# LAPORAN AUDIT KOMPARATIF ASTRONOMI SOLUNA

## (https://kasmui.cloud/soluna/)

Analisis KHGT, Neo-MABIMS Sabang, PKG-2, serta pembandingan dengan pengamatan ICOP dan sumber astronomi independen

**Cakupan: 1446–1574 H • Pembaruan naskah: 2 November 2026**

| 1.548 BULAN | 1.547 SESUAI | 1 KASUS BATAS |
|---|---|---|
| **Total baris kalender yang diperiksa** | Keputusan ambang sesuai pada uji independen | Safar 1527 H: sangat sensitif terhadap definisi tinggi Bulan |

**Angka berasal dari hasil audit terdahulu; uji numerik tidak dijalankan ulang untuk penyusunan dokumen ini.**

## Ikhtisar eksekutif

Audit komparatif ini memeriksa keluaran kalender KHGT dan Neo-MABIMS Sabang yang dihasilkan SOLUNA, kesesuaian internal dataset 1446–1574 H, serta beberapa kasus independen menggunakan Swiss Ephemeris, data fase Bulan US Naval Observatory (USNO), pengamatan Islamic Crescents' Observation Project (ICOP), dan keputusan resmi Indonesia. Temuan pentingnya adalah konsistensi aritmetika dataset yang baik, kecocokan untuk sejumlah tanggal awal bulan penting, dan satu kasus batas yang menunjukkan sensitivitas terhadap definisi tinggi Bulan dan koreksi refraksi.

Kesimpulan harus dibatasi secara ketat: hasil tersebut belum merupakan validasi astronomi penuh untuk seluruh dunia ataupun pembuktian bahwa semua kasus PKG-2 telah ditemukan secara tuntas. Hasil komputasi, observasi fisik, dan keputusan kelembagaan diperlakukan sebagai bukti dengan makna berbeda.

> **Catatan metodologis.** Dokumen ini merupakan penataan ulang jawaban audit yang telah disajikan di percakapan sebelumnya. Tidak dilakukan penelusuran ulang sumber atau penghitungan ephemeris baru selama konversi dokumen; status verifikasi dinyatakan sebagaimana dalam jawaban asal.

## 1. Pemeriksaan dataset Neo-MABIMS Sabang

Berkas yang diperiksa adalah salinan kode SOLUNA dan workbook SOLUNA_NEO_SABANG_1446-1574H Audit konsistensi aritmetika pada seluruh 1.548 baris menunjukkan distribusi 726 bulan berusia 29 hari (46,90 persen) dan 822 bulan berusia 30 hari (53,10 persen). Seluruh 129 tahun Hijriah mempunyai 12 bulan, tanpa durasi di luar 29 atau 30 hari.

| Indikator | Hasil pemeriksaan |
|---|---|
| **Rentang tahun Hijriah** | 1446–1574 H (129 tahun) |
| **Jumlah bulan** | 1.548 |
| **Jumlah bulan 29 hari** | 726 (46,90%) |
| **Jumlah bulan 30 hari** | 822 (53,10%) |
| **Kontinuitas tanggal** | Tidak terdapat jeda atau tumpang tindih |
| **Kesesuaian dengan ambang dalam data** | Semua 1.548 keputusan panjang bulan konsisten secara aritmetis |

Keputusan panjang bulan sesuai dengan pemeriksaan ambang tinggi Bulan sekurang-kurangnya 3° dan elongasi sekurang-kurangnya 6,4° serta waktu ijtimak yang tercatat. Statusnya adalah lulus pemeriksaan konsistensi dataset, bukan validasi observasional seluruh posisi Bulan dan Matahari.

