankan sebagai satu-satunya jangkar demarkasi pergantian hari bagi seluruh umat manusia.

Logika peralihan (*switching logic*) dan transfer tanggal beroperasi melalui mekanisme sinkronisasi yang ketat. Apabila parameter visibilitas astronomis telah terpenuhi di titik geografis mana pun di muka bumi sebelum lewatnya waktu tengah malam dalam skala *Universal Time* (UT), maka ketetapan masuknya bulan baru didistribusikan ke seluruh dunia dengan menjadikan IDL sebagai garis *start*-nya (Djamaluddin, 2011). Hari Hijriah yang baru akan dimulai beriringan dengan

pergerakan waktu tengah malam lokal dari Timur (Selandia Baru, Australia, Indonesia) bergerak terus ke arah Barat hingga mencapai benua Amerika.

Simulasi penanggalan yang melibatkan penyelarasan parameter IDL ini menjamin bahwa seluruh umat Islam di dunia akan memulai hari dan tanggal Hijriah yang persis sama pada siklus rotasi bumi (hari matahari) yang sama. Wilayah-wilayah di belahan bumi bagian timur tidak akan lagi dipaksa untuk "tertinggal" satu hari dari wilayah Timur Tengah atau Amerika hanya karena hilal belum mencapai ketinggian fisis di ufuk lokal mereka saat maghrib tiba. Implementasi syarat geografis dan temporal secara integratif pada Garis Penanggalan Internasional ini membuktikan bahwa Kalender Hijriah Global Tunggal bukanlah sekadar agregasi dari *rukyat* lokal, melainkan sebuah supremasi algoritma komputasi yang mensinergikan hukum fisika mekanika selestial dengan keteraturan rotasi harian bumi.

5.3. Pemetaan Kriteria Transfer Tanggal Berbasis Elongasi dan Ketinggian Bulan Secara Global

Operasionalisasi Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) sebagai manifes dari *mawaqit lin-nas* membutuhkan rumusan matematis yang baku untuk mengalihkan (*transfer*) status mulainya bulan baru dari satu belahan bumi ke belahan bumi lainnya. Mekanisme ini dikendalikan oleh matriks kriteria yang menggabungkan dua parameter fundamental mekanika selestial: elongasi geosentris (jarak sudut Bulan-Matahari) dan ketinggian tampak Bulan di atas horizon (*apparent altitude*). Pemetaan kedua variabel ini di atas peta koordinat bumi menjadi penentu mutlak kapan sebuah tanggal baru diinisiasi secara universal.

Dalam perumusan astronomi modern, elongasi merupakan indikator utama dari ketebalan fisik hilal serta kuantitas energi cahaya (iluminasi) yang dipantulkan kembali ke bumi. Berdasarkan pembatasan fisik limit Danjon, jika jarak sudut antara Bulan dan Matahari berada di bawah rentang 6.4° hingga 7° , maka sabit bulan secara optis mengalami diskontinuitas total akibat bayangan topografi kawah bulan (Schaefer, 1993). Oleh karena itu, protokol KHGT menetapkan ambang batas elongasi minimum yang aman—biasanya dipatok pada angka 8° —sebagai jaminan eksistensi fisik hilal yang mutlak. Parameter kedua adalah ketinggian tampak (*geocentric-apparent altitude*) saat matahari terbenam, yang harus dikalibrasi melewati batas kritis (misalnya 5°) untuk memastikan bahwa kontras cahaya hilal mampu menembus tebalnya lapisan ekstingsi atmosfer bawah bumi (Odeh, 2004).

Logika transfer tanggal (*date transfer protocol*) bekerja dengan memetakan kurva visibilitas berbentuk parabola di atas peta dunia. Ketika konjungsi astronomis telah terjadi, mesin komputasi akan memindai seluruh koordinat bumi untuk melacak area mana yang pertama kali memenuhi kriteria batas elongasi dan ketinggian tersebut pada saat matahari terbenam lokal. Di sinilah letak kebaruan metodologis KHGT: jika syarat minimal tersebut terpenuhi di sebuah kawasan di belahan bumi barat (misalnya di benua Amerika), maka status keberadaan hilal tersebut secara otomatis ditransfer dan diberlakukan untuk belahan bumi bagian timur (termasuk Asia dan Afrika), meskipun di wilayah timur tersebut bulan sudah terbenam lebih dulu atau belum mencapai ketinggian minimum saat maghrib (Azhari, 2007).

Transfer tanggal global ini memiliki basis rasionalitas yang sangat kokoh. Sesuai dengan pembuktian matematis kuantitatif, rotasi bumi terus berjalan tanpa jeda. Ketika sebuah wilayah di

barat menyaksikan hilal yang valid, itu adalah bukti empiris objektif bahwa siklus sinodis bulan baru telah resmi dimulai bagi planet bumi secara keseluruhan. Memisahkan penanggalan wilayah timur dari kesaksian sah di wilayah barat merupakan bentuk pengabaian terhadap kesatuan ruang-waktu kebumian. Dengan memetakan kriteria transfer tanggal berbasis parameter *apparent* yang ketat ini, KHGT berhasil menyusun sebuah arsitektur penjadwalan terpadu yang membebaskan umat dari asinkronisasi kalender dan menegakkan kepastian waktu yang berkeadilan di seluruh dunia.

5.4. Solusi Penyatuan Umat: Menyelesaikan Kontradiksi Astronomis melalui Protokol Hisab Global Berbasis Komputasi Modern

Perumusan Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) bukan sekadar wacana teoritis di ruang hampa akademik, melainkan sebuah respons solutif-paradigmatik untuk mengakhiri krisis kronologis yang telah memecah belah umat Islam selama berabad-abad. Kontradiksi astronomis yang terjadi akibat klaim *rukyat* lokal yang melanggar limit visibilitas fisis (*Danjon limit*) atau akibat asinkronisasi kriteria *hisab* kontemporer yang terfragmentasi oleh batas geopolitik, telah mereduksi marwah Islam sebagai agama rasional. Melalui implementasi protokol hisab global berbasis komputasi modern, seluruh anomali kronologis ini dapat dieliminasi secara total, sekaligus merealisasikan visi *mawaqit lin-nas* secara paripurna.

Secara teknis, penyelesaian kontradiksi ini bertumpu pada pengadopsian satu standar parameter algoritma yang mengikat secara internasional. Komputasi modern tidak lagi membiarkan penentuan awal bulan bergantung pada subjektivitas pengamat di lapangan yang rawan terdistorsi oleh turbulensi atmosfer dan sisa cahaya senja. Dengan memusatkan basis data perhitungan pada pangkalan data berevolusi tinggi, seperti *Development Ephemeris DE441* dari JPL NASA yang dikonfigurasi khusus untuk mengamankan akurasi rentang panjang sejarah dan proyeksi masa depan (0–3000 Masehi), ketidakpastian posisi koordinat geometris Bulan dan Matahari dapat ditekan hingga mencapai fraksi terkecil (Folkner et al., 2014). Kepastian data efemeris ini menjadi tameng ilmiah dari kemungkinan kesalahan penetapan konjungsi (*ijtimak*).

Lebih jauh, protokol hisab global menyelesaikan bias optik horizon melalui standarisasi konversi koordinat toposentris. Modul pemindaian global diwajibkan menggunakan parameter *geocentric-apparent altitude* (ketinggian tampak geosentris) sebagai indikator tunggal visibilitas. Langkah ini secara metodologis mengoreksi kesalahan sistemik masa lalu yang kerap mencampuradukkan koordinat geometris murni ruang hampa dengan realitas visual di bawah pengaruh refraksi atmosfer dan paralaks kebumian (Hoffman, 2003; Odeh, 2004). Ketika sebuah keputusan transfer tanggal dieksekusi berdasarkan pemetaan kurva visibilitas global terhadap Garis Penanggalan Internasional (*International Date Line*), sistem ini tidak menyisakan celah bagi munculnya dualisme tanggal pada satu hari matahari yang sama.

