

Arwin Juli Rakhmadi, Abu Yazid Raisal, Abdul Ghofur, Adi Jufriansah, Adul Meatam, Ahmad Hariz Bely, Ahmad Luthfi Afifi Mohd Nasir, Aimi Musa, Aisyah Tajuddin, Alya Fathi Muhammad Hasibuan, Amirul Hazim Kamarulzaman, Ardiyansyah, Darrel Gadhi Purnomo, Dedi Suwandi Wahab, Dimas Windira, Dini Rahmadani S, DTM Randi Oktian Zulhar, Fadilla Sayu Ananda, Fajrullah, Faqihah Abdul Samad, Framudia Dwi Wicaksono, Hariyadi Putraga, Hilman Shahmeer Mohamed Azmi, Ikhsan Kamilan Latif, Ismail, Khairul Fahmi, M. Arbisora Angkat, Marta Saputra, Mohd Shukri Hanapi, Muhammad Almujaferin, Muh. Arif Royyani, Muhammad Hidayat, Muhammad Mustaqim Zawawi, Muhammad Rafi, Nur Azwin Ismail, Nurul Adzkiyah Rambe, Nurul Zahrian Jf, Othman Zainon, Pahwana Faransyah, Rihaan Yuhyi, Rizki Pradana Hidayatulab, Romi Aqmal, Roslan Umar, Rusdiansyah, Shahir Akram Hassan, Sri Wahyuni, Wan Khairul Firdaus Wan Khairuldin, Wan Mohd Yusof Wan Chik, Yudhiakto Pramudya, Zakaria Al Farizi, Zidan Fachrul Rifai Siregar

Editor: Hariyadi Putraga

Astronomi Volume V Islam

OIF UMSU

Arwin Juli Rakhmadi, Abu Yazid Raisal, Abdul Ghofur, Adi Jufriansah, Adul Meatam, Ahmad Hariz Bely, Ahmad Luthfi Afifi Mohd Nasir, Aimi Musa, Aisyah Tajuddin, Alya Fathi Muhammad Hasibuan, Amirul Hazim Kamarulzaman, Ardiyansyah, Darrel Gadhi Purnomo, Dedi Suwandi Wahab, Dimas Windira, Dini Rahmadani S, DTM Randi Oktian Zulhar, Fadilla Sayu Ananda, Fajrullah, Faqihah Abdul Samad, Framudia Dwi Wicaksono, Hariyadi Putraga, Hilman Shahmeer Mohamed Azmi, Ikhsan Kamilan Latif, Ismail, Khairul Fahmi, M. Arbisora Angkat, Marta Saputra, Mohd Shukri Hanapi, Muhammad Almujaferin, Muh. Arif Royyani, Muhammad Hidayat, Muhammad Mustaqim Zawawi, Muhammad Rafi, Nur Azwin Ismail, Nurul Adzkiyah Rambe, Nurul Zahrian Jf, Othman Zainon, Pahwana Faransyah, Rihan Yuhui, Rizki Pradana Hidayatullah, Romi Aqmal, Roslan Umar, Rusdiansyah, Shahir Akram Hassan, Sri Wahyuni, Wan Khairul Firdaus Wan Khairuldin, Wan Mohd Yusof Wan Chik, Yudhiakto Pramudya, Zakaria Al Farizi, Zidan Fachrul Rifai Siregar

Editor:

Hariyadi Putraga

Astronomi

Islam

Volume V

Astronomi Islam

Volume V

Penulis:

Arwin Juli Rakhmadi, Abu Yazid Raisal, Abdul Ghofur, Adi Jufriansah, Adul Meatam, Ahmad Hariz Bely, Ahmad Luthfi Afifi Mohd Nasir, Aimi Musa, Aisyah Tajuddin, Alya Fathi Muhammad Hasibuan, Amirul Hazim Kamarulzaman, Ardiyansyah, Darrel Gadhi Purnomo, Dedi Suwandi Wahab, Dimas Windira, Dini Rahmadani S, DTM Randi Oktian Zulhar, Fadilla Sayu Ananda, Fajrullah, Faqihah Abdul Samad, Framudia Dwi Wicaksono, Hariyadi Putraga, Hilman Shahmeer Mohamed Azmi, Ikhsan Kamilan Latif, Ismail, Khairul Fahmi, M. Arbisora Angkat, Marta Saputra, Mohd Shukri Hanapi, Muhammad Almujrin, Muh. Arif Royyani, Muhammad Hidayat, Muhammad Mustaqim Zawawi, Muhammad Rafi, Nur Azwin Ismail, Nurul Adzkiyah Rambe, Nurul Zahrian Jf, Othman Zainon, Pahwana Faransyah, Rihan Yuhyi, Rizki Pradana Hidayatullah, Romi Aqmal, Roslan Umar, Rusdiansyah, Shahir Akram Hassan, Sri Wahyuni, Wan Khairul Firdaus Wan Khairuldin, Wan Mohd Yusof Wan Chik, Yudhiakto Pramudya, Zakaria Al Farizi, Zidan Fachrul Rifai Siregar

Editor:

Hariyadi Putraga

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang Memperbanyak atau memindahkan sebagian dan sebagian isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotocopy, merekam dan dengan sistem penyimpanan lainnya tanpa izin tertulis dari penulis.

All Right Reserved
Cetakan Pertama, Mei 2026

Penerbit: CV Goresan Pena
QRCBN : 62-5181-3251-439

Kata Pengantar

Astronomi merupakan ilmu yang mempelajari tentang benda-benda langit yang bisa ditinjau dari segala disiplin ilmu, termasuk dari aspek ibadah, sejarah, ekonomi, politik, teknologi, matematika, fikih dan lain-lain. Sebagaimana diketahui, astronomi sudah berkembang sejak lama, hampir semua peradaban dan bangsa silam memiliki telaah dan kontribusi dalam astronomi atau ilmu falak. Di era modern, astronomi juga sangat diperlukan oleh manusia, khususnya karena terkait dengan ibadah (arah kiblat, waktu-waktu salat, awal bula, dan gerhana). Dalam perkembangannya lagi, astronomi terus dikaji dan dipelajari, dan terus berkembang dengan pembahasan yang beragam.

Adapun buku ini, berjudul “Astronomi Islam Volume 5”, merupakan kumpulan artikel yang ditulis oleh para pakar di bidangnya masing-masing. Secara umum isi dan konstruksi dalam *book chapter* ini berisi pembahasan dan Kajian terkait astronomi Islam, seperti Arah Kiblat, Waktu Shalat, Kalender Islam Global, Astronomi, dan lain-lain. Semoga kehadiran *book chapter* sederhana ini dapat memberi wawasan kepada para pembaca. Kritik dan



masukan untuk kesempurnaan buku ini tentunya sangat diharapkan.

Medan, 22 Mei 2026

Tim Editor

DAFTAR ISI

Kata Pengantar v

DAFTAR ISI.....vii

Visibilitas Hilal Menurut Astronom Muslim 1

Arwin Juli Rakhmadi, Muh. Arif Royyani, Abdul Ghofur

**Dialektika Epistemologi Hisab dan Rukyah Hilal
di Indonesia: Tinjauan Kriteria MABIMS
Berdasarkan PMA Nomor 1 Tahun 2026 31**

Ismail, Ardiyansyah, Ikhsan Kamilan Latif

**Problematika Fikih Astronomi di Kawasan
Lintang Tinggi: Tantangan Penentuan Waktu
Salat dan Puasa49**

Fajrullah

**Precision of Qibla Direction at Nurul Iman
Mosque in Gunung Kijang District: An Accuracy
Level Study Based on Theodolite Measurements
.....83**

M. Arbisora Angkat, Rizki Pradana Hidayatullah, Romi
Aqmal, Marta Saputra, Muhammad Almuji

An Analysis of Islamic Legal Rulings on Prayer in Highland Areas and High-Rise Buildings in Malaysia103

Ahmad Lutfi Afifi Mohd Nasir, Roslan Umar¹, Shahir Akram Hassan, Wan Khairul Firdaus Wan Khairuldin, Mohd Shukri Hanapi, Nur Azwin Ismail, Arwin Juli Rakhmadi

Analisis Kualitas Langit Malam sebagai Dasar Pengembangan Astroturisme di Maumere 129

Dedi Suwandi Wahab, Adi Jufriansiah, Yudhiakto Pramudya, Zakaria Al Farizi

The Zodiac in Islam: A Study Based on Islamic Legal Rulings 163

Muhammad Mustaqim Zawawi, Roslan Umar, Amirul Hazim Kamarulzaman, Faqihah Abdul Samad, Wan Mohd Yusof Wan Chik, Ahmad Lutfi Afifi Mohd Nasir & Ahmad Hariz Bely

Integrasi Augmented Reality pada Pembelajaran Astronomi di Sekolah.....233

Abu Yazid Raisal, Nurul Zahrian Jf, Sri Wahyuni

Analisis Tren dan Proyeksi Polusi Cahaya Kota Medan Menggunakan Pendekatan Moving Average..... 251

Dini Rahmadani S, Hariyadi Putraga

Mengungkap Rahasia Kecerahan Bintang269

Framudia Dwi Wicaksono

Takdir Sang Bintang: Sebuah Perjalanan dalam Siklus Evolusi Bintang 281

Pahwana Faransyah, Zidan Fachrul Rifai Siregar, Rusdiansyah, Khairul Fahmi

Anomali atau Siklus Astronomis? Analisis Konvergensi Kalender Global pada Beriringannya Tahun Baru Imlek dengan 1 Ramadan 1447 H serta Kedekatannya dengan Hari Raya Nyepi dan Idul Fitri 1447 H..... 303

Fadilla Sayu Ananda, Rihan Yuhyi, Alya Fathi Muhammad Hasibuan

Kriteria Visibilitas Bruin 1977 319

Muhammad Hidayat

Menganalisis Tantangan Implementasi Praktis dan Peluang Strategis Kalender Hijriah Global Tunggal..... 331

Rihan Yuhyi, Fadilla Sayu Ananda, Alya Fathi Muhammad Hasibuan, DTM Randi Oktian Zulhar



Visibilitas Hilal Menurut Astronom Muslim

**Arwin Juli Rakhmadi^{1*}, Muh. Arif Royyani ²,
Abdul Ghofur²**

¹ Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia

² Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang, Indonesia

* arwinjuli@umsu.ac.id

Terminologi Hilal

Menurut Ibn Manzhur (w. 711 H/1311 M), hilal merupakan awal atau sebagian dari bulan ketika telah tampak (*yuhillu*) oleh manusia. Hilal juga bermakna sesuatu yang tampak pada dua atau tiga malam pertama, atau sesuatu yang telah berbentuk (*yuhajjir*) seperti hilal. Hilal juga bermakna sesuatu yang berkilau (bercahaya) di gelap malam.¹ Sementara itu menurut Al-Jawaliqy, setelah terjadinya hilal maka disebut '*syahr*' (bulan) yang secara bahasa bermakna populer atau dikenal (*masyhūr*) karena manusia melihat dan mengetahuinya. *Syahr* didefinisikan pula dengan hilal, karena ketika hilal telah tampak (*ahalla*) maka ketika itu ia disebut *syahr*.²

Sementara menurut Al-Ashfihani (w. 502 H/1108 M), hilal adalah bulan yang muncul pada malam pertama dan malam kedua, setelah itu ia disebut bulan (*al-qamar*). Hilal dalam bahasa Arab disebut '*al-hilal*', bentuk

¹ Ibn Manzhūr, *Lisān al-'Arab*, j. 15 (Beirut: Dar ash-Shādir, cet. IV, 2005), h. 83-84.

² Ibn Manzhūr, *Natsār al-Azhār fī al-Lail wa an-Nahār* (Lebanon: Mu'assasah al-Kutub al-Tsaqafiyyah, cet. I, 1409/1988), h. 234-235..

pluralnya ‘*al-ahillah*’.³ Definisi yang sama juga dikemukakan Ar-Razi (w. 666 H/1267 M) dalam “*Mukhtār ash-Shihhah*”.⁴

Sementara itu at-Tahanawi dalam “*Kassiyāf Ishthilāhāt al-Funūn wa al-'Ulūm*” menyebutkan, hilal adalah sesuatu yang muncul dan terlihat. Ia adalah bulan (*qamar*) pada tiga malam dari awal *syahr*, setelah itu ia disebut *qamar*. Ahli astronomi mendefinisikan hilal sebagai sesuatu yang terlihat bersinar sejak awal malam”.⁵

Visibilitas Hilal Astronom Muslim

Al-Khawarizmi (w. 232 H/848 M)

Nama lengkapnya Abu Ja'far Muhammad bin Musa al-Khawarizmi (w. 232 H/848 M), ia lebih dikenal dengan “Al-Khawarizmi”. Dia adalah sosok ilmuwan terbuka, wawasan dan pengetahuan sainsnya banyak berasal dari sains India dan Persia. Capaiannya dalam aljabar tidak diragukan lagi. Adapun kontribusinya dalam masalah visibilitas hilal tampak dari tabel-tabel astronomi yang ia susun yang merupakan tabel paling awal dikenal di dunia Islam guna menentukan keterlihatan hilal. Teori keterlihatan sabit yang digunakan dalam zijnya ini didasarkan pada parameter India yaitu $s \geq 12$ lebih besar atau setara dengan 12 derajat. Formula ini menunjukkan ketinggian hilal 12 derajat pada lintang 36 derajat. Analisis tabel juga mengonfirmasi bahwa terdapat hubungan bahwa: (1) Tabel tersebut berdasarkan teori keterlihatan

³ Abu al-Qasim al-Husain bin Muhammad al-Ashfihani, *al-Mufradāt fī Gharīb al-Qur'ān* (Cairo: al-Maktabah at-Taufiqiyyah, t.t.), h. 552.

⁴ Muhammad bin Abi Bakr ar-Razi, *Mukhtār ash-Shihhah* (Cairo: Dār as-Salām, cet. I, 1428/2007), h. 596.

⁵ Muhammad Ali at-Tahanawi, *Kassiyāf Ishthilāhāt al-Funūn wa al-'Ulūm*, j. 2, Tahkik: Dr. Ali Dahruj (Beirut: Maktabah Lubnān Nasyirūn, cet. I, 1996), h. 1743.

India; (2) Lintang berada pada $33,0^\circ$ (Bagdad) yang digunakan Al-Khawarizmi dalam karyanya yang lain; dan (3) Kemiringan pada $23,51^\circ$, sebuah parameter yang juga berhubungan dengan Al-Khawarizmi.⁶

Habasy al-Hasib (w. sbml 254 H/859 M)

Nama lengkapnya Ahmad bin Abdillah Habasy al-Hasib al-Marwazi, seorang ahli matematika dan astronomi terkenal di dunia Islam, salah satu karyanya adalah “*az-Zaij ad-Dimasyqy*” (Tabel Damaskus).⁷ Menurut Morlan, pembahasan terpenting Habasy al-Hasib dalam zijnya ini adalah rekonstruksi teoretisnya atas pembahasan kemungkinan terlihatnya hilal (visibilitas hilal). Dalam hal ini Habasy banyak mengikuti tradisi Yunani melalui pemikiran Ptolemeus, selain juga tradisi India. Namun demikian, seperti dikemukakan Morlan, Ptolemeus tidak pernah secara spesifik membahas tentang visibilitas hilal. Dalam hal ini Ptolemeus lebih mengkaji pada visibilitas benda langit lain (planet-planet atau bintang-bintang) terkait terbit, terbenam, jarak, kontras, dan kedalamannya di bawah ufuk.⁸

Dalam praktiknya, berdasarkan observasi dan perhitungan, Habasy telah sampai pada kesimpulan bahwa sudut depresi matahari (*qaus inhithath asy-syams ‘an al-ufuq*) atau sudut keterlihatan hilal (*qaus qabiliyah ru’yah al-hilal*) yaitu OH, haruslah bernilai sama, yaitu

⁶ David A King, *Some Early Islamic Tables for Determining Lunar Crescent Visibility*, dalam “Astronomy in the Service of Islam” (Variorum: 1993 M), h. 192.

⁷ Regis Morlan, *‘Ilm al-Falak al-‘Araby asy-Syarqy Baina al-Qarnain ats-Tsamin wa al-Hady ‘Asyara*, dalam “Mausū’ah Tārīkh al-‘Ulūm al-‘Arabiyyah”, (Beirut: Markaz Dirāsāt al-Wahdah al-‘Arabiyyah, cet. II, 2005), h. 62.

⁸ *Ibid*, h. 65.

sekurang-kurangnya 10 derajat agar memungkinkan terlihat setelah gurub matahari pada tanggal 29.⁹ Rumusan Habasy ini sangat populer dan dalam perkembangannya banyak dikutip dan diikuti oleh tokoh-tokoh yang datang sesudahnya, diantaranya Al-Biruni (w. 440 H/1048 M).¹⁰

Al-Battani (w. 317 H/929 M)

Nama lengkapnya Abu ‘Abd Allah Muhammad bin Jabir bin Sinan al-Harrani al-Raqqi al-Shabi’ al-Battani (w. 317 H/929 M). Dia lebih dikenal dengan “al-Battani”, nisbah kepada tempat dimana dia dilahirkan yaitu “Battan” yang berdekatan dengan Harran, Irak.

Pencapaian terbaik Al-Battani dalam astronomi adalah sebuah karya bertitel “*az-Zaij ash-Shaby*” (Tabel Astronomi Sabeen) atau dikenal juga dengan “Zij al-Battani” (Tabel Astronomi Al-Battani), sebuah karya yang berisi uraian-uraian astronomis yang diperlengkapi dengan tabel-tabel, dan juga memuat hasil-hasil observasi yang pernah dilakukannya. Di Barat, Al-Battani dikenal dengan ‘Albategnius’ atau ‘Albategni’, ia juga diberi gelar kehormatan dengan “Ptolemeus Arab” oleh karena penguasaan dan kritiknya atas karya-karya Ptolemeus khususnya “*Almagest*”. Karena kepopulerannya, nama “Al-Battani” juga diabadikan sebagai salah satu nama kawah di bulan.¹¹

⁹ *Ibid*, h. 65.

¹⁰ Muhammad bin Ahmad al-Biruni, *al-Qānūn al-Mas‘ūdy*, j. 2 (Beirut: Dār al-Kutub al-‘Ilmiyyah, cet. I, 1422/2002), h. 343.

¹¹ Uraian lebih lengkap tentang Al-Battani dapat dilihat di: Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, *Astronom Muslim Sepanjang Sejarah Peradaban Islam* (Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, cet. I, 2019 M), h. 91-106.

Al-Battani adalah tokoh yang cukup intens mengkaji persoalan hilal. Karyanya "*az-Zaij al-Shaby*" (Tabel Sabean), di dalamnya terdapat pembahasan yang cukup komprehensif tentang hilal. Dalam buku ini Al-Battani menetapkan bahwa hilal tidak mungkin terlihat satu hari sebelum terjadinya ijtimak (konjungsi). Hilal hanya akan dapat terlihat pada hari ke-29 pada posisi 12 derajat 11 menit.

Menurutnya, rukyatul hilal memiliki tingkat kesulitan tinggi, diantaranya karena faktor jarak bulan dari matahari, jarak bulan ke bumi, perbedaan lintang bulan di arah utara-selatan, paralaks, banyaknya cahaya di suatu tempat, dan lain-lain.¹²

Menurutnya hilal tidak mungkin terlihat satu hari sebelum ijtimak (konjungsi). Sementara kecepatan bulan dibanding matahari adalah 12 derajat 11 menit dalam sehari. Maka bulan akan berada pada posisi 12 derajat 11 menit dari matahari di bujur lingkaran besar sesudah hari ijtimak. Pada posisi ini, secara astronomis hilal akan terlihat pada sore hari tanggal 29 pada posisi 12 derajat 11 menit.

Melalui perhitungan terbukti bahwa untuk terlihatnya hilal, posisi matahari saat bulan terbenam harus antara 8-10 derajat di bawah ufuk. Disini Al-Battani mengabaikan azimuth bulan. Oleh karena bulan dalam peredarannya mengelilingi bumi tidak bulat, Al-Battani menyimpulkan bahwa jarak bumi-bulan menyebabkan ketebalan hilal dan peluang keterlihatannya. Maka, visibilitas 11 derajat 47 menit (atau visibilitas 12 derajat) kompatibel dengan posisi bulan di episikel (*falak tadwir*). Di saat yang lain, jika bulan berada pada salah satu fasenya maka hilal akan memungkinkan terlihat apabila 10 derajat

¹² Al-Battany, *az-Zaij ash-Shaby*, Tahkik: Carlo Nillino (Roma: 1899 M), h. 129.

51 menit dan 13 derajat 41 menit. Al-Battani juga mendetailkan bentuk hilal dan arahnya berdasarkan posisinya di ufuk ketika muncul pertama kali.¹³

Al-Battani juga menetapkan bahwa dalam rukyatul hilal meniscayakan langit cerah dan bersih (*shafa' al-jaww*), mata yang awas ketika rukyat, sebab adakalanya cahaya syafak mengganggu. Selain itu juga harus benar-benar teliti dan tidak putus asa. Hilal dapat saja tidak terlihat di satu tempat namun terlihat di tempat lain.¹⁴

Al-Majrithi (w. 398 H/1007 M)

Nama lengkapnya Abu al-Qasim Maslamah bin Ahmad al-Majrithi, lebih dikenal dengan “al-Majrithi”. Dia adalah seorang ahli matematika dan astronomi. Al-Majrithi lahir pada tahun 338 H/950 M dan wafat taun 398 H/1007 M.¹⁵

Diantara kontribusi Al-Majrithi dalam astronomi adalah repetisi dan interpolasinya terhadap sejumlah zij, salah satunya zij milik Al-Khawarizmi (w. 232 H/848 M), yaitu dengan menambahkan tabel-tabel yang lebih akurat.¹⁶ Salah satu pekerjaan besar Al-Majrithi adalah konstruksinya atas tabel-tabel visibilitas hilal yang juga telah diteliti oleh E.S. Kennedy dan M. Janjanian. Dalam pembahasan keterlihatan sabit (*ru'yah al-hilal*), Al-Majrithi menetapkan formula yang mengindikasikan hilal

¹³ *Ibid*, h. 130.

¹⁴ *Ibid*, h. 132.

¹⁵ Khair ad-Din az-Zirikly, *al-A'lam Qamus Tarajim li Asyhur ar-Rijal wa an-Nisa' Min al-'Arab wa al-Musta'ribin wa al-Musytasyriqin*, j. 7 (Beirut: Dar al-'Ilm li al-Malayin, cet. XV, 2002 M), h. 224.

¹⁶ Ibn Sha'id al-Andalusy, *Thabaqat al-Umam* (Cairo: Dar al-Ma'arif, t.t.), h. 89.

Ibn Aby Ushaibi'ah, *'Uyun al-Anba' fi Thabaqat al-Athibba'* (Beirut: Dar al-Kutub al-'Ilmiyyah, cet. I, 1419 H/1998 M), h. 444.

akan terlihat jika $\Delta\lambda > f(\lambda m)$. Selanjutnya dengan menganalisis tabel-tabel Al-Majrithi ini akan tampak adanya pengaruh metode perhitungan dan parameter India, yang dalam hal ini menetapkan visibilitas hilal 12 derajat, yaitu untuk lintang sekitar 42 derajat.¹⁷

Ibn Yunus (w. 399 H/1008 M)

Nama lengkapnya Ali bin ‘Abd al-Rahman bin Ahmad bin Yunus al-Mashri, lebih dikenal dengan Ibn Yunus. Dia adalah tokoh astronomi klasik populer asal Mesir yang memiliki pengetahuan luas di bidang astronomi. Lahir tahun 348 H/958 M dan wafat tahun 399 H/1009 M. Dia hidup di dua masa Khalifah Fatimiyah yaitu Al-Aziz dan putranya Al-Hakim Bi Amrillah. Ibn Yunus terhitung sebagai astronom terbesar sepanjang sejarah Mesir dan memiliki pengaruh luas. Karya terpopulernya adalah “*Zij al-Hakimy*” (Tabel al-Hakim) atau dikenal juga dengan “*Zij Ibn Yunus*” (Tabel Ibn Yunus).

Dalam hal penentuan awal bulan, seperti diinformasikan Ibn Majdi (w. 850 H/1446 M), Ibn Yunus memberi batasana hilal dapat teramati jika bagian bercahaya bulan (*had an-nūr*) minimal 10 derajat, tinggi hilal tidak kurang dari 6 atau 6,5 derajat, dan *mukts* (busur edar bulan)¹⁸ minimal 8 derajat. Konsep (kriteria) Ibn Yunus ini juga diikuti oleh Ibn Majdi (w. 850 H/1446 M) dalam karyanya yang berjudul “*Ghunyah al-Fahīm wa*

¹⁷ David A King, *Some Early Islamic Tables for Determining Lunar Crescent Visibility*, dalam “Astronomy in the Service of Islam” (Variorum: 1993 M), h. 192.

¹⁸ *Muks* adalah perbedaan waktu terbenam Bulan dengan terbenam Matahari. (*Ibid*, h. 484).

ath-Tharīq Ilā Hall at-Taqwīm” (Pemahaman Komprehensif dan Analisis Penanggalan).¹⁹

Selain itu, dalam karyanya “*Zaij al-Hakimi*”, Ibn Yunus mengemukakan tiga parameter hilal, yaitu: (1) *qaus al-mukts* (sudut elongasi), (2) tebal hilal, dan (3) durasi peredaran bulan dalam sehari yaitu 12 sampai 14.5 derajat perhari. Maka berdasarkan tiga parameter ini, rukyat dapat berhasil apabila ketebalan hilal dan durasi peredaran bulan mencukupi. Misalnya hilal terlihat pada posisi 11 derajat, tebal hilal lebih besar dua menit, durasi bulan lebih besar dari 14 derajat perhari. Rukyat juga mungkin apabila hilal tipis sekalipun. Misalnya ketika tebal hilal mencapai ukuran 1.33 menit (*qaus mukts* 15 derajat, durasi bulan 12 derajat perhari). Menurut Ibn Yunus, batasan ini kompatibel ketika langit cerah dan membutuhkan ketajaman mata.

Standar-standar visibilitas sebagai ditetapkan Ibn Yunus ini mengambil pertimbangan banyak faktor, selain standar 12 derajat dan kedalaman matahari. Tampak bahwa Ibn Yunus hendak memasukkan banyak indikator sebagai akibat teori-teorinya. Dalam hal ini dia menjauhkan dari sematan hipotesis. Di sisi lain, dia tidak lupa menyebutkan aspek fisis dan kondisi langit sebagai yang membentuk batasan teorinya. Ibn Yunus sendiri dianggap sebagai astronom yang telah berhasil mengembangkan kajian rukyatul hilal dan telah memberi kontribusi besar dalam masalah ini.²⁰

¹⁹ Lihat: Ahmad bin Rajab al-Majdy, *Ghunyah al-Fahīm wa al-Tharīq Ilā Hall al-Taqwīm*, Tahkik dan Dirasah: Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar (Tesis) “The Institute of Arab Research and Studies” Cairo, 2009), h. 270.

²⁰ Nidhal Qasum, et.al., *Itsbat asy-Syuhūr al-Hilāliyyah wa Musykilah at-Tauqīt al-Islāmy Dirāsah Falakiyyah wa Fiqhiyyah* (Beirut: Dār al-Thalī’ah, cet. II, 1997), h. 49-50.