## 2. Uji silang awal Syawal 1446 H

Kasus awal Syawal 1446 H memungkinkan pembandingan waktu konjungsi astronomis, hasil kalender dan keputusan resmi. Dalam dataset SOLUNA, ijtimak terjadi pada 29 Maret 2025 pukul 10:57:49,9 UTC; USNO mencantumkan pukul 10:58 UTC. Keduanya konsisten sampai ketelitian menit.

| Parameter | Hasil |
|---|---|
| **Ijtimak dataset SOLUNA** | 29 Maret 2025, 10:57:49,9 UTC |
| **Ijtimak US Naval Observatory** | 29 Maret 2025, 10:58 UTC |
| **Awal Syawal menurut SOLUNA KHGT** | 30 Maret 2025 |
| **Awal Syawal menurut Neo-MABIMS Sabang** | 31 Maret 2025 |
| **Keputusan resmi Indonesia** | 31 Maret 2025 |

ICOP melaporkan hilal tidak terlihat pada pengamatan Surakarta tanggal 29 Maret 2025. Kementerian Agama Republik Indonesia menetapkan 1 Syawal 1446 H pada 31 Maret 2025 setelah laporan negatif dari 33 lokasi rukyat. Dengan demikian, hasil Neo-MABIMS Sabang untuk kasus ini cocok dengan keputusan resmi nasional.

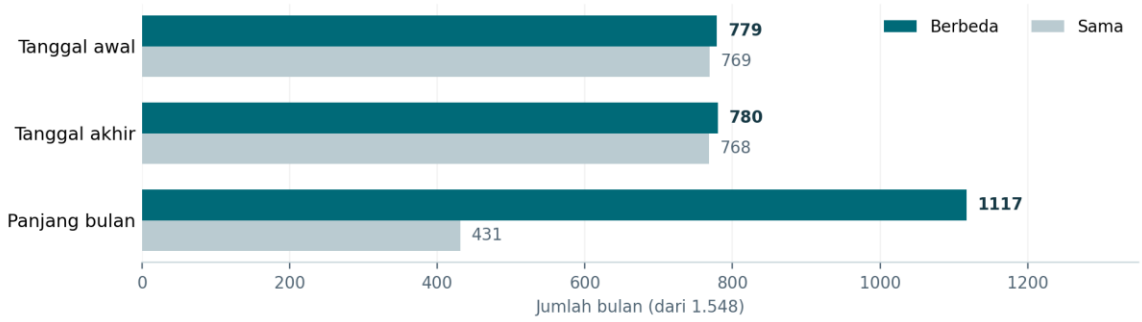
Perbedaan satu hari dari KHGT tidak boleh langsung ditafsirkan sebagai kesalahan perhitungan astronomi, karena KHGT memakai kriteria global dan bukan keputusan berbasis rukyat lokal Indonesia.

## 3. Audit komparatif kalender KHGT dan Neo-MABIMS 1446–1574 H

Pembandingan langsung workbook KHGT, workbook Neo-MABIMS Sabang, dan tabel gabungan menunjukkan bahwa tanggal awal, tanggal akhir, serta panjang bulan pada masing-masing rekap cocok dengan berkas sumbernya untuk 1.548 pasangan bulan. Ketidaksamaan antarmodel merupakan perbedaan keluaran kalender, bukan ketidakkonsistenan penggabungan data.

| Indikator | Berbeda | Sama | Persentase berbeda |
|---|---|---|---|
| **Tanggal awal bulan** | 779 | 769 | 50,32% |
| **Tanggal akhir bulan** | 780 | 768 | 50,39% |
| **Panjang bulan** | 1.117 | 431 | 72,16% |

Tanggal awal Neo-MABIMS sama dengan KHGT pada 769 bulan dan lebih lambat satu hari pada 779 bulan; tidak ditemukan tanggal awal Neo-MABIMS yang lebih dini dalam dataset. Rumus penghitungan persentase berbeda disajikan sebagai teks: persentase berbeda = (jumlah bulan berbeda dibagi jumlah seluruh bulan) dikalikan 100 persen.




**Gambar 1. Jumlah bulan yang sama dan berbeda antara KHGT dan Neo-MABIMS Sabang (1446–1574 H).**

Pemilahan label KHGT menghasilkan 1.387 bulan berlabel PKG-1 dan 161 bulan berlabel PKG-2. Adapun label waktu pemenuhan terdiri atas 845 kasus H0 dan 703 kasus H1. Pencacahan tersebut belum membuktikan bahwa penyisiran lokasi dunia telah menemukan setiap kemungkinan pemenuhan ambang astronomis.