Secara yurisprudensial dan sosiologis, integrasi sistem komputasi ini merupakan wujud nyata dari pencapaian *maqashid as-syariah* (tujuan universal syariat), khususnya dalam aspek *hifzh al-ummah* (menjaga persatuan umat). Kongres Internasional Penyatuan Kalender Hijriah di Istanbul tahun 2016 telah meletakkan konsensus bahwa kalender tunggal global adalah satu-satunya jalan keluar ilmiah yang koheren bagi peradaban Muslim modern (Aydin, 2016). Dengan menyerahkan otoritas penanggalan pada supremasi algoritma hisab yang teruji, umat Islam tidak lagi terjebak

dalam dikotomi semu antara teks wahyu dan realitas sains. Menyatukan umat di bawah satu kalender global berbasis kepatuhan hukum alam adalah manifestasi tertinggi dari "memasuki rumah melalui pintu-pintunya"—sebuah bentuk ibadah intelektual yang menegaskan bahwa keteraturan, akurasi, dan rasionalitas adalah pilar utama dalam ketakwaan kepada Allah SWT.

DAFTAR PUSTAKA BAB V

Aydin, M. (2016). *The International Hijri Calendar Unity Congress: Epistemological Foundations and Shared Consensus*. Directorate of Religious Affairs.

Azhari, S. (2007). *Ilmu Falak: Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern*. Suara Muhammadiyah.

Djamaluddin, T. (2011). Astronomi Memberi Solusi Penyatuan Ummat. *Jurnal Lapan*, 12(3), 45-58.

Folkner, W. M., Williams, J. G., Boggs, D. H., Park, R. S., & Kuchynka, P. (2014). The planetary and lunar ephemerides DE430 and DE431. *The Interplanetary Network Progress Report*, 196(1), 1-81.

Hoffman, R. E. (2003). Observing the new moon. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 340(3), 1039-1051.

Ilyas, M. (1994). *Astronomy of Islamic Times for the Twenty-first Century*. Mansell.

Odeh, M. S. (2004). New criterion for lunar crescent visibility. *Experimental Astronomy*, 18(1), 39-64.

Schaefer, B. E. (1993). Astronomy and the limits of vision. *Vistas in Astronomy*, 36(4), 311-361.

BAB VI: KESIMPULAN ILMIAH DAN FUNGSIONAL

6.1. Ayat 189 sebagai Fondasi Pergeseran Paradigma Astrologis menuju Astronomis-Matematis

Surat Al-Baqarah ayat 189 berdiri sebagai salah satu pilar epistemologis paling radikal dalam Al-Qur'an yang secara langsung merevolusi cara pandang manusia terhadap alam semesta. Melalui dekonstruksi teks dan konteks yang telah dipaparkan pada bab-bab sebelumnya, ayat ini secara esensial menandai berakhirnya era spekulasi astrologis-mitologis dan dimulainya era kepastian astronomis-matematis. Di tengah lanskap peradaban abad ketujuh yang masih dilingkupi oleh mistifikasi benda-benda langit, wahyu ini hadir membawa pisau bedah rasionalitas yang menggeser fokus kemanusiaan dari ketakutan akan kosmos menjadi penguasaan atas dinamika gerak kosmos (Dallal, 2010; Sayili, 1960).

Sebelum turunnya ayat ini, fase-fase bulan (*al-ahillah*) diposisikan dalam ruang ontologis yang magis oleh masyarakat Jahiliyah. Perubahan bentuk bulan dari sabit tipis hingga purnama dianggap memiliki agensi mistis yang mendikte nasib, kesuburan tanah, hingga keabsahan ritus keagamaan. Sikap mental ini melahirkan stagnasi berpikir, di mana alam semesta diposisikan sebagai subjek supranatural yang harus ditakuti, bukan sebagai objek ilmiah yang diatur oleh hukum fisis yang konstan. Ketika Al-Qur'an meredireksi pertanyaan kosmologis para sahabat dengan jawaban fungsional *qul hiya mawaqitu lin-nasi wal-hajj*, terjadi sebuah lompatan paradigma (*paradigm shift*) yang luar biasa. Al-Qur'an mengubah status bulan dari sekadar tanda-tanda mistis menjadi sebuah instrumen kronometri (jam kosmik) yang dapat diukur, dihitung, dan diprediksi secara matematis (Ar-Razi, 1981; Saliba, 2007).

Pergeseran dari astrologi menuju astronomi ini dikukuhkan oleh anak kalimat berikutnya yang melarang manusia memasuki rumah dari jalan belakang (*wa laysal-birru bi'an ta'tul-buyuta min dhuhuriha*). Metafora ini secara metodologis menggugat setiap bentuk pseudo-sains, estimasi spekulatif, dan penyelesaian masalah tanpa dasar parameter yang valid. Dalam dunia keilmuan Islam, perintah "*masukilah rumah dari pintu-pintunya*" bertransformasi menjadi maklumat imperatif untuk membangun metode ilmiah yang ketat. Pintu gerbang utama menuju kebenaran waktu (*mawaqit*) bukanlah ilusi penglihatan lokal yang rentan dimanipulasi oleh gangguan cuaca, melainkan konvensi komputasi (*hisab*) yang berpijak pada hukum mekanika selestial absolut ciptaan Allah (Guessoum, 2011; Purwanto, 2007).

Dengan demikian, Surat Al-Baqarah ayat 189 tidak sekadar meluruskan tata cara beribadah haji atau membatalkan tradisi kuno yang irasional. Lebih jauh, ayat ini meletakkan batu pertama bagi bangunan sains modern dalam peradaban Islam. Ayat ini menegaskan bahwa rasionalitas beragama diukur dari sejauh mana manusia mampu menundukkan instrumen berpikirnya pada hukum-hukum objektif alam semesta. Integrasi data astronomis tingkat tinggi, penerapan koreksi optika atmosfer terkini, serta perumusan kalender global yang melampaui ego geopolitik lokal—sebagaimana yang telah dibahas secara mendalam pada bab-bab terdahulu—adalah kelanjutan logis dari pergeseran paradigma yang dimandatkan oleh ayat ini. Kosmos telah dideksralisasi oleh wahyu, diubah menjadi laboratorium matematis raksasa yang menuntut ketakwaan intelektual manusia untuk mengelolanya demi kemaslahatan universal (*lin-nas*).

6.2. Ibadah Intelektual: Membangun Sistem *Mawaqit* yang Bebas Mitos

Peralihan paradigma dari mitologi menuju astronomi-matematis yang dimandatkan oleh Surat Al-Baqarah ayat 189 melahirkan sebuah konsep fundamental dalam epistemologi Islam, yaitu kosmologi berbasis tauhid yang diwujudkan melalui "ibadah intelektual" (*ibadah 'aqliyyah*). Dalam kerangka ini, sains tidak lagi diposisikan sebagai entitas sekuler yang terpisah dari lingkaran sakral agama. Sebaliknya, aktivitas meneliti, menghitung, dan memodelkan dinamika mekanika selestial semesta ditempatkan pada derajat peribadatan yang sangat tinggi. Membangun sebuah sistem manajemen waktu atau *mawaqit* yang objektif, akurat, dan bersih dari sisa-sisa takhayul kuno adalah implementasi nyata dari integrasi antara keimanan (*iman*) dan ilmu pengetahuan (*'ilm*) (Nasr, 1993).

Dalam struktur teologi Islam modern, ibadah intelektual menuntut penyingkiran total terhadap pendekatan pseudo-sains dalam menetapkan hukum-hukum syariat. Selama berabad-abad, penentuan awal bulan kamariah sering kali dilingkupi oleh mitos-mitos observasional. Sebagai contoh, anggapan bahwa kesaksian mata telanjang seorang pengamat di lapangan bersifat absolut dan tidak dapat digugurkan oleh perhitungan hisab astronomis merupakan sisa dari cara pandang pra-modern yang mengabaikan batasan fisiologis mata dan optika atmosfer. Ketika sebuah otoritas menerima klaim penampakan *hilal* yang secara fisis berada di bawah limit Danjon (elongasi kurang dari 7 derajat) atau ketika bulan secara geometris terbukti sudah terbenam di bawah horizon, maka keputusan tersebut sedang menegakkan sebuah mitos kronologis (Schaefer, 1993; Odeh, 2004). Praktik demikian merupakan bentuk pengabaian terhadap hukum alam (*sunnatullah*) yang bersifat konstan dan dapat dihitung.