Al-Thabari (abad 5 H/11 M)

Nama lengkapnya Muhammad bin Ayyub al-Thabari (hidup pada abad ke-5 H/11 M). Dia berasal dari Persia. Dia menulis sebuah zij berjudul “*Mufrad Zaij*”, dimana di dalamnya terdapat ketentuan ambang batas hilal untuk dapat terlihat, yaitu pada ketinggian 10 derajat.²¹ Hilal akan dapat teramati manakala matahari berada di bawah ufuk sejauh 10 derajat saat bulan terbenam. Dengan kata lain ini bermakna bahwa ketinggian hilal saat gurub matahari tidak kurang dari 10 derajat atau setara dengan lebih kurang 40 menit busur.²²

Konsep Al-Thabari ini dikenal juga dengan standar kedalaman matahari di bawah ufuk (Arab: *mi'yar inkhifadh asy-syams tahta al-ufuq*), dan konsep ini juga digunakan oleh Abu Ja'far Muhammad bin al-Khazin (abad ke-4 H/10 M).²³

Abu Ja'far al-Khazin (abad ke-4 H/10 M)

Nama lengkapnya Abu Ja'far Muhammad bin al-Husain al-Khazin al-Khurasani al-Khazin. Dia wafat antara tahun 350 H/961 M-360 H/971 M. Dia adalah astronom dan ahli matematika. Dalam masalah visibilitas hilal, menurut Qassum dkk, Al-Khazin menulis dua buku berjudul “*Dustur al-Munajjimin*” (Aturan Para Astrolog) dan “*Atsir az-Zaij*” (Zij Besar). Dalam dua karyanya ini Al-Khazin melakukan perhitungan visibilitas hilal dengan

²¹ Nidhal Qasum, et.al., *Itsbat asy-Syuhūr al-Hilāliyyah wa Musykilah at-Tauqīt al-Islāmy Dirāsah Falakiyyah wa Fiqhiyyah* (Beirut: Dār al-Thalī'ah, cet. II, 1997), h. 47.

²² Shalih bin Muhammad ash-Sha'b, *Ru'yah al-Hilal fi at-Tarikh al-Islamy* (Riyadh: 1437 H), h. 20.

²³ *Ibid.*

memulai dari angka 9 derajat 30 menit, yaitu pada lintang (φ) 38 derajat.²⁴

Al-Biruni (w. 440 H/1048 M)

Nama lengkapnya Abu Raihan Muhammad bin Ahmad al-Biruni. Lahir di kota Katch, Khawarazm (sekarang Uzbekistan) tahun 362 H/973 M, sedangkan wafatnya di kota Ghazna tahun 440 H/1048 M. Al-Biruni dikenal sebagai tokoh yang banyak memberi sumbangan dalam bidang sains seperti matematika, astronomi, astrologi, fisika, filsafat, sejarah, geografi, kedokteran, farmasi, dan sastra. Karena kepakarannya, orientalis Barat menyebut Al-Biruni sebagai “Ptolemeus Arab”.²⁵

“*Al-Qanun al-Mas’udi*” adalah salah satu karya terbaik Al-Biruni yang di dalamnya terdapat pembahasan tentang visibilitas hilal. Menurut Al-Biruni, hilal akan dapat terlihat sangat bergantung pada berbagai faktor, diantaranya ketajaman mata (*qawiy al-bashar*). Selain itu juga sangat bergantung kepada instrumen-instrumen pengamatan yang digunakan (*shina’ah al-manazhir*) dan sudut pandangan (*zawiyah al-abshar*). Pada jarak tertentu dengan matahari, hilal adakalanya tampak lebih besar atau lebih kecil, sedangkan hamparan cahaya berdasarkan jarak antara bulan-matahari.

Hilal, ketika di sekitarnya sangat terang maka akan sulit untuk terukyat, sedangkan jika sebaliknya maka akan mudah terlihat. Cahaya udara (*dhau’ al-hawa’*) saat gurub

²⁴ Nidhal Qasum dkk, *Itsbat asy-Syuhur al-Hilaliyyah wa Musykilah at-Tauqit al-Islamy Dirasah Falakiyyah wa Fiqhiyyah* (Beirut: Dār al-Thalī’ah, cet. II, 1997), h. 47-48.

²⁵ Uraian lebih lengkap tentang Al-Biruni dapat dilihat di: Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, *Astronom Muslim Sepanjang Sejarah Peradaban Islam* (Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, cet. I, 2019 m), h. 267-312.

matahari hingga gurub hilal berbeda antara satu tempat dengan tempat lain, diantaranya disebabkan perbedaan koordinat geografis (lintang-bujur). Karena itu, visibilitas hilal (*imkan ar-ru'yah*) menurut Al-Biruni pada dasarnya adalah logis (*al-hissi*).²⁶

Menurut Al-Biruni, di kalangan saintis Muslim, seiring berkembangnya observasi, muncul pemikiran menetapkan periode antara gurub matahari dan gurub bulan, diantaranya ada yang menetapkan kedalaman matahari di bawah ufuk saat gurub. Ada pula yang menetapkan berdasarkan periode waktu keberadaan hilal, seperti diterapkan oleh Al-Fazzari (w. 159 H/777 M), Ya'qub bin Thariq, Al-Khawarizmi (w. 232 H/848 M), Al-Nirizi (w. 310 H/922 M), dan tokoh-tokoh lainnya, dimana mereka ini mengambil dari tradisi India.²⁷ Menurut Al-Nirizi, jika posisi hilal diatas 12 derajat, maka hilal akan dapat terlihat, namun jika kurang dari angka itu keterlihatan hilang akan terhalang, dan jika persis 12 derajat maka memungkinkan akan dapat terlihat.²⁸

Al-Biruni juga menukil pendapat Habasy al-Hasib (w. sbm 254 H/859 M) tentang visibilitas hilal. Menurutny, praktik rukyatul hilal Habasy lebih lengkap dan komprehensif, dan oleh karena itu Al-Biruni menggunakannya dan lebih menyederhanakan penggunaannya.²⁹

Selain "*al-Qanun al-Mas'udy*", Al-Biruni juga menulis sebuah buku yang secara khusus membahas instrumen astronomi bernama astrolabe berjudul "*Isti'ab Wujuh al-Mumkinah fi Shan'ah al-Usthurlab*".

²⁶ Muhammad bin Ahmad al-Biruni, *al-Qānūn al-Mas'ūdy*, j. 2 (Beirut: Dār al-Kutub al-‘Ilmiyyah, cet. I, 1422/2002), h. 340.

²⁷ *Ibid.*

²⁸ *Ibid.*

²⁹ *Ibid.*, h. 345.

Dalam buku ini terdapat penjelasan sebuah alat bernama “*al-Alah al-Muhayya’ah*” yaitu instrumen astronomi penjejak benda langit bernama hilal (bulan sabit).³⁰ Dalam karyanya ini, Al-Biruni membuat satu fasal khusus berjudul “*Amal al-Alah al-Muhayya’ah li Ma’rifah Ru’yah al-Ahillah*” (Praktik Alat Astronomi untuk Mengetahui Rukyatul Hilal). Seperti dikemukakan Al-Biruni, alat ini terinspirasi dari sebuah dataran bola sebagai dirumuskan oleh para observer hilal, alat ini berbeda dengan instrumen “*Haqq al-Qamar*” dan “*ash-Shafihah al-Kusufiyyah*” (Lempeng Gerhana).³¹ Secara umum alat ini terdiri dari dua bagian yaitu lempeng (*shafihah*) dan jejaring (*syabakah*). Dalam karyanya ini, Al-Biruni menetapkan batasan rukyat (*hadd ar-ru’yah*) pada posisi 12 derajat. Dia juga menukil pendapat yang menetapkan sudut lingkaran ketinggian (*da’irah al-irtifa*) antara matahari dan ufuk saat gurub bulan sebesar 12 derajat, ada pula yang menetapkan 10 derajat.³²

Al-Khazini (w. 550 H/1155 M)

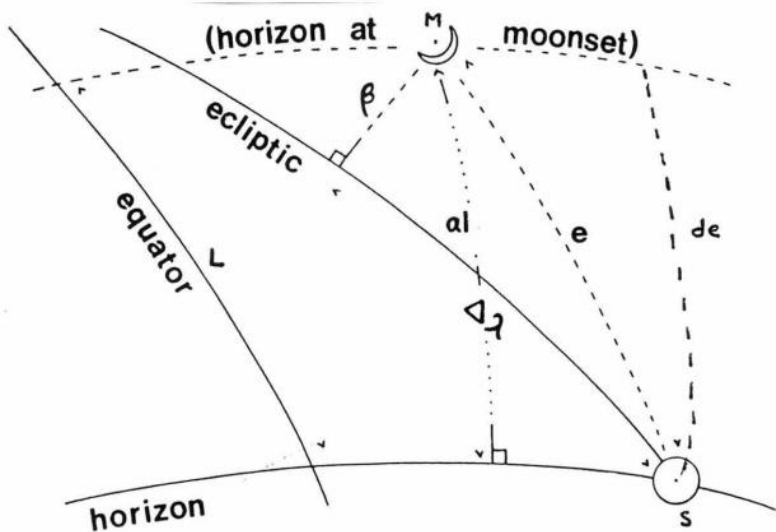
Nama lengkapnya ‘Abd ar-Rahman Abu al-Fath al-Khazini (w. 505 H/1155 M). Berasal dari Marwa, Khurasan. Dia seorang astronom, filsuf, ahli obeservasi, insinyur, dan merupakan murid Omar Khayyam. Dia juga menekuni mekanika dan fisika. Salah satu karya astronominya adalah sebuah zij berjudul “*az-Zaij al-Mu’tabar as-Sanjar*” yang menjadi rujukan para astronom yang datang sesudahnya dalam waktu yang lama.

³⁰ Muhammad bin Ahmad Abu Raihan al-Biruni, *Istī’ab al-Wujuh al-Mumkinah fī Shan’ah al-Usthurlāb*, Tahkik: as-Sayyid Muhammad Akbar Jawadi al-Husaini (Iran: Mu’assasah ath-Thab’ at-Tabi’ah li Astānah ar-Ridhawiyyah al-Muqaddasah, cet. I, 1422/1380).

³¹ *Ibid*, h. 237.

³² *Ibid*.

Pemikiran dan dasar-dasar astronomi Al-Khazini dalam masalah visibilitas hilal sebagai tertera dalam karya zijnya “*az-Zaij al-Mu’tabar as-Sanjar*” dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1: Visibilitas hilal menurut Al-Khazini (w. 505 H/1155 M)

Gambar 1 menunjukkan berbagai busur terkait dengan bulan (M) dan matahari (S) di atas ufuk barat pengamat. e adalah pemisahan sudut antara pusat bulan dan matahari, de adalah depresi matahari saat

moonset, *L* adalah jeda waktu antara *sunset* dan *moonset* dihitung sebagai derajat pada ekuator langit (dimana 4 menit = 1°), $\Delta\lambda$ adalah busur antara matahari dan proyeksi tegak lurus bulan di ekliptika, dan *al* adalah ketinggian bulan.

Dalam kriteria Al-Khazini, busur *e* disebut busur cahaya (*qaws an-nūr*), *de* disebut busur depresi matahari (*qaws inhithath asy-syams*), *al* disebut busur ketinggian (*qaws al-irtifā'*), dan *L* busur tinggal (Inggris: *the arc of tarrying*, Arab: *qaws al-makth*). Al-Khazini juga memperhitungkan *Vm* (*buht al-qamar*)³³, yang menunjukkan kecepatan sudut harian bulan yang bervariasi antara 11.834 derajat di *apogee* dan 14.716 derajat di *perigee*, dan anomali bulan (*khāssah al-qamar*). Kedua nilai terakhir ini dapat dihitung dan terkait secara langsung dengan jarak bulan dari bumi. Jarak ini memiliki efek nyata pada visibilitas hilal.

Lebih lanjut dalam teks *Zij Sanjari* lagi, pada esai (makalah) kesembilan, bab kedua, Al-Khazini mengemukakan empat jenis busur yang digunakan untuk menentukan visibilitas hilal, yaitu (1) busur cahaya (*arc of light*), (2) busur tinggal (*arc of tarrying*), (3) busur depresi (*arc of depression*), dan (4) busur ketinggian (*arc of altitude*). Adapun tentang standar visibilitas hilal, Al-Khazini banyak mengutip standar visibilitas tokoh-tokoh astronomi sebelumnya, antara lain, beberapa kalangan “ahli Kitab” (yaitu orang Kristen dan Yahudi) yang menyatakan bahwa jika lengkungan ketinggian hilal senilai antara 10 derajat dan 12 derajat atau lebih, maka bulan (hilal) berada dalam batas visibilitas dan akan dapat terlihat. Selanjutnya astronom-astronom India dan Al-Khwarizmi mengatakan bahwa jika busur tinggal (*arc of*

³³ Konsep *buht* berasal dari astronomi India yang di transfer ke astronomi periode Islam melalui *Zij* yang disusun Al-Khwārizmī.

tarrying) 12 derajat atau lebih besar, maka hilal akan terlihat, jika kurang dari angka itu maka hilal tidak akan terlihat. Al-Khazini juga mengutip pendapat Habasy al-Hasib yang menyatakan bahwa ketika depresi matahari saat *moonset* sebesar 10 derajat atau lebih, maka hilal akan dapat teramati, jika kurang dari angka itu maka hilal tidak akan terlihat.

Selanjutnya menurut Al-Sha'idi, menyatakan bahwa ketika sudut depresi Matahari $8 \frac{2}{3}$ derajat atau lebih, maka hilal akan terlihat, dan jika kurang dari angka itu maka tidak akan terlihat. Sedangkan menurut Kusyar al-Jili (w. 350 H/961 M), jika busur cahaya (*arc of light*) 10 derajat, lalu busur tinggal (*arc of tarrying*) 8 derajat, lalu busur ketinggian tampak 6 derajat, dan busur depresi Matahari antara 8 derajat dan 7;30 derajat, maka bulan sabit ada di batas visibilitas, dan itu dapat teramati. Namun jika kurang dari batasan itu, hilal tidak terlihat. Kusyar juga mengatakan bahwa jika jumlah busur cahaya dan depresi adalah 18 derajat atau lebih, maka hilal akan terlihat.³⁴

Menurut Hamid-Reza Giahi Yazdi, teks “Zij Sanjary” karya Al-Khazini menghadirkan dua model untuk menentukan visibilitas bulan sabit. Yang pertama lebih sederhana, dan dapat diprediksi kondisinya berdasarkan perhitungan empat busur e , L , de , dan al . Kriteria ini mempertimbangkan beberapa faktor dan nilainya harus dimodifikasi sesuai dengan jarak bulan dari bumi. Berikut adalah angka visibilitas bulan di *perigee* (P_1) dan *apogee* (P_2),

Jika bulan berada di *perigee*, nilai kritis untuk visibilitasnya adalah yang terkecil satu (yaitu, P_1) dan di

³⁴ Hamid-Reza Giahi Yazdi, *Al-Khazini's Complex Tables for Determining Lunar Crescent Visibility*, h. 155.

apogee yang terbesar (yaitu, P_2). Untuk jarak bulan antara *perigee* dan *apogee*, nilai kritis untuk visibilitas seharusnya dihitung dengan salah satu rumus setara berikut:

$$K = P_2 - (f(a) \cdot M / 60) \quad (1)$$

atau

$$K = P_2 - (m \cdot (Vm - 727) / 138) \quad (2)$$

Dalam rumus ini, $\Delta m = P_2 - P_1$ dihitung untuk masing-masing dari empat busur secara terpisah, dan nilai K yang dimodifikasi untuk empat busur ditemukan dengan cara interpolasi.

Kriteria kedua, terdiri dari prosedur komputasi yang ditambahkan oleh sebuah tabel yang memiliki nilai visibilitas pada tiga level, yaitu umum (*shā'i'*, yaitu mudah terlihat), sedang (*mu'tadil*, yaitu cukup terlihat), dan akut (*nādir*, yaitu jarang terlihat).³⁵

Hamid-Reza Giahi Yazdi yang meneliti konsepsi visibilitas hilal Al-Khazini ini menyatakan bahwa teks dan struktur zij Al-Khazini menunjukkan bahwa kriteria pertamanya merupakan puncak dari sejumlah kriteria (berdasarkan berbagai variasi sudut) yang sejatinya telah disajikan masing-masing oleh Al-Khwarizmi, Habasy al-Hasib, dan Kusyar.

Menurut Hamid-Reza Giahi Yazdi lagi, Al-Khazini mempertimbangkan efek dari jarak bulan yang diabaikan oleh para astronom sebelumnya. Pada kriteria Al-Khazini yang kedua tampak lebih canggih dan komprehensif yang berada di bawah pengaruh Tsabit bin Qurrah, namun dia berusaha membangun kriteria baru yang lebih komprehensif, diantaranya dengan menambahkan efek dan faktor kondisi manusia dan atmosfer. Selanjutnya Al-

³⁵ *Ibid*, h. 161.

Khazini membedakan tiga tingkatan visibilitas hilal yaitu umum, sedang, dan akut.

Rumusan visibilitas Al-Khazini ini dilakukan berdasarkan observasi lapangan dan dalam waktu yang panjang dan terhitung yang pertama dalam konsep visibilitas hilal. Namun yang menjadi pertanyaan adalah, mengapa konsep Al-Khazini ini belum pernah dipraktikkan oleh astronom-astronom sebelumnya? Menurut Hamid-Reza Giahi Yazdi, secara umum konsep (kriteria) pertama Al-Khazini lebih dimaksudkan untuk perkiraan penentuan awal bulan, sedangkan yang kedua merupakan pengembangannya. Sebuah pertanyaan historis penting adalah, mengapa kriteria Al-Khazini ini tidak mendapatkan prevalensi di zij-zij yang datang belakangan? Menurut Hamid-Reza Giahi Yazdi, dari sudut pandang ilmiah, kedua kriteria Al-Khazini sulit digunakan, terutama yang kedua. Tidak mudah untuk menghitung busur dan V_m . Di sisi lain, kriteria kedua akan membingungkan bagi para astronom dan terutama bagi orang-orang dengan pengetahuan astronomi yang sederhana.³⁶

Al-‘Urdhi (w. 664 H/1266 M)

Nama lengkapnya Mu’ayyid al-Din al-‘Urdhi al-Dimasyqi (w. 664 H/1266 M), biasa dipanggil dengan “al-‘Urdhi”. “Al-‘Urdhi” adalah nisbah kepada sebuah desa kecil di Syam, dan masuk kawasan Aleppo (Suriah), dan terletak antara Tadmur dan Rashafah Hasyimi.³⁷ Di dunia Islam, Al-‘Urdhi dikenal sebagai tokoh astronomi dan ahli observasi. Al-‘Urdhi juga memiliki keahlian dalam bidang instrumen astronomi. Al-‘Urdhi juga adalah salah satu tim

³⁶ *Ibid*, h. 174.

³⁷ Yaqut al-Hamawiy, *Mu’jam al-Buldan*, j. 4 (Beirut: Dar Shadir, t.t.), h. 103.

yang bekerja di Observatorium Maragha yang dikepalai Nashir al-Din al-Thusi (w. 672 H/1273 M).

Salah satu karya Al-‘Urdhi adalah “*Kitab al-Hai’ah*” (Buku Astronomi) yang telah di tahkik dan dirasah oleh seorang orientalis Amerika Serikat bernama George Saliba dengan judul “*Tarikh ‘Ilm al-Falak al-‘Araby*” (Sejarah Astronomi Arab), diterbitkan oleh “Markaz Dirasat al-Wahdad al-‘Arabiyyah”, Libanon (cetakan ke-3 tahun 2001 M). “*Kitab al-Hai’ah*” adalah karya astronomi bercorak teoretis yang dibangun berdasarkan teori-teori sebagai penjabaran fenomena langit. Secara umum, buku ini berisi tentang pembahasan-pembahasan yang lazim dikaji dan dipelajari dalam astronomi, seperti pembahasan tentang konsep Bumi, gerak Bumi, dan rotasi Bumi. Lalu pembagian iklim, periode siang-malam, bintang-bintang (planet-plnaet), matahari, gerhana, zodiak-zodiak, bulan dan manzilah-manzilahnya, orbit-orbit benda langit, dan lain-lain.

Pada salah satu fasal buku ini terdapat pembahasan tentang visibilitas hilal dengan judul “*Fi Ru’yah al-Hilal*” (Tentang Rukyatul Hilal). Menurut Al-‘Urdhi, persoalan penentuan sudut ketinggian hilal adalah hal sulit jika dibandingkan dengan benda-benda langit lainnya.³⁸ Seperti diketahui, di kalangan Arab, dasar-dasar penanggalan adalah berdasarkan bulan, yaitu melalui munculnya hilal dengan cara melihat (ruk yat) pada sore (malam) hari. Hal ini berdasarkan hadis-hadis Nabi Saw.

Menurut Al-‘Urdhi, faktor-faktor dalam rukyat ada dua, yaitu *dzatiyah* (esensial) dan *‘aradhiyah* (eksternal). Faktor esensial (*dzatiyah*) diantaranya besarnya bagian bercahaya bulan, lambannya terbenam bulan sesudah

³⁸ Mu’ayyiddin al-‘Urdhi, *Tārīkh ‘Ilm al-Falak al-‘Araby (Kitāb al-Hai’ah)*, Tahkik: Dr. George Saliba (Beirut: Markaz Dirāsāt al-Wahdah al-‘Arabiyyah, cet. III, 2001), h. 315.

terbenam matahari, jaraknya dari lingkaran zenit dimana matahari melintas, dan lain-lain. Sedangkan faktor eksternal (*'aradhiyah*) yaitu perbedaan lintang berbagai negeri (wilayah), kondisi ufuk, kebersihan udara, ketajaman mata, pengetahuan tentang derajat terbenam di ufuk, dan lain-lain.³⁹

Menurut Al-'Urdhi, cahaya yang didapat bulan ketika gurub (sesudah gurub matahari) berbeda ukurannya karena berbeda jaraknya. Demikian lagi mukusnya juga berbeda hingga gurub bulan (setelah gurub matahari) yang disebut dengan "*ad-da'ir min al-falak li ghurub al-qamar*", dan berbeda pula paralaks bulan, ketinggian bulan, periode mukusnya di ufuk, dan seterusnya. Ini semua harus diketahui oleh orang-orang yang berusaha mengetahui dan atau melakukan kegiatan melihat hilal (rukyatul hilal).

Tatkala jarak bulan dengan matahari semakin jauh, maka bagian bercahaya bulan akan lebih tampak, dan itu disebut hilal. Manakala jaraknya semakin besar maka rukyat lebih mungkin, namun jika sebaliknya maka rukyat akan sulit (tidak mungkin). Menurut Al-'Urdhi, tatkala cahaya hilal sebesar 5 *ishbi*'⁴⁰ maka rukyat akan lebih mudah. Hal yang membuat hilal sulit terlihat adalah karena posisinya terlalu dekat dengan matahari dan kecilnya lengkung (sudut) rukyat. Kadar cahaya bulan saat gurub adalah 6 derajat.⁴¹ Sedangkan elongasi (*qaus ar-ru'yah*) tidak kurang dari 7 derajat. Al-'Urdhi juga

³⁹ *Ibid*, h. 317.

⁴⁰ *Ishbi'* atau *ushbu'* adalah satuan ukur yang digunakan oleh para ulama hisab dahulu ketika memberikan keterangan tentang lebar cahaya hilal atau lebar gerhana. Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak* (Yogyakarta: Buana Pustaka, cet. I, 2005 M), h. 89.

⁴¹ Mu'ayyiddin al-'Urdhi, *Tārīkh 'Ilm al-Falak al-'Araby (Kitāb al-Hai'ah)*, h. 319.

mengomentari pendapat yang mengatakan, jika elongasi (*qaus ar-ru'yah*) lebih dari 12 derajat maka rukyat dianggap dapat terlihat, sedangkan jika kurang dari 12 derajat maka dianggap tidak dapat terlihat. Menurutnnya, pendapat ini buruk (sesat).⁴²

Al-Marrakusyī (w. stl. 680 H/1281 M)

Nama lengkapnya Abu Ali al-Hasan bin Ali bin Umar al-Marrakusyī al-Maghribi. Dia dikenal sebagai seorang ahli juru waktu (*muwaqqit*), ahli geografi, ahli matematika, ahli astronomi, dan ahli observasi.⁴³ “Al-Marrakusyī” adalah nisbah kepada daerah asalnya yaitu ‘Marakesh’ di Maroko. Buku-buku sejarah dan bibliografi tidak menginformasikan kelahiran Al-Marrakusyī.

Tercatat Al-Marrakusyī pernah hidup dan tinggal di beberapa wilayah (negeri), antara lain Maroko, Andalusia (Spanyol), dan Mesir. Di Mesir, persisnya di Cairo, Al-Marrakusyī hidup pada abad ke-7 H/13 M yang kala itu berada dalam kekuasaan Dinasti Mamalik. Sumbangan dan kontribusi terbesar Al-Marrakusyī tampak dan terangkum dalam maha karyanya yang berjudul “*Jāmi’ al-Mabādy’ wa al-Ghāyāt fī ‘Ilm al-Mīqāt*” (Koleksi Pokok dan Tujuan Ilmu Mikat). Buku ini terdiri dari dua jilid besar, mencakup semua aspek pembahasan dalam astronomi, baik secara teoretis maupun praktis.

Sejatinya karya-karya Al-Marrakusyī cukup banyak, namun seluruhnya telah hilang kecuali “*Jāmi’ al-Mabādy’ wa al-Ghāyāt fī ‘Ilm al-Mīqāt*”.

Selain itu, beberapa sumber juga menyebutkan bahwa Al-Marrakusyī memiliki catatan tentang ilmu ukur

⁴² *Ibid*, h. 321.

⁴³ George Sarton, *Introduction to the History of Science* (Baltimore: The Williams and Wilkins Company-United States of America, 1927 M), h. 621.

segitiga bola dan matematika. Hanya saja catatan-catatan itu sudah hilang.⁴⁴

Adapun pembahasan Al-Marrakusyī tentang visibilitas hilal tertera dalam karyanya *“Jāmi’ al-Mabādy’ wa al-Ghāyāt fī ‘Ilm al-Mīqāt”*. Al-Marrakusyī menguraikan masalah ini pada tiga tempat (fasal) yaitu fasal ke-90, fasal ke-95, dan fasal ke-96. Pada fasal ke-90 dengan judul *“Fī Ma’rifah Ru’yah al-Hilal”* (Tentang Mengetahui Rukyatul Hilal). Disini Al-Marrakusyī menjelaskan prosedur perhitungan hilal yaitu dengan menggunakan Rubu Mujayyab, dimana menurutnya jika hasil (ketinggian hilal) yang didapat 6,5 derajat atau lebih maka hilal akan dapat terlihat, namun jika kurang dari angka itu maka hilal tidak akan terlihat.⁴⁵

Sedangkan fasal ke-95 dengan judul *“Fī Ma’rifah Ru’yah al-Hilal bi al-‘Asyīyyat wa al-Ghadawat”* (Tentang Mengetahui Rukyatul Hilal Malam Hari dan Siang Hari). Disini dijelaskan cara menghitung beberapa variabel hilal seperti *“qaus ar-ru’yah”* (elongasi), posisi bulan, posisi matahari, dan lain-lain. Menurutnya, jika nilai *qaus ar-ru’yah* telah terpenuhi atau lebih besar maka hilal akan terlihat pada malam itu (*al-‘aisyīyyah*), sedangkan jika kurang dari nilai yang seharusnya maka hilal tidak terlihat.⁴⁶ Disini Al-Marrakusyī tidak menetapkan standar angka (visibilitas hilal).

Sedangkan fasal ke-96, dengan judul *“Fī Ma’rifah Ru’yah al-Hilal bi al-‘Asyīyyat Bighair Ma Dzakarahu al-*

⁴⁴ Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, dirasah atas naskah *Jāmi’ al-Mabādy’ wa al-Ghāyāt fī ‘Ilm al-Mīqāt*, j. 2, (disertasi), Cairo: Jami’ah ad-Duwal al-‘Arabiyyah, 1433 H/2012 M), h. 31.

⁴⁵ Al-Hasan bin Ali al-Marrakusyī, *Jāmi’ al-Mabādy’ wa al-Ghāyāt fī ‘Ilm al-Mīqāt*, j. 2, Tahkik dan Dirasah: Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar (disertasi), Cairo: Jami’ah ad-Duwal al-‘Arabiyyah, 1433 H/2012 M), h. 954-955.

⁴⁶ *Ibid*, h. 1171-1172.