## 4. Perhitungan independen menggunakan Swiss Ephemeris

Pemeriksaan independen menggunakan Swiss Ephemeris dengan model astronomi Moshier, terpisah dari mesin Skyfield SOLUNA. Titik pengamatan adalah Sabang. Besaran yang dibandingkan adalah tinggi Bulan toposentris tampak, yakni memperhitungkan refraksi, dan elongasi Bulan–Matahari geosentris pada waktu Magrib setempat.

| Kasus / parameter | SOLUNA | Penghitungan independen |
|---|---|---|
| **29 Maret 2025 — tinggi Bulan** | −1,706660° | −1,715887° |
| **29 Maret 2025 — elongasi** | 1,215050° | 1,215211° |
| **19 Maret 2026 — tinggi Bulan** | 3,132420° | 3,124818° |
| **19 Maret 2026 — elongasi** | 6,103786° | 6,103991° |
| **7 April 2027 — tinggi Bulan** | 3,038735° | 3,032847° |
| **7 April 2027 — elongasi** | 7,675490° | 7,675706° |

Penghitungan independen pada seluruh 1.548 bulan menghasilkan 1.547 keputusan ambang yang sesuai dan satu kasus sensitif, yaitu Safar 1527 H. Selisih absolut maksimum elongasi yang dilaporkan adalah sekitar 0,00370°. Kecocokan keputusan ini tidak membuktikan semua nilai numeriknya identik.

### 4.1. Kasus batas Safar 1527 H

| Parameter | SOLUNA | Swiss Ephemeris |
|---|---|---|
| **Tinggi Bulan** | 3,002249° | 2,995717° |
| **Elongasi** | 8,010727° | 8,010497° |
| **Keputusan ambang 3° dan 6,4°** | Memenuhi | Tidak memenuhi |

Perbedaan tinggi Bulan sekitar 0,006532° atau 23,5 detik busur cukup untuk melintasi batas 3°. Hal ini tidak dengan sendirinya membuktikan kesalahan SOLUNA karena kedua mesin dapat memakai pilihan ephemeris, penentuan Magrib, dan koreksi atmosfer yang berbeda. Kasus tersebut layak diprioritaskan untuk pengujian ulang dengan definisi yang seragam.

## 5. Pembandingan tahun 1447 H dengan observasi dan keputusan resmi

Tiga bulan penting 1447 H menjadi pengujian silang yang relevan karena tanggal kalender dapat dibandingkan dengan Maklumat Muhammadiyah dan keputusan sidang isbat Pemerintah Indonesia.

| Awal bulan | SOLUNA KHGT | Muhammadiyah | Neo Sabang | Isbat RI |
|---|---|---|---|---|
| **Ramadan 1447 H** | 18 Feb 2026 | 18 Feb 2026 | 19 Feb 2026 | 19 Feb 2026 |
| **Syawal 1447 H** | 20 Mar 2026 | 20 Mar 2026 | 21 Mar 2026 | 21 Mar 2026 |
| **Zulhijah 1447 H** | 18 Mei 2026 | 18 Mei 2026 | 18 Mei 2026 | Tidak dibandingkan |

Tiga tanggal KHGT tersebut cocok dengan Maklumat PP Muhammadiyah Nomor 2/MLM/I.0/E/2025, sedangkan dua tanggal Neo-MABIMS Sabang untuk Ramadan dan Syawal cocok dengan hasil sidang isbat pada kasus yang dibandingkan.

Untuk awal Syawal 1447 H, laporan ICOP dari Observatorium Assalaam di Surakarta tanggal 19 Maret 2026 menyatakan hilal tidak terlihat. Parameter yang dicantumkan adalah tinggi Bulan 2,38° dan elongasi 5,55°. Data pengamatan itu mendukung ketidakpenuhan kriteria lokal pada tempat tersebut, tetapi tidak boleh disandingkan langsung dengan nilai Sabang tanpa penyamaan lokasi, waktu, dan definisi parameter astronomi.