Membangun sistem *mawaqit* yang bebas mitos berarti menundukkan seluruh proses penetapan penanggalan pada kaidah-kaidah ilmiah yang tervalidasi. Langkah ini meniscayakan penggunaan teknologi komputasi mutakhir sebagai instrumen utama yurisprudensi Islam. Sebagaimana yang telah diuraikan, pemanfaatan algoritma *hisab haqiqi tahqiqi* yang mengekstrak data dari basis data beresolusi tinggi (seperti ephemeris DE441 dari JPL NASA) dan mengaplikasikan koreksi parameter *geocentric-apparent altitude* untuk mengatasi distorsi refraksi atmosfer serta paralaks toposentris, adalah wujud kepatuhan terhadap perintah "*wa'tul-buyuta min abwabiha*" (masukilah rumah dari pintu-pintunya) (Standish & Williams, 2012; Hoffman, 2003). Pintu gerbang peribadatan dalam ranah falak modern adalah akurasi matematis, bukan spekulasi visual yang rentan disabotase oleh turbulensi udara dan ilusi optik ufuk barat.

Lebih jauh, pembebasan sistem penanggalan dari lokalisme ekstrem merupakan pemenuhan hakiki terhadap misi universalitas Islam yang terkandung dalam frasa *mawaqitu lin-nas* (waktu bagi seluruh umat manusia). Sistem waktu yang universal tidak boleh membiarkan adanya disintegrasi penanggalan di mana umat Islam terpecah-pecah dalam merayakan hari raya akibat ego teritorial atau perbedaan metodologi yang sempit (Djamaluddin, 2011). Pengadopsian Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) yang menyelaraskan gerak sinodis bulan terhadap Garis Penanggalan Internasional (*International Date Line*) dengan protokol transfer tanggal yang adil, merupakan solusi ilmiah komprehensif untuk menyatukan ritme peradaban dunia Islam (Aydin, 2016).

Dengan demikian, ibadah intelektual dalam membangun sistem *mawaqit* yang bebas mitos mengubah peran umat Muslim dari sekadar penonton pasif perubahan alam menjadi pengelola

peradaban yang aktif dan visioner. Kepastian waktu yang dihasilkan oleh supremasi hisab global memberikan ketenangan spiritual dalam beribadah, efisiensi dalam birokrasi sipil, dan keteraturan dalam muamalah global. Inilah manifestasi dari ketakwaan yang sejati (*walakinnal-birra manittaqaa*)—sebuah ketakwaan yang tidak membutuhkan mata batin terhadap kebenaran sains, melainkan menggunakan seluruh perangkat nalar anugerah Allah untuk menyingkap keteraturan kosmos dan merajut persatuan umat manusia di bawah payung hukum-Nya yang agung.

6.3. Rekomendasi Arah Riset Lanjutan dalam Fikih Astronomi dan Sains Kebumian

Dekonstruksi hermeneutis dan saintifik terhadap Surat Al-Baqarah ayat 189 tidak berhenti pada perumusan Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) di era kontemporer. Sebagai teks wahyu yang memiliki faedah *al-istimrar wa at-tajaddud* (kesinambungan dan pembaruan dinamis), amanat *mawaqit lin-nas* senantiasa membuka ruang baru bagi akselerasi riset interdisipliner. Integrasi antara fikih astronomi (*al-fiqh al-falaki*) dan sains kebumian (*earth sciences*) masa depan harus diarahkan untuk menjawab tantangan komputasi tingkat lanjut yang belum sepenuhnya terselesaikan oleh model-model linier masa kini.

Berikut adalah empat domain krusial yang direkomendasikan sebagai arah riset lanjutan guna menyempurnakan implementasi "pintu-pintu" metodologis dalam pengelolaan sistem waktu peradaban Islam:

1. Pemodelan Dinamis Delta T (ΔT) dan Anomali Geodetik Jangka Panjang

Salah satu variabel paling menantang dalam memproyeksikan *mawaqit* untuk ribuan tahun ke depan atau merekonstruksi penanggalan ribuan tahun ke belakang adalah fluktuasi rotasi bumi. Nilai Delta T (ΔT), yakni selisih antara Waktu Terrestrial (Terrestrial Time/TT) yang bersifat seragam dengan Waktu Universal (Universal Time/UT1) yang berbasis rotasi bumi, bersifat tidak konstan akibat efek pengereman pasang surut (*tidal friction*) serta redistribusi massa internal bumi (geodinamika). Riset falak masa depan wajib berkolaborasi dengan disiplin geodesi dan geofisika global untuk memetakan fluktuasi rotasi bumi ini menggunakan kecerdasan buatan (*machine learning*) dan data intervensi satelit mutakhir. Pemurnian prediksi ΔT akan menjamin akurasi penentuan detik konjungsi (*ijtimak*) toposentris dan visualisasi hilal dalam rentang kronologis yang ekstrem melampaui rentang tahun 0–3000 Masehi.

2. Rekayasa Model Mikroklimat dan Optik Aerosol untuk Ekstingsi Atmosfer Lokal

Kriteria visibilitas modern yang digunakan saat ini, seperti kriteria Odeh atau Yallop, umumnya masih mengandalkan asumsi atmosfer rata-rata atau parameter makro-ekstingsi. Dalam realitas empiris, atmosfer bawah di dekat horizon sangat dipengaruhi oleh kondisi mikroklimat setempat, meliputi kerapatan aerosol (Mie scattering), polusi industri, kelembapan udara troposferik, dan turbulensi termal lokal (*astronomical seeing*). Diperlukan riset lanjutan berskala internasional untuk menciptakan model *Dynamic Atmospheric Extinction Coefficient* (Koefisien Ekstingsi Atmosfer Dinamis) yang terintegrasi ke dalam perangkat lunak hisab. Dengan memanfaatkan pangkalan data cuaca satelit real-time, modul pemindaian hilal dapat memprediksi secara eksak apakah kontras cahaya *ahillah* di suatu koordinat spesifik tertutup oleh akumulasi aerosol, sehingga memberikan hasil prediksi yang jauh lebih realistis di tataran toposentris.

3. Standardisasi Protokol Algoritma Transfer Tanggal pada Wilayah Lintang Ekstrem

Penerapan KHGT di wilayah kutub atau lingkaran kutub utara/selatan (lintang di atas 60 derajat) menghadapi anomali geometris yang sangat ekstrem. Pada kawasan-kawasan tersebut, bulan atau matahari sering kali tidak terbenam selama berhari-hari pada musim-musim tertentu (*midnight sun* atau *polar night*), sehingga parameter standar ketinggian dan elongasi saat maghrib kehilangan relevansi fisiknya. Riset yurisprudensi dan astronomi lanjutan harus difokuskan untuk merumuskan konvensi matematis yang adil mengenai bagaimana kriteria transfer tanggal dari wilayah lintang rendah diaplikasikan secara rigid ke wilayah lintang ekstrem. Studi ini memerlukan pendekatan *Maqashid as-Syariah* tingkat tinggi yang disintesis dengan geometri bola langit tingkat lanjut untuk menjamin kepastian manajemen waktu sipil dan ibadah bagi komunitas Muslim di kawasan kutub.

6.4. Validasi Fikih terhadap Multi-Spectral Imaging dan Teleskop Otomatis Berbasis Kecerdasan Buatan

Transisi teknologi dari observasi mata telanjang biologis menuju penggunaan sensor CCD/CMOS, teleskop robotik otomatis, dan pemrosesan citra digital inframerah telah mendefinisikan ulang makna "melihat" (*rukyat*). Sistem pencitraan multi-spektra modern mampu menangkap guratan hilal di siang hari bolong (*daytime crescent*) dengan menembus silau atmosfer melalui filter selektif. Fenomena teknologi ini menyisakan kesenjangan hukum (*fiqh gap*) yang besar: Apakah rukyat berbasis citra digital inframerah yang diproses oleh algoritma komputer sah secara syar'i untuk membatalkan hisab atau memulai tanggal baru? Riset lanjutan yang mempertemukan para ahli hukum Islam dan insinyur optoelektronika sangat dibutuhkan untuk menyusun kodeks hukum (regulasi) falakiah modern, memastikan bahwa adopsi teknologi pencitraan mutakhir tetap berada dalam koridor ketakwaan metodologis yang bersih dari penyimpangan interpretasi teks wahyu.

Melalui perluasan cakrawala riset pada empat domain di atas, umat Islam tidak hanya akan memiliki sistem penanggalan global yang utuh dan mapan, tetapi juga kembali memimpin garda depan perkembangan astrofisika dan sains kebumihann dunia. Langkah ini merupakan bentuk pemenuhan nyata terhadap riset fungsional yang diamanatkan oleh Surat Al-Baqarah ayat 189—menjadikan sains sebagai jembatan emas untuk memahami kesempurnaan ciptaan-Nya sekaligus instrumen pemersatu peradaban manusia.