Mushannif" (Tentang Mengetahui Rukyatul Hilal Malam Hari Tanpa Apa yang Disebutkan Pengarang). Disini Al-Marrakusyî menetapkan ketinggian hilal yaitu jika 7 derajat 45 menit atau lebih maka hilal akan terlihat, dan jika kurang dari angka itu maka hilal tidak akan terlihat.⁴⁷

Ibn Syathir (w. 777 H/1375 M)

Nama lengkapnya Ala' al-Din Abu al-Hasan 'Ali bin Ibrahim bin Muhammad bin al-Humam al-Anshari al-Dimasyqi. Dia lahir di kota Damaskus tahun 704 H/1304 M dan wafat di kota yang sama tahun 777 H/1375 M.⁴⁸ Ibn Syathir adalah astronom Muslim populer di peradaban Islam, dia banyak menulis karya di bidang mikat (*miqāt*) seperti masalah waktu salat, arah kiblat, gerhana, awal bulan, dan instrumen-instrumen astronomi.⁴⁹

Melihat spesialis dan kepakarannya di bidang mikat, tak ayal Ibn Syathir memiliki konsep dan pemikiran dalam masalah hisab dan rukyatul hilal. Dalam rukyatul hilal, Ibn Syathir hanya berpedoman kepada sesudah ijtimak 21 jam 48 menit, yang mana berbeda menurut Ibn Yunus (w. 300 H/1009 M) dan Ulugh Bek (w. 853 H/1449 M) dan astronom lainnya. Menurut mereka, hilal terlihat sesudah terbenam Matahari pada posisi 6 derajat dan mukus hilal sekitar 25 menit.

Menurut Syaikh Ahmad Musa al-Zarqawi, tatkala matahari terpisah sekitar 4 derajat, dan mukus sesudah

⁴⁷ *Ibid*, h. 1172-1173.

⁴⁸ Umar Ridha Kahhalah, *Mu'jam al Mu'allifin*, j. 2 (Beirutn: Mu'assasah ar-Risalah, cet. I, 1414 H/1993 M), h. 389. E.S. Kenedy & Imad Ghanim, *Ibn Syathir Falaky 'Araby min al-Qarn ats-Tsamin al-Hijry ar-Rabi' 'Asyara al-Mylady* (Aleppo: Jami'ah Halb, Ma'had at-Turats al-'Ilmy al-'Araby), 1976 M, h. 11.

⁴⁹ Uraian lebih lengkap tentang Ibn Syathir dapat dilihat: Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, *Astronom Muslim Sepanjang Sejarah Peradaban Islam* (Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, cet. I, 2019), h. 491-534.

gurub sekitar 16 menit, maka hilal memungkinkan terlihat. Maka disini tampak ada perbedaan antara 4 derajat sampai 12 derajat. Dalam hal ini standar visibilitas berbeda-beda berdasarkan lokasi, waktu, dan musim. Lebih lanjut menurut Syaikh Ahmad Musa al-Zarqawi bahwa pendapat Ibn Syathir ini adalah rajih dan ihtiyat, oleh karena syariat memerintahkan apa yang dikenal dengan ihtiyat (kehati-hatian).⁵⁰

Al-Risyi (w. 836 H/1432 M)

Nama lengkapnya Syihab al-Din Ahmad bin Ghulam Allah bin Ahmad al-Hasib al-Kaum al-Risyi (w. 836 H/1432 M). Dia lebih populer dengan panggilan “al-Risyi”, nisbah kepada salah satu desa tempat dia berasal di Mesir. Profesinya adalah seorang ahli juru waktu (*miqāṭy* atau *muwaqqit*) di sebuah masjid bernama “al-Mu’ayyid Syaikh”. Al-Risyi juga menekuni astrologi, zij, dan penanggalan.

Dalam karyanya “*al-Lum’ah*”, Al-Risyi menguraikan standarisasi visibilitas hilal dan proses perhitungannya. Pembahasan tentang ini ia beri judul “*Fi Ma’rifah Zhuhur al-Kawakib al-Khamsah wa Khafa’uha wa Ru’yah al-Ahillah*” (Tentang Mengetahui Muncul dan Menghilangnya Planet-Planet yang Lima dan Rukyatul Hilal). Menurutny, hilal akan teramati manakala mukus hilal sebesar 12 derajat dan lebar cahaya hilal sebesar $\frac{2}{3}$ *ishbi’*. Jika salah satunya berbeda, maka rukyat akan sulit, sedangkan jika kedua-duanya kurang dari angka itu maka hilal dipastikan tidak akan dapat terlihat. Menurut Al-Risyi, tidak ada bantahan bahwa rukyatul hilal akan

⁵⁰ Raja’iy Sayyid Ahmad al-‘Athafy al-Faqy, *Mizan al-I’tidal fi Tsubut Ru’yah al-Hilal* (Iskandariah: Dar al-Jami’ah al-Jadidah, 2005), h. 91.

berhasil manakala cuaca (langit) dalam keadaan cerah dan didukung oleh ketajaman mata manusia.⁵¹

Menurut Al-Risyi, praktik rukyat bulan-matahari dan puncak malam ke-30 adalah setelah gurub 2/3 jam. Lalu dengan mencari lintang bulan, arahnya, posisinya di atas ufuk dan di bawah ufuk, lalu digabungkan bujur matahari dengan bujur bulan, maka akan diketahui sudut elongasinya.⁵²

Berikut beberapa nukilan dari salinan naskah tersebut,

“Adapun rukyatul hilal, maka yang hampir tidak ada kesalahan bersama tersembunyiinya cuaca dan kekuatan pandangan di berbagai tempat, yaitu dengan menggabungkan bujur bulan-matahari dan *ar-ra's* pada malam ke-30 dari hari rukyat sesudah gurub 2/3 jam, dan didapatkan *buht* keduanya. Maka jika awal bulan tidak dengan rukyat diketahui, lihatlah bujur bulan-matahari siang hari tanggal 29 dengan hisab. Maka jika sesuai atau ada sisa bagi bujur matahari, maka pindahkan ke hari sesudahnya”.⁵³

Buku “*al-Lum'ah fi Hall as-Sab'ah*” ini dikomentari (*syarh*) oleh Muhammad al-Khudhri al-Syafi'i (w. 1288 H/1870 M) dengan judul “*Syarh al-Lum'ah fi Hall al-Kawakib al-Sayyarah al-Sab'ah*”.⁵⁴

⁵¹ Naskah “*al-Lum'ah fi Hall as-Sab'ah*” karya Ar-Risyi (w. 836 H/1432 M), lembar ke-9-10. Sumber: Maktabah 'Uyun, Syam, nomor 18 (hai'ah 691).

⁵² *Ibid.*

⁵³ Lembar ke-9 naskah “*al-Lum'ah fi Hall as-Sab'ah*” karya Ar-Risyi (w. (w. 836 H/1432 M). Sumber: Maktabah 'Uyun, Syam, nomor 18 (hai'ah 691).

⁵⁴ Salah satu salinan naskahnya ada di King Saud University nomor 520/249.

Ibn Majdi (w. 850 H/1447 M)

Nama lengkapnya Syihabuddin Abu al-Abbas Ahmad bin Rajab bin Taibugha al-Majdi al-‘Alla’i al-Qahiri al-Syafi’I (w. 850 H/1447 M). Dia populer dengan nama Ibn al-Majdi (Ibn Majdi), nisbah kepada kakeknya (Ibn Taibugha al-Majdi al-‘Alla’i). Lahir di Cairo pada bulan Zulhijah tahun 767 H/1366 M dan wafat pada 11 Zulhijah 850 H/1447 M.⁵⁵ Spesialis keilmuannya astronomi dan matematika. Al-Sakhawi (w. 902 H/1496 M) menyebutkan beberapa guru astronomi Ibn Majdi antara lain Al-Taqi bin ‘Izzuddin al-Hanbali dan Al-Jamal al-Mardani. Beberapa literatur bibliografi menyebutkan bahwa Ibn Majdi terkemuka dalam bidang aritmetika, geometri, astronomi, faraid dan tata waktu (*mīqāt*).

Seperti tampak dalam sejumlah karyanya ini, dalam hal metode, Ibn Majdi cenderung pada rukyatul hilal. Dalam karyanya yang berjudul “*Khulasah al-Aqwal fi Ma’rifah al-Waqt wa Ru’yah al-Hilal*” (Ringkasan Pendapat Tentang Mengetahui Waktu dan Rukyatul Hilal) misalnya, Ibn Majdi memberi parameter tentang visibilitas hilal, yaitu: (1) hilal dapat teramati jika bagian bercahaya bulan (*had an-nūr*) minimal 10 derajat, (2) tinggi hilal (*irtifa’ al-hilal*) tidak kurang dari 6 atau 6,5 derajat, dan (3) *mukts* (busur edar bulan) minimal 8 derajat.

Seperti tampak pada judulnya lagi, buku ini membahas tentang waktu dan rukyatul hilal. Di bagian mukadimah dikemukakan bahwa buku ini adalah sebuah catatan ringkas tentang praktik Rubu Mujayyab yang diaplikasikan dalam praktik penentuan waktu dan rukyatul hilal. Oleh karena itu pula keseluruhan pembahasan dalam buku ini pada dasarnya adalah

⁵⁵ As-Sakhawi, *ad-Dhaw’ al-Lami’ li Ahl al-Qarn at-Tasi’*, j. 1 (Beirut: Dar Maktabah al-Hayah, t.t.), h. 301-302.

penjabaran dan atau aplikasi instrumen Rubu Mujayyab secara praktis. Sedangkan pada bagian akhir naskah (kolofon) terdapat informasi bahwa penulisan naskah yaitu pada tanggal 13 Sya'ban 1237 H, ditulis oleh Al-Haqir Hasan.

Buku ini telah ditahkik dan dirasah oleh Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar pada tahun 2019 M.⁵⁶ Ibn Majdi menyatakan sebagai berikut,

“Dan tatkala tiap kali dari dua lengkung (*qaus*) mukus dan rukyat 12 dan ketinggian hilal 10, maka sesungguhnya hilal akan terlihat jelas. Dikatakan, jika mukus 8 dan ketinggian 7 dan nur 10, maka hilal akan terlihat. Demikian lagi terlihat pada dua batas itu, hanya saja akan sulit pada kasus ketiga. Dan yang berlaku di kalangan *muta'akhirun* sesungguhnya tatkala pada setengah keseluruhan dua *qaus* rukyat dan *bu'd muthlaq* lebih sedikit dari 7 derajat maka hilal tidak dapat terlihat. Dan jika 13 derajat akan terlihat jelas, dan jika lebih sedikit dari 13 hingga 10 derajat maka keterlihatannya boleh, mendekati kejelasan. Dan jika lebih sedikit dari 10 hingga 7 maka keterlihatannya memungkinkan, mendekati kesamaran. Ini adalah batasan yang mencukupi dalam rukyatul hilal dengan lebih mendekati”.⁵⁷

Sementara itu dalam karyanya “*Ghunyah al-Fahim wa al-Thariq Ila Hall al-Taqwim*”, pada pembahasan tentang hilal dan visibilitasnya yaitu pada sub judul

⁵⁶ Diterbitkan atas kerjasama OIF UMSU dan Al-Azhar Centre Sumatera Utara.

⁵⁷ Ahmad bin Rajab al-Majdi, *Khulasah al-Aqwal fi Ma'rifah al-Waqt wa Ru'yah al-Hilal*, Tahkik wa Dirasah: Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar (Medan: OIF UMSU & Al-Azhar Centre, cet. I, 1441 H/2019 M, h. 83-84.

“*Ru’yah al-Hilal*” (Rukyatul Hilal), Ibn al-Majdy juga menguraikan tentang hal ini.⁵⁸

Kesimpulan

Dari deskripsi dan *overview* pandangan-pandangan para astronom Muslim sebagai telah dikemukakan, plus sejumlah anggitan visibilitas pra-Islam, tampak bahwa parameter dan atau standar keterlihatan hilal saat sore hari tanggal 29 bulan kamariah tidaklah tunggal (tidak hanya ketinggian dan elongasi) saja sebagaimana populer di era modern, demikian lagi persoalan ini tidaklah mudah. Akan tetapi keterlihatan hilal ditentukan oleh banyak hal dan faktor lain. Dalam konteks ketika itu, pemikiran semacam ini tentu terbilang canggih dan modern di tengah keterbatasan sarana dan instrumen astronomi yang ada.

Al-‘Urdhi misalnya, menyatakan keterlihatan hilal itu harus memenuhi dua faktor utama, yaitu faktor esensial (*dzatiyah*) dan faktor eksternal (*‘aradhiyah*). Faktor-faktor esensial diantaranya posisi (ketinggian) hilal, elongasi, lebar hilal, ijtimak (konjungsi), dan lain-lain. Sedangkan faktor eksternal diantaranya kualifikasi perukyat (seperti ketajaman mata dan kebugaran tubuh), keahlian dan kepiawaian dalam rukyat, lokasi, cuaca, dan lain-lain. Selain itu, posisi dan keterlihatan hilal antar satu tempat dengan tempat lain juga berbeda-beda. Dengan demikian peluang keterlihatannya juga dapat berbeda. Sekali lagi, dalam konteks zaman ketika itu, pemikiran ini tentu terbilang sangat maju.

Selanjutnya, standar visibilitas hilal sebagai diterapkan para astronom Muslim tampak mengalami

⁵⁸ Lihat: Ahmad b. Rajab al-Majdi, *Ghunya al-Fahīm wa al-Tharīq Ilā Hall al-Taqwīm*, Tahkik dan Dirasah: Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar (Tesis) “The Institute of Arab Research and Studies” Cairo, 2009), h. 270.

perkembangan seiring waktu dan pemahaman terhadap hilal dan rukyat itu sendiri. Tampaknya merupakan suatu yang niscaya bahwa konsep visibilitas hilal (*imkan ar-ru'yah*) senantiasa mengalami perkembangan dan perubahan seiring dengan temuan dan perkembangan metode, serta pengalaman lapangan, dan lain-lain.

Dari 14 tokoh astronomi Muslim yang dikutip dan ditelaah secara sekilas dalam buku ini, tampak bahwa rata-rata ketinggian hilal untuk dapat teramati berkisar antara 6 derajat sampai 12 derajat. Data (angka) ini juga kompatibel dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Shalih bin Muhammad al-Sha'b dalam bukunya yang berjudul "*Ru'yah al-Hilal fi al-Tarikh al-Islamy*".

Patut dicatat, standar visibilitas sebagai ditetapkan dan diterapkan para astronom Muslim ini dipraktikkan secara visual atau mata telanjang, alias belum menggunakan instrumen optik (khususnya teleskop dan kamera) seperti marak digunakan di era modern. Betapapun instrumen-instrumen astronomi telah digunakan namun seluruhnya non-optik seperti rubu mujyaab, astrolabe, *alah muhayya'ah*, dan lain-lain.

Secara spesifik, visibilitas hilal di kalangan astronom Muslim abad 9-15 M dapat diringkas sebagai berikut:

1. Parameter visibilitas tidak tunggal;
2. Visibilitas hilal terus meengalami perkembangan;
3. Visibilitas hilal dipengaruhi oleh banyak faktor;
4. Visibilitas hilal berbeda-beda antara satu tempat dengan tempat lain;
5. Visibilitas dan ketinggian hilal cukup tinggi yaitu antara 6 derajat sampai 12 derajat;
6. Kompatibel dengan penelitian Shalih bin Muhammad al-Sha'b dalam karyanya "*Ru'yah al-Hilal fi al-Tarikh al-Islamy*".

Adapun visibilitas hilal 14 astronom Muslim yang dikemukakan dalam buku ini hanya mengutip standar ketinggian (*irtifa'*, *altitude*), sebab faktor ini yang paling umum dan lazim disebutkan dalam karya-karya para astronom tersebut. Betapapun ada banyak faktor lain yang dikemukakan oleh para astronom Muslim tersebut, bahkan dengan sangat detail.

Dialektika Epistemologi Hisab dan Rukyah Hilal di Indonesia: Tinjauan Kriteria MABIMS Berdasarkan PMA Nomor 1 Tahun 2026

**Ismail^{1*}, Ardiyansyah²,
Ikhsan Kamilan Latif³**

¹ UIN Sultanah Nahrasiyah Lhokseumawe, Indonesia

² STIS Nahdlatul Ulama Aceh, ³Institut Agama Islam Negeri
Langsa, Indonesia

* ismail@uinsuna.ac.id

Pendahuluan

Penentuan awal bulan Hijriah, khususnya Ramadan, Syawal, dan Zulhijah, merupakan persoalan krusial bagi umat Islam di Indonesia karena berkaitan langsung dengan keabsahan ibadah mahdah. Secara historis dan sosiologis, dinamika penetapan awal bulan ini kerap diwarnai oleh perbedaan pendapat yang berujung pada perbedaan hari pelaksanaan ibadah puasa dan hari raya. Akar dari perbedaan tersebut tidak sekadar persoalan teknis astronomis, melainkan bersumber dari divergensi pemahaman metodologis antarorganisasi kemasyarakatan Islam yang berdampak pada kebingungan di tingkat akar rumput. Negara, dalam hal ini Kementerian Agama, secara konsisten dituntut untuk hadir sebagai fasilitator dan otoritas yang mampu

menjembatani perbedaan tersebut demi menjaga ketertiban, persatuan umat, dan kepastian hukum.⁵⁹

Perbedaan penentuan awal bulan tersebut pada hakikatnya merupakan manifestasi dari benturan dua arus epistemologi besar dalam tradisi keilmuan Islam, yaitu nalar Bayani dan Burhani. Epistemologi pertama terepresentasikan dalam metode rukyatulhilal, yang bersandar pada teks-teks hadis dan observasi visual secara empiris, sementara epistemologi kedua terwujud dalam metode hisab, yang mengandalkan kalkulasi rasional dan kepastian sains astronomi modern. Ketegangan dialektis antara penganut observasi visual yang menuntut rukyat fisik dengan ahli falak yang bersikukuh pada metode hisab atau perhitungan matematis telah menciptakan dikotomi yang seolah sulit direkonsiliasi. Akibatnya, diskursus ilmu falak di Indonesia sering kali terjebak dalam perdebatan mengenai otoritas tertinggi antara tekstualitas agama dan capaian sains modern.⁶⁰

Merespons problematika metodologis yang berlarut-larut tersebut, pemerintah Republik Indonesia menerbitkan Peraturan Menteri Agama (PMA) Nomor 1 Tahun 2026 tentang Penyelenggaraan Sidang Isbat. Regulasi ini tidak hanya mengatur tata kelola administratif persidangan, tetapi secara substantif mengkodifikasi kriteria imkanurrukyat (visibilitas hilal) berdasarkan

⁵⁹ Ravik Walhidayah and Ismail Ismail, 'Verification of Hilāl Image Using AI-Based Web Tool in Aceh Jaya', *Al-Hilal: Journal of Islamic Astronomy*, 7.2 (2025), pp. 225–40, doi:10.21580/al-hilal.2025.7.2.28809.

⁶⁰ Achmad Musyahid and Andi Ariiqah, 'Feasibility Parameters of Rukyatulhilal Venue at Iqra' Tower of Universitas Muhammadiyah Makassar', *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, 9.1 (2023), pp. 1–12, doi:10.30596/jam.v9i1.12082.

kesepakatan Menteri Agama Brunei Darussalam, Indonesia, Malaysia, dan Singapura (MABIMS). Dengan mengadopsi parameter tinggi bulan toposentrik minimal 3 derajat dan elongasi bulan geosentrik 6,4 derajat, pemerintah berupaya menetapkan standar saintifik yang terukur sekaligus mengakomodasi syarat empiris pengamatan hilal, sebagai langkah progresif untuk menyatukan kalender Islam nasional.

Kajian mengenai dialektika hisab dan rukyat serta kriteria visibilitas hilal sebenarnya telah banyak mendapat perhatian dari para sarjana. Sejumlah penelitian terdahulu umumnya difokuskan pada evaluasi astronomis terhadap kriteria MABIMS klasik (2 derajat dan 3 derajat) (Sopwan, 2019),⁶¹ analisis sosiologis terkait dampak polarisasi penetapan hari raya (Abdul Majid, 2023),⁶² hingga tinjauan fikih terhadap keabsahan putusan hakim (isbat) dari sudut pandang siyasah syar'iyah (Siti Tatmainul Qulub, 2023).⁶³ Namun demikian, pasca diundangkannya PMA Nomor 1 Tahun 2026, kajian analitis yang membedah regulasi mutakhir tersebut dari optik epistemologi ilmu falak, khususnya mengenai bagaimana negara mendialektikan dan mensintesis metode hisab dan rukyat ke dalam sebuah kriteria hukum positif, masih

⁶¹ M. Raharto and N. Sopwan, 'Umur Bulan Sebagai Parameter Visibilitas Hilal', *Prosiding Seminar Nasional Fisika (SNF) Unesa 2019*, 3 (2019).

⁶² Abdul Majid and others, 'The Method in Understanding Hadith Through Ijmā' and Its Implications for Islamic Law in Indonesia: Studies on the Hadiths of the Month of Qamariyah', *Samarah: Jurnal Hukum Keluarga Dan Hukum Islam*, 7.1 (2023), pp. 281–301, doi:10.22373/SJHK.V7I1.12383.

⁶³ Siti Tatmainul Qulub and Ahmad Munif, 'Urgensi Fatwa Dan Sidang Isbat Dalam Penentuan Awal Bulan Kamariah Di Indonesia', *Jurnal Bimas Islam*, 16.2 (2023), pp. 423–52, doi:10.37302/jbi.v16i2.929.

belum banyak tersentuh. Hal ini memunculkan celah penelitian (research gap) yang penting untuk diisi guna memperkaya literatur kontemporer astronomi Islam.

Permasalahan utama yang mengemuka saat ini bukanlah sekadar validitas angka 3 derajat dan 6,4 derajat dari sudut pandang astronomi semata, melainkan pada konstruksi epistemologis yang dibangun oleh negara melalui PMA Nomor 1 Tahun 2026. Terdapat urgensi untuk menelaah bagaimana regulasi tersebut berfungsi sebagai instrumen resolusi konflik metodologis, dan sejauh mana kriteria MABIMS yang baru ini mampu memadukan nalar empiris dan rasional-matematis. Selain itu, mekanisme penyelesaian yuridis dan fiqhiyah berupa penggenapan umur bulan (istikmal) menjadi 30 hari manakala parameter imkanurrukyat tidak terpenuhi juga memerlukan tinjauan mendalam terkait konsistensi paradigma sains yang diadopsi oleh pemerintah.⁶⁴

Berangkat dari latar belakang dan celah penelitian tersebut, artikel ini bertujuan untuk mengkaji secara kritis dialektika epistemologi hisab dan rukyah hilal di Indonesia melalui tinjauan kriteria MABIMS berdasarkan PMA Nomor 1 Tahun 2026. Secara lebih spesifik, penelitian ini diarahkan untuk membongkar landasan konseptual hisab berbasis sains dan rukyah hilal berbasis observasi (baik kasatmata maupun dengan alat bantu), guna melihat bagaimana regulasi ini mengharmonisasikan kedua epistemologi tersebut dalam mencapai kriteria imkanurrukyat. Melalui kajian ini, diharapkan dapat

⁶⁴ Abdul Mufid and Thomas Djamaluddin, 'The Implementation of New Minister of Religion of Brunei, Indonesia, Malaysia, and Singapore Criteria towards the Hijri Calendar Unification', *HTS Teologiese Studies / Theological Studies*, 79.1 (2023), p. 8, doi:10.4102/HTS.V79I1.8774.

ditemukan kerangka pemahaman yang komprehensif mengenai peran negara dalam memediasi perbedaan paradigma falak melalui positivisasi hukum, yang pada akhirnya berkontribusi bagi unifikasi kalender Hijriah di Indonesia.

Analisis terhadap penentuan awal bulan Hijriah dalam Peraturan Menteri Agama Nomor 1 Tahun 2026 terlebih dahulu memerlukan pembedahan terhadap struktur nalar yang digunakan, sebagaimana dipetakan oleh Muhammad Abed Al-Jabiri. Dalam diskursus ini, metode rukyah hilal merepresentasikan nalar Bayani, yakni sebuah epistemologi yang bersumber pada otoritas teks suci (ayat dan hadis) dan pengamatan empiris sederhana sebagai bentuk ketaatan terhadap perintah agama. Di sisi lain, metode hisab mencerminkan nalar Burhani, yakni sistem pengetahuan yang berpijak pada logika demonstratif dan kepastian matematis-astronomis. Ketegangan antara kedua nalar ini dalam sejarah Islam di Indonesia seringkali muncul sebagai dikotomi yang saling menegasikan, di mana satu pihak menitikberatkan pada aspek lahiriah teks, sementara pihak lain pada validitas sains.⁶⁵

Persoalan perbedaan kriteria awal bulan di Indonesia dapat dipahami melalui kacamata dialektika G.W.F. Hegel yang bekerja melalui pola tesis, antitesis, dan sintesis. Dalam konteks ini, penggunaan rukyah hilal secara murni tanpa batasan astronomis dapat dipandang sebagai Tesis, yang kemudian mendapatkan tantangan dari Antitesis berupa metode hisab murni. Perjumpaan

⁶⁵ AHMAD HASAN RIDWAN, 'Kritik Nalar Arab: Eksposisi Epistemologi Bayani, 'Irfani Dan Burhani Muhammad Abed Al-Jabiri', *Afkaruna: Indonesian Interdisciplinary Journal of Islamic Studies*, 12.2 (2016), doi:10.18196/aiijis.2016.0062.187-222.

antara klaim kebenaran berbasis pengamatan visual yang rentan terhadap kesalahan manusia (human error) dengan kepastian kalkulasi matematis yang sering dianggap mengabaikan aspek ritual rukyat, menciptakan sebuah ruang dialektika yang panjang dalam sosiologi hukum Islam di Indonesia.⁶⁶

Kehadiran Peraturan Menteri Agama (PMA) Nomor 1 Tahun 2026 yang mengadopsi kriteria MABIMS baru merupakan wujud Sintesis dalam dialektika Hegel, sekaligus upaya harmonisasi nalar Al-Jabiri. Regulasi ini tidak lagi mempertentangkan hisab dan rukyat, melainkan menyatukannya dalam konsep imkanurrukyat (visibilitas hilal). Secara epistemologis, penetapan parameter tinggi hilal toposentrik 3 derajat dan elongasi geosentrik 6,4 derajat merupakan bentuk "Burhanisasi" terhadap rukyat. Artinya, nalar Burhani (sains astronomi) digunakan untuk memberikan batasan logis dan verifikatif terhadap nalar Bayani (rukya), sehingga klaim penglihatan hilal secara fisik harus dapat dipertanggungjawabkan secara saintifik.

Secara teoretis, integrasi kedua teori ini menunjukkan bahwa PMA Nomor 1 Tahun 2026 berfungsi sebagai instrumen legitimasi yang mengubah perdebatan teologis-astronomis menjadi kepastian yuridis. Dengan menetapkan standar visibilitas yang terukur, negara melakukan upaya minimalisasi anomali dalam penetapan kalender Hijriah. Memberikan kepastian hukum dan waktu beribadah bagi umat Islam Indonesia. Kerangka teoretis ini menegaskan bahwa dialektika epistemologi dalam ilmu falak di Indonesia kini bergerak menuju

⁶⁶ Muhammad Aly Mahmudi and Lalu Fitriyadi Bajuri, 'Nalar Dialektika Hegel Dalam Transformasi Fikih Qaul Qadim-Qaul Jadid Imam Syafi'i', *Madinah: Jurnal Studi Islam*, 10.2 (2023), pp. 255–65, doi:10.58518/madinah.v10i2.1891.

paradigma baru: sebuah model sains Islam yang integratif, di mana otoritas teks dan kebenaran rasional-astronomis bertemu dalam satu payung hukum yang mengikat secara nasional demi kemaslahatan umat.

Epistemologi Hisab dan Rukyah Hilal dalam Konstruksi Hukum PMA Nomor 1 Tahun 2026

Konstruksi hukum Peraturan Menteri Agama (PMA) Nomor 1 Tahun 2026⁶⁷ meletakkan fondasi yang sangat fundamental dalam menyelesaikan dikotomi metodologis penentuan awal bulan kamariah di Indonesia. Melalui Pasal 2 ayat (2) disebutkan “Penetapan awal bulan Ramadhan, Syawal, dan Zulhijah sebagaimana dimaksud pada ayat (1) ditentukan berdasarkan posisi hilal” dan Pasal 2 ayat (3) disebutkan “Posisi hilal sebagaimana dimaksud pada ayat (2) diketahui dengan menggunakan metode hisab dan rukyatulhilal”, regulasi ini secara eksplisit menjelaskan bahwa awal Ramadhan, Syawal, dan Zulhijah di Indonesia ditetapkan berdasar posisi hilal dan cara menetapkan posisi hilal dengan menggunakan dua metode secara sirkuler, yakni hisab dan rukyah hilal. Pengakuan simultan terhadap kedua metode ini bukan sekadar kebijakan administratif, melainkan sebuah bentuk akomodasi epistemologis oleh negara. Dalam perspektif teori epistemologi Al-Jabiri, negara secara resmi mengakui dan mensejajarkan nalar Burhani (rasionalitas sains yang diwakili oleh hisab) dengan nalar Bayani (kepatuhan pada teks agama dan observasi empiris yang diwakili oleh rukyat). Hal ini menandakan pergeseran paradigma hukum Islam nasional dari yang sebelumnya

⁶⁷ Kementerian Agama RI, Peraturan Menteri Agama Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2026 Tentang Penyelenggaraan Sidang Isbat, 2026, pp. 1–5.

sering bersifat hierarkis-konflikktual menjadi lebih komplementer.