## 6. Evaluasi algoritma PHP SOLUNA

| Komponen | Temuan dalam kode | Penilaian |
|---|---|---|
| **Ephemeris** | Jalur Skyfield/JPL dan pemilihan BSP berdasar cakupan tanggal | Rancangan memadai; eksekusi penuh belum direproduksi |

| Komponen | Temuan dalam kode | Penilaian |
|---|---|---|
| **KHGT** | Tinggi Bulan dan elongasi geosentris; ambang 5° dan 8° | Konsisten secara rancangan |
| **PKG-1** | Pemenuhan pasangan ambang sebelum 24.00 UTC | Konsisten secara logika |
| **PKG-2** | Saksi daratan Amerika setelah batas UTC dan syarat ijtimak terhadap fajar Selandia Baru | Perlu audit penyisiran lokasi global |
| **Neo-MABIMS** | Tinggi Bulan toposentris tampak dan elongasi geosentris pada Magrib Sabang | Konsisten dengan definisi parameter yang digunakan |
| **Rukyat** | Tidak menjadi masukan langsung ke keputusan kalender otomatis | Tidak dapat disamakan dengan validasi rukyat |

Peraturan Menteri Agama Nomor 1 Tahun 2026, Pasal 4 ayat (4), disebut dalam audit sebagai dasar tinggi Bulan toposentris 3° dan elongasi geosentris 6,4°. Dalam keadaan syarat tidak terpenuhi, bulan diistikmalkan menjadi 30 hari. Penggunaan definisi yang jelas penting agar tinggi dan elongasi yang dibandingkan tidak tercampur dengan pilihan koordinat lain.

### 6.1. Tiga catatan teknis penting

Pencarian PKG-2: Kode mengevaluasi daftar lokasi dan lokasi tambahan di Amerika. Penyisiran titik diskret dapat menemukan contoh tempat yang memenuhi syarat, tetapi belum membuktikan bahwa tidak ada lokasi memenuhi syarat ketika seluruh titik sampel gagal. Diperlukan metode global adaptif dan pengujian wilayah daratan yang dekat dengan batas.

Fajar Selandia Baru: Dalam implementasi yang diperiksa, Gisborne dijadikan titik wakil dan kondisi fajar dihitung pada tinggi pusat Matahari −18°. Lokasi, makna fajar, dan skala waktunya perlu dicocokkan secara persis dengan pedoman KHGT sebelum hasil batas dianggap tervalidasi.

Perbedaan mode kalender dan peta: Kalender Neo-MABIMS Sabang menggunakan elongasi geosentris, sedangkan beberapa penghitungan pada mode peta dapat menggunakan elongasi toposentris. Angka keduanya tidak boleh dipertukarkan tanpa penjelasan definisi.

## 7. Temuan kualitas data dan sensitivitas metode

### 7.1. Representasi waktu Magrib dalam tabel ekspor

Audit kolom yang berlabel waktu Magrib WIB mengidentifikasi perbedaan representasi waktu di antara tahun sumber. Pada tahun 1446 H, nilai yang tersimpan sekitar pukul 18, sedangkan data 1447–1574 H mencantumkan pukul 11.

| Bagian data | Jumlah baris | Jam yang tercatat |
|---|---|---|
| **1446 H** | 12 | 18.xx |
| **1447–1574 H** | 1.536 | 11.xx |

Waktu sekitar pukul 11.49 UTC ekuivalen dengan 18.49 WIB. Karena itu, temuan ini lebih menunjukkan perbedaan representasi zona waktu daripada kesalahan perhitungan Matahari.

Namun, kolom yang seluruhnya diberi label WIB berpotensi menyesatkan pengguna dan perlu diperjelas sebelum data digunakan kembali.