DAFTAR PUSTAKA BAB VI

Ar-Razi, F. (1981). *Tafsir al-Fakhr al-Razi al-Mushtahar bi al-Tafsir al-Kabir wa Mafatih al-Ghaib* (Vol. 5). Dar al-Fikr.

Aydin, M. (2016). *The International Hijri Calendar Unity Congress: Epistemological Foundations and Shared Consensus*. Directorate of Religious Affairs.

Dallal, A. (2010). *Islam, Science, and the Challenge of History*. Yale University Press.

- Djamiluddin, T. (2011). Astronomi Memberi Solusi Penyatuan Ummat. *Jurnal Lapan*, 12(3), 45-58.
- Guessoum, N. (2011). *Islam's Quantum Question: Reconciling Muslim Tradition and Modern Science*. I.B. Tauris.
- Hoffman, R. E. (2003). Observing the new moon. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 340(3), 1039-1051.
- Nasr, S. H. (1993). *An Introduction to Islamic Cosmological Doctrines*. State University of New York Press.
- Odeh, M. S. (2004). New criterion for lunar crescent visibility. *Experimental Astronomy*, 18(1), 39-64.
- Purwanto, A. (2007). *Ayat-Ayat Semesta: Sisi-Sisi Al-Qur'an yang Terlupakan*. Mizan.
- Saliba, G. (2007). *Islamic Science and the Making of the European Renaissance*. MIT Press.
- Sayili, A. (1960). *The Observatory in Islam and Its Place in the General History of the Observatory*. Türk Tarih Kurumu Basımevi.
- Schaefer, B. E. (1993). Astronomy and the limits of vision. *Vistas in Astronomy*, 36(4), 311-361.
- Standish, E. M., & Williams, J. G. (2012). Orbital Ephemerides of the Sun, Moon, and Planets. *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac*, 3, 305-346.

EPILOG: MANIFESTO PERADABAN WAKTU

Integrasi Paripurna Sains dan Syariat Menyongsong Era Baru Kronometri Global

Perjalanan panjang melintasi ruang historis, semantik, astrofisika, optika atmosfer, hingga rekayasa protokol kalender global dalam mengkaji Surat Al-Baqarah ayat 189 bermuara pada satu kesadaran peradaban yang utuh. Al-Qur'an melalui konsep *Mawaqit* tidak sekadar memberikan instrumen praktis untuk penjadwalan ibadah, melainkan sedang mendeklarasikan sebuah Manifesto Peradaban Waktu. Sebuah peradaban yang melepaskan diri dari belenggu mitos-mitos lokal dan melangkah tegap di atas fondasi rasionalitas objektif yang universal (*lin-nas*).

Integrasi antara sains tingkat tinggi dan hukum syariat (*syariah*) bukanlah proyek sinkretisme yang dipaksakan, melainkan sebuah keniscayaan teologis. Ketika mekanika selestial modern—melalui pangkalan data resolusi tinggi seperti ephemeris DE441 dari JPL NASA—mampu melacak pergerakan dinamis sistem Bumi-Bulan-Matahari dengan akurasi mikro-detik busur, sains sebenarnya sedang menyingkap lembar demi lembar hukum alam (*sunnatullah*) yang konstan (Standish & Williams, 2012). Kepatuhan terhadap hukum alam inilah yang diistilahkan oleh Al-Qur'an sebagai pintu utama kebenaran (*wa'tul-buyuta min abwabiha*). Menolak capaian presisi ini dan bertahan pada model estimasi kasar masa lalu adalah tindakan ganjil yang mencederai kesucian syariat itu sendiri (Guessoum, 2011).

Lebih jauh, tantangan optika atmosfer yang melahirkan pluralitas wujud hilal (*al-ahillah*) di berbagai belahan bumi membuktikan bahwa bumi tidak dapat disekat oleh batas-batas geopolitik buatan manusia dalam urusan kronometri global. Pengadopsian parameter *geocentric-apparent altitude* yang mengompensasi efek refraksi udara dan paralaks toposentris, memperlihatkan bahwa hisab modern telah mencapai level kematangan empiris yang luar biasa (Odeh, 2004). Di sinilah Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) hadir sebagai solusi penunggalan matematis. Dengan jangkar demarkasi pada Garis Penanggalan Internasional (*International Date Line*), KHGT merajut kembali persatuan umat Islam sedunia yang sempat terkoyak oleh fragmentasi penentuan waktu lokal (Aydin, 2016; Djamaluddin, 2011).

Buku referensi ini pada akhirnya menegaskan bahwa beragama dengan cerdas berarti menempatkan akal budi dan teknologi sebagai pelayan maksim-maksim ketakwaan (*walakinnal-birra manittaqaa*). Menyongsong masa depan, penguasaan atas algoritma komputasi astronomi bukan lagi sekadar opsi keilmuan sekuler, melainkan sebuah ibadah intelektual yang fardhu kifayah hukumnya. Hanya dengan kembali menguasai "pintu-pintu" sains inilah, umat Islam dapat tegak berdiri memimpin peradaban baru—sebuah peradaban di mana waktu dikelola dengan presisi tingkat tinggi demi ketertarikan administrasi duniawi dan kemurnian ritual ukhrawi, sepenuhnya berserah diri di bawah naungan keagungan Allah SWT, Sang Pemilik Waktu Yang Mutlak.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Azmeh, A. (2014). *The Emergence of Islam in Late Antiquity: Allah and His People*. Cambridge University Press.

Al-Suyuti, J. A. (2003). *Lubab an-Nuqul fi Asbab an-Nuzul*. Dar al-Kutub al-'Ilmiyyah.

Ar-Razi, F. (1981). *Tafsir al-Fakhr al-Razi al-Mushtahar bi al-Tafsir al-Kabir wa Mafatih al-Ghaib* (Vol. 5). Dar al-Fikr.

Aydin, M. (2016). *The International Hijri Calendar Unity Congress: Epistemological Foundations and Shared Consensus*. Directorate of Religious Affairs.

Azhari, S. (2007). *Ilmu Falak: Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern*. Suara Muhammadiyah.

Azhari, S. (2012). *Kalender Jawa Islam: Memadukan Tradisi dan Tuntutan Kemodernan*. Museum Sandi.

Bucaille, M. (1976). *The Bible, the Qur'an and Science: The Holy Scriptures Examined in the Light of Modern Knowledge*. Seghers.

Chapront-Touzé, M., & Chapront, J. (1991). *Lunar Tables and Programs from 4000 B.C. to A.D. 8000*. Willmann-Bell.

Cook, A. H. (1988). *The Motion of the Moon*. Adam Hilger.

Dallal, A. (1999). Science, Medicine, and Technology. In J. L. Esposito (Ed.), *The Oxford History of Islam* (pp. 155-213). Oxford University Press.

Dallal, A. (2010). *Islam, Science, and the Challenge of History*. Yale University Press.

Danjon, A. (1932). L'éclairage de la Lune par le Soleil et par la Terre. *L'Astronomie*, 46, 57-66.

Djamaluddin, T. (2011). Astronomi Memberi Solusi Penyatuan Ummat. *Jurnal Lapan*, 12(3), 45-58.

Fatoohi, L. J., Stephenson, F. R., & Al-Dargazelli, S. S. (1999). The Babylonian first visibility of the lunar crescent: Data and criterion. *Journal for the History of Astronomy*, 30(1), 51-72.

Folkner, W. M., Williams, J. G., Boggs, D. H., Park, R. S., & Kuchynka, P. (2014). The planetary and lunar ephemerides DE430 and DE431. *The Interplanetary Network Progress Report*, 196(1), 1-81.