Keberpihakan negara terhadap integrasi sains modern terlihat jelas dalam rumusan epistemologi hisab. Berdasarkan Pasal 3 ayat (1) PMA Nomor 1 Tahun 2026, hisab didefinisikan sebagai metode untuk mengetahui posisi hilal berdasarkan perhitungan ilmu falak klasik dan astronomis. Penyebutan terminologi "ilmu falak klasik" dan "astronomis" secara bersamaan merupakan bentuk afirmasi bahwa perhitungan matematis tradisional harus dikalibrasi dengan keilmuan astronomi modern. Epistemologi Burhani dalam hisab tidak lagi dipandang statis pada tabel-tabel falak abad pertengahan, melainkan bersifat dinamis dan presisi sesuai dengan perkembangan sains antariksa kontemporer.⁶⁸ Oleh karena itu, hisab dalam konstruksi hukum ini diposisikan sebagai basis data prediktif yang validitas kebenarannya dapat dipertanggungjawabkan secara saintifik sebelum dilakukannya observasi lapangan.

Di sisi lain, nalar Bayani dalam metode observasi empiris juga mengalami modernisasi epistemologis yang signifikan. Sesuai dengan ketentuan Pasal 3 ayat (2), *rukyyatulhilal* didefinisikan sebagai metode untuk mengetahui posisi hilal dengan cara melihat hilal secara langsung dengan kasat mata dan/atau alat bantu. Frasa "dan/atau alat bantu" memberikan legitimasi hukum terhadap penggunaan teknologi optik mutakhir seperti teleskop, teodolit, maupun kamera *Charge Coupled*

⁶⁸ Wanti Marpaung, 'MAZHAB NEGARA: ALTERNATIF SOLUSI TERHADAP PERBEDAAN PENENTUAN AWAL BULAN QAMARIYAH DI INDONESIA', *Jurisprudensi: Jurnal Ilmu Syariah, Perundang-Undangan Dan Ekonomi Islam*, 10.2 (2018), pp. 121–31, doi:10.32505/JURISPRUDENSI.V10I2.943.

Device (CCD) untuk keperluan image processing data hilal. Dengan demikian, PMA 1/2026 mendekonstruksi pemahaman rukyatulhilal konvensional yang semata-mata mengandalkan mata telanjang, menuju apa yang disebut sebagai *rukyat bi al-'ilm* (observasi yang dipandu oleh sains). Teknologi dalam konteks ini berperan sebagai perpanjangan dari indera manusia, sehingga hasil observasi empiris menjadi lebih objektif dan meminimalisasi anomali penglihatan.⁶⁹

Sebagai muara dari integrasi kedua epistemologi tersebut, regulasi ini melembagakan proses hisab dan rukyatulhilal ke dalam sebuah kerja kolaboratif yang sistematis, artinya hisab dan rukyah hilal disetarakan sebagai metode dalam penentuan awal bulan Hijriah di Indonesia. Pasal 3 ayat (3) dan (4) mengamanatkan bahwa pelaksanaan kedua metode tersebut dilakukan oleh sebuah tim yang ditetapkan oleh Menteri, yang secara inklusif terdiri atas unsur Kementerian, kementerian/lembaga terkait, akademisi, serta ahli atau praktisi. Hal ini menunjukkan bahwa verifikasi posisi hilal tidak lagi dimonopoli oleh satu otoritas keilmuan tunggal. Secara sosiologis dan yuridis, pelibatan multisektoral ini menegaskan bahwa kepastian hukum dalam penetapan awal bulan hijriah hanya dapat dicapai manakala dialektika antara data astronomis (*hisab*) dan fakta empiris lapangan (*rukyat*) diuji secara komprehensif oleh para pakar di bidangnya sebelum dibawa ke meja Sidang Isbat.

⁶⁹ Mohd Saiful Anwar Mohd Nawawi and others, 'Hijri Month Determination in Southeast Asia: An Illustration Between Religion, Science, and Cultural Background', *Heliyon*, 10.20 (2024), p. e38668, doi:10.1016/j.heliyon.2024.e38668.

Kriteria Imkanurrukyat MABIMS: Sintesis Dialektika Falak di Indonesia

Titik kulminasi dari integrasi epistemologis dalam Peraturan Menteri Agama (PMA) Nomor 1 Tahun 2026 termanifestasi secara yuridis melalui pelembagaan kriteria imkanurrukyat. Berdasarkan ketentuan Pasal 4 ayat (1) dan (2), penetapan awal bulan Hijriah dalam Sidang Isbat wajib dilakukan berdasarkan kriteria imkanurrukyat, yang didefinisikan sebagai kriteria ketinggian minimal posisi hilal untuk menunjukkan awal bulan baru. Dalam kerangka dialektika G.W.F. Hegel, kriteria *imkanurrukyat* ini berkedudukan sebagai sebuah sintesis rasional yang memecahkan kebuntuan historis astronomi Islam di Indonesia. Sebelumnya, diskursus falak selalu dibayangi oleh pertentangan tajam antara tesis berupa rukyatulhilal murni (yang menitikberatkan pada observasi visual tanpa peduli berapapun angka ketinggian astronomisnya) berhadapan dengan antitesis berupa hisab murni (yang memvalidasi awal bulan asalkan bulan sudah berada di atas ufuk, meskipun secara fisika optik mustahil terlihat oleh mata). Negara hadir melalui kriteria ini untuk menetapkan batas minimal visibilitas yang logis, sehingga observasi lapangan tidak lagi berjalan tanpa panduan dan perhitungan matematis tidak lagi tercerabut dari esensi pengamatan empiris.⁷⁰

Sintesis dialektis tersebut mewujudkan secara kuantitatif melalui adopsi parameter baru MABIMS (Menteri Agama Brunei Darussalam, Indonesia, Malaysia,

⁷⁰ Ridhokimura Soderi, Darlius Darlius, and Riza Afrian Mustaqim, 'Rekontruksi Kriteria Visibilitas Hilal Serta Dampak Implementasi Kriteria Imkanurrukyah MABIMS Baru Dalam Kemaslahatan', *Astroislamika: Journal of Islamic Astronomy*, 3.2 (2024), pp. 233–55, doi:10.47766/astroislamika.v3i2.3642.

dan Singapura) yang direkognisi secara formal dalam Pasal 4 ayat (3). Secara lebih spesifik, Pasal 4 ayat (4) menetapkan bahwa awal bulan baru sah secara hukum apabila hilal mencapai ketinggian toposentrik minimal 3 derajat (3°) dan elongasi bulan geosentrik minimal 6,4 derajat ($6,4^\circ$). Pemilihan angka toposentrik dan elongasi geosentrik ini bukanlah sekadar justifikasi matematis an sich, melainkan sebuah rumusan fisika optik yang mengukur ambang batas minimal mata manusia (sensor optik) mampu menangkap kontras cahaya hilal terhadap cahaya senja (*twilight*). Dengan kata lain, parameter 3° dan $6,4^\circ$ ini adalah instrumen sains murni (Burhani) yang digunakan untuk memverifikasi dan memvalidasi keabsahan klaim pengamatan manusia (*Bayani*).

Positivisasi kriteria MABIMS ke dalam PMA 1/2026 pada akhirnya menghasilkan sebuah transformasi paradigma tata kelola Kalender Hijriah Indonesia (KHI) di Indonesia. Melalui regulasi ini, negara menolak absolutisme dari kedua kubu ekstrem; baik kubu yang menolak hisab secara mutlak maupun kubu yang menolak rukyat secara mutlak. Kepastian hukum yang dihadirkan oleh parameter 3 derajat dan elongasi 6,4 derajat memaksa seluruh elemen ahli falak dan perukyat di Indonesia untuk tunduk pada hukum alam (*sunnatullah*) yang terukur secara sains. Melalui sintesis kriteria visibilitas ini, perdebatan epistemologis ditarik dari ranah *khilafiyah* fikih menjadi sebuah standarisasi teknis-yuridis yang berorientasi pada penyatuan kalender umat Islam Indonesia.

Falsifikasi Sains dan Konsep Istikmal sebagai Resolusi Konflik

Konsekuensi logis dari pelebagaan kriteria imkanurrukyat MABIMS dalam Peraturan Menteri Agama (PMA) Nomor 1 Tahun 2026 adalah berlakunya prinsip falsifikasi sains terhadap klaim pengamatan empiris. Dalam diskursus sosiologi ilmu falak di Indonesia, kerap kali muncul anomali berupa kesaksian perukyat yang mengklaim berhasil melihat hilal, padahal data hisab menunjukkan bahwa posisi hilal sangat rendah dan secara optik mustahil untuk diamati.⁷¹ Melalui penetapan kriteria tinggi bulan Toposentrik 3 derajat dan Elongasi bulan Geosentrik 6,4 derajat, negara pada hakikatnya sedang melembagakan instrumen falsifikasi yang objektif. Artinya, sebuah klaim *rukyatulhilal* akan seketika terbantahkan (terfalsifikasi) secara saintifik dan ditolak keabsahannya dalam sidang isbat apabila perhitungan *hisab* membuktikan bahwa parameter minimal tersebut belum tercapai. Hal ini menegaskan bahwa nalar rasional-astronomis (*Burhani*) difungsikan sebagai verifikator mutlak atas potensi *human error* dalam observasi visual (*Bayani*), sehingga ketetapan awal bulan terjaga dari bias psikologis maupun ilusi optik para perukyat di lapangan.

Sebagai jalan keluar dari konsekuensi logis falsifikasi tersebut, PMA Nomor 1 Tahun 2026 mengakomodasi kaidah fikih fundamental berupa istikmal (penggenapan umur bulan yang sedang berjalan) untuk menjembatani kepastian sains dengan syariat Islam. Pasal

⁷¹ Muhammad Zaki Mubarak and Youla Afifah Azkarrula, 'Penolakan Isbat Syawal Di Jepara Dan Cakung Tahun 1432 H Perspektif Hukumah Dan Astronomi', *Astroislamica: Journal of Islamic Astronomy*, 2.1 (2023), pp. 47–75, doi:10.47766/ASTROISLAMICA.V2I1.1250.

4 ayat (5) secara tegas mengamanatkan bahwa dalam hal kriteria *imkanurrukyat* tidak terpenuhi, bulan berjalan digenapkan menjadi 30 (tiga puluh) hari. Ketentuan yuridis ini merupakan titik temu yang sangat elegan antara astronomi dan hukum Islam. Ketika instrumen sains telah memberikan justifikasi bahwa hilal tidak mungkin teramati, hukum positif negara mengembalikannya pada doktrin fikih yang telah mapan di kalangan jumhur ulama, yakni menyempurnakan bilangan hari bulan yang sedang berjalan. Pelembagaan istikmal ini memberikan sebuah kepastian terhadap awal bulan Hijriah dan membuktikan bahwa pembentuk peraturan perundang-undangan tidak semata-mata tunduk pada deret ukur astronomi, melainkan tetap berpijak pada asas hukum Islam untuk memastikan keabsahan waktu pelaksanaan ibadah *mahdah*.⁷²

Lebih jauh lagi, pelembagaan konsep istikmal dalam regulasi ini berfungsi sebagai instrumen resolusi konflik yang sangat presisi di tengah pluralitas pemahaman umat Islam Indonesia. Di masa lampau, kegagalan merukyat hilal sering kali memicu polarisasi tajam; sebagian pihak memaksakan masuknya bulan baru dengan dalih bulan telah "wujud" di atas ufuk, sementara mayoritas lainnya memilih menunda (*istikmal*) karena hilal tidak terlihat fisik. Melalui Pasal 4 ayat (5) ini, perdebatan panjang tersebut berhasil ditutup secara yuridis konstitusional. Doktrin istikmal bertransformasi dari sekadar opsi fikih di ruang publik menjadi sebuah keputusan kenegaraan otoritatif (*hukm al-hakim*) yang mengikat secara nasional. Dengan demikian, sinkronisasi

⁷² Abdul Helim, 'Hamka's Legal Methodology on Hisab–Ru'yah in His Book "Saya Kembali Ke Ru'yah"', *JURIS (Jurnal Ilmiah Syariah)*, 23.2 (2024), p. 215, doi:10.31958/juris.v23i2.11952.

antara falsifikasi sains dan penggenapan 30 hari ini menjadi resolusi konflik paripurna yang tidak hanya memberikan kepastian hukum, tetapi juga merawat harmoni sosial-keagamaan masyarakat Indonesia.

Implikasi PMA Nomor 1 Tahun 2026 terhadap Unifikasi Kalender Hijriah Nasional

Hadirnya Peraturan Menteri Agama (PMA) Nomor 1 Tahun 2026 memiliki implikasi sosiologis dan yuridis yang sangat luas terhadap cita-cita unifikasi kalender Hijriah nasional. Secara filosofis, regulasi ini lahir dari kesadaran negara untuk hadir sebagai otoritas tertinggi (*ulil amri*) dalam memutus perdebatan epistemologis yang selama ini membelah umat. Hal ini secara eksplisit tercermin dalam konsideran "Menimbang" huruf a, yang menegaskan bahwa regulasi ini dibentuk untuk memberikan panduan dan kepastian hukum bagi umat Islam dalam menunaikan ibadah di bulan Ramadan, Syawal, dan Zulhijah. Kepastian hukum ini menggeser paradigma penetapan awal bulan dari yang sebelumnya bersifat privat-organisatoris menjadi otoritas publik yang terpusat pada keputusan negara.⁷³

Upaya unifikasi tersebut dilembagakan secara inklusif melalui mekanisme Sidang Isbat yang merepresentasikan seluruh elemen sosiologis dan kelembagaan umat Islam di Indonesia. Berdasarkan Pasal 5 ayat (2), Menteri Agama diwajibkan untuk mengikutsertakan perwakilan dari berbagai unsur

⁷³ M. Nur Hidayat, 'Maqasid Al-Syari'ah Analysis of Dualism of Authority in Determining the Beginning of The Lunar Month: A Study of The Isbat of the Ministry of Religious Affairs and the Ikhar of the Council of Tarjih Muhammadiyah', *Jurisdicție*, 2012, pp. 767-74.

strategis, antara lain Komisi VIII Dewan Perwakilan Rakyat, Mahkamah Agung, Majelis Ulama Indonesia, organisasi kemasyarakatan Islam, hingga pakar atau ahli. Keterlibatan unsur multisektoral ini membuktikan bahwa negara tidak menerapkan otoritarianisme sains maupun fikih. Sebaliknya, kriteria imkanurrukyat MABIMS (sintesis astronomis) yang telah diatur sebelumnya, diuji penerimaannya secara sosiologis di meja musyawarah yang merepresentasikan keberagaman nalar keberagamaan umat Islam di Indonesia.

Proses dialektika antara kepastian sains dan konsensus sosial ini diatur secara ketat dalam mekanisme persidangan. Sesuai dengan Pasal 6 ayat (3) dan (4), sebelum menetapkan awal bulan, Menteri Agama harus mendengarkan secara komprehensif laporan mengenai data hisab dan hasil *rukyatulhilal*, serta tanggapan dari para peserta Sidang Isbat. Hal ini menunjukkan bahwa unifikasi kalender nasional tidak dicapai melalui pemaksaan satu mazhab astronomi, melainkan melalui ruang deliberatif. Di ruang inilah, nalar *Burhani* dipresentasikan, dan nalar *Bayani* diakomodasi untuk mencapai sebuah sintesis berupa Keputusan Menteri yang mengikat seluruh wilayah yurisdiksi Indonesia.

Langkah taktis negara dalam meminimalisasi polarisasi dan kebingungan di tingkat akar rumput terwujud dalam kebijakan privatisasi ruang dialektika tersebut. Pasal 6 ayat (2) secara tegas mengatur bahwa Sidang Isbat diselenggarakan secara tertutup. Kebijakan penyelenggaraan sidang secara tertutup ini memiliki makna filosofis dan sosiologis yang mendalam; negara berupaya mengisolasi perdebatan epistemologis dan perbedaan pandangan yang tajam agar hanya terjadi di antara para pakar dan representasi ulama. Dengan

demikian, dialektika tesis dan antitesis di ruang sidang tidak menjadi konsumsi publik yang kontraproduktif, sehingga produk akhir yang disampaikan kepada masyarakat luas benar-benar murni berupa sintesis yang mencerminkan harmoni dan ketunggalan keputusan pemerintah.⁷⁴

Kesimpulannya, PMA Nomor 1 Tahun 2026 merupakan instrumen rekayasa sosial (social engineering) yang progresif untuk mewujudkan unifikasi kalender Hijriah di Indonesia. Dengan menetapkan kriteria imkanurrukyat yang terukur secara astronomis dan membingkainya dalam tata kelola Sidang Isbat yang inklusif namun terarah, regulasi ini berhasil menundukkan ego sektoral metodologis di bawah supremasi hukum negara. Implikasinya, umat Islam Indonesia memiliki pedoman yang berkepastian hukum dan terhindar dari perpecahan akibat perbedaan awal bulan, sehingga esensi beribadah dalam bingkai *ukhuwah islamiyah* dapat terwujud secara nyata.

Penutup

Peraturan Menteri Agama (PMA) Nomor 1 Tahun 2026 telah berhasil merekonstruksi tata kelola penentuan awal bulan kamariah di Indonesia melalui sebuah sintesis epistemologis yang progresif. Regulasi ini tidak lagi menempatkan nalar Bayani (rukyat empiris) dan Burhani (hisab astronomis) dalam posisi dikotomis yang saling menegasikan, melainkan mengintegrasikannya ke dalam kriteria imkanurrukyat MABIMS yang terukur. Penetapan

⁷⁴ Muhammad Ridzuan Hashim and others, 'Unification of Hijri Calendar Under One Maṭla': A Case Study of MABIMS Through the Lens of Islamic Jurisprudence and Astronomy', *Jurnal Fiqh*, 22.2 (2025), pp. 389–433, doi:10.22452/fiqh.vol22no2.7.

parameter tinggi bulan toposentrik minimal 3 derajat dan elongasi geosentrik 6,4 derajat berfungsi sebagai titik temu dialektis; di mana validitas observasi visual dibingkai, diverifikasi, dan bahkan difalsifikasi oleh kepastian hukum alam (sains). Melalui kriteria ini, negara memastikan bahwa klaim penglihatan hilal tidak bertentangan dengan rasionalitas astronomi modern.

Lebih dari sekadar instrumen teknis astronomis, pelebagaan kriteria tersebut yang disertai dengan mitigasi istikmal (penggenapan 30 hari) serta penyelenggaraan sidang isbat yang inklusif merupakan wujud nyata dari resolusi konflik sosiologis-keagamaan. PMA Nomor 1 Tahun 2026 membuktikan otoritas negara dalam mentransformasikan perdebatan epistemologis di ruang publik menjadi sebuah kepastian hukum yang mengikat. Pada akhirnya, harmonisasi antara sains modern dan syariat Islam dalam regulasi ini menjadi fondasi yuridis yang sangat kokoh dalam mewujudkan cita-cita unifikasi kalender Hijriah nasional, sehingga umat Islam di Indonesia dapat menunaikan ibadah dengan tenang, tertib, dan berada dalam semangat persatuan yang utuh []

Problematika Fikih Astronomi di Kawasan Lintang Tinggi: Tantangan Penentuan Waktu Salat dan Puasa

Fajrullah^{1*}

¹ IAIN Sultan Amai Gorontalo, Indonesia

* fajrullah@iaingorontalo.ac.id

Pendahuluan

Sepanjang dua dekade terakhir, dinamika migrasi global telah mendorong pertumbuhan signifikan populasi Muslim di kawasan lintang tinggi, khususnya di negara-negara Skandinavia, Eropa Utara, Kanada bagian utara, serta Rusia.⁷⁵ Dinamika ini bukan sekadar perpindahan demografis, melainkan juga membawa konsekuensi teologis dan yuridis yang kompleks, terutama berkaitan dengan pelaksanaan ibadah yang bersifat temporal, yakni ibadah-ibadah yang waktu pelaksanaannya ditentukan oleh posisi Matahari dan fenomena astronomi tertentu. Kota-kota seperti Stockholm (59° LU), Helsinki (60° LU), Tromsø (69° LU), dan Reykjavik (64° LU) kini menjadi tempat tinggal ratusan ribu Muslim yang setiap tahun menghadapi anomali astronomis fundamental yang tidak pernah diantisipasi secara eksplisit oleh teks-teks fikih klasik.

⁷⁵ Pew Research Center, *The Future of the Global Muslim Population: Projections for 2010–2030* (Washington, D.C.: Pew Research Center, 2011). hlm 13-15.

Persoalan mendasar yang muncul berkaitan dengan dua fenomena astronomis utama. Pertama, fenomena midnight sun atau Matahari tengah malam, di mana Matahari tidak terbenam sama sekali selama periode tertentu di musim panas. Pada kondisi ini, waktu Maghrib, Isya, dan Subuh secara teknis tidak dapat ditentukan karena tidak ada peristiwa terbenam Matahari yang menjadi rujukan.⁷⁶ Kedua, fenomena persistent twilight atau fajar yang menyatu dengan syafaq, yakni kondisi di mana cahaya senja tidak pernah sepenuhnya menghilang sebelum cahaya fajar muncul. Fenomena ini membuat batas antara waktu Isya dan Subuh menjadi samar atau bahkan tidak ada, sehingga derajat astronomis standar untuk penentuan kedua waktu tersebut (-18° untuk fajar dan -17° untuk syafaq menurut mayoritas otoritas) tidak pernah tercapai di piringan langit.⁷⁷

Kedua fenomena tersebut menciptakan benturan mendasar antara prinsip ibadah yang bersifat muwaqqa (terikat waktu) dengan realitas kosmis yang menyimpang dari asumsi geografis yang melatarbelakangi kodifikasi fikih ibadah. Al-Qur'an dan Sunnah menetapkan tanda-tanda alam (alamat tabi'iyah) sebagai acuan waktu ibadah. Allah SWT berfirman:

أَقِمِ الصَّلَاةَ لِذُلُوكِ الشَّمْسِ إِلَى غَسَقِ اللَّيْلِ وَقُرْءَانَ الْفَجْرِ إِنَّ
قُرْءَانَ الْفَجْرِ كَانَ مَشْهُودًا

⁷⁶ NIDHAL MEZIANE, KARIM; GUESSOUM, 'The Determination of Islamic Fasting and Prayer Times at High-Latitude Locations: Historical Review and New Astronomical Solutions.', *Academic Journal*, 22 (2009), pp. 96–111.

⁷⁷ Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat* (Pustaka Pelajar, 2005). hlm. 64.

Dirikanlah salat sejak Matahari tergelincir sampai gelapnya malam dan (laksanakan pula salat) Subuh. Sesungguhnya salat Subuh itu disaksikan (oleh malaikat). (QS. al-Isra' [17]: 78)⁷⁸

Hadis riwayat Muslim dari ‘Abdullah ibn ‘Amr merinci waktu-waktu tersebut secara lebih detail:

وَحَدَّثَنِي أَحْمَدُ بْنُ إِبْرَاهِيمَ الدَّوْرَقِيُّ، حَدَّثَنَا عَبْدُ الصَّمَدِ، حَدَّثَنَا هَمَّامٌ، حَدَّثَنَا قَتَادَةُ، عَنْ أَبِي أَيُّوبَ، عَنْ عَبْدِ اللَّهِ بْنِ عَمْرٍو أَنَّ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ وَقْتُ الظُّهْرِ إِذَا زَالَتْ الشَّمْسُ وَكَانَ ظِلُّ الرَّجُلِ كَطُولِهِ مَا لَمْ يَحْضُرِ الْعَصْرُ وَوَقْتُ الْعَصْرِ مَا لَمْ تَصْفَرَّ الشَّمْسُ وَوَقْتُ صَلَاةِ الْمَغْرِبِ مَا لَمْ يَغِبِ الشَّفَقُ وَوَقْتُ صَلَاةِ الْعِشَاءِ إِلَى نِصْفِ اللَّيْلِ الْأَوْسَطِ وَوَقْتُ صَلَاةِ الصُّبْحِ مِنْ طُلُوعِ الْفَجْرِ مَا لَمْ تَطْلُعِ الشَّمْسُ فَإِذَا طَلَعَتِ الشَّمْسُ فَأَمْسِكَ عَنِ الصَّلَاةِ فَإِنَّهَا تَطْلُعُ بَيْنَ قَرْنَيْ شَيْطَانٍ

Rasulullah ﷺ bersabda Waktu salat Zuhur adalah ketika Matahari melewati meridian dan bayangan seseorang sama panjangnya dengan tinggi badannya, (dan berlangsung) sampai waktu salat Ashar belum tiba; waktu salat Ashar adalah sampai Matahari belum redup; waktu salat Maghrib adalah sampai senja belum berakhir; waktu salat Isya adalah sampai tengah malam rata-rata dan waktu salat Subuh adalah dari terbitnya fajar sampai Matahari belum terbit; tetapi ketika Matahari terbit, jauhkanlah diri dari salat karena ia terbit di antara tanduk setan. (HR. Muslim)⁷⁹

⁷⁸ Lajnah Pentashihan mushaf Al-Qur'an, 'Qur'an Kemenag', n.d. <<https://quran.kemenag.go.id/>> [accessed 19 April 2026].

⁷⁹ Abu al-Husayn Muslim ibn al-Hajjaj al-Naysaburi, *Shahih Muslim, Kitab Al-Masajid Wa Mawadhi' Al-Shalah, Bab Awqat Al-Shalawat Al-Khams, Astronomi Islam Volume 5 Tahun 2026*

Tanda-tanda tersebut mengandaikan siklus siang-malam yang normal dan teratur, suatu kondisi yang tidak berlaku di kawasan berlatitude ekstrem.⁸⁰ Konsekuensinya, umat Islam di wilayah tersebut menghadapi ketidakpastian hukum, apakah mereka tetap wajib salat lima waktu dengan jadwal yang secara astronomis mustahil ditentukan, ataukah terdapat rukhsah (keringanan) dan mekanisme fikih yang dapat menjembatani kesenjangan tersebut?

Diskursus ini bukanlah hal baru dalam tradisi intelektual Islam. Hadis riwayat Muslim dari al-Nawwas ibn Sam'an secara eksplisit menyebut kondisi hari yang panjangnya abnormal pada masa Dajjal:

قُلْنَا يَا رَسُولَ اللَّهِ وَمَا لَبَنُهُ فِي الْأَرْضِ قَالَ أَرْبَعُونَ يَوْمًا يَوْمًا...
 كَسَنَةً وَيَوْمٌ كَشَهْرٍ وَيَوْمٌ كَجُمُعَةٍ وَسَائِرُ أَيَّامِهِ كَأَيَّامِكُمْ. قُلْنَا يَا
 رَسُولَ اللَّهِ فَذَلِكَ الْيَوْمُ الَّذِي كَسَنَةً أَتَكْفِينَا فِيهِ صَلَاةُ يَوْمٍ قَالَ لَا
 أَقْدُرُوا لَهُ قَدْرَهُ ...

Kami bertanya, Wahai Rasulullah, berapa lama dia akan tinggal di Bumi? Beliau ﷺ menjawab, Selama empat puluh hari. Satu hari (pertama) lamanya seperti setahun, satu hari (kedua) seperti sebulan, satu hari (ketiga) seperti sepekan, dan sisa hari-harinya sama seperti hari-hari kalian biasa. Kami bertanya lagi, Wahai Rasulullah, pada hari yang lamanya seperti setahun itu, apakah cukup bagi kami melaksanakan salat untuk satu hari saja? Beliau ﷺ menjawab, Tidak, tetapi kalian harus memperkirakan

Hadis No. 612, Ed. Muhammad Fu'ad 'Abd Al-Baqi (Kairo: Dar Ihya' al-Kutub al-'Arabiyyah, 1995). juz 1, hlm. 427-428.