### 7.2. Sensitivitas terhadap refraksi atmosfer

Contoh tanggal 7 April 2027 menunjukkan bahwa angka tinggi Bulan berubah bermakna ketika definisi koordinat dan refraksi diganti:

| Definisi tinggi Bulan | Nilai |
|---|---|
| **Geosentris geometrik** | 3,750024° |
| **Toposentris geometrik** | 2,793879° |
| **Toposentris tampak, dengan refraksi** | 3,032847° |

Dalam pengujian sensitivitas seluruh dataset, terdapat 15 keputusan bulan 29 hari yang akan melewati batas tinggi 3° bila nilai toposentris tampak diganti dengan tinggi geometrik tanpa refraksi pada mesin pembanding. Angka 15 tersebut bukan jumlah kesalahan SOLUNA, melainkan banyaknya kasus yang sensitif terhadap perubahan definisi tinggi Bulan. Oleh karena itu, spesifikasi atmosfer dan refraksi harus dicantumkan bersama setiap hasil.

## 8. Audit ephemeris JPL DE440s

Berkas BSP yang tersedia telah diperiksa struktur SPK-nya dan koefisien Chebyshev Bumi, Bulan, serta Matahari dibaca secara langsung. Pemeriksaan silang konjungsi menggunakan pendekatan transformasi ekliptika J2000 yang disederhanakan menghasilkan angka berikut.

| Peristiwa konjungsi | SOLUNA | Perhitungan langsung BSP |
|---|---|---|
| **29 Maret 2025** | 10:57:49,92 UTC | 10:58:23,42 UTC |
| **27 April 2025** | 19:31:09,27 UTC | 19:31:41,53 UTC |
| **19 Maret 2026** | 01:23:28,73 UTC | 01:24:05,10 UTC |

Perhitungan pembanding belum mengimplementasikan seluruh koreksi koordinat tampak dalam Skyfield. Selisih puluhan detik antara kedua cara tersebut tidak dapat ditafsirkan sebagai kesalahan ephemeris SOLUNA. Waktu ijtimak SOLUNA 19 Maret 2026 sekitar 01:23 UTC konsisten pada resolusi satu menit dengan publikasi USNO yang disebut pada audit.

Salinan kernel lokal yang dipakai untuk audit mencakup sekitar tahun 1950–2049, sedangkan cakupan dataset kalender berakhir pada 2149. DE440s standar memang mencakup sekitar 1849–2150, tetapi salinan kernel lengkap dan lingkungan Skyfield untuk pengujian presisi penuh seluruh rentang belum tersedia pada pelaksanaan audit yang diringkas di sini.

## 9. Kesimpulan dan tindak lanjut ilmiah

Secara keseluruhan, SOLUNA menunjukkan konsistensi dataset yang kuat serta kesesuaian yang baik dalam sejumlah kasus astronomi dan kalender yang diperiksa secara independen. Pemeriksaan panjang bulan Neo-MABIMS lulus kendali mutu pada 1.548 baris; pembandingan kalender memperlihatkan perbedaan tanggal awal sebanyak 779 bulan, tanggal akhir sebanyak 780 bulan,

dan panjang bulan sebanyak 1.117 bulan. Pengujian astronomi independen memperlihatkan satu kasus sensitif di sekitar ambang kriteria.

Tetapi temuan tersebut belum setara dengan validasi astronomi global penuh. Kekurangan utama meliputi ketidaktersediaan reproduksi Skyfield–DE440s presisi penuh untuk semua peristiwa, belum terbuktinya kelengkapan pencarian titik saksi dunia untuk PKG-1/PKG-2, dan belum tersusunnya basis pengamatan ICOP dengan metadata cuaca, lokasi, instrumen, serta hasil pengamatan yang siap dianalisis statistik secara menyeluruh.

### Prioritas pengujian berikutnya

- Uji ulang seluruh 161 bulan berlabel PKG-2 dengan pencarian geografis adaptif, menggunakan daratan dan batas waktu UTC yang jelas.
- Reproduksi Safar 1527 H dengan kernel DE440s dan pengaturan waktu Magrib, tinggi Bulan, koordinat, serta refraksi yang identik.
- Samakan label zona waktu dalam berkas ekspor: setiap tanggal, jam, dan offset harus dinyatakan secara eksplisit.
- Bangun matriks observasi ICOP dengan pemisahan hilal terlihat, tidak terlihat dalam cuaca cerah, dan tidak terlihat akibat cuaca atau kendala instrumen.
- Uji penanggalan secara terpisah dari penilaian visibilitas fisik, agar keberhasilan kalender global tidak keliru dinilai hanya dari laporan rukyat lokal.