- Guessoum, N. (2011). *Islam's Quantum Question: Reconciling Muslim Tradition and Modern Science*. I.B. Tauris.
- Hawting, G. R. (1999). *The Idea of Idolatry and the Emergence of Islam: From Polemic to History*. Cambridge University Press.
- Hoffman, R. E. (2003). Observing the new moon. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 340(3), 1039-1051.
- Ibn Faris, A. (1979). *Mu'jam Maqayis al-Lughah*. Dar al-Fikr.
- Ilyas, M. (1994). *Astronomy of Islamic Times for the Twenty-first Century*. Mansell.
- King, D. A. (2004). In *Synchrony with the Heavens: Studies in Astronomical Timekeeping and Instrumentation in Islamic Civilization* (Vol. 1). Brill.
- Kister, M. J. (1980). Labbayka, Allahumma, Labbayka: On a Monotheistic Aspect of a Jahiliyya Practice. *Jerusalem Studies in Arabic and Islam*, 2, 33-57.
- Lane, E. W. (1863). *Arabic-English Lexicon*. Williams and Norgate.
- Lorch, R. (1995). *Arabic Mathematical Sciences: Instruments, Texts, Transmission*. Variorum.
- Meeus, J. (1998). *Astronomical Algorithms* (2nd ed.). Willmann-Bell.
- Nasr, S. H. (1993). *An Introduction to Islamic Cosmological Doctrines*. State University of New York Press.
- Odeh, M. S. (2004). New criterion for lunar crescent visibility. *Experimental Astronomy*, 18(1), 39-64.
- Peters, F. E. (1994). *Muhammad and the Origins of Islam*. State University of New York Press.
- Purwanto, A. (2007). *Ayat-Ayat Semesta: Sisi-Sisi Al-Qur'an yang Terlupakan*. Mizan.
- Rahman, F. (1980). *Major Themes of the Qur'an*. Bibliotheca Islamica.
- Saksono, T. (2007). *Mengkompromikan Rukyat & Hisab*. Amythas Publicita.
- Saliba, G. (1994). *A History of Arabic Astronomy: Planetary Theories During the Golden Age of Islam*. New York University Press.
- Saliba, G. (2007). *Islamic Science and the Making of the European Renaissance*. MIT Press.
- Sayili, A. (1960). *The Observatory in Islam and Its Place in the General History of the Observatory*. Türk Tarih Kurumu Basimevi.

Schaefer, B. E. (1993). Astronomy and the limits of vision. *Vistas in Astronomy*, 36(4), 311-361.

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

Seidelmann, P. K. (Ed.). (1992). *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac*. University Science Books.

Standish, E. M., & Williams, J. G. (2012). Orbital Ephemerides of the Sun, Moon, and Planets. *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac*, 3, 305-346.

Yallop, B. D. (1997). *A Method for Predicting the First Sighting of the New Crescent Moon* (NAO Technical Note No. 69). HM Nautical Almanac Office.

GLOSARIUM

"Kajian Surat Al-Baqarah Ayat 189: Dinamika Astronomi, Protokol Waktu Global, dan Rasionalitas Beragama"

A

- **Al-Ahillah (الأهلة):** Bentuk jamak taksir dari kata *hilal* (bulan sabit) dalam bahasa Arab; digunakan Al-Qur'an untuk mengisyaratkan pluralitas penampakan wujud fisik bulan sabit muda akibat keragaman koordinat geografis pengamat di bumi.
- **Apoge (Apogee):** Titik pada orbit elips Bulan di mana jaraknya berada pada posisi paling jauh dari pusat Bumi.

B

- **Badr (بدر):** Fase bulan purnama sempurna; terjadi saat posisi Bulan berada pada titik oposisi terhadap Matahari, sehingga seluruh belahan Bulan yang menghadap Bumi menerima iluminasi cahaya penuh.

C

- **CCD/CMOS Sensor:** Komponen elektronik sensitif cahaya pada perangkat pencitraan modern (kamera astrofotografi) yang digunakan teleskop robotik untuk menangkap guratan hilal secara digital pada siang hari (*daytime crescent*).

D

- **Delta T (ΔT):** Selisih waktu dinamis antara Waktu Terrestrial (*Terrestrial Time*) dan Waktu Universal (*Universal Time*) yang diakibatkan oleh perlambatan rotasi harian Bumi akibat efek gesekan pasang surut air laut.

E

- **Elongasi:** Jarak sudut antara pusat piringan Bulan dan pusat piringan Matahari jika diamati dari Bumi; parameter utama yang menentukan tingkat ketebalan fisik iluminasi hilal.
- **Ekstingsi Atmosferik:** Efek pelemahan, hamburan, dan penyerapan intensitas cahaya benda langit oleh partikel aerosol, gas, dan debu di dalam atmosfer bumi, terutama saat objek berada di dekat horizon.

F

- **Fi'il Mudhari' (فعل مضارع):** Kata kerja dalam tata bahasa Arab yang menunjukkan durasi waktu masa kini (*present*) dan masa depan (*future*); memuat faedah kontinuitas dan pembaruan metodologis secara konstan.

G

- **Geocentric-Apparent Altitude:** Ketinggian tampak suatu objek langit dihitung dari pusat Bumi yang nilainya telah dikompensasi dan dikoreksi secara optis menggunakan variabel refraksi atmosfer serta paralaks kebumian.

H

- **Hisab Haqiqi Tahqiqi:** Sistem komputasi astronomi tingkat tinggi yang memetakan koordinat posisi faktual benda langit detik demi detik dengan memasukkan ratusan variabel gangguan gravitasi (*perturbasi*).

I

- **Ijtimak (Konjungsi):** Konfigurasi astronomis di mana Bumi, Bulan, dan Matahari berada pada posisi bujur ekliptika yang sama; menandai akhir geometris dari satu siklus bulan sinodis.
- **Ikhtilaf al-Matali' (اختلاف المطالع):** Variasi atau perbedaan posisi ufuk tempat terbit dan terbenamnya hilal di berbagai belahan bumi akibat kelengkungan bentuk bumi.

J

- **JPL NASA Development Ephemeris:** Pangkalan data efemeris resolusi tinggi internasional berbasis integrasi numerik persamaan diferensial gerak planet, contohnya seri DE441 yang menjamin akurasi posisi selestial dari tahun 0 hingga 3000 Masehi.

K

- **KHGT (Kalender Hijriah Global Tunggal):** Sistem penanggalan Islam unifikatif berskala internasional yang berpijak pada satu aturan komputasi global untuk menyatukan tanggal Hijriah di seluruh dunia tanpa batasan sekat geopolitik.

L

- **Limit Danjon:** Batas kritis elongasi minimum ($6,4^\circ$ hingga 7°) di bawah mana hilal secara fisik mustahil memantulkan cahaya matahari ke bumi karena terhalang oleh bayangan topografi kawah bulan itu sendiri.

M

- **Mawaqit (مواقيت):** Bentuk jamak dari *miqat*; leksikon Al-Qur'an yang merujuk pada titik kalibrasi, parameter pengukuran yang eksak, dan instrumen standarisasi waktu yang bersifat universal.
- **Mean Motion:** Pendekatan matematis yang mengasumsikan benda langit bergerak melingkar secara linear dengan kecepatan sudut konstan; menjadi dasar sistem *hisab urfi* tradisional.

N

- **Nahwu (نحو):** Sistem sintaksis dan tata bahasa Arab yang mempelajari kedudukan jabatan kata (*i'rab*) dalam kalimat, esensial untuk membedah kedudukan predikatif dari lafaz-lafaz saintifik Al-Qur'an.

O

- **Oblate Spheroid:** Bentuk fisik bola Bumi yang tidak bulat sempurna, melainkan cenderung gepat di bagian kutub dan menggelembung di area khatulistiwa akibat gaya sentrifugal rotasi.

P

- **Paralaks Toposentris:** Pergeseran sudut posisi tampak Bulan akibat perbedaan jarak pandang antara pengamat yang berada di permukaan Bumi (*toposentris*) dengan pengamat khayali di inti Bumi (*geosentris*).
- **Perturbasi (Gangguan):** Gangguan periodik pada orbit normal sebuah benda langit yang disebabkan oleh tarikan gaya gravitasi dari benda langit ketiga (misalnya gangguan matahari terhadap sistem orbit Bumi-Bulan).

Q

- **Q-Parameter:** Nilai atau indeks kuantitatif dalam Kriteria Yallop yang mengukur tingkat kemudahan visibilitas hilal di suatu wilayah berdasarkan variabel selisih tinggi tampak dan ketebalan bulan sabit.

R

- **Refraksi Atmosferik:** Pembelokan arah berkas cahaya benda langit ketika melintasi lapisan atmosfer bumi yang memiliki perbedaan kerapatan; menyebabkan objek di dekat ufuk tampak lebih tinggi dari posisi geometris aslinya.

S

- **Sharaf (صرف):** Sistem morfologi bahasa Arab yang mempelajari perubahan struktur internal kata (*wazan*) untuk melahirkan makna-makna baru; digunakan untuk melacak akar kata fungsional seperti *miqat*.