⁸⁰ Mohamed Nabeel Tarabishy, 'Salat / Fasting Time in Northern Regions', in *Astronomy Center* (2014)

<https://astronomycenter.net/pdf/tarabishyhigh_2014.pdf>. hlm. 1-12.

waktunya (dan kemudian laksanakanlah salat). (HR. Muslim)⁸¹

Hadis ini telah memicu perdebatan panjang di kalangan ulama mengenai bagaimana menentukan waktu salat pada hari yang durasinya tidak normal. Instruksi Nabi SAW “*uqdurū lahu qadrahu*” menjadi landasan tekstual bagi konsep taqdir yang kemudian menjadi metode utama dalam fikih kontemporer untuk mengatasi problematika ini.⁸² Meski demikian, penerjemahan konsep taqdir ke dalam formula astronomis konkret melahirkan perbedaan pendekatan yang cukup substansial di antara berbagai lembaga fatwa internasional.⁸³

Berdasarkan latar belakang tersebut, tulisan ini merumuskan tiga permasalahan pokok: (1) Bagaimana anomali astronomis di kawasan lintang di atas 48° LU/LS berdampak terhadap validitas penentuan waktu salat dan puasa berdasarkan parameter derajat Matahari konvensional? (2) Bagaimana respons dan resolusi ijtihad lembaga-lembaga fatwa kontemporer terhadap problematika tersebut? (3) Sejauh mana teori astronomi sferis dapat diintegrasikan dengan kerangka ushul fikih untuk menghasilkan solusi yang memenuhi standar syar’i dan saintifik sekaligus?

⁸¹ Abu al-Husayn Muslim ibn al-Hajjaj al-Naysaburi, *Shahih Muslim, Kitab Al-Masajid Wa Mawadhi’ Al-Shalah, Bab Awqat Al-Shalawat Al-Khams, Hadis No. 612, Ed. Muhammad Fu’ad ‘Abd Al-Baqi*.

⁸² MEZIANE, KARIM; GUESSOUM, ‘The Determination of Islamic Fasting and Prayer Times at High-Latitude Locations: Historical Review and New Astronomical Solutions.’ hlm. 99-104

⁸³ European Council for Fatwa and Research (ECFR), ‘Praying and Fasting at High Latitudes’ <<https://fiqh.islamonline.net/en/praying-and-fasting-at-high-latitudes/>> [accessed 19 April 2026].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara komprehensif titik-titik persinggungan antara fikih ibadah dan realitas astronomis di kawasan lintang tinggi, memetakan variasi fatwa kontemporer beserta landasan metodologisnya, serta merumuskan kerangka konseptual integratif yang menggabungkan prinsip taqdir dalam ushul fikih dengan kalkulasi astronomi posisional modern. Secara teoretis, penelitian ini berkontribusi dalam pengembangan diskursus fikih astronomi (*fiqh al-mawaqit*) sebagai subdisiplin yang semakin relevan di era diaspora global. Secara praktis, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi rujukan bagi lembaga-lembaga fatwa, organisasi Islam di Eropa, serta komunitas Muslim di lintang tinggi dalam menyusun pedoman ibadah yang otoritatif.⁸⁴

Adapun metode yang digunakan adalah *library research* dengan pendekatan normatif-analitis, mengkaji sumber primer berupa teks-teks ushul fikih, keputusan lembaga fatwa internasional, serta literatur astronomi posisional dan geodesi, yang selanjutnya disintesiskan melalui kerangka analisis komparatif.

Landasan konseptual penelitian ini bertumpu pada dua pilar epistemologis yang secara historis telah saling beririsan dalam tradisi keilmuan Islam yaitu ushul fikih dan astronomi sferis (*'ilm al-hay'ah/'ilm al-falak*). Dari perspektif ushul fikih, metode taqdir merupakan mekanisme penetapan hukum melalui estimasi atau perkiraan yang digunakan ketika syarat-syarat normal sebuah ketentuan hukum tidak terpenuhi. Al-Ghazali dalam kitabnya mengelaborasi prinsip ini dalam kerangka

⁸⁴ David A. King, *Astronomy in the Service of Islam* (New York: Routledge, 2016). hlm. 23-45.

yang lebih luas tentang bagaimana syariat mengantisipasi kondisi-kondisi yang tidak lazim (*al-ahwal al-nadira*), di mana mujtahid diberikan otoritas untuk menetapkan hukum berdasarkan analogi terhadap kondisi normal terdekat.⁸⁵ Pada konteks lintang tinggi, taqdir dioperasionalkan sebagai penetapan jadwal waktu ibadah berdasarkan perkiraan, dengan merujuk pada waktu-waktu di lokasi lain yang masih memiliki tanda alam normal.⁸⁶

Hadis tentang Dajjal yang diriwayatkan Imam Muslim (HR. Muslim No. 2937) menjadi nash sentral dalam diskursus ini. Ketika para sahabat bertanya tentang salat pada hari-hari yang panjangnya abnormal, Rasulullah SAW menjawab dengan instruksi “uqdu ruhu qadruhu” yang oleh mayoritas ulama ditafsirkan sebagai perintah untuk memperkirakan dan membagi waktu secara proporsional berdasarkan ukuran hari normal.⁸⁷ Al-Qahtani menggarisbawahi bahwa Hadis ini menjadi dasar bagi seluruh konstruksi metodologis taqdir dalam nawazil kontemporer terkait anomali waktu.⁸⁸

Dari sisi astronomi, kontribusi ulama-ilmuwan klasik memberikan fondasi penting. Ahmad al-Farghani (w. ± 861 M) dalam *Jawami' 'Ilm al-Nujum* telah

⁸⁵ Abu Hamid Al-Ghazali, *Al-Mustashfa Min 'Ilm Al-Usul*, Ed. Muhammad 'Abd Al-Salam 'Abd Al-Shafi (Beirut: Dar al-Kutub, 1993). juz 1, hlm. 311-320

⁸⁶ Tono Saksono, *Evaluasi Awal Waktu Subuh & Isya Perspektif Sains, Teknologi Dan Syariah* (Jakarta: Uhamka Press & LPP Aika Uhamka, 2017). hlm. 45-68

⁸⁷ Izzudin Ahmad, *'Ilmu Falak Praktis'*, Semarang: PT Pustaka Rizki Putra, 2012. hlm. 78-85.

⁸⁸ Muhyidin Khozin, *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktek, Perhitungan Arah Kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan Dan Gerhana* (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2007). hlm. 80-82.

merumuskan perhitungan tentang variasi panjang siang dan malam berdasarkan lintang geografis serta kemiringan ekliptika, sebuah kalkulasi yang secara implisit mengakui bahwa di lintang-lintang tertentu, fenomena astronomi standar tidak berlaku.⁸⁹ Al-Biruni kemudian menyempurnakan model ini dengan memperkenalkan metode trigonometri sferis yang lebih presisi untuk menghitung posisi Matahari pada berbagai lintang, termasuk formula penentuan waktu fajar dan syafaq yang memperhitungkan depresi Matahari di bawah horizon.⁹⁰

Tradisi keilmuan ini, yang oleh Van Brummelen disebut sebagai “the mathematics of the heavens”, memberikan kerangka kuantitatif yang memungkinkan operasionalisasi konsep taqdir dari ranah fikih abstrak ke dalam formula astronomis yang dapat dikalkulasi dan diverifikasi.⁹¹ Integrasi kedua pilar ini, yaitu taqdir sebagai instrumen fikih dan astronomi sferis sebagai aparatus saintifik, membentuk kerangka kerja analitis yang digunakan dalam pembahasan selanjutnya untuk mengevaluasi berbagai pendekatan penentuan waktu ibadah di kawasan lintang tinggi.

⁸⁹ Ahmad ibn Muhammad ibn Kathir Al-Farghani, *Jawami' Ilm Al-Nujum Wa Usul Al-Harakat Al-Samawiyah*, Ed. Jacob Golius (Amsterdam: Frankfurt: Institute for the History of Arabic-Islamic Science, 1986). bab 8-9

⁹⁰ Abu al-Rayhan Al-Biruni, *Kitab Tahdid Nihayat Al-Amakin Li-Tashih Masafat Al-Masakin*, Ed. P. Bulgakov (Kairo: Lajnat al-Ta'lif wa al-Tarjamah, 1962).

⁹¹ Glen M. Van Brummelen, *The Mathematics of the Heavens and the Earth: The Early History of Trigonometry*, 1st ed. (Princeton: Princeton University Press, 2009) <<https://dokumen.pub/the-mathematics-of-the-heavens-and-the-earth-the-early-history-of-trigonometry-0691129738-9780691129730.html>>. hlm. 175-200.

1. Anomali Astronomis di Kawasan Lintang Tinggi:

Tinjauan Sferis dan Realitas

Penentuan waktu ibadah berbasis posisi Matahari berpijak pada satu asumsi fundamental yaitu Matahari menempuh lintasan harian yang melewati titik terbit di ufuk timur, mencapai kulminasi tertinggi di meridian lokal, kemudian terbenam di ufuk barat, lalu turun cukup jauh di bawah horizon sehingga menghasilkan fase-fase senja (twilight) yang dapat dibedakan secara observasional. Asumsi ini bekerja dengan baik di kawasan tropis dan subtropis, tetapi secara progresif kehilangan validitasnya seiring bertambahnya lintang geografis.⁹²

Akar persoalannya terletak pada hubungan geometris antara dua parameter astronomi posisional yaitu deklinasi Matahari (δ) dan lintang pengamat (ϕ). Ketika Matahari mencapai deklinasi ekstrem saat solstis musim panas, yakni sekitar $+23,44^\circ$ untuk belahan Bumi utara, sudut yang dibentuk antara lintasan harian Matahari dan bidang horizon di lokasi berlintang tinggi menjadi semakin landai. Pada titik tertentu, lintasan tersebut tidak lagi memotong horizon sama sekali, atau meskipun memotong, Matahari tidak turun cukup dalam di bawah ufuk untuk menghasilkan kegelapan penuh.⁹³

Berdasarkan perilaku lintasan Matahari terhadap horizon dan fase-fase senja yang dihasilkannya, literatur astronomi posisional mengklasifikasikan permukaan

⁹² Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, 2nd Ed. (Richmond: Willmann-Bell, 1998). hlm. 163-175.

⁹³ MEZIANE, KARIM; GUESSOUM, 'The Determination of Islamic Fasting and Prayer Times at High-Latitude Locations: Historical Review and New Astronomical Solutions.'

Bumi ke dalam tiga zona lintang yang relevan secara observasional. Zona normal mencakup wilayah antara 0° hingga sekitar $48,56^\circ$ LU/LS, di mana seluruh fase senja astronomi, sipil, dan nautikal berlangsung secara teratur sepanjang tahun, Matahari selalu turun di bawah -18° sehingga malam astronomis (kegelapan penuh) terjadi setiap hari.⁹⁴ Zona abnormal membentang dari sekitar $48,56^\circ$ hingga $66,56^\circ$ LU/LS.



Gambar 1. *White Nights* di St. Petersburg, Rusia.

Pada zona abnormal ini, selama periode di sekitar solstis musim panas, Matahari terbenam tetapi tidak turun melampaui batas depresi tertentu di bawah horizon. Jika ambang batas yang digunakan adalah -18° (standar senja astronomi), maka di atas lintang $48,56^\circ$, terdapat periode ketika senja astronomi tidak pernah berakhir, sehingga fajar dan syafaq menyatu (*persistent twilight* atau *white nights*). Jika ambang batasnya -15° , batas kritis bergeser ke sekitar $51,56^\circ$; dan jika -12° , batas kritis berada di sekitar $54,56^\circ$.⁹⁵ Zona ekstrem meliputi wilayah di atas

⁹⁴ Tarabishy, 'Salat / Fasting Time in Northern Regions'.

⁹⁵ Py4Hi, 'Prayer Times for High Latitudes', n.d.

66,56° LU/LS, yakni di dalam atau melampaui lingkaran Arktik dan Antarktika. Pada zona ini, fenomena *midnight sun* (Matahari tidak terbenam) dan polar night (Matahari tidak terbit) berlangsung selama beberapa hari hingga beberapa bulan, tergantung kedekatan lokasi dengan kutub.⁹⁶

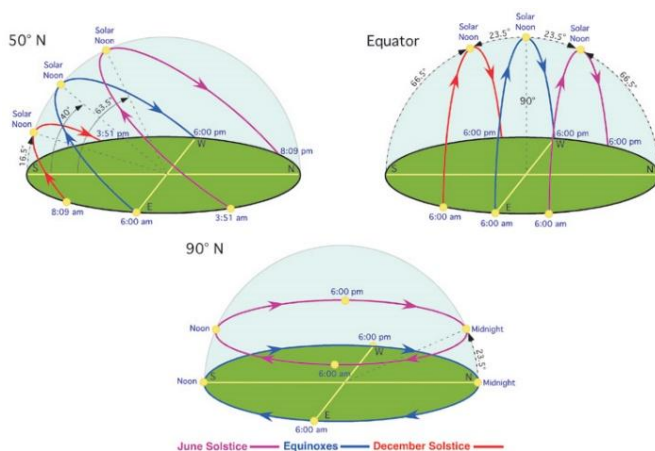


Gambar 2. Midnight Sun di Tromsø, Norwegia

Secara mekanis, anomali ini dapat dijelaskan melalui geometri bola langit (*celestial sphere*). Lintasan harian Matahari berupa lingkaran kecil yang sejajar dengan ekuator langit, dengan jarak sudut dari ekuator sama dengan nilai deklinasi Matahari pada hari itu. Bagi pengamat di lintang ϕ , bidang horizon memotong bola langit dengan inklinasi sebesar $(90^\circ - \phi)$ terhadap ekuator langit. Ketika ϕ semakin besar, bidang horizon semakin miring dan semakin sejajar dengan sumbu rotasi Bumi, sehingga sudut potong antara lintasan harian Matahari

⁹⁶ United States Naval Observatory (USNO), 'Complete Sun and Moon Data for One Day', n.d.

dan horizon menjadi semakin kecil.⁹⁷ Pada saat solstis musim panas ($\delta = +23,44^\circ$), Matahari di lintang $69,65^\circ$ LU (Tromsø) memiliki ketinggian minimum harian sekitar $+3,79^\circ$ di atas horizon utara pada tengah malam lokal, yang berarti Matahari tidak pernah terbenam. Sebaliknya, pada solstis musim dingin ($\delta = -23,44^\circ$), ketinggian maksimum Matahari di Tromsø adalah sekitar $-3,09^\circ$, sehingga piringan Matahari tidak pernah muncul di atas ufuk.⁹⁸



Gambar 3. Jalur semu Matahari pada garis lintang yang berbeda

Data efemerida dari United States Naval Observatory (USNO) dan simulasi portal Time and Date memberikan gambaran kuantitatif yang lebih rinci. Tromsø, Norwegia ($69^\circ 39'$ LU), mengalami midnight sun kontinu selama kurang lebih 69 hari, dari sekitar 20 Mei hingga 26 Juli. Sebaliknya, kota ini mengalami polar night

⁹⁷ Robin M. Green, *Spherical Astronomy* (Cambridge: Cambridge University Press, 1985). hlm. 31

⁹⁸ Saksono, *Evaluasi Awal Waktu Subuh & Isya Perspektif Sains, Teknologi Dan Syariah*. hlm.92-104.

selama sekitar 57 hari, dari 27 November hingga 15 Januari berikutnya, ketika Matahari sama sekali tidak muncul di atas ufuk. Bahkan di luar periode ekstrem tersebut, Tromsø mengalami persistent twilight yang berlangsung sekitar 100 hari tambahan, di mana Matahari terbenam tetapi tidak pernah turun di bawah -18° , sehingga langit tidak pernah mencapai kegelapan astronomis penuh.⁹⁹

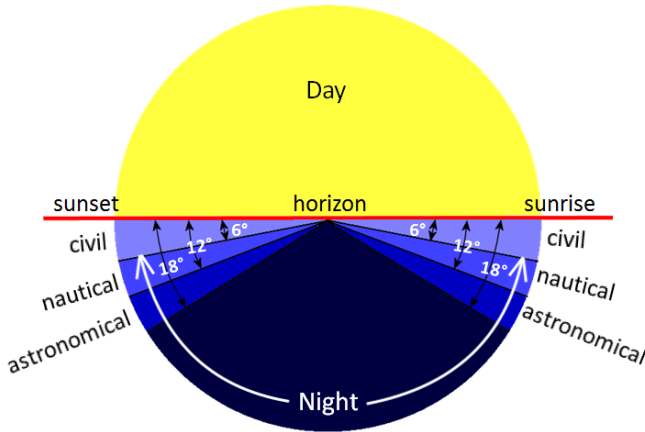
Reykjavik, Islandia ($64^\circ 08' \text{ LU}$), meskipun secara teknis berada sedikit di bawah lingkaran Arktik, mengalami pola serupa dengan intensitas yang lebih moderat. Pada puncak musim panas, durasi siang mencapai sekitar 21 jam 5 menit, dan Matahari hanya turun hingga sekitar -5° di bawah horizon pada tengah malam, sehingga persistent twilight berlangsung selama kurang lebih 90 hari (pertengahan Mei hingga pertengahan Agustus). Malam astronomis tidak terjadi selama hampir empat bulan berturut-turut.¹⁰⁰

Persoalan kritis selanjutnya berkaitan dengan sudut depresi Matahari (solar depression angle) yang menjadi parameter utama penentuan waktu fajar dan senja. Konvensi astronomi membedakan tiga jenis senja berdasarkan posisi pusat piringan Matahari di bawah horizon: senja sipil berakhir ketika Matahari mencapai -6° , senja nautikal berakhir pada -12° , dan senja astronomi berakhir pada -18° . Organisasi-organisasi penentu waktu ibadah menggunakan variasi sudut ini untuk mendefinisikan awal Subuh dan akhir Isya. Islamic Society of North America (ISNA) menggunakan -15° untuk kedua waktu tersebut; Muslim World League

⁹⁹ Time and Date AS, 'Sunrise and Sunset Times in Tromsø'.

¹⁰⁰ MEZIANE, KARIM; GUESSOUM, 'The Determination of Islamic Fasting and Prayer Times at High-Latitude Locations: Historical Review and New Astronomical Solutions.' hlm. 102-105.

(MWL) menggunakan -18° untuk Subuh dan -17° untuk Isya; sedangkan Umm al-Qura (Arab Saudi) menggunakan $-18,5^\circ$ untuk Subuh dan interval 90 menit setelah Maghrib untuk Isya.¹⁰¹



Gambar 4. Diagram fase-fase senja (*twilight*) berdasarkan sudut depresi Matahari di bawah horizon.

Perbedaan parameter sudut depresi ini menghasilkan konsekuensi yang sangat berbeda di kawasan lintang tinggi. Semakin besar nilai absolut sudut depresi yang dipersyaratkan, semakin lebar zona geografis yang mengalami anomali. Dengan standar MWL (-18°), seluruh wilayah di atas lintang $48,56^\circ$ LU akan kehilangan penanda waktu Isya dan Subuh selama sebagian musim panas. Standar ISNA (-15°) menggeser batas kritis ke $51,56^\circ$ LU, sehingga kota seperti London ($51,5^\circ$ LU) berada

¹⁰¹ Fiqh Council of North America, 'Fifteen or Eighteen Degrees: Calculating Prayer & Fasting Times in Islam - Fiqh Council of North America', n.d.

tepat di garis batas anomali.¹⁰² Formula ketinggian Matahari minimum harian (h_{min}) memberikan kerangka kuantitatif yang jelas: $h_{min} = (90^\circ - \varphi) - (90^\circ - \delta) = \delta - \varphi + 180^\circ$ (untuk transit bawah) atau secara lebih sederhana untuk evaluasi apakah Matahari melewati suatu ambang depresi tertentu: Matahari tidak akan mencapai depresi α di bawah horizon jika $|\delta + \varphi| > 90^\circ + \alpha$. Dengan demikian, untuk ambang -18° , anomali terjadi jika $\delta + \varphi > 108^\circ$, yang pada $\delta = 23,44^\circ$ menghasilkan batas kritis $\varphi = 84,56^\circ$... tetapi perhitungan ini berlaku untuk titik di mana Matahari sama sekali tidak turun di bawah -18° . Anomali persisten sudah dimulai jauh lebih awal, yakni ketika $90^\circ - \varphi + \delta < |\alpha|$, yang menghasilkan batas $\varphi > 90^\circ - \delta - |\alpha| = 90^\circ - 23,44^\circ - 18^\circ = 48,56^\circ$.¹⁰³

Realitas astronomis ini memperlihatkan bahwa persoalan lintang tinggi bukan sekadar masalah kalender atau jadwal, melainkan masalah kosmis yang bersifat struktural. Tanda-tanda alam yang dijadikan patokan penentuan waktu ibadah secara literal tidak ada pada periode-periode tertentu. Matahari yang tidak terbenam menghilangkan Maghrib; langit yang tidak pernah gelap menghapus batas Isya dan Subuh; sementara Matahari yang tidak terbit menegasikan Syuruq dan mempersoalkan Zuhur. Kondisi ini bukan anomali musiman yang ringan, melainkan realitas kosmis yang menantang asumsi geografis paling mendasar dari seluruh sistem penentuan waktu ibadah.

¹⁰² Mohammad Ilyas, *A Modern Guide to Astronomical Calculations of Islamic Calendar, Times and Qibla* (Kuala Lumpur: Berita Publishing, 1984). hlm. 118-122.

¹⁰³ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, 1st ed. (Virginia: Willmann-Bell, Incorporated, 1991). hlm. 101-105.

Data dari Tromsø dan Reykjavik menunjukkan bahwa anomali tersebut berlangsung kontinu selama berminggu-minggu hingga berbulan-bulan, menjadikan solusi ad hoc yang bersifat harian tidak memadai.¹⁰⁴ Setiap pendekatan penentuan waktu yang hendak diterapkan di kawasan ini harus terlebih dahulu mengakui bahwa parameter astronomi standar, khususnya sudut depresi -12° , -15° , dan -18° , memiliki batas keberlakuan geografis yang tegas. Melampaui batas tersebut, diperlukan kerangka kalkulasi alternatif yang tidak lagi bergantung pada tercapainya sudut depresi spesifik, melainkan pada metode estimasi yang mampu menjembatani kesenjangan antara model astronomis dan realitas observasional di lapangan.¹⁰⁵

¹⁰⁴ Time and Date AS, 'Sunrise and Sunset Times in Reykjavik', n.d.

¹⁰⁵ King, *Astronomy in the Service of Islam*. hlm. 51-63.

2. Kebuntuan Tanda Alam dan Relevansi Literatur Falak Klasik

Konstruksi fikih ibadah terkait waktu bertumpu pada satu premis epistemologis yang bersifat aksiomatik yaitu tanda-tanda alam (al-'alamat al-tabi'iyah) berupa posisi dan cahaya Matahari hadir secara konstan dan dapat diamati setiap hari oleh setiap mukallaf di mana pun ia berada. Al-Qur'an menetapkan penanda-penanda tersebut secara eksplisit, sebagaimana firman-Nya:

أَقِمِ الصَّلَاةَ لِذُلُوكِ الشَّمْسِ إِلَى غَسَقِ اللَّيْلِ وَقُرْءَانَ الْفَجْرِ إِنَّ قُرْءَانَ الْفَجْرِ
كَانَ مَشْهُودًا

Dirikanlah salat sejak Matahari tergelincir sampai gelapnya malam dan (laksanakan pula salat) Subuh. Sesungguhnya salat Subuh itu disaksikan (oleh malaikat). (QS. al-Isra' [17]: 78)¹⁰⁶

Demikian pula Allah berfirman:

وَأَقِمِ الصَّلَاةَ طَرَفِي النَّهَارِ وَرُفَا مِنَ اللَّيْلِ إِنَّ الْحَسَنَاتِ يُذْهِبْنَ
السَّيِّئَاتِ ذَلِكَ ذِكْرَى لِلذَّكْرَيْنِ

Dirikanlah salat pada kedua ujung hari (pagi dan petang) dan pada bagian-bagian malam. Sesungguhnya perbuatan-perbuatan baik menghapus kesalahan-kesalahan. Itu adalah peringatan bagi orang-orang yang selalu mengingat (Allah). (QS. Hud [11]: 114).¹⁰⁷

¹⁰⁶ Al-Qur'an, 'Qur'an Kemenag'.

¹⁰⁷ Al-Qur'an, 'Qur'an Kemenag'.

Hadis riwayat al-Bukhari dari Abu Barzah al-Aslami merinci waktu-waktu tersebut secara observasional, bahwa Nabi SAW melaksanakan salat Zuhur saat Matahari tergelincir dan salat Subuh saat seseorang sudah dapat mengenali orang di sampingnya karena cahaya fajar.

حَدَّثَنَا حَفْصُ بْنُ عُمَرَ، قَالَ حَدَّثَنَا شُعْبَةُ، عَنْ أَبِي الْمِنْهَالِ، عَنْ أَبِي بَرَزَةَ، كَانَ النَّبِيُّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ يُصَلِّي الصُّبْحَ وَأَحَدُنَا يَعْرِفُ جَلِيسَهُ، وَيَقْرَأُ فِيهَا مَا بَيْنَ السَّيِّئِينَ إِلَى الْمَاءَةِ، وَيُصَلِّي الظُّهْرَ إِذَا زَالَتِ الشَّمْسُ، وَالْعَصْرَ وَأَحَدُنَا يَذْهَبُ إِلَى أَقْصَى الْمَدِينَةِ ثُمَّ يَرْجِعُ وَالشَّمْسُ حَيَّةٌ، وَنَسِيتُ مَا قَالَ فِي الْمَغْرِبِ، وَلَا يُبَالِي بِتَأْخِيرِ الْعِشَاءِ إِلَى ثُلُثِ اللَّيْلِ. ثُمَّ قَالَ إِلَى شَطْرِ اللَّيْلِ. وَقَالَ مُعَاذٌ قَالَ شُعْبَةُ ثُمَّ لَفِيتُهُ مَرَّةً فَقَالَ أَوْ ثُلُثِ اللَّيْلِ.

Diriwayatkan oleh Abu Al-Minhal: Abu Barzah berkata, Nabi ﷺ biasa mengerjakan salat Subuh ketika orang dapat mengenali orang yang duduk di sebelahnya (setelah salat) dan beliau biasa membaca antara 60 sampai 100 ayat Al-Qur'an. Beliau biasa mengerjakan salat Zuhur segera setelah Matahari terbenam (tengah hari) dan salat Asar pada waktu ketika seseorang mungkin pergi dan kembali dari tempat terjauh di Madinah dan mendapati Matahari masih terik. (Perawi tambahan lupa apa yang dikatakan tentang salat Maghrib). Beliau tidak keberatan menunda salat Isya hingga sepertiga malam atau tengah malam. (HR. Bukhari).¹⁰⁸

¹⁰⁸ Abu 'Abdillah Muhammad ibn Isma'il al-Bukhari, *Shahih Al-Bukhari, Kitab Mawaqit Al-Shalah, Bab Waqt Al-Zuhr* 'inda Al-Zawal, Hadis No. 541, Ed. Muhammad Zuhayr Ibn Nashir Al-Nashir (Beirut: Dar Tawq al-Najah, n.d.). juz 1, hlm. 113.

Hadis-Hadis lain merinci tanda-tanda tersebut untuk setiap waktu salat yaitu bayangan sepanjang benda untuk Asar, terbenamnya piringan Matahari untuk Maghrib, hilangnya mega merah (*al-shafaq al-ahmar*) untuk Isya, serta munculnya cahaya fajar yang membentang di ufuk timur (*al-fajr al-shadiq*) untuk Subuh.¹⁰⁹ Ibn Rushd al-Hafid menegaskan bahwa tanda-tanda alam ini berfungsi sebagai sabab shar'i (sebab hukum syar'i) yang kehadirannya menjadi syarat masuknya waktu ibadah, bukan sekadar indikator opsional.¹¹⁰

Persoalannya, seluruh tanda alam tersebut mengandaikan siklus diurnal yang teratur dengan pergantian siang dan malam yang jelas. Ketika siklus tersebut terganggu atau lenyap sama sekali di kawasan lintang tinggi, maka sabab shar'i itu sendiri yang absen, bukan sekadar tertunda atau samar. Wahbah al-Zuhayli menggarisbawahi bahwa ketiadaan sabab secara prinsipil menggugurkan kewajiban yang bergantung padanya; namun ijma' ulama menolak kesimpulan bahwa Muslim di lintang tinggi dibebaskan dari kewajiban salat dan puasa.¹¹¹ Kesenjangan inilah yang menciptakan kebuntuan konseptual yaitu di satu sisi, teks-teks normatif mengikat kewajiban ibadah pada tanda alam yang secara objektif tidak ada; di sisi lain, prinsip universalitas taklif mengharuskan setiap mukallaf tetap menunaikan

¹⁰⁹ Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, *Waktu Shalat Menurut Sejarah, Fikih Dan Astronomi* (Malang: Madani, 2017). hlm. 35-60.