Dua sistem yang dibandingkan menjawab persoalan operasional berbeda. KHGT menargetkan penyatuan kalender global melalui aturan astronomi dan batas waktu internasional, sedangkan Neo-MABIMS menyediakan kriteria visibilitas lokal atau regional untuk proses penetapan awal bulan. Oleh karena itu, proporsi tanggal yang berbeda bukan ukuran langsung mengenai ketepatan fisik salah satu sistem.

Tidak ada perubahan pada kode index.php SOLUNA maupun workbook sumber dalam audit yang dijelaskan di atas.

## Keterangan sumber dan ruang lingkup

Naskah ini mengacu pada jawaban audit yang telah diberikan sebelumnya, dengan materi berupa file kode PHP SOLUNA, workbook perbandingan KHGT dan Neo-MABIMS Sabang 1446–1574 H, berkas ephemeris DE440s, data fase Bulan US Naval Observatory, laporan Islamic Crescents' Observation Project (ICOP), maklumat Muhammadiyah untuk Ramadan, Syawal dan Zulhijah 1447 H, keputusan sidang isbat Kementerian Agama RI, Peraturan Menteri Agama Nomor 1 Tahun 2026, serta rujukan teknis BMKG dan JPL.

Daftar pustaka pada bagian berikut telah dilengkapi melalui penelusuran sumber primer lembaga, arsip observasi ICOP, dokumentasi ephemeris, dan publikasi ilmiah yang dapat dilacak melalui tautan atau DOI. Verifikasi bibliografis tidak berarti angka komputasi dalam laporan ini telah dihitung ulang; status audit numerik dan keterbatasannya tetap seperti dinyatakan pada bagian sebelumnya. Peraturan Menteri Agama Nomor 1 Tahun 2026 digunakan untuk menelusuri definisi kriteria terkini, bukan sebagai landasan hukum retroaktif keputusan tahun 2025.

## Daftar literatur dan sumber data

Daftar berikut memisahkan dokumen kebijakan dan keputusan kalender, laporan pengamatan, data astronomi, serta literatur metode. Setiap rujukan publik dilengkapi tautan aktif ke sumber penerbit/lembaga atau DOI. Tanggal penelusuran: 2 November 2026. Berkas komputasi SOLUNA dicantumkan tersendiri sebagai data internal audit.

**Panduan keterkaitan:** Bagian 1 dan 3 menggunakan data internal D1–D4; bagian 2 merujuk [5], [8], [10]; bagian 4 berkaitan dengan [14]; bagian 5 dengan [2], [6], [7], [9]; bagian 6 dengan [1], [3], [4]; bagian 7 dengan [15]–[19]; dan bagian 8 dengan [11]–[13]. Rujukan ilmiah [16]–[19] juga memberi konteks evaluasi keterlihatan hilal, bukan validasi langsung angka keluaran SOLUNA.