T

- **Toposentris:** Sistem referensi koordinat astronomi yang menjadikan posisi pengamat di permukaan bumi sebagai titik pusat pengukuran ruang hampa.
- **Turbulensi Atmosfer (Astronomical Seeing):** Gejolak sel-sel udara di atmosfer akibat perbedaan suhu dan tekanan yang mengaburkan, menggoyangkan, serta merusak ketajaman citra hilal yang tipis.

U

- **Universal Time (UT/UT1):** Standar waktu sipil internasional yang dihitung berdasarkan rotasi harian Bumi terhadap posisi bintang atau matahari, menjadi jangkar sinkronisasi waktu kalender global.

V

- **Visibilitas Hilal:** Tingkat keterlihatan atau probabilitas bulan sabit muda untuk dapat diidentifikasi secara jelas, baik menggunakan mata biologis telanjang maupun bantuan sensor optik pasca-konjungsi.

W

- **Waq̄t (وقت):** Konsep waktu abstrak yang mengalir secara kontinu tanpa batas struktural; berbeda dengan *miqat* yang bermakna waktu fungsional yang terukur dan dibatasi rumusan baku.

X

- **X-Axis (Sumbu-X):** Garis horizontal dalam sistem koordinat Kartesius dua dimensi bumi (garis bujur/garis meridian geografis) yang digunakan algoritma hisab untuk memetakan distribusi kurva visibilitas hilal dunia.

Y

- **Yallop (Kriteria Yallop):** Metode prediksi keterlihatan hilal modern yang dirumuskan oleh Bernard D. Yallop menggunakan parameter korelasi antara beda tinggi tampak geosentris dan ketebalan hilal.

Z

- **Zij (زيج):** Buku atau pangkalan data berisi tabel-tabel astronomi klasik hasil observasi ilmuwan Muslim terdahulu, memuat catatan periodik pergerakan tahunan benda langit untuk menentukan arah kiblat dan waktu salat.

LAMPIRAN 1: DATA PARAMETRIS, MATRIKS KRITERIA ASTRONOMI, DAN BLUEPRINT LOGIKA KOMPUTASI GLOBAL

Prioritas 1: Tabel Koreksi Fisika-Optik dan Pemindaian Koordinat (Transformasi Geosentris Murni ke Geocentric-Apparent Altitude)

Tabel ini berfungsi sebagai acuan validasi metodologis untuk membuktikan perbedaan signifikan antara koordinat geometris hampa udara (*pure geocenter geometric coordinates*) dengan koordinat nyata yang dipengaruhi atmosfer bumi (*geocentric-apparent altitude*) pada beberapa sampel elevasi hilal saat matahari terbenam.

Ketinggian Geometris Geosentris (H-Geo)	Koreksi Paralaks Toposentris (Horizontal Parallax = 0.95°)	Koreksi Refraksi Atmosfer (Kondisi Standar: P=1010 mb, T=10°C)	Ketinggian Tampak Geosentris (Geocentric-Apparent Altitude)	Status Probabilitas Visibilitas di Ufuk
0.00° (Ufuk Matematis)	-0.95°	+0.57° (34' busur)	-0.38°	Mustahil Terlihat (Bulan secara visual sudah berada di bawah ufuk akibat dominasi paralaks).
2.00°	-0.93°	+0.31° (18.3' busur)	1.38°	Pseudo-Hilal (Sering diklaim sebagai rukyat lokal, padahal kontras optik terlalu lemah di bawah mass udara tebal).
4.00°	-0.89°	+0.19° (11.6' busur)	3.30°	Kritis (Membutuhkan bantuan sensor CCD/CMOS atau filter inframerah multi-spektra).
6.00°	-0.82°	+0.14° (8.5' busur)	5.32°	Potensial Telanjang (Memenuhi kriteria minimal komputasi global jika didukung elongasi yang cukup).
8.00°	-0.73°	+0.11° (6.6' busur)	7.38°	Sangat Tinggi (Hilal berada di lapisan atmosfer yang lebih bersih, kontras optik sangat kuat).

Prioritas 2: Matriks Perbandingan Kriteria Visibilitas Hilal Global (Evaluasi Batas Limit Fisik dan Parameter Optik)

Matriks ini merangkum evolusi kriteria astronomis yang digunakan oleh komunitas saintifik internasional dan otoritas dunia Islam untuk menetapkan ambang batas (*threshold*) inisiasi kalender universal.

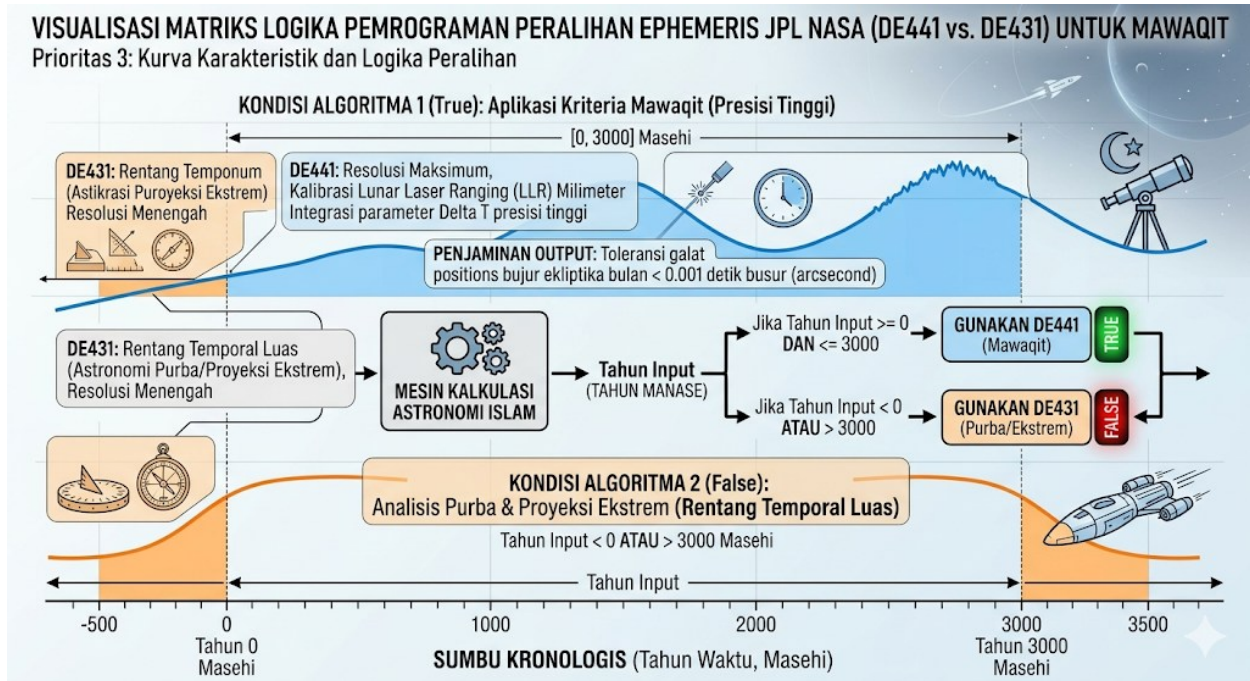
Nama Kriteria / Protokol	Elongasi Minimum (Jarak Sudut Bulan-Matahari)	Ketinggian Bulan Minimum (Apparent Altitude)	Variabel Utama yang Diperhitungkan	Output Sistem Kalender
Limit Danjon (1932)	7.0°	Tidak Spesifik	Struktur topografi kawah bulan dan pembentukan bayangan fisis makro.	Batas absolut eksistensi fisik pantulan cahaya hilal di alam semesta.
Kriteria Yallop (1997)	Dinamis (Fungsi dari lebar sabit)	Dinamis	Parameter komputasi "q" (Korelasi selisih tinggi tampak geosentris dan ketebalan bulan sabit).	Peta zonasi visibilitas (Mata telanjang, bantuan optik, teleskop, atau mustahil).
Kriteria Odeh (2004)	Dinamis	Dinamis	Kecerlangan intrinsik bulan sabit tipis vs. kecerlangan latar belakang langit senja (<i>twilight sky</i>).	Batas akurat kemampuan penginderaan mata manusia terhadap kontras optik atmosfer.
Kongres Istanbul (2016)	8.0°	5.0°	Kesepakatan praktis parameter astronomis yang aman dari batas limit fisis Danjon dan efek ekstingsi.	Landasan yuridis-saintifik untuk implementasi Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT).