¹¹⁰ Abu al-Walid Muhammad ibn Ahmad ibn Rushd (al-Hafid), *Bidayat Al-Mujtahid Wa Nihayat Al-Muqtashid*, Ed. Muhammad Subhi Hasan Hallaq (Kairo: Maktabat Ibn Taymiyyah, 1995). juz 1, hlm. 130-135.

¹¹¹ Wahbah Al-Zuhayli, *Al-Fiqh Al-Islami Wa Adillatuh*, Cet. Ke-4 (Damaskus: Dar al-Fikr, 1997). hlm. 110-118

ibadah terlepas dari lokasi geografisnya. Akbari dan Mousavi menyebut kondisi ini sebagai “a structural aporia in classical fiqh,” yakni kebuntuan struktural yang tidak dapat diselesaikan hanya dengan merujuk pada teks-teks fikih tradisional tanpa intervensi ijtihad baru.¹¹²

Sesungguhnya, tradisi fikih tidak sepenuhnya buta terhadap kemungkinan ini. Al-Ramli (w. 1004 H) menyinggung kondisi kawasan yang siang atau malamnya sangat panjang melalui kitab *Nihayat al-Muhtaj*, lalu menegaskan bahwa penduduknya tetap wajib salat dengan cara taqdir (memperkirakan waktu).¹¹³ Meski demikian, elaborasi teknis tentang bagaimana taqdir tersebut dioperasionalkan nyaris tidak ditemukan secara memadai, karena para fukaha klasik menulis dari perspektif geografis Timur Tengah dan Afrika Utara yang berada di zona lintang normal. Wahidi dan Jayusman menunjukkan bahwa referensi-referensi fikih klasik tentang lintang ekstrem bersifat hipotetis dan fragmentaris, tidak pernah diuji terhadap realitas empiris, sebab komunitas Muslim belum eksis secara signifikan di kawasan tersebut pada masa kodifikasi fikih.¹¹⁴

Kebuntuan ini semakin akut ketika dihadapkan pada persoalan puasa Ramadan. Jika penentuan waktu imsak dan berbuka mengikuti tanda alam lokal secara literal, Muslim di Tromsø harus berpuasa 24 jam nonstop

¹¹² Assembly of Muslim Jurists of America (AMJA), ‘Polar Prayer Times & Fasting | AMJA Online’, Amjaonline.Org, 2008, p. 1 <<https://www.amjaonline.org/fatwa/en/21730/polar-prayer-times-fasting>>.

¹¹³ Shams al-Din Muhammad ibn Abi al-’Abbas Al-Ramli, *Nihayat Al-Muhtaj Ila Sharh Al-Minhaj* (Beirut: Dar al-Fikr, 1984). juz 1, hlm. 370–375.

¹¹⁴ Ahmad, ‘Ilmu Falak Praktis’. hlm. 90-12.

selama *midnight sun*, atau bahkan tidak berpuasa sama sekali selama *polar night* karena Matahari tidak pernah terbit. Pada kondisi yang lebih moderat, kota-kota seperti Stockholm (59° LU) dan Helsinki (60° LU) mencatat durasi puasa mencapai 21 hingga 22 jam pada bulan Juni, menyisakan hanya 2 hingga 3 jam untuk makan dan minum.¹¹⁵ Situasi ini secara langsung mengaktifkan dua prinsip ushul fikih yang fundamental. *Pertama*, prinsip *masyaqqah tajlib al-taysir* (kesulitan mendatangkan kemudahan), yang merupakan salah satu dari lima kaidah fikih universal (*al-qawa'id al-fiqhiyyah al-kubra*).

Al-Shatibi menegaskan bahwa syariat tidak dimaksudkan untuk membebani mukallaf melampaui batas kemampuan wajarnya, dan bahwa setiap kesulitan yang melampaui standar normal (*masyaqqah ghayr mu'tadah*) meniscayakan adanya keringanan.¹¹⁶ *Kedua*, prinsip *istita'ah* (kemampuan) sebagaimana tercermin dari firman Allah:

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا لَهَا مَا كَسَبَتْ وَعَلَيْهَا مَا اكْتَسَبَتْ رَبَّنَا لَا تُؤَاخِذْنَا إِنْ نَسِينَا أَوْ أَخْطَأْنَا رَبَّنَا وَلَا تَحْمِلْ عَلَيْنَا إصْرًا كَمَا حَمَلْتَهُ عَلَى الَّذِينَ مِنْ قَبْلِنَا رَبَّنَا وَلَا تُحَمِّلْنَا مَا لَا طَاقَةَ لَنَا بِهِ وَاعْفُ عَنَّا وَاعْفِرْ لَنَا وَارْحَمْنَا أَنْتَ مَوْلَانَا فَانصُرْنَا عَلَى الْقَوْمِ الْكَافِرِينَ

Allah tidak membebani seseorang, kecuali menurut kesanggupannya. Baginya ada sesuatu (pahala) dari (kebaikan) yang diusahakannya dan terhadapnya ada

¹¹⁵ Fiqh Council of North America, 'Should Muslims in the North Fast 23 Hours a Day? - Fiqh Council of North America', 2021 <<https://fiqh council.org/should-muslims-in-the-north-fast-23-hours-a-day/>>.

¹¹⁶ Abu Ishaq Ibrahim ibn Musa Al-Shatibi, *Al-Muwafaqat Fi Usul Al-Shari'ah*, Ed. Abu 'Ubaydah Mashhur Ibn Hasan Al Salman (al-Khobar: Dar Ibn 'Affan, 1997). juz 2, hlm. 285-300.

(pula) sesuatu (siksa) atas (kejahatan) yang diperbuatnya. (Mereka berdoa,) “Wahai Tuhan kami, janganlah Engkau hukum kami jika kami lupa atau kami salah. Wahai Tuhan kami, janganlah Engkau bebani kami dengan beban yang berat sebagaimana Engkau bebani kepada orang-orang sebelum kami. Wahai Tuhan kami, janganlah Engkau pikulkan kepada kami apa yang tidak sanggup kami memikulnya. Maafkanlah kami, ampunilah kami, dan rahmatilah kami. Engkaulah pelindung kami. Maka, tolonglah kami dalam menghadapi kaum kafir.” (QS. al-Baqarah [2]: 286).¹¹⁷

Ayat ini diperkuat oleh ketentuan puasa itu sendiri dalam QS. al-Baqarah [2]: 185:

ءَامَنَ الرَّسُولُ بِمَا أُنزِلَ إِلَيْهِ مِنْ رَبِّهِ وَالْمُؤْمِنُونَ كُلٌّ ءَامَنَ بِاللّٰهِ وَمَلَائِكَتِهِ
وَكُتُبِهِ وَرُسُلِهِ لَا نُفَرِّقُ بَيْنَ أَحَدٍ مِّن رُّسُلِهِ وَقَالُوا سَمِعْنَا وَأَطَعْنَا
غُفْرَانَكَ رَبَّنَا وَإِلَيْكَ الْمَصِيرُ

Rasul (Muhammad) beriman pada apa (Al-Qur'an) yang diturunkan kepadanya dari Tuhannya, demikian pula orang-orang mukmin. Masing-masing beriman kepada Allah, malaikat-malaikat-Nya, kitab kitab-Nya, dan rasul-rasul-Nya. (Mereka berkata,) “Kami tidak membedakan seorang pun dari rasul-rasul-Nya.” Mereka juga berkata, “Kami dengar dan kami taat. Ampunilah kami, wahai Tuhan kami. Hanya kepada-Mu tempat (kami) kembali.” QS. al-Baqarah [2]: 185¹¹⁸

Puasa selama 21 jam atau lebih secara medis berpotensi menimbulkan dehidrasi berat, hipoglikemia, dan gangguan kognitif, sehingga melampaui batas istita'ah yang menjadi syarat keabsahan taklif menurut mayoritas

¹¹⁷ Al-Qur'an, 'Qur'an Kemenag'.

¹¹⁸ Al-Qur'an, 'Qur'an Kemenag'.

usuliyyin.¹¹⁹ Perlu ditegaskan bahwa masyaqqah yang dimaksud di sini bukan bersifat individual dan temporer sebagaimana keringanan bagi musafir atau orang sakit, melainkan bersifat kolektif dan struktural: seluruh komunitas Muslim di kawasan tersebut mengalaminya secara bersamaan dan berulang setiap tahun. Safiai dan Nawawi berargumen bahwa karakter kolektif dari kesulitan ini menjadikannya bukan sekadar kasus rukhsah individual, melainkan menuntut solusi institusional berupa penetapan jadwal alternatif yang berlaku bagi seluruh komunitas.¹²⁰ Fakhr al-Din al-Razi, ketika menafsirkan ayat-ayat tentang puasa, mengemukakan bahwa hikmah pembatasan ibadah pada waktu tertentu adalah untuk menjaga keseimbangan antara dimensi spiritual dan kebutuhan jasmaniah manusia; ketika keseimbangan tersebut secara struktural tidak dapat dicapai, maka mekanisme penyesuaian menjadi keniscayaan syar’iyyah.¹²¹

Menariknya, meskipun komunitas Muslim historis tidak bermukim di lintang tinggi, tradisi astronomi Islam (‘ilm al-falak) telah mengantisipasi problematika lintang ekstrem secara teoretis jauh sebelum diaspora modern berlangsung. Abu Ishaq Ibrahim ibn Yahya al-Naqqash al-Zarqali (Arzachel, w. 1087 M), astronom terkemuka dari Toledo (39° LU), merupakan figur sentral yang

¹¹⁹ Yusuf Al-Qaradawi, *Fi Fiqh Al-Aqalliyyat Al-Muslimah: Hayat Al-Muslimin Wasat Al-Mujtama’at Al-Ukhra* (Kairo: Dar al-Shuruq, 2001). hlm. 112–125.

¹²⁰ Taha Jabir Al-’Alwani, *Towards a Fiqh for Minorities: Some Basic Reflections*, Ed. S. Khan Dan D. A. A. Shaikh-Ali (Herndon, VA: International Institute of Islamic Thought, 2003).

¹²¹ Fakhr al-Din Abu ’Abdillah Muhammad ibn ’Umar Al-Razi, *Al-Tafsir Al-Kabir (Mafatih Al-Ghayb)*, Cet. Ke-3 (Beirut: Dar Ihya’ al-Turath al-’Arabi, n.d.).

kontribusinya melampaui batas lintang tempat tinggalnya. Al-Zarqali mengembangkan al-safiha al-zarqaliyyah (astrolabe universal), sebuah instrumen yang secara revolusioner mampu menghitung posisi benda langit untuk seluruh lintang tanpa memerlukan pelat (tympa) terpisah bagi setiap lokasi, sebagaimana lazimnya astrolabe konvensional.¹²² Instrumen ini menggunakan proyeksi stereografis yang dimodifikasi sehingga dapat menampilkan konfigurasi langit di lintang berapapun, termasuk lintang di atas lingkaran Arktik. Secara implisit, hal ini berarti al-Zarqali telah memodelkan kondisi di mana Matahari tidak terbenam atau tidak terbit, karena instrumennya mampu menunjukkan posisi Matahari pada lintasan harian yang tidak memotong horizon.¹²³

Signifikansi karya al-Zarqali terletak bukan hanya pada kecanggihan teknis instrumennya, melainkan pada visi kosmologis yang mendasarinya: bahwa hukum-hukum pergerakan benda langit bersifat universal dan berlaku di seluruh permukaan Bumi, termasuk di kawasan yang belum pernah dijangkau oleh peradaban Islam. Calvo, yang meneliti manuskrip asli risalah al-safiha, menunjukkan bahwa al-Zarqali secara eksplisit membahas kalkulasi untuk lintang ekstrem sebagai bukti keuniversalan instrumennya, meskipun ia sendiri tidak pernah mengunjungi kawasan tersebut.¹²⁴ King mencatat bahwa tradisi pembuatan tabel waktu salat (jadawil al-mawaqit) di dunia Islam abad pertengahan telah

¹²² King, *Astronomy in the Service of Islam*.

¹²³ Brummelen, *The Mathematics of the Heavens and the Earth: The Early History of Trigonometry*. hlm. 215-232.

¹²⁴ David A. King, *In Synchrony with the Heavens. Studies in Astronomical Timekeeping and Instrumentation in Medieval Islamic Civilization*, 2nd ed. (Leiden: Brill, 2005), doi:doi.org/10.4000/abstractairanica.30882. vol. 1, 235-258

berkembang sangat sofistik; beberapa tabel tersebut secara teoretis dapat diinterpolasi untuk lintang tinggi, meski penggunaannya secara praktis terbatas pada zona lintang menengah.¹²⁵

Tradisi keilmuan ini tidak berdiri sendiri. Schmidl mendokumentasikan bahwa berbagai instrumen astronomi Islam, mulai dari astrolabe hingga rubu' al-mujayyab (kuadran sinus), dirancang dengan kerangka matematika yang secara inheren mampu menangani lintang berapapun, karena berpijak pada trigonometri sferis yang tidak memiliki batas lintang intrinsik.¹²⁶ Guessoum dan Odeh lebih lanjut berargumen bahwa tradisi komputasi astronomis Islam, yang mencapai puncaknya pada abad ke-10 hingga ke-13 M, telah menyediakan seluruh aparatus matematis yang diperlukan untuk menyelesaikan problematika lintang tinggi; yang absen hanyalah kebutuhan praktis untuk mengaplikasikannya.¹²⁷

Temuan ini memiliki implikasi penting yaitu solusi kontemporer terhadap problematika lintang tinggi bukan merupakan inovasi yang terputus dari tradisi, melainkan kelanjutan logis dari kerangka intelektual yang telah diletakkan oleh para astronom Muslim klasik. Al-'Alwani menegaskan bahwa ijtihad kontemporer bagi minoritas Muslim di kawasan non-tradisional seharusnya tidak

¹²⁵ King, *In Synchrony with the Heavens. Studies in Astronomical Timekeeping and Instrumentation in Medieval Islamic Civilization*. vol. 1, 345–380.

¹²⁶ Brummelen, *The Mathematics of the Heavens and the Earth: The Early History of Trigonometry*. hlm. 175-200.

¹²⁷ MEZIANE, KARIM; GUESSOUM, 'The Determination of Islamic Fasting and Prayer Times at High-Latitude Locations: Historical Review and New Astronomical Solutions.' hlm. 106-110.

diperlakukan sebagai penyimpangan, melainkan sebagai aktualisasi potensi yang sudah inheren di dalam tradisi keilmuan Islam itu sendiri.¹²⁸

3. Ijtihad Kontemporer: Komparasi dan Resolusi Metode Taqdir

Kebuntuan konseptual yang telah diuraikan sebelumnya mendorong para ulama dan lembaga fatwa kontemporer untuk merumuskan metode-metode alternatif penentuan waktu ibadah yang tidak lagi bergantung sepenuhnya pada observasi tanda alam lokal. Secara garis besar, empat pendekatan utama telah berkembang dan menjadi rujukan komunitas Muslim di kawasan lintang tinggi: (1) metode Aqrab al-Ayyam, (2) metode Aqrab al-Bilad, (3) metode Waktu Makkah al-Mukarramah, dan (4) metode Pembagian Proporsional atau Nisbi.¹²⁹ Keempat metode ini merupakan operasionalisasi dari prinsip taqdir yang bersumber pada Hadis tentang Dajjal, namun masing-masing mengambil titik rujukan (marja') yang berbeda, sehingga menghasilkan jadwal ibadah yang juga berbeda secara signifikan.¹³⁰

Metode Aqrab al-Ayyam (hari terdekat) menetapkan bahwa ketika tanda alam menghilang pada suatu hari, jadwal waktu ibadah diambil dari hari terakhir di mana seluruh tanda alam masih hadir secara lengkap di lokasi yang sama. Sebagai contoh, jika kota Tromsø

¹²⁸ Al-'Alwani, *Towards a Fiqh for Minorities: Some Basic Reflections*, Ed. S. Khan Dan D. A. A. Shaikh-Ali. hlm. 12-22.

¹²⁹ Butar-Butar, *Waktu Shalat Menurut Sejarah, Fikih Dan Astronomi*. hlm. 98-115.

¹³⁰ MEZIANE, KARIM; GUESSOUM, 'The Determination of Islamic Fasting and Prayer Times at High-Latitude Locations: Historical Review and New Astronomical Solutions.' hlm. 98-102.

kehilangan senja astronomi (-18°) mulai tanggal 15 Mei, maka waktu Isya dan Subuh sepanjang periode anomali mengikuti jadwal tanggal 14 Mei. Kelebihan metode ini terletak pada konsistensi geografisnya yaitu jadwal tetap merujuk pada koordinat lokal yang sama, sehingga waktu-waktu lain seperti Zuhur, Asar, dan Maghrib yang masih dapat ditentukan secara astronomis tidak terganggu.¹³¹ Kelemahan utamanya adalah pembekuan waktu: jadwal Isya dan Subuh tidak berubah selama berminggu-minggu atau berbulan-bulan, sehingga tidak mencerminkan dinamika pergerakan Matahari yang sesungguhnya. Pada kasus Tromsø, jadwal tanggal 14 Mei digunakan selama kurang lebih empat bulan hingga pertengahan September, menciptakan kejanggalan di mana waktu Isya pada bulan Juli sama dengan waktu Isya pada bulan Mei.¹³²

Metode *Aqrab al-Bilad* (kota/negeri terdekat) mengambil pendekatan spasial: jadwal waktu ibadah dirujuk pada kota terdekat yang masih memiliki seluruh tanda alam normal. Majma' al-Fiqh al-Islami al-Duwali (Akademi Fikih Islam Internasional) di bawah Organisasi Kerja Sama Islam (OKI) mengadopsi metode ini melalui Keputusan No. 108 (3/12) pada sidang ke-12 di Riyadh tahun 2000 M.¹³³ Metode ini memiliki keunggulan berupa dinamika temporal: karena merujuk pada kota yang masih mengalami perubahan musiman, jadwal turut bergeser secara bertahap seiring pergantian musim, sehingga lebih merepresentasikan ritme kosmis. Namun, penentuan “kota terdekat” itu sendiri problematik.

¹³¹ Ahmad, 'Ilmu Falak Praktis'. hlm. 115-128.

¹³² Butar-Butar, *Waktu Shalat Menurut Sejarah, Fikih Dan Astronomi*. 115-128.

¹³³ Majma' al-Fiqh al-Islami al-Duwali (International Islamic Fiqh Academy), *Qarar Bi-Sha'n Mawaqit Al-Shalah Wa Al-Shiyam Fi Al-Buldan Dhat Al-'Urudh Al-'Aliyah*, , Keputusan No. 108 (3/12) (Riyadh, n.d.).

Budiwati menunjukkan bahwa ambang batas lintang kota rujukan sangat bergantung pada sudut depresi yang digunakan; kota yang “normal” berdasarkan standar -15° (ISNA) bisa jadi masih “abnormal” berdasarkan standar -18° (MWL).¹³⁴ Selain itu, perbedaan bujur antara kota rujukan dan kota asal dapat menghasilkan jadwal yang tidak sinkron dengan realitas cahaya lokal, sehingga Muslim di Tromsø yang merujuk pada Oslo (59° LU) mungkin mendapati jadwal Subuh yang terlalu dini atau Isya yang terlalu lambat dibandingkan kondisi cahaya aktual di lingkungan mereka.¹³⁵

Metode ketiga, yakni *Waktu Makkah al-Mukarramah*, mengusulkan agar seluruh kawasan yang mengalami anomali mengikuti jadwal waktu ibadah Kota Makkah sebagai pusat spiritual Islam. Landasan teologisnya kuat: Makkah adalah kiblat umat Islam dan tempat pertama kali disyariatkannya salat, sehingga menjadikannya rujukan waktu memiliki legitimasi simbolis yang tinggi.¹³⁶ Sebagian pendukung metode ini merujuk pada pendapat yang dinisbatkan kepada Yusuf al-Qaradawi, meskipun beliau sendiri tidak menganut metode ini secara mutlak, melainkan menempatkannya sebagai salah satu opsi yang sah.¹³⁷ Kritik terhadap metode ini sangat substansial. Shaukat dan Hasan menunjukkan bahwa Makkah (21° LU) memiliki perbedaan lintang lebih dari 48° dengan Tromsø, sehingga jadwal waktu Makkah sama sekali tidak merepresentasikan kondisi astronomi

¹³⁴ European Council for Fatwa and Research (ECFR), ‘Praying and Fasting at High Latitudes’.

¹³⁵ Assembly of Muslim Jurists of America (AMJA), ‘Polar Prayer Times & Fasting | AMJA Online’.

¹³⁶ Tarabishy, ‘Salat / Fasting Time in Northern Regions’. hlm.7-10.

¹³⁷ Al-Qaradawi, *Fi Fiqh Al-Aqalliyat Al-Muslimah: Hayat Al-Muslimin Wasat Al-Mujtama’at Al-Ukhra*. hlm. 88-95.

lokal. Pada musim panas, penggunaan waktu Makkah akan menghasilkan durasi puasa sekitar 14–15 jam, yang memang lebih ringan, tetapi sepenuhnya terlepas dari siklus siang-malam aktual di lokasi pengamat.¹³⁸ ECFR secara eksplisit menolak metode ini karena dianggap mengabaikan prinsip korelasi antara ibadah dan tanda alam lokal yang menjadi ruh dari penetapan waktu ibadah itu sendiri.¹³⁹

Metode keempat, Pembagian Proporsional (*al-taqsim al-nisbi*), mengadopsi pendekatan matematis: durasi antara waktu-waktu salat yang masih dapat ditentukan (misalnya Maghrib dan Syuruq) dibagi secara proporsional berdasarkan rasio yang berlaku pada hari-hari normal terakhir. Jika pada hari normal terakhir waktu Isya jatuh pada $\frac{1}{3}$ durasi antara Maghrib dan tengah malam, maka rasio $\frac{1}{3}$ tersebut dipertahankan sepanjang periode anomali. Guessoum dan Odeh menilai metode ini sebagai yang paling elegan secara matematis, karena mempertahankan proporsi relatif antar-waktu salat sekaligus menyesuaikan secara dinamis dengan perubahan durasi siang-malam yang masih berlangsung.¹⁴⁰ Kelemahan metode ini terletak pada kompleksitas komputasinya, yang menyulitkan penerapan oleh masyarakat awam tanpa bantuan perangkat lunak khusus. Selain itu, pada periode midnight sun penuh di mana Maghrib dan Syuruq sendiri tidak ada, metode ini

¹³⁸ Tarabishy, 'Salat / Fasting Time in Northern Regions'. hlm.10-12.

¹³⁹ European Council for Fatwa and Research (ECFR), 'The Nineteenth Ordinary Session of The European Council for Fatwa and Research | European Council For Fatwa And Research', n.d.

¹⁴⁰ MEZIANE, KARIM; GUESSOUM, 'The Determination of Islamic Fasting and Prayer Times at High-Latitude Locations: Historical Review and New Astronomical Solutions.' hlm. 103-108.

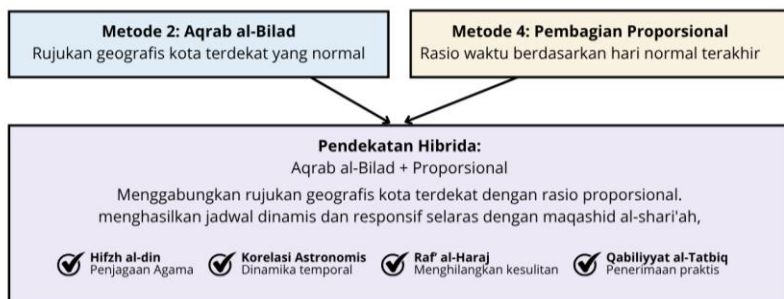
kehilangan seluruh titik rujukannya dan harus dikombinasikan dengan metode lain.¹⁴¹

Dua lembaga fatwa internasional terkemuka telah mengeluarkan resolusi resmi mengenai persoalan ini. Majma' al-Fiqh al-Islami, melalui Keputusan No. 108 (3/12), membedakan dua kategori kawasan: (a) kawasan yang mengalami siang dan malam bergantian meskipun dengan durasi sangat timpang, di mana waktu salat dan puasa tetap mengikuti tanda alam lokal; dan (b) kawasan yang kehilangan sebagian atau seluruh tanda alam, di mana metode Aqrab al-Bilad direkomendasikan sebagai solusi utama.¹⁴² ECFR, melalui resolusi sidang ke-19 di Istanbul (2009), mengambil posisi yang lebih fleksibel: lembaga ini menetapkan bahwa komunitas Muslim setempat, melalui otoritas keagamaan lokal, berhak memilih metode yang paling sesuai dengan kondisi mereka di antara Aqrab al-Ayyam, Aqrab al-Bilad, atau pembagian proporsional, dengan syarat dipilih secara kolektif dan diterapkan secara konsisten guna menghindari perpecahan umat. ECFR secara tegas menolak metode Waktu Makkah dan menekankan bahwa metode apa pun yang dipilih harus tetap mempertahankan korelasi dengan kondisi astronomi lokal sejauh mungkin.¹⁴³

¹⁴¹ Py4Hi, 'Prayer Times for High Latitudes'.

¹⁴² Academy), *Qarar Bi-Sha'n Mawaqit Al-Shalah Wa Al-Shiyam Fi Al-Buldan Dhat Al-'Urudh Al-'Aliyah*, , Keputusan No. 108 (3/12).

¹⁴³ (ECFR), 'The Nineteenth Ordinary Session of The European Council for Fatwa and Research | European Council For Fatwa And Research'.



Gambar 5. Rekomendasi Pendekatan Hibrida: Sintesis Metode Aqrab al-Bilad dan Pembagian Proporsional

Berdasarkan analisis komparatif terhadap keempat metode dan resolusi kedua lembaga fatwa tersebut, artikel ini berargumen bahwa pendekatan hibrida yang mengombinasikan Aqrab al-Bilad dengan elemen proporsionalitas (nisbi) merupakan resolusi yang paling selaras dengan *maqashid al-shari'ah* bagi minoritas Muslim di lintang tinggi. Argumentasinya bertumpu pada tiga pilar. Pertama, *Aqrab al-Bilad* memenuhi prinsip *hifzh al-din* (penjagaan agama) dengan memastikan seluruh waktu salat tetap terlaksana, sekaligus mempertahankan korelasi dengan zona geografis terdekat yang masih memiliki tanda alam. Kedua, integrasi elemen proporsional menjaga dinamika temporal, sehingga jadwal tidak membeku pada satu titik waktu tetapi bergerak secara gradual mengikuti perubahan musiman, sebuah aspek yang absen pada metode *Aqrab al-Ayyam* murni.¹⁴⁴ Ketiga, pendekatan ini secara operasional mengakomodasi

¹⁴⁴ Muh Rasywan Syarif and Sakirman, 'Reconstructing Ijtihad in Unifications the Islamic Calendar: Jasser Auda's Maqashid Al-Shari'ah Approach', *AL - AFAQ : Jurnal Ilmu Falak Dan Astronomi*, 7.1 (2025), pp. 84–103, doi:10.20414/afaq.v7i1.13229. hlm. 200–215.

prinsip *raf' al-haraj* (menghilangkan kesulitan) sebagaimana ditegaskan Allah SWT:

وَجَاهِدُوا فِي اللَّهِ حَقَّ جِهَادِهِ هُوَ اجْتَبَاكُمْ وَمَا جَعَلَ عَلَيْكُمْ فِي الدِّينِ مِنْ حَرَجٍ مِّلَّةَ أَبِيكُمْ
إِبْرَاهِيمَ هُوَ سَمَّاكُمُ الْمُسْلِمِينَ مِنْ قَبْلُ وَفِي هَذَا لِيَكُونَ الرَّسُولُ شَهِيدًا عَلَيْكُمْ
وَتَكُونُوا شُهَدَاءَ عَلَى النَّاسِ فَأَقِيمُوا الصَّلَاةَ وَآتُوا الزَّكَاةَ وَاعْتَصِمُوا بِاللَّهِ هُوَ
مَوْلَاكُمْ فَنِعْمَ الْمَوْلَى وَنِعْمَ النَّصِيرُ

Berjuanglah kamu pada (jalan) Allah dengan sebenar-benarnya. Dia telah memilih kamu dan tidak menjadikan kesulitan untukmu dalam agama. (Ikutilah) agama nenek moyangmu, yaitu Ibrahim. Dia (Allah) telah menamakan kamu orang-orang muslim sejak dahulu dan (begitu pula) dalam (kitab) ini (Al-Qur'an) agar Rasul (Nabi Muhammad) menjadi saksi atas dirimu dan agar kamu semua menjadi saksi atas segenap manusia. Maka, tegakkanlah salat, tunaikanlah zakat, dan berpegang teguhlah pada (ajaran) Allah. Dia adalah pelindungmu. Dia adalah sebaik-baik pelindung dan sebaik-baik penolong. (QS. al-Hajj [22]: 78)¹⁴⁵

Karena menghasilkan jadwal puasa yang tidak melampaui batas istita'ah, berbeda dengan penerapan literal tanda alam lokal yang dapat memaksa puasa 21 jam atau lebih. Al-'Alwani menekankan bahwa fikih minoritas (fiqh al-aqalliyyat) menghendaki ijtihad yang berpijak pada maqashid ketimbang berhenti pada zahir nash, terutama ketika zahir tersebut menghasilkan konsekuensi yang bertentangan dengan tujuan syariat itu sendiri.¹⁴⁶ 'Abd al-Karim Zaydan menegaskan bahwa taqdir bukan berarti membuang tanda alam, melainkan

¹⁴⁵ Al-Qur'an, 'Qur'an Kemenag'.