### A. Pedoman KHGT, regulasi, dan keputusan resmi


- **[1]** Pimpinan Pusat Muhammadiyah. (2025). Keputusan Musyawarah Nasional XXXII Tarjih Muhammadiyah tentang Kalender Hijriah Global Tunggal, ditanfidzkan melalui Keputusan PP Muhammadiyah No. 86/KEP/I.0/B/2025; dimuat dalam Berita Resmi Muhammadiyah No. 05/2022–2027.
  *Tautan:* https://tarjih.or.id/wp-content/uploads/2025/06/BRM-05-Tanfidz-KHGT-Fikih-Informasi-Fikih-Zakat-Kontemporer-dan-Kreteria-Waktu-Subuh-Full-Color.pdf
- **[2]** Pimpinan Pusat Muhammadiyah. (2025, 22 Oktober). Maklumat No. 2/MLM/I.0/E/2025 tentang Penetapan Hasil Hisab Ramadan, Syawal, dan Zulhijah 1447 Hijriah.
  *Tautan:* https://muhammadiyah.or.id/2025/10/maklumat-pp-muhammadiyah-tentang-penetapan-hasil-hisab-ramadan-syawal-dan-zulhijah-1447-h/
- **[3]** Majelis Tarjih dan Tajdid PP Muhammadiyah. (2026, 12 Maret). Keterangan Pers terkait Penetapan 1 Syawal 1447 H: penjelasan aturan KHGT dan PKG-2.
  *Tautan:* https://muhammadiyah.or.id/2026/03/keterangan-pers-majelis-tarjih-dan-tajdid-pp-muhammadiyah-terkait-penetapan-1-syawal-1447-h/
- **[4]** Kementerian Agama Republik Indonesia. (2026). Peraturan Menteri Agama Nomor 1 Tahun 2026 tentang Penyelenggaraan Sidang Isbat, khususnya Pasal 1–4 (definisi geosentris/toposentris dan kriteria 3°/6,4°). JDIH Kemenag.
  *Tautan:* https://jdih.kemenag.go.id/yzxkthpo/regulation/peraturan-menteri-agama-1-2026_260427.pdf
- **[5]** Kementerian Agama Republik Indonesia. (2025). Pemerintah Tetapkan 1 Syawal 1446 H Jatuh pada 31 Maret 2025. Siaran pers resmi.
  *Tautan:* https://kemenag.go.id/pers-rilis/pemerintah-tetapkan-1-syawal-1446-h-jatuh-pada-31-maret-2025-9kv5c
- **[6]** Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia. (2026, 17 Februari). Pemerintah Tetapkan 1 Ramadan 1447 H Jatuh pada Kamis, 19 Februari 2026.
  *Tautan:*
  https://www.setneg.go.id/baca/index/pemerintah_tetapkan_1_ramadan_1447_h_jatuh_pada_kamis_19_februari_2026
- **[7]** Kementerian Agama Republik Indonesia. (2026, 20 Maret). Pemerintah Tetapkan 1 Syawal 1447 H Bertepatan 21 Maret 2026. Dokumentasi sidang isbat.
  *Tautan:* https://kemenag.go.id/foto/pemerintah-tetapkan-1-syawal-1447-h-bertepatan-21-maret-2026


### B. Observasi ICOP dan data fase Bulan


- **[8]** International Astronomical Center—Islamic Crescents' Observation Project (ICOP). (2025). Visibility of Shawwal Crescent 1446 AH: laporan pengamatan 29 Maret 2025, termasuk Observatorium Assalaam, Surakarta.
  *Tautan:* https://astronomycenter.net/icop/shw46.html?l=en
- **[9]** International Astronomical Center—Islamic Crescents' Observation Project (ICOP). (2026). Visibility of Shawwal Crescent 1447 AH: laporan pengamatan 19 Maret 2026, termasuk Observatorium Assalaam, Surakarta.
  *Tautan:* https://astronomycenter.net/icop/shw47.html?l=en

- **[10]** U.S. Naval Observatory, Astronomical Applications Department. (2025). Dates of Primary Phases of the Moon: Maret 2025 (Bulan baru 29 Maret, 10:58 UTC).
  *Tautan:* https://aa.usno.navy.mil/calculated/moon/phases?date=2025-03-13&format=p&nump=5&submit=Get+Data
- **[11]** U.S. Naval Observatory, Astronomical Applications Department. (2026). Dates of Primary Phases of the Moon: Februari–Maret 2026 (Bulan baru 19 Maret, 01:23 UTC).
  *Tautan:* https://aa.usno.navy.mil/calculated/moon/phases?date=2025-08-19&format=p&nump=50&submit=Get+Data