Prioritas 3: Kurva Karakteristik dan Logika Peralihan Ephemeris JPL NASA (DE441 vs DE431)

Berikut adalah visualisasi matriks logika pemrograman (*ephemeris switching logic*) yang disuntikkan ke dalam mesin kalkulasi (*calculation engine*) perangkat lunak astronomi Islam untuk menjamin kepastian waktu (*mawaqit*).

- **Sumbu Kronologis (Waktu):** Tahun 0 Masehi s.d. Tahun 3000 Masehi.
- **Kondisi Algoritma 1 (True):** Jika Tahun Input ≥ 0 DAN ≤ 3000 -> Beralih Otomatis (*Switching*) ke Fail Basis Data **DE441** (Resolusi Maksimum, Kalibrasi *Lunar Laser Ranging* berskala milimeter, Integrasi parameter Delta T presisi tinggi).

- **Kondisi Algoritma 2 (False):** Jika Tahun Input < 0 ATAU > 3000 -> Beralih Otomatis (*Switching*) ke Fail Basis Data **DE431** (Rentang Temporal Luas untuk analisis astronomi purba/proyeksi ekstrem, Resolusi Menengah).
- **Penjaminan Output:** Toleransi galat (error) posisi bujur ekliptika bulan < 0.001 detik busur (*arcsecond*), memastikan kepastian tanggal syariat tanpa risiko pergeseran sirkadian.



Prioritas 4: Diagram Alur Protokol Transfer Tanggal KHGT terhadap Garis Penanggalan Internasional (IDL)

Skema logika di bawah ini menunjukkan bagaimana keragaman wujud hilal lokal (*al-ahillah*) disatukan menjadi satu tanggal global yang mengikat seluruh umat manusia (*lin-nas*).

1. **INPUT DATA:** Ekstrak koordinat posisi hakiki Bulan dan Matahari dari Ephemeris DE441 -> Hitung nilai *Geocentric-Apparent Altitude*.
2. **PEMINDAIAN GLOBAL:** Lakukan pemindaian koordinat bumi pada momen Matahari terbenam lokal di setiap bujur dan lintang geografis.
3. **UJI KRITERIA:** Apakah terdapat minimal satu koordinat di muka bumi yang memenuhi parameter Elongasi $\geq 8^\circ$ DAN Ketinggian Tampak $\geq 5^\circ$ sebelum waktu tengah malam Universal Time (UT)?
 - **JALUR JIKA TIDAK (FALSE):** Bulan baru belum diinisiasi secara global. Istikmal (genapkan bulan berjalan menjadi 30 hari) di seluruh dunia.
 - **JALUR JIKA YA (TRUE):** Protokol Transfer Tanggal Aktif. Keberadaan hilal di wilayah barat sah mewakili wilayah timur.
4. **SINKRONISASI JANGKAR:** Tetapkan Garis Penanggalan Internasional (IDL - Meridian 180°) sebagai titik awal pergantian tanggal 1 Hijriah yang baru.

5. **OUTPUT SIKLUS:** Hari baru bergerak serentak dari Timur ke Barat mengikuti pergerakan malam matahari, mengikat seluruh populasi Muslim sedunia dalam satu hari kalender yang sama tanpa kontradiksi.

Prioritas 4: Diagram Alur Protokol Transfer Tanggal KHGT terhadap IDL

Skema logika penyatuan keragaman wujud hilal lokal (*al-ahillah*) menjadi satu tanggal global (lin-nas)



LAMPIRAN 2 ISYARAT SAINS SURAT AL-BAQARAH AYAT 189

[Tadabbur Sains] QS. Sapi: 189

(Akses link <https://kasmui.cloud/tafsir/?surah=2&ayah=189&panel=science>)

⚠ Isyarat Sains: Siklus Fase Bulan, Kronometri Global & Metodologi Hisab

يَسْأَلُونَكَ عَنِ الْأَهْلِ... قُلْ هِيَ مَوَاقِيتُ لِلنَّاسِ وَالْحَجِّ... وَلَيْسَ الْبِرُّ بِأَنْ تَأْتُوا الْبُيُوتَ مِنْ ظُهُورِهَا وَلَكِنَّ الْبِرَّ مَنِ اتَّقَى... وَأَتُوا الْبُيُوتَ مِنْ أَبْوَابِهَا... وَأَتَقُوا اللَّهَ لَعَلَّكُمْ تُفْلِحُونَ

"Mereka bertanya kepadamu (Muhammad) tentang bulan sabit (Ahillah). Katakanlah, "Itu adalah (penunjuk) waktu (Mawāqīt) bagi manusia dan (ibadah) haji." Dan bukanlah suatu kebajikan memasuki rumah dari belakangnya, tetapi kebajikan adalah (kebajikan) orang yang bertakwa. Dan masukilah rumah-rumah itu dari pintu-pintunya; dan bertakwalah kepada Allah agar kamu beruntung." (QS. Al-Baqarah: 189)

📖 1. Konteks Tafsir & Sabab Nuzul

Ayat ini menjawab dua pertanyaan atau masalah yang berbeda namun disatukan dalam satu ayat oleh hikmah Ilahi: Fungsi Astronomi Bulan dan Etika Sosial-Hukum.

a. Sabab Nuzul (Ahillah): Beberapa riwayat menyebutkan bahwa Mu'adz bin Jabal dan Tsa'labah bin Ghunamah (atau riwayat lain menyebutkan orang-orang umum) bertanya kepada Rasulullah ﷺ tentang mengapa bulan muncul kecil seperti benang (hilal), kemudian membesar menjadi purnama, lalu mengecil kembali dan menghilang, lalu muncul lagi. Pertanyaan mereka adalah tentang fenomena perubahan fase bulan (siklus sinodik), bukan sekadar hilal yang pertama. Allah menjawab pertanyaan itu dengan fungsi, bukan morfologi: fungsi bulan adalah Mawāqīt (penentu waktu) bagi urusan duniawi (lin-nāsi) dan ibadah (wal-Ḥajj).

b. Konteks Hukum (Masuk Rumah): Bagian kedua ayat (Walaisal birra...) adalah kritikan dan koreksi terhadap tradisi Jahiliyah yang menganggap sebagai kebajikan (birr) untuk tidak masuk rumah dari pintu depan saat sedang berihram (haji atau umrah), melainkan dengan memanjat dari belakang atau membuat lubang di dinding. Allah menegaskan bahwa kebajikan sejati terletak pada ketakwaan (man-ittaqā), bukan pada ritual yang tidak esensial atau melawan prosedur alami (wātu al-buyūta min abwābihā).

Rujukan Utama: Jami' al-Bayan (Ath-Thabari), Tafsir Ibnu Katsir, Tafsir Al-Mishbah (Quraish Shihab).

📖 2. Analisis Bahasa (Nahwu, Sharaf & I'rab Saintifik)

Analisis bahasa menunjukkan presisi Qur'an dalam mendeskripsikan fenomena astronomi dan metodologi bertindak.

♦ Al-Ahillah (الْأَهْلِيَّة):

<https://hisabmu.com/khgttimes/>

<https://kasmui.cloud/buku/>

Tinjauan Sharaf: Jamak dari Hilal (هِلَال). Wazan Af'ilah (أَفْعَلَة).

I'rab: Isim Majrur (عَنْ الْأَهْلَاءِ), alamat Jar-nya adalah kasrah.

Implikasi Sains: Penggunaan jamak merujuk pada fase-fase bulan yang berulang (siklus sinodik 29-30 hari) atau fenomena hilal pada setiap bulan, bukan hanya satu hilal tunggal. Ini adalah isyarat bahwa Allah ingin manusia memahami periodisitas bulan yang menjadi dasar kronologi.

- ◆ Mawāqīt (مَوَاقِيتُ):

Tinjauan Sharaf: Jamak dari Mīqāt (مِيقَات). Wazan Mafā'il (مَفَاعِيل).

I'rab: Khobar (predikat) dari hiya (هي), marfu' dengan dammah.

Implikasi Fungsional: Secara leksikal, Mīqāt berarti batas waktu yang ditentukan untuk suatu perbuatan. Bulan dijadikan 'alat' (mīqāt adalah isim alat dengan wazan mif'al) untuk menentukan batas-batas waktu, yang mengindikasikan bahwa waktu itu terukur dan deterministik, bukan acak. Hal ini menjadi justifikasi penting bagi ilmu hisab modern.