¹⁴⁶ Al-'Alwani, *Towards a Fiqh for Minorities: Some Basic Reflections*, Ed. S. Khan Dan D. A. A. Shaikh-Ali. hlm.55-72.

menganalogikannya ke kondisi terdekat yang masih memiliki tanda tersebut.¹⁴⁷

Pendekatan hibrida Aqrab al-Bilad-proporsional menjalankan prinsip ini secara konsisten: ia tetap berpijak pada tanda alam dari kota rujukan terdekat, namun menyesuaikan proporsinya secara matematis agar responsif terhadap perubahan musiman. Safiai dan Nawawi mencatat bahwa beberapa komunitas Muslim di Skandinavia telah mulai mengadopsi pendekatan semacam ini secara mandiri, yang mengindikasikan bahwa model hibrida memiliki penerimaan praktis (*qabiliyyat al-tatbiq*) yang tinggi di lapangan.¹⁴⁸ MUIS Singapura, yang secara geografis berada di ekuator namun memiliki tradisi kuat kajian fikih astronomi, turut merekomendasikan pendekatan serupa bagi warganya yang bermukim di kawasan lintang tinggi, dengan menekankan pentingnya kesatuan jadwal di tingkat komunitas lokal guna menjaga harmoni sosial dan keseragaman ibadah.¹⁴⁹

D. Penutup

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, penelitian ini menyimpulkan tiga hal pokok yang menjawab rumusan masalah. Pertama, anomali astronomis di kawasan lintang di atas 48° LU/LS secara definitif menggugurkan validitas penentuan waktu salat dan puasa berdasarkan parameter derajat Matahari konvensional (−12°, −15°, −18°) selama periode tertentu setiap tahunnya; tanda-tanda alam yang

¹⁴⁷ 'Abd al-Karim Zaydan, *Al-Wajiz Fi Usul Al-Fiqh* (Beirut: Mu'assasat al-Risalah, 1998). hlm.243-250.

¹⁴⁸ Al-Qaradawi, *Fi Fiqh Al-Aqalliyyat Al-Muslimah: Hayat Al-Muslimin Wasat Al-Mujtama'at Al-Ukhra*. hlm. 145-165.

¹⁴⁹ America, 'Fifteen or Eighteen Degrees: Calculating Prayer & Fasting Times in Islam - Fiqh Council of North America'.

menjadi dasar syar'i penentuan waktu ibadah tidak hadir secara literal di kawasan tersebut. Kedua, lembaga-lembaga fatwa kontemporer telah merespons problematika ini melalui operasionalisasi konsep taqdir yang bersumber pada Hadis Dajjal, menghasilkan empat metode utama dengan variasi titik rujukan yang signifikan; Majma' al-Fiqh al-Islami merekomendasikan Aqrab al-Bilad sementara ECFR memberikan fleksibilitas pilihan kepada otoritas lokal. Ketiga, integrasi antara kerangka ushul fikih dan astronomi posisional modern bukan hanya dimungkinkan, melainkan memiliki preseden historis melalui karya-karya ilmuwan Muslim klasik seperti al-Zarqali dan al-Biruni yang telah meletakkan fondasi komputasi untuk lintang ekstrem. Penelitian ini merekomendasikan pendekatan hibrida Aqrab al-Bilad-proporsional sebagai metode yang paling selaras dengan maqashid al-shari'ah, karena memenuhi prinsip hifzh al-din, mempertahankan korelasi geografis-astronomis, mengakomodasi prinsip raf' al-haraj, serta memiliki penerimaan praktis yang tinggi di kalangan komunitas Muslim di kawasan lintang tinggi.

Precision of Qibla Direction at Nurul Iman Mosque in Gunung Kijang District: An Accuracy Level Study Based on Theodolite Measurements

M. Arbisora Angkat¹, Rizki Pradana Hidayatullah²,
Romi Aqmal³, Marta Saputra⁴, Muhammad
Almujrin⁵

¹²³⁴⁵ STAIN Sultan Abdurrahman Kepulauan Riau
arbisora_angkat@stainkepri.ac.id

Introduction

The term *Qibla* is derived from the Arabic language, meaning “to face” or “to turn toward.” In the Qur’an, the word *Qibla* carries two meanings: first, as a direction (*Qibla*), and second, as a place of prayer.¹⁵⁰ The concept of direction in Arabic is referred to as *jihah* or *shathrah*, and it is sometimes also expressed as *qiblah* in its verbal noun (*maṣḍar*) form, derived from *qabbala-yaqbulu-qiblah*, which means “to face”.¹⁵¹ The term “qibla direction” consists of two words, “direction” refers to orientation, purpose, or intended course. Another definition, according

¹⁵⁰ M. Ali Romdhon and M. Arbisora Angkat, ‘Bintang Panjer Sore Sebagai Petunjuk Arah Kiblat Oleh Kelompok Nelayan “Mina Kencana” Desa Jambu Kecamatan Mlonggo Kabupaten Jepara’, *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, 7.1 (2021), doi:10.30596/jam.v7i1.6216.

¹⁵¹ A.W. Munawir, *Al-Munawir Kamus Arab-Indonesia*, (Surabaya: Pustaka Progressif), 1997.

to Saadod'ddin Djambek, interprets “direction” as the shortest distance measured along a great circle. Meanwhile, “qibla” refers to the Ka’bha (*Baitullah*), located within Masjid al-Haram in Makkah. The qibla is also referred to by other terms such as *jihah*, *shathrah*, and *azimuth*.¹⁵²

Facing the Qibla is one of the essential requirements for the validity of salat (Islamic prayer). There is a consensus among Islamic scholars that facing the Qibla during prayer is obligatory, as it constitutes a fundamental condition for the validity of salat, as established in the sources of Islamic law.¹⁵³ The Qibla direction can be likened to a navigator for Muslims around the world in performing their worship. An error in facing the Qibla is akin to losing one’s direction in worshipping God.

Islamic scholars unanimously agree that a person who can directly see the Ka’bah is required to face it with certainty (*ainul ka’bah*). However, for those who are unable to see the Ka’bah, differences of opinion arise among scholars. Imam al-Shafi’i explains that it is obligatory to face the Ka’bah for both those who are near and those who are far. If a person is able to determine the exact direction of the Ka’bah, then they must face that precise direction. However, if certainty cannot be achieved, then approximation (*ijtihād*) is sufficient, as it is practically impossible for those at a distance to determine the exact direction of the Ka’bah with absolute certainty. Other scholars hold that it is sufficient to face the general direction of the Ka’bah (*jihatul ka’bah*), meaning that the

¹⁵² Imroatul Munfaridah, *Ilmu Falak* (Ponorogo: CV Nata Karya, 2018).

¹⁵³ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis*, 2nd ed. (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012).

Qibla direction in this context is based on reasonable estimation rather than absolute precision.¹⁵⁴

Regardless of the differing opinions mentioned above, wherever one is located whether to the north, south, east, or west the Qibla must ultimately be directed toward the Ka'bah. Indonesia is situated to the east of the Ka'bah, therefore the direction of prayer generally tends toward the west, though not exactly due west, as it varies depending on the specific location. Consequently, the Qibla direction differs from one region to another. The geographical location of places of worship whether prayer rooms (*musalla*), small mosques (*surau*), or larger mosques also results in variations in Qibla orientation. Therefore, to facilitate and assist Muslims in properly facing the Qibla, the contribution of Islamic astronomy is essential. This is particularly important given the considerable distance between the Ka'bah and Indonesia, which has contributed to inaccuracies in the Qibla direction of many *musalla*, *surau*, and mosques.¹⁵⁵

According to information from the Ministry of Religious Affairs of Bintan Regency, requests for Qibla calibration of mosques and prayer rooms are submitted annually. In 2019, a total of 20 Qibla calibrations were conducted in Bintan, comprising 6 school prayer rooms (*musalla*), 2 Islamic boarding school prayer rooms, 1 office prayer room, 7 community based prayer rooms, 4

¹⁵⁴ Riza Afrian Mustaqim, 'Analisis Metode Penentuan Arah Kiblat Masjid Agung Baitul Makmur Meulaboh Aceh Barat', *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, 6.2 (2020), doi:10.30596/jam.v6i2.5229.

¹⁵⁵ M. Arbisora Angkat and others, 'Pendampingan Pengukuran Arah Kiblat Untuk Santri Pondok Pesantren Idris Bintan', *Surya Abdimas*, 6.2 (2022), doi:10.37729/abdimas.v6i2.1603.

mosques, and 1 location at Ria Bintan Golf Club Lagoi Hotel. The calibration conducted at the hotel covered multiple facilities, including individual guest rooms, the mosque, rest-area prayer rooms, and prayer rooms designated for male and female employees. Meanwhile, in 2020, Qibla calibration was carried out at 10 locations. Among these were 2 places of worship, the Grand Mosque of Mantang District, located on Jalan Lapangan Bola, Mantang Village, and the prayer room at the Mantang Subdistrict Office.¹⁵⁶

Based on field observations conducted by the author, several mosques were found to have Qibla directions that are not aligned with the orientation of their buildings. These include Masjid Al Furqon (Hajj Dormitory Complex), Masjid Al Amin (Griya Hang Tuah Housing Complex), Masjid An Ni'mah (Citra Pelita 7 Housing Complex), and Masjid Al Iman (Pesona Asri Housing Complex). This condition is largely due to the fact that, during the initial construction phase, the involvement of Islamic astronomy experts was absent and advanced measurement instruments were not utilized. Nurul Iman Mosque in Gunung Kijang District is one such mosque where the Qibla direction does not align with the building orientation. As a result, some members of the congregation have expressed doubts regarding the current Qibla direction. Therefore, this study aims to conduct a Qibla calibration of the mosque in order to enhance the congregation's confidence and concentration in performing their worship.

¹⁵⁶ M. Arbisora Angkat and Rizki Pradana Hidayatullah, 'Pengukuran Arah Kiblat Masjid Syaikh Zainuddin Nahdhatul Wathan Bintan', *JPPM Kepri: Jurnal Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat Kepulauan Riau*, 1.2 (2021), doi:10.35961/jppmkepri.vii2.298.

This study is a descriptive research aimed at explaining the history of Qibla direction determination and assessing the level of accuracy of the Qibla direction at Nurul Iman Mosque in Gunung Kijang District.¹⁵⁷ Primary data were obtained through interviews and observations.¹⁵⁸ Interviews were conducted with mosque administrators, while observations involved calibrating the mosque's Qibla direction using a theodolite.¹⁵⁹ To evaluate the level of Qibla accuracy at Nurul Iman Mosque, the study adopts the theoretical framework proposed by Slamet Hambali regarding Qibla accuracy classification. He categorizes the accuracy of Qibla measurements into four levels: highly accurate, accurate, less accurate, and inaccurate. 1) Highly accurate, a Qibla measurement is considered highly accurate if the result precisely aligns with the Ka'bah. 2) Accurat, a Qibla direction is considered accurate if the deviation does not exceed the threshold established by Thomas Djamaluddin, namely not more than $0^{\circ} 42' 46''$. 3) Less accurate, a Qibla measurement is considered less accurate if the deviation ranges between $0^{\circ} 42' 46''$ and $22^{\circ} 30'$. If the deviation exceeds $22^{\circ} 30'$, the Qibla direction in the Indonesian region tends to align generally toward the west. 4) Inaccurate, if the deviation

¹⁵⁷ Sugiyono, 'Sugiyono, Metode Penelitian Dan Pengembangan Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, Dan R&D , (Bandung: Alfabeta, 2015), 407 1', *Metode Penelitian Dan Pengembangan Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, Dan R&D*, no. 2015 (2015).

¹⁵⁸ Etta Mamang Sangadji Dan Sopiah, 'Metodelogi Penelitian-Penelitian Praktis Dalam Penelitian', *Yogyakarta: ANDI*, 2013.

¹⁵⁹ Ahmad Tanzeh, 'Metodologi Penelitian Praktis', *Journal of Chemical Information and Modeling*, 2011.

exceeds $22^{\circ} 30'$, the Qibla direction in Indonesia tends to deviate toward the south of the westward direction.¹⁶⁰

Historical Determination of the Qibla Direction at Nurul Iman Mosque, Gunung Kijang District

The spiritual journey of the community in Kampung Taman Kota, Kawal Village, Gunung Kijang District, Bintan Regency, Riau Islands, began in 1990, marked by the establishment of a simple prayer house (*surau*). This *surau* became a gathering point for residents to draw closer to the Creator amid the serene atmosphere of the village. The foundation of this sacred building was made possible through the remarkable generosity of Yastameja, who endowed (*waqf*) a 143 m² plot of land, registered under certificate number 32.01.06.01.1.00331. This endowment became the initial seed of the community's aspiration to develop a more proper and representative place of worship.

The spirit of benevolence within the mosque community has continued to flourish through additional *waqf* support from Warniati. She made a significant contribution by endowing a 192 m² plot of land, registered under certificate number 32.01.05.01.8.00003, designated for social purposes. This additional land has provided substantial benefits for the mosque's operations. It now accommodates a residence for the *marbot* (mosque caretaker), who is responsible for maintaining the cleanliness of the mosque, as well as ablution facilities for male worshippers, enabling them to perform purification more conveniently prior to prayer.

¹⁶⁰ Slamet Hambali, *Menguji Tingkat Keakuratan (Hasil Pengukuran Arah Kiblat Menggunakan Istiwaa'ini Karya Slamet Hambali)*, in *Eprints IAIN Walisongo Semarang* (2014).

As the number of congregants increased and the community's desire for a larger place of worship grew, the *surau* began to transition toward a more permanent structure. This historic moment materialized on December 17, 2002, when the groundbreaking ceremony marked the commencement of the construction of Nurul Iman Mosque. Driven by the spirit of mutual cooperation (*gotong royong*) and the sincerity of the community members, the construction process was completed in approximately ten months. On October 31, 2003, the building originally a small *surau* was officially inaugurated as a mosque, bringing profound joy to the residents of RT 001 RW 004.

Nurul Iman Mosque now stands prominently as a center of religious activities under the 2025–2028 management period, led by Mispan S. as chairman. With its distinctive blue roof and clean white walls, the mosque is not merely a physical structure, but a silent witness to a long journey marked by the sincerity of *waqf* donors and the dedication of the people of Gunung Kijang District. The mosque continues to serve as a spiritual legacy for future generations, preserving the light of faith so that it remains vibrant in the hearts of every congregant who enters its space.

The historical determination of the Qibla direction at Nurul Iman Mosque was initially carried out by a member of the Indonesian Armed Forces (*ABRI*) using a compass. A compass is a navigational instrument used to determine direction, consisting of a magnetic needle that freely aligns itself with the Earth's magnetic field. It provides directional reference points and is therefore highly useful in navigation. The cardinal directions indicated by a compass are north, south, east, and west.

When used in conjunction with a timepiece and angular measurement (degree scale), a compass can provide more accurate directional readings.¹⁶¹

Using a compass for determining the Qibla direction has several limitations, including:

1. It cannot be effectively used on sloped or uneven ground.
2. Magnetic declination changes, caused by shifts in the Earth's magnetic north and south poles, can affect accuracy.
3. The presence of metal concentrations, such as iron, can interfere with the compass reading.
4. Solar storms may cause temporary shifts in the Earth's magnetic poles, resulting in deviations of the compass needle by approximately 2° to 7° from its original direction.

These limitations have also affected the determination of the Qibla direction at Nurul Iman Mosque. The mosque exhibits a discrepancy between the Qibla orientation and the alignment of the building itself. If the Qibla direction is assumed to follow the orientation of the mosque's structure, it would appear to face due west. This indicates that the use of a compass cannot be considered a reliable standard for determining the Qibla direction. Although the compass is designed to indicate the cardinal directions north, south, east, and west it is

¹⁶¹ TRISIA RANI, 'PERANCANGAN SENSOR HMC 5883L DENGAN MENGGUNAKAN ARDUINO UNO SEBAGAI PENDAMPING KOMPAS RHI PENUNJUK ARAH KIBLAT PADA OIF UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA', *Sustainability (Switzerland)*, 11.1 (2019).

important to recognize its inherent limitations, which may lead to inaccuracies in Qibla determination.

A compass may produce varying readings due to regional factors and surrounding objects, such as metal interference and magnetic deviation. Therefore, it should only be used in emergency situations namely, when more advanced instruments such as a theodolite are unavailable and when solar positioning cannot be utilized due to dark or overcast weather conditions. Moreover, a high level of precision is required when determining the Qibla direction using a compass, as it typically provides readings only in degrees. In contrast, accurate Qibla determination requires more detailed measurements, ideally expressed in degrees, minutes, and seconds.



Figure 1. Difference Between the Mosque's Qibla Direction and the Building Orientation

To identify the difference between the mosque's Qibla direction and the orientation of the building, a visual measurement was conducted using Google Earth. The red line represents the mosque's existing Qibla direction, which follows the alignment of the building, while the yellow line indicates the correct Qibla direction facing the Ka'bah. Based on the observation, a significant discrepancy can be seen between the red and yellow lines. The figure shows that the mosque's Qibla direction, as aligned with the building, tends to face generally westward, as the initial determination was carried out using a compass. This difference highlights the limitations of using a compass for Qibla determination, particularly due to the effects of magnetic declination and environmental factors.

Accuracy Level of the Qibla Direction at Nurul Iman Mosque in Gunung Kijang District

Nurul Iman Mosque in Gunung Kijang District is located at a latitude of $00^{\circ} 59' 33.53''$ North and a longitude of $104^{\circ} 37' 11.77''$ East. The Qibla calibration was conducted on February 26, 2025. The first step in determining the Qibla direction was to calculate the solar azimuth on February 26, 2025, at 09:00 WIB. This activity was carried out at 09:00 WIB because the sunlight at that time is sufficiently bright, which is essential for determining the solar azimuth accurately. To facilitate the calculation process, the author utilized a software application called *Mizwah*.

JAM	RA	Dekl.	EoT	Irtifa'	as-Simtu		Mizwah	
hh:mm:ss	deg	deg	menit	Derajat	deg	min	deg	min
9.00.00	-20.60023872	-8.672958345	-12.52	40.62263015	102	19	282	19
9.05.00	-20.59696146	-8.671658601	-12.52	41.84340143	102	34	282	34
9.10.00	-20.59368423	-8.670358831	-12.52	43.06292814	102	51	282	51
9.15.00	-20.59040703	-8.669059035	-12.52	44.28110625	103	8	283	8
9.20.00	-20.58712986	-8.667759214	-12.52	45.49782067	103	26	283	26
9.25.00	-20.58385271	-8.666459367	-12.52	46.71294365	103	46	283	46
9.30.00	-20.58057559	-8.665159494	-12.52	47.92633308	104	6	284	6
9.35.00	-20.5772985	-8.663859595	-12.52	49.13783034	104	29	284	29
9.40.00	-20.57402144	-8.66255967	-12.52	50.34725788	104	52	284	52
9.45.00	-20.57074441	-8.66125972	-12.52	51.55441629	105	17	285	17
9.50.00	-20.5674674	-8.659959744	-12.51	52.75908089	105	44	285	44
9.55.00	-20.56419043	-8.658659742	-12.51	53.96099763	106	13	286	13
10.00.00	-20.56091348	-8.657359715	-12.51	55.15987819	106	44	286	44
10.05.00	-20.55763656	-8.656059661	-12.51	56.3553941	107	18	287	18
10.10.00	-20.55435966	-8.654759582	-12.51	57.54716965	107	54	287	54
10.15.00	-20.5510828	-8.653459477	-12.51	58.73477331	108	33	288	33
10.20.00	-20.54780596	-8.652159347	-12.51	59.9177072	109	15	289	15
10.25.00	-20.54452915	-8.65085919	-12.51	61.09539421	110	1	290	1
10.30.00	-20.54125237	-8.649559008	-12.51	62.26716218	110	50	290	50
10.35.00	-20.53797562	-8.6482588	-12.51	63.43222425	111	45	291	45
10.40.00	-20.53469889	-8.646958567	-12.51	64.58965432	112	44	292	44
10.45.00	-20.53142219	-8.645658307	-12.51	65.73835647	113	49	293	49
10.50.00	-20.52814553	-8.644358022	-12.51	66.87702629	115	1	295	1
10.55.00	-20.52486888	-8.643057712	-12.51	68.00410207	116	20	296	20
11.00.00	-20.52159227	-8.641757375	-12.51	69.11770289	117	48	297	48

Figure 2. Solar Azimuth Data on February 26, 2025, at 09:00 WIB

From the figure above, it is known that the solar azimuth on February 26, 2025, at 09:00 WIB is $102^{\circ} 19'$. The next preparatory step involved calculating the Qibla azimuth for Nurul Iman Mosque in Gunung Kijang District. In conducting this calculation, the author performed it manually without the assistance of software. To determine the Qibla azimuth, it is necessary to obtain the latitude and longitude of the observation site, as well as the latitude and longitude of the Ka'bah. The data used are as follows:¹⁶²

Latitude of Masjid Nurul Iman	: $00^{\circ} 59' 33,53''$ North
Longitude of Masjid Nurul Iman	: $104^{\circ} 37' 11,77''$ East
Latitude of Ka'bah	: $21^{\circ} 25' 21''$ North
Longitude of Ka'bah	: $39^{\circ} 49' 34''$ East
Longitude Difference	: $104^{\circ} 37' 11,77'' - 39^{\circ} 49' 34'' = 64^{\circ} 47' 37,77''$

¹⁶² Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1: Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat Seluruh Dunia* (Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, 2011).

To calculate the Qibla direction, a calculator was used. The latitude and longitude data were then substituted into the Qibla azimuth formula. The formula is as follows:

Cotan B = Tan Latitude of Ka'bah x Cos Latitude of Masjid Nurul Iman : Sin Longitude Difference – Sin Latitude of Masjid Nurul Iman : Tan Longitude Difference

Cotan B = Tan $21^{\circ} 25' 21''$ x Cos $00^{\circ} 59' 33,53''$: Sin $64^{\circ} 47' 37,77''$ – Sin $00^{\circ} 59' 33,53''$: Tan $64^{\circ} 47' 37,77''$

The result obtained is $66^{\circ} 57' 14.87''$ (North–West). To determine the Qibla azimuth of Nurul Iman Mosque in Gunung Kijang District, the value is subtracted from 360° – $66^{\circ} 57' 14.87''$, resulting in $293^{\circ} 02' 45.13''$ (North–East–South–West). Thus, the Qibla azimuth of Nurul Iman Mosque in Gunung Kijang District is $293^{\circ} 02' 45.13''$ (North–East–South–West).



Figure 3. Determining the Solar Azimuth Using a Theodolite

After completing the preparatory steps, the next stage is to conduct the Qibla direction measurement using a theodolite. The first step is to mount the theodolite on a tripod and ensure that it is perfectly level by performing leveling on all three sides of the tripod. Once precision is achieved on all sides, the circular bubble level will automatically be centered. This step is crucial, as any deviation from a perfectly level position may result in inaccurate measurements.

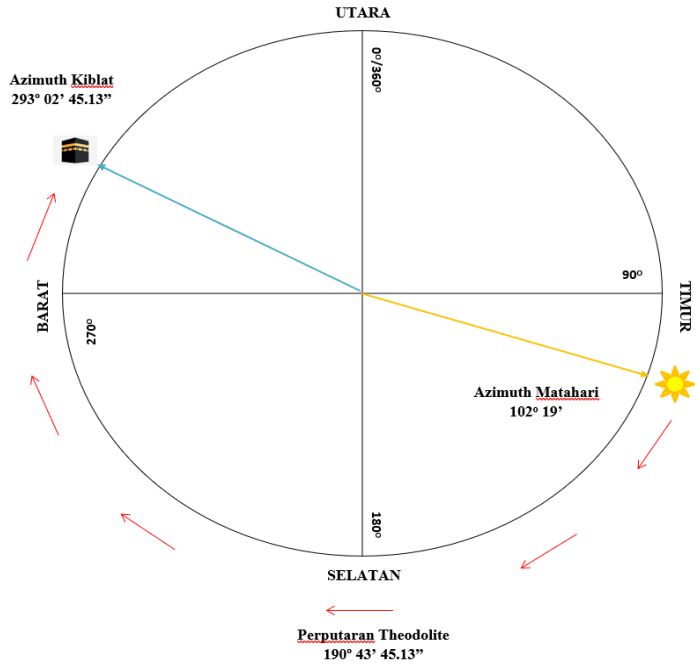


Figure 4. Visual Rotation of the Theodolite from Solar Azimuth to Qibla Azimuth

After the theodolite has been properly installed, the next step is to sight the Sun using the theodolite at 09:00 WIB. Once aligned, the instrument is locked using the horizontal clamp screw and tightened to prevent any movement. This position represents the solar azimuth, with a value of $102^{\circ} 19'$. Subsequently, the “o-Set” button on the theodolite is pressed so that the Horizontal Angle (HA) displayed on the screen is set to zero.

After releasing the lock, rotate the theodolite clockwise to $182^{\circ} 53' 45.13''$. This value represents the difference between the Qibla azimuth and the solar azimuth, calculated as $293^{\circ} 02' 45.13'' - 102^{\circ} 19'$, resulting in $182^{\circ} 53' 35.37''$. This step is necessary because moving from the solar azimuth to the Qibla azimuth requires an angular shift of $182^{\circ} 53' 35.37''$. At this point, the theodolite is aligned with the Qibla azimuth.

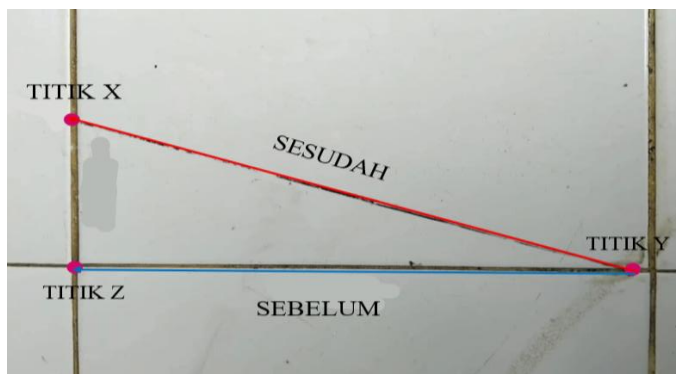


Figure 5. Comparison of Qibla Direction Before and After Calibration

The next step is to mark the Qibla direction at Nurul Iman Mosque in Gunung Kijang District. Lower the theodolite's line of sight until it reaches the floor at a distance of approximately 3 meters from the instrument.