## C. Ephemeris, komputasi, dan informasi hilal


- **[12]** Park, R. S., Folkner, W. M., Williams, J. G., & Boggs, D. H. (2021). The JPL Planetary and Lunar Ephemerides DE440 and DE441. The Astronomical Journal, 161(3), 105. DOI: 10.3847/1538-3881/abd414.
  *Tautan:* https://doi.org/10.3847/1538-3881/abd414
- **[13]** Rhodes, B. (tanpa tahun). Planets and their moons: JPL ephemeris files. Skyfield Documentation; tabel cakupan de440s.bsp (1849–2150) dan keterangan pemilihan ephemeris.
  *Tautan:* https://rhodesmill.org/skyfield/planets.html
- **[14]** Astrodienst AG; Koch, D., & Treindl, A. (tanpa tahun). Swiss Ephemeris: perangkat lunak astronomi dan dokumentasi pemrograman (termasuk mode Moshier).
  *Tautan:* https://www.astro.com/ftp/swisseph/
- **[15]** Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). (2026, 9 Maret). Informasi Prakiraan Hilal Saat Matahari Terbenam Tanggal 19 Maret 2026 (Penentu Awal Bulan Syawal 1447 H).
  *Tautan:* https://www.bmkg.go.id/tanda-waktu/hilal-gerhana/informasi-prakiraan-hilal-saat-matahari-terbenam-tanggal-19-maret-2026-penentu-awal-bulan-syawal-1447-h


## D. Literatur ilmiah tentang visibilitas hilal


- **[16]** Yallop, B. D. (1997; diperbarui April 1998). A Method for Predicting the First Sighting of the New Crescent Moon. HM Nautical Almanac Office, NAO Technical Note No. 69.
  *Tautan:* https://webspace.science.uu.nl/~gent0113/islam/downloads/naotn_69.pdf
- **[17]** Odeh, M. Sh. (2006; volume jurnal bertanda 2004). New Criterion for Lunar Crescent Visibility. Experimental Astronomy, 18, 39–64. DOI: 10.1007/s10686-005-9002-5.
  *Tautan:* https://doi.org/10.1007/s10686-005-9002-5
- **[18]** Doggett, L. E., & Schaefer, B. E. (1994). Lunar Crescent Visibility. Icarus, 107(2), 388–403. DOI: 10.1006/icar.1994.1031.
  *Tautan:* https://doi.org/10.1006/icar.1994.1031
- **[19]** U.S. Naval Observatory, Astronomical Applications Department. (tanpa tahun). Crescent Moon Visibility. Uraian faktor geometri, atmosfer, instrumen, dan penglihatan manusia serta rujukan riset ilmiah.
  *Tautan:* https://aa.usno.navy.mil/faq/crescent


## E. Berkas sumber internal audit SOLUNA

Berkas berikut merupakan bahan primer penghitungan dan pemeriksaan rekap yang menyertai audit, bukan publikasi eksternal atau bukti rukyat independen. Penelusurannya memerlukan akses ke arsip kerja yang digunakan saat audit.

**[D1]** *index(20261101-215402).php.* Kode sumber SOLUNA yang diperiksa; tidak diubah.

**[D2]** *SOLUNA_KHGT_1446-1574H(1).xlsx.* Rekap keluaran kalender KHGT 1446–1574 H.

**[D3]** *SOLUNA_NEO_SABANG_1446-1574H_Lengkap.xlsx.* Rekap Neo-MABIMS Sabang 1446–1574 H.

**[D4]** *Perbandingan_KHGT_NEO_MABIMS_1446-1574H_Rekap_Perbedaan.xlsx.* Tabel gabungan dan hasil perbandingan dua model.

**Catatan verifikasi.** Rujukan resmi dan artikel ilmiah di atas dapat diverifikasi bibliografinya melalui tautan aktif; tautan tersebut tidak boleh dianggap sebagai sumber langsung bagi angka eksperimen spesifik (misalnya 1.547 kasus sesuai, satu kasus batas Safar 1527 H, atau selisih 0,00370°). Angka itu berasal dari pengujian/rekap dalam bahan audit dan memerlukan kode, pengaturan komputasi, serta berkas data untuk reproduksi independen.