- ◆ Wa-tu al-buyūta min abwābihā (وَأْتُوا الْبُيُوتَ مِنْ أَبْوَابِهَا):

Tinjauan Nahwu: Wā-tū adalah Fi'il Amr (Kata Kerja Perintah), mabniy di atas penghilangan huruf nun. Al-Buyūta adalah Maf'ul Bih (Objek), manshub dengan fathah. Min Abwābihā adalah Jar-Majrur (Keterangan Tempat/Cara).

Implikasi Metodologis: Perintah ini adalah metafora yang kuat untuk prosedur yang benar. Dalam konteks sains, ini berarti mencari kebenaran harus melalui metode ilmiah yang valid dan teruji, bukan jalan pintas atau tradisi yang tidak berdasar. Dalam konteks kalender, berarti menggunakan perhitungan yang paling akurat dan komprehensif (Hisab Hakiki) untuk menentukan waktu.

3. Isyarat Sains Komprehensif (Astronomi, Kronometri & Metodologi)

A. Astronomi Bulan: Siklus Sinodik dan Iluminasi (Cahaya)

Penjelasan tentang Al-Ahillah mengisyaratkan pemahaman mendalam tentang Siklus Sinodik Bulan (Lunar Cycle). Siklus ini rata-rata 29,53059 hari, yang menghasilkan periode pergantian bulan baru. Fase-fase bulan terjadi karena:

Gerak Bulan Mengelilingi Bumi: Sekitar 27,3 hari (Siklus Sideris).

Gerak Bersama Sistem Bumi-Bulan Mengelilingi Matahari: Pergerakan Bumi dalam orbitnya membuat Bulan harus menempuh jarak ekstra untuk mencapai posisi yang sama relatif terhadap Matahari, sehingga menghasilkan Siklus Sinodik (29,5 hari).

Perubahan sudut pandang Matahari, Bulan, dan Bumi menentukan tingkat iluminasi. Hilal (Bulan Sabit Baru) adalah momen krusial yang terjadi segera setelah Ijtima' (konjungsi/bulan mati), di mana elongasi (jarak sudut Bulan-Matahari) dan ketinggian (altitud) Bulan di atas ufuk mencukupi untuk memantulkan cahaya Matahari ke Bumi. Keteraturan gerak ini adalah bukti bahwa Mawāqīt berbasis pada mekanika orbital yang presisi.

B. Kronometri & Dasar Epistemologi Hisab Hakiki

Penggunaan kata Mawāqīt menegaskan bahwa waktu dalam Islam tidak boleh ditentukan secara seadanya. Keteraturan gerak Bulan (dikendalikan oleh Hukum Gravitasi Universal) memungkinkan prediktabilitas. Dalam konteks epistemologi ilmu falak, hal ini menjadi dalil syar'i terkuat untuk mengutamakan Hisab Hakiki di atas rukyat semata.

Prof. Syamsul Anwar, M.A., menjelaskan bahwa jika Allah telah menjadikan bulan sebagai Mawāqīt, yang berarti penentu waktu yang terukur dan terstandardisasi, maka menggunakan perhitungan astronomi (Hisab) yang mampu memprediksi posisi benda langit secara akurat adalah cara yang benar dan ilmiah untuk merealisasikan fungsi Mawāqīt tersebut.

C. Implementasi: Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT)

Ayat ini adalah fondasi syar'i bagi Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT). KHGT, yang diadopsi oleh Muhammadiyah, menekankan aspek Globalitas dan Tunggal.

Globalitas (Lin-nāsi): Frasa lin-nāsi (bagi manusia) menunjukkan bahwa Mawāqīt ini bersifat universal, tidak terbatas pada lokalitas tertentu. Prinsip KHGT, yang menggunakan garis tanggal Bulan Internasional atau kriteria visibilitas global (seperti kriteria Imkanur Rukyat yang dimodifikasi untuk cakupan global), adalah upaya untuk menyatukan Mawāqīt seluruh umat Islam di dunia, sejalan dengan visi universalitas Islam.

Tunggal (Al-Hajj): Penyebutan Haji secara khusus menegaskan perlunya keseragaman waktu ibadah yang fundamental. KHGT bertujuan menghilangkan perbedaan awal bulan yang sering terjadi, yang seringkali menyebabkan perbedaan hari Arafah dan Idul Adha—masalah yang merusak persatuan (Ittihadul Ummah) dalam ibadah.

Masuk dari Pintu (Metodologi KHGT): Sebagaimana perintah untuk masuk rumah dari pintu yang benar, KHGT adalah metode yang paling prosedural dan ilmiah saat ini. Ia menolak pendekatan yang dianggap 'memanjat dari belakang', seperti praktik rukyat lokal yang rentan terhadap perbedaan cuaca, mata manusia, atau politisasi. KHGT menekankan hisab hakiki yang objektif dan terstandardisasi secara astronomi, memastikan penentuan waktu dilakukan melalui 'pintu' sains yang terpercaya.

D. Sosiologi & Psikologi Prosedural

Perintah untuk "Masukilah rumah-rumah itu dari pintu-pintunya" adalah isyarat psikologis, pendidikan, dan sosial yang mendalam:

Pendidikan (Pedagogi): Mengajarkan pentingnya tertib prosedural dan berpikir logis dalam setiap aspek kehidupan, baik urusan dunia (sosial, ekonomi) maupun urusan agama (ibadah, kalender). Pendidikan Islam harus mengajarkan jalan yang lurus (min abwābihā) menuju tujuan yang benar (al-birr).

Sosial-Hukum (Yuridis): Dalam hukum (fiqh), ini berarti mengambil hukum dari sumbernya yang benar (Al-Qur'an dan As-Sunnah yang shahih) dan melalui metodologi istinbath (pengambilan hukum) yang benar, menolak tradisi yang bertentangan dengan syariat.

Ekonomi & Komunikasi: Mawāqīt yang seragam (melalui KHGT) memudahkan transaksi ekonomi (utang-piutang), kontrak, dan komunikasi global karena semua pihak memiliki standar waktu yang sama.

💡 4. Kesimpulan Ilmiah & Fungsional

Surat Al-Baqarah ayat 189 adalah ayat fundamental yang menyatukan sains dan etika.

Sains (Astronomi): Menetapkan bahwa fase-fase Bulan (Al-Ahilla) berfungsi sebagai penentu waktu yang terukur (Mawāqīt) bagi semua urusan manusia, memberikan legitimasi ontologis bagi penggunaan Hisab Hakiki untuk menentukan kalender.

Fungsional (KHGT): Ayat ini menjadi landasan syar'i bagi Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT), yang merupakan realisasi kontemporer dari prinsip Mawāqīt lin-nāsi (waktu bagi seluruh manusia) dengan mengandalkan akurasi ilmu hisab untuk menyatukan umat.

Metodologis (Etika Prosedural): Perintah "masukilah rumah-rumah itu dari pintu-pintunya" adalah tuntunan universal untuk menggunakan metode yang benar, sah, dan teruji secara logis dan ilmiah dalam mencapai kebajikan, termasuk dalam penetapan kalender yang memerlukan presisi.

Referensi & Rujukan:

1. Tafsir Al-Kabir (Mafatih al-Ghaib), Fakhruddin Ar-Razi - Analisis teologis dan etika Al-Birr.
2. Fikih Astronomi: Dari Fikih Klasik Hingga Sains Modern, Prof. Syamsul Anwar, M.A. - Justifikasi epistemologi KHGT dan tafsir Mawāqīt.
3. Ilmu Falak: Perjumpaan Agama dan Sains Modern, Prof. Dr. Susiknan Azhari, M.A. - Analisis saintifik diksi Ahilla dan Mawāqīt.
4. Pedoman Kalender Hijriah Global Tunggal, Majelis Tarjih dan Tajdid PP Muhammadiyah (2024).
5. The Astronomical Context of the Islamic Calendar, Imad A. Ahmad (berbagai jurnal internasional) - Data ilmiah siklus sinodik dan kriteria visibilitas.

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.

KAJIAN SURAT AL-BAQARAH AYAT 189

SINOPSIS ISI BUKU

Buku ini mendalami kaitan antara Surat Al-Baqarah Ayat 189 dan penentuan hilal sebagai tanda waktu bagi umat Islam. Penulis menyajikan kajian interpretatif dan analisis sains astronomi untuk merumuskan kerangka kerja Kalender Hijriah Tunggal Global. Dilengkapi dengan model komputasi, solusi praktis untuk tantangan penentuan hilal, dan panduan esensial bagi penyatuan waktu Islam universal. Sebuah karya komprehensif bagi para akademisi dan pemangku kepentingan.



KASMUI