Then, mark two points designated as points X and Y with a separation of about 20 cm between them. Next, connect points X and Y using a marker to form a straight line. This line represents the Qibla direction of Nurul Iman Mosque in Gunung Kijang District.

After marking the Qibla direction following the calibration (points X and Y), a difference can be identified between the Qibla direction before calibration (blue line) and after calibration (red line). To determine the angular difference between before and after calibration Qibla directions, measurements were taken of the distances between points Y and Z, and points X and Z. The results show that the distance between points Y and Z is 28.5 cm, while the distance between points X and Z is 10.5 cm.

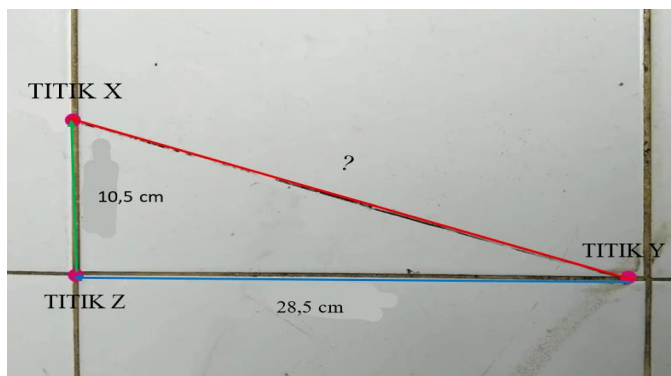


Figure 6. Calculation of the Angular Difference in Qibla Direction Before and After Calibration

To determine the magnitude of the Qibla direction deviation angle, a trigonometric approach using the tangent function is applied as follows:

$$\theta = \tan^{-1}(XZ : YZ)$$

Description:

θ = Qibla direction deviation angle

XZ = distance between point X and point Z

YZ = distance between point Y and point Z

Based on the measurement results, the values obtained are XZ = 10,5 cm and YZ = 28,5 cm, therefore:

$$\Theta = \tan^{-1}(10,5 : 28,5)$$

The calculation results show that the magnitude of the Qibla direction deviation angle is approximately 20.2° , or equivalent to $20^\circ 13' 29.49''$.

A deviation of 1° in the Qibla direction is equivalent to approximately 111 km from the Ka'bah. Therefore, if the deviation reaches 20° , the Qibla direction of Nurul Iman Mosque in Gunung Kijang District is estimated to deviate by about 2,220 km from the Ka'bah. Based on the results of the Qibla direction measurement analysis referring to the accuracy classification proposed by Slamet Hambali, it can be concluded that the assessment of Qibla accuracy is divided into four categories, namely very accurate, accurate, less accurate, and inaccurate. This classification serves as a reference for evaluating the extent to which the measured Qibla direction approaches the true direction of the Ka'bah, by considering the magnitude of the angular deviation obtained.

The category of very accurate indicates that the measured Qibla direction is precisely aligned with the Ka'bah without any significant deviation. Meanwhile, the accurate category is assigned when the deviation does not exceed the tolerance limit proposed by Prof. Dr. H. Thomas Djamaluddin, namely a maximum of $0^\circ 42' 46''$. The less accurate category falls within a deviation range of more than $0^\circ 42' 46''$ up to $22^\circ 30'$. At this level, the Qibla direction is still within the general corridor of the Ka'bah's

direction; however, it already shows a relatively significant deviation, so correction or recalibration is necessary. The inaccurate category occurs when the deviation exceeds $22^{\circ} 30'$. At this level, the Qibla direction may be significantly misaligned, and in the context of Indonesia, it tends to shift far from the west direction toward the south.

The calculation results in this study show that the Qibla direction deviation angle is approximately 20.2° , or equivalent to $20^{\circ} 13' 29.49''$. When compared with the established classification standard, this deviation value falls within the range of more than $0^{\circ} 42' 46''$ up to $22^{\circ} 30'$, and therefore is categorized as less accurate. Thus, the Qibla direction examined cannot be considered highly precise, although it is still within the general tolerance range toward the Ka'bah.

This finding indicates that the Qibla direction of the studied object still requires attention and may need recalibration using more precise methods, such as modern astronomical techniques, theodolite measurements, or azimuth calculations based on the latest geodesic data. This is important to ensure that the performance of prayer is truly directed accurately toward the Ka'bah, in accordance with the principle of prudence (*ihtiyath*) in the science of falak (Islamic astronomy).

Thus, overall it can be concluded that the results of the Qibla direction measurement fall into the less accurate category. Therefore, corrective efforts are necessary to improve the level of accuracy toward the accurate or even very accurate category, in accordance with scientific standards in determining the Qibla direction.

Conclusion

Nurul Iman Mosque in Gunung Kijang District began with a simple prayer house (surau) built in 1990 through a spirit of community cooperation and waqf support, particularly from Mr. Yastameja and Mrs. Warniati. Over time, the increasing need for a more representative place of worship led to the construction of a mosque, which was officially inaugurated in 2003, becoming the center of religious activities for the local community. In its early development, the Qibla direction of Nurul Iman Mosque was determined in a simple manner by a member of the Indonesian Armed Forces (ABRI) using a compass as a navigational aid. However, the use of a compass in determining the Qibla direction has several limitations, including the influence of magnetic declination, interference from surrounding metal objects, soil conditions, as well as weather factors and solar activity. These limitations caused the resulting Qibla direction to lack precision and not fully align with the true direction of the Ka'bah. Therefore, the use of a compass in this context cannot be considered a primary standard, but only an emergency alternative when more accurate methods are unavailable.

Furthermore, the results of the Qibla calibration using modern astronomical methods, involving solar azimuth calculations and measurements with a theodolite, showed a significant difference between the original Qibla direction and the calibrated result. Based on calculations, the Qibla azimuth of Nurul Iman Mosque is $293^{\circ} 02' 45.13''$, with a Qibla deviation of $20^{\circ} 13' 29.49''$. This difference indicates that the previous Qibla direction had a considerable deviation, estimated to be approximately 2,220 km from the Ka'bah. Based on the Qibla accuracy classification proposed by Slamet Hambali, this deviation

falls into the less accurate category. This indicates that although the Qibla direction is still generally oriented toward the Ka'bah, its level of precision does not meet high-accuracy standards. Therefore, recalibration of the Qibla direction using more scientific, modern, and precise methods is essential to ensure the accuracy of Muslim worship orientation. This study also highlights the importance of utilizing technology and Islamic astronomy (*falak*) in determining the Qibla direction, in order to improve accuracy and minimize directional errors in daily worship practices.

An Analysis of Islamic Legal Rulings on Prayer in Highland Areas and High-Rise Buildings in Malaysia

**Ahmad Lutfi Afifi Mohd Nasir¹, Roslan Umar^{1,3},
Shahir Akram Hassan², Wan Khairul Firdaus
Wan Khairuldin³, Mohd Shukri Hanapi², Nur
Azwin Ismail⁴, Arwin Juli Rakhmadi⁵**

¹East Coast Environmental Research Institute (ESERI),
Universiti Sultan Zainal Abidin (UniSZA), 21300 Kuala Nerus,
Terengganu, Malaysia

²Centre for Islamic Development Management Studies
(ISDEV), Universiti Sains Malaysia (USM), 11800, Penang,
Malaysia

³Faculty of Islamic Contemporary Studies (FKI), Universiti
Sultan Zainal Abidin (UniSZA), 21300 Kuala Nerus,
Terengganu, Malaysia

⁴School of Physics, Universiti Sains Malaysia (USM), 11800
USM, Penang, Malaysia

⁵Observatorium Ilmu Falak (OIF), Universitas Muhammadiyah
Sumatera Utara (UMSU), Kota Medan, Sumatera Utara 20238,
Indonesia

* roslan@unisza.edu.my

Introduction

Every Muslim is obligated to perform the five daily prayers. Prayer is the main pillar of Islam. Without prayer, this pillar would collapse. This can be found in a hadith narrated by al-Bukhari¹⁶³ and Muslim¹⁶⁴:

بُيِّنَ الْإِسْلَامُ عَلَى خَمْسٍ شَهَادَةِ أَنْ لَا إِلَهَ إِلَّا اللَّهُ وَأَنَّ مُحَمَّدًا
رَسُولُ اللَّهِ وَإِقَامَ الصَّلَاةِ وَإِيتَاءَ الزَّكَاةِ وَالْحَجَّ وَصَوْمَ رَمَضَانَ

Meaning: *Islam is built upon five foundations: bearing witness that there is no god worthy of worship except Allah and that Muhammad is the Messenger of Allah; establishing prayer; giving zakat; performing the pilgrimage to the House of Allah; and fasting in the month of Ramadan.*

(Narrated by al-Bukhari and Muslim)

In addition, prayer serves as a connection between a servant and Allah SWT¹⁶⁵. It is also a medium for supplication and submission to Him. Through prayer, a person can draw closer to Allah SWT and obtain spiritual and physical strength to continue living¹⁶⁶. It should also be remembered that prayer is among the first matters that

¹⁶³ Muhammad ibn Isma'il al-Bukhari, Sahih al-Bukhari, ed. by Muhammad Zuhayr Nasir al-Nasir (Beirut: Dar Tuq al-Najah, 2001), Kitab al-Iman, hadith no. 8.

¹⁶⁴ Muslim ibn al-Hajjaj, Sahih Muslim, ed. by Muhammad Fu'ad 'Abd al-Baqi (Beirut: Dar Ihya' al-Turath al-'Arabi, 1991), Kitab al-Iman, hadith no. 16c.

¹⁶⁵ Al-Qur'an, Surah Taha, 20:14.

¹⁶⁶ Al-Qur'an, Surah al-Baqarah, 2:45.

will be questioned in the Hereafter¹⁶⁷. This clearly shows that prayer is the main foundation of worship and is very important to be practised in the life of every Muslim. Therefore, if a Muslim neglects the responsibility of performing prayer, it is as though he has weakened the foundation of his own religion.

In the context of prayer, there are several important aspects that must be considered, including the valid conditions of prayer. If these conditions are not fulfilled, a person's prayer may become invalid. One of these conditions is the determination of prayer time by referring to the position of the Sun. The apparent movement of the Sun is used as a reference in determining the specific times of prayer¹⁶⁸.

Previous studies have discussed prayer from both Islamic legal and astronomical perspectives. Anisah Abdul Ghani¹⁶⁹, in her book *Konsep dan Pengamalan Solat: Satu Kajian di Zaman Rasulullah, Sahabat dan Tabi'in*, explains the concept and practice of prayer from the period of the Prophet, the Companions, and the Tabi'in. Her discussion includes the history of prayer legislation, the proper method of performing prayer, and scholarly views on the pillars and valid conditions of prayer. This reference is important because the present research examines prayer

¹⁶⁷ Muhammad ibn Yazid al-Qazwini Ibn Majah, Sunan Ibn Majah, ed. by Muhammad Fu'ad 'Abd al-Baqi (Beirut: Dar Ihya' al-Kutub al-'Arabiyyah, 1952), Kitab Iqamat al-Salah wa al-Sunnah fiha, hadith no. 1426.

¹⁶⁸ Al-Qur'an, Surah al-Isra', 17:78

¹⁶⁹ Anisah Abd. Ghani, *Konsep dan Pengamalan Solat: Satu Kajian di Zaman Rasulullah, Sahabat & Tabi'in* (Kuala Lumpur: Al-Hidayah Publishers, 2001).

time not only as an astronomical matter, but also as an Islamic legal requirement that affects the validity of prayer.

Furthermore, the determination of prayer times is closely related to the field of Islamic astronomy, particularly in observing the apparent position of the Sun. Each prayer time is determined based on specific solar positions, such as the Sun's altitude, declination, and its movement across the horizon. Among the five daily prayers, Syuruk and Maghrib are more directly affected by the horizon because both times involve the rising and setting of the Sun. Therefore, any factor that changes the observer's visible horizon may also influence the actual time of sunrise and sunset. One of these factors is altitude, especially for individuals located in highland areas or high-rise buildings.

This issue has been discussed in previous writings and studies. Nazura Ngah¹⁷⁰, for example, highlighted the question of whether prayer times in tall buildings differ from those at ground level. The discussion indicated that the issue of height becomes relevant when the altitude is sufficient to affect the visible horizon. Similarly, Mustafa Din Subari¹⁷¹ discussed the issue of prayer time determination based on zones, where prayer times are usually calculated using a single reference point for a particular area. This method may create slight differences for certain locations within the same zone, especially for times related to sunrise and sunset. These discussions show that prayer time determination is not only a matter

¹⁷⁰ Nazura Ngah, 'Penetapan Waktu Solat Ikut Ketinggian Tempat', *Berita Harian*, 18 June 2016.

¹⁷¹ Mustafa Din Subari and Mohamad Saupi Che Awang, 'Waktu Solat Setempat: Satu Pemurnian Kepada Waktu Solat Berasaskan Zon', *Jurnal Falak*, 1 (2015), 43–54.

of general calculation, but also requires consideration of local geographical and observational factors.

In the context of highland areas, Baharrudin Zainal's¹⁷² work on Ilmu Falak provides an important foundation for understanding the astronomical principles used in prayer time calculations. His discussion explains how solar position, horizon level, and related formulas are applied in determining prayer times. This is important because observers at higher locations have a different apparent horizon compared to those at sea level. As altitude increases, the visible horizon becomes lower, causing the Sun to appear earlier during sunrise and remain visible longer during sunset. This condition directly affects Syuruk and Maghrib times.

In relation to the geographical aspect, Harlida Abdul Wahab¹⁷³ defines highland areas as land located more than 300 metres above sea level. Although her discussion focuses on legal control and development in highland areas, her definition is useful for this research because altitude is a central factor in determining the visible horizon. From the perspective of Islamic astronomy, highland areas are significant because observers at higher locations have a lower apparent horizon, which may affect the observed time of sunrise and sunset. Therefore, Harlida's definition helps provide a clearer geographical

¹⁷² Baharrudin Zainal, *Ilmu Falak*, Edisi Kedua (Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka, 2004).

¹⁷³ Harlida Abdul Wahab, "Kawalan Undang-Undang Terhadap Pembangunan di Tanah Tinggi," *Jelapang*, 3, no. 1 (2002): 63–70. Harlida Abdul Wahab, 'Kawalan Undang-Undang Terhadap Pembangunan di Tanah Tinggi', *Jelapang*, 3.1 (2002), 63–70.

basis for analysing prayer time differences in highland areas and high-rise buildings.

This study employed a qualitative and observational astronomical approach to analyse the Islamic legal ruling on prayer times in highland areas and high-rise buildings in Malaysia. The qualitative component was carried out through library-based research by examining classical Islamic texts, contemporary fiqh references, official fatwa documents, academic writings, journal articles, theses, and relevant online materials related to prayer time determination. This approach was important for establishing the legal and theoretical basis of the study, particularly in relation to the requirement that prayer must be performed within its prescribed time. In addition, the observational astronomical component was used to examine how altitude affects prayer times, especially Syuruk and Maghrib, since both are directly related to the apparent movement of the Sun across the eastern and western horizons.

Field observations were conducted at three selected locations, namely Western Hill, Pulau Pinang, Menara Kuantan 188, Pahang, and Bukit Maras, Terengganu. These locations were chosen because they represent highland areas and high observation points that may influence the apparent time of sunrise and sunset. Solar altitude and azimuth data were collected using a total station or theodolite at one-minute intervals before and after sunrise or sunset. Supporting recordings were also made using a telescope connected to a CCD camera and a DSLR camera in order to document the movement of the Sun near the horizon. Since some observations were affected by cloudy conditions and limited visibility near the horizon, the collected solar altitude data were plotted

against time and extrapolated using a trendline equation to estimate the time at which the Sun reached the relevant horizon level.

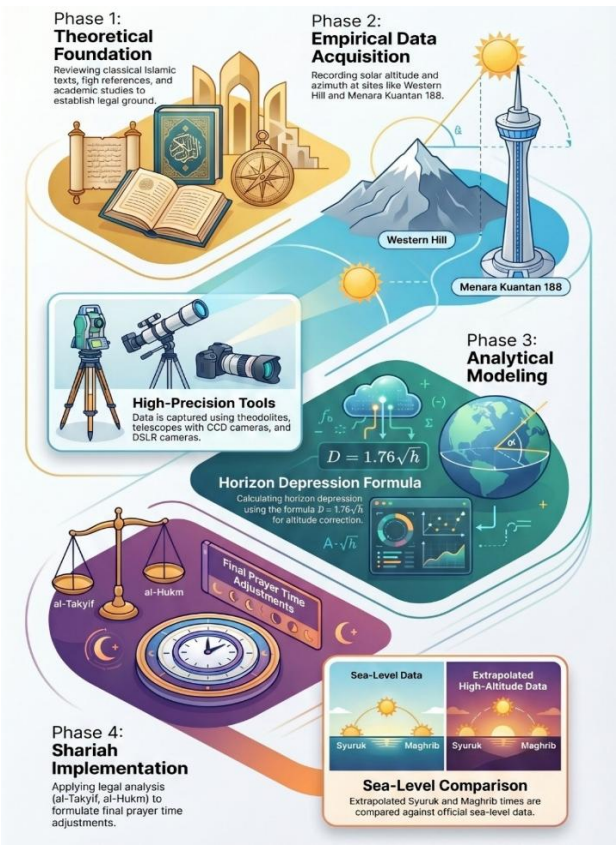


Figure 1: The methodology flow for this research

To determine the effect of altitude on prayer times, the horizon depression angle was calculated using both the standard formula proposed by Baharrudin Zainal¹⁷⁴ and a

¹⁷⁴ Baharrudin Zainal, *Pengenalan Ilmu Falak* (Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka, 2002).

trigonometric approach based on the radius of the Earth and the observer's altitude. The extrapolated observation time at each location was then compared with the official prayer time at sea level in order to identify the time difference caused by altitude. The resulting findings were subsequently analysed using the Islamic legal framework of fatwa construction, namely al-Taṣwīr, al-Takyīf, al-Ḥukm, and al-Iftā', so that the astronomical findings could be interpreted within the appropriate legal context. Overall, this study focuses specifically on Syuruk and Maghrib because these two prayer times are directly affected by the visible horizon, whereas the discussion of other prayer times is included only as general background. Figure 1 shows the methodology of this research.

Definition of Prayer According to Language and Terminology

The word “prayer” is derived from the Arabic word ṣalāh. It is a verbal noun (maṣḍar) from the verb ṣallā, yuṣallī, ṣalātan, which carries meanings such as supplication, seeking forgiveness, mercy, Islam, and religion. Allah SWT says in the following verse¹⁷⁵:

وَصَلِّ عَلَيْهِمْ إِنَّ صَلَاتَكَ سَكَنٌ لَهُمْ وَاللَّهُ سَمِيعٌ عَلِيمٌ

Meaning: *And pray for them. Indeed, your prayer is a source of comfort for them. And Allah is All-Hearing, All-Knowing.*

Al-Taubah (9): 103

In the Malay language, prayer is understood as *sembahyang*, which refers to the act of worshipping

¹⁷⁵ Al-Qur'an, Surah al-Taubah, 9:103.

Allah¹⁷⁶. More specifically, it refers to the performance of the five obligatory daily prayers. In the Qur'an, the term al-ṣalāh is mentioned 66 times. This term is used to indicate two different meanings: either referring directly to prayer itself, especially the obligatory prayer, or referring to other meanings beyond the specific act of prayer. The use of the term al-ṣalāh can be seen in many verses of the Qur'an, including the following example:

Al-ṣalāh can also mean mercy, as stated in the following verse¹⁷⁷:

وَأُولَٰئِكَ عَلَيْهِمْ صَلَوَاتٌ مِّن رَّبِّهِمْ وَرَحْمَةٌ وَأُولَٰئِكَ هُمُ الْمُهْتَدُونَ

Meaning: *They are the ones upon whom are blessings and mercy from their Lord, and they are the ones who are rightly guided.*

Al-Baqarah (2): 157

It is called prayer because it includes supplication, where one part of its meaning is used to represent the whole act. From the perspective of terminology, Muslim jurists have defined prayer in various ways. According to Islamic jurisprudence, prayer refers to a set of specific words and actions that begins with takbir and ends with salam, performed according to certain conditions¹⁷⁸.

¹⁷⁶ Dewan Bahasa dan Pustaka, Kamus Dewan, Edisi Keempat (Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka, 2005).

¹⁷⁷ Al-Qur'an, Surah al-Baqarah, 2:157.

¹⁷⁸ Mustafa al-Khin, Mustafa al-Bugha, and 'Ali al-Sharbaji, al-Fiqh al-Manhaji 'ala Madhhab al-Imam al-Shafi'i (Damascus and Beirut: Dar al-Qalam and Dar al-Shamiyyah, 1998).

Prayer Times

Fajr

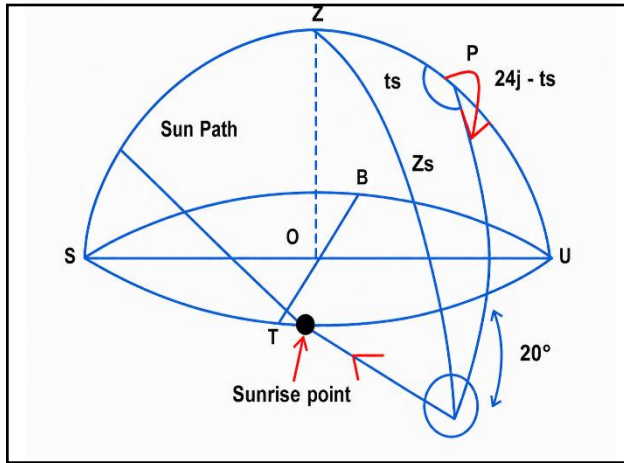


Figure 2: The Position of the Sun at 20° Below the Eastern Horizon
(According to JAKIM's Latest Decision, 18°)

According to Islamic law, the time for Fajr begins from the appearance of true dawn, known as fajr ṣādiq, until sunrise, when the disc of the Sun begins to touch the horizon.¹⁷⁹ Scientific studies have found that, at this moment, the Sun is positioned approximately 18° below the horizon. Following its research, the Department of Islamic Development Malaysia, known as JAKIM, agreed that the beginning of Fajr should be determined when the Sun is at an altitude lower than -18° below the horizon.¹⁸⁰

¹⁷⁹ Mufti Wilayah Persekutuan, 'Bayan al-Falak Siri ke-17: Kaedah Penentuan Waktu Solat', 9 August 2022.

¹⁸⁰ Mufti Wilayah Persekutuan, 'Bayan Linnas Khas: Isu Tambahan Waktu 8 Minit bagi Permulaan Azan Subuh dan Hukum Solat Subuh Sebelum Masuk Waktu', 6 December 2019.

However, some authorities use -19° ¹⁸¹, where the solar zenith distance used in the calculation is 109° , or $ZS = 109^{\circ}$. Others use -20° below the horizon, where the zenith distance used in the calculation is 110° , or $ZS = 110^{\circ}$.

Dhuhr

The time for Dhuhr begins when the Sun passes its zenith and moves toward the west, that is, when the eastern edge of the Sun crosses the local meridian. This is illustrated in Figure 3 below.

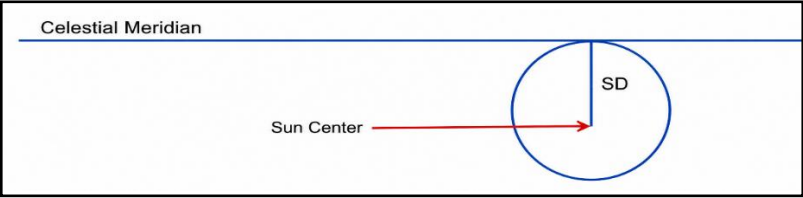


Figure 3: The Value of the Sun's Semidiameter (SD) at the Time of Solar Transit

The value of the Sun's semidiameter (SD) varies throughout the year, ranging from $15'$ to $17'$ of arc, depending on the relative position of the Sun and the Earth. The average value is $16'$, which is equivalent to 1 minute and 4 seconds in time units. Therefore, the time for Dhuhr prayer begins 1 minute and 4 seconds after istiwa' (the time of solar transit).¹⁸²

¹⁸¹ Raihana Abd. Wahab, 'Astronomi dalam Ibadah', paper presented at Sesi Sembang Angkasa in conjunction with Minggu Sains Negara, Universiti Malaya, 3 April 2021.

¹⁸² Nabeela Akrasha and Zubair bin Amir Nur Rashid, 'Penentuan Waktu Rembang Menurut Hitungan Falak dan Hukum Solat Padanya', *Journal of Fatwa and Falak Selangor*, 2.1 (June 2025), 86–104.

Asr

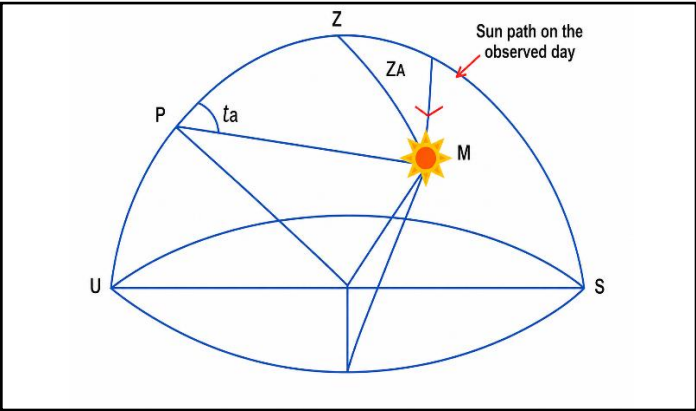


Figure 5: The Position of the Sun at the Beginning of Asr Prayer Time

According to the Shafi'i school of thought, the time for Asr begins when the length of the shadow of an object or pole becomes equal to the length of the object or pole itself.¹⁸³ This is illustrated in Figure 4 below.

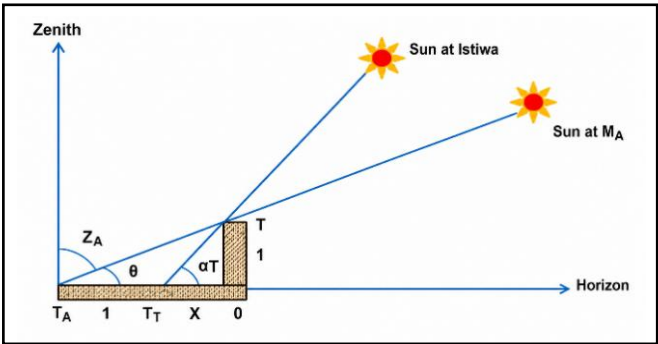


Figure 4: The Relative Position of a Pole and Its Shadow in Relation to the Sun

¹⁸³ Mufti Wilayah Persekutuan, 'Waktu Solat', 20 January 2020.

The determination of the Sun's zenith distance (that is, the determination of the Sun's position in terms of altitude) at the beginning of Asr time, as illustrated in Figure 5 above, is based on the criteria established by Islamic law. When the time for Asr begins, the position of the Sun is as shown in Figure 4 below. The altitude obtained is then related to the determination of the prayer time itself.

Maghrib

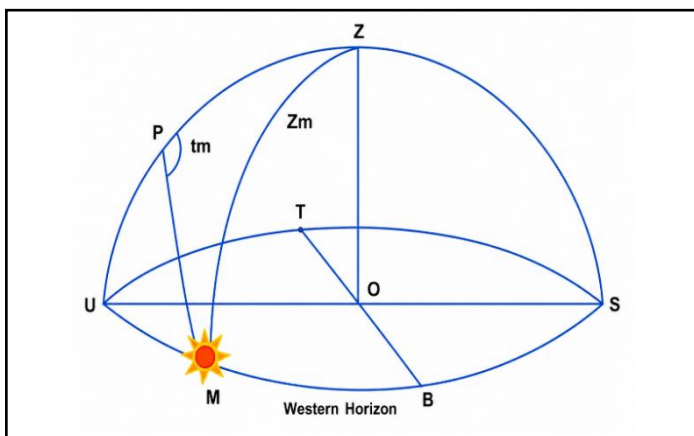


Figure 6: The Position of the Sun at the Beginning of Maghrib Prayer Time

The time for Maghrib prayer begins when the entire disc of the Sun has set below the horizon in the west.¹⁸⁴ Referring to Figure 6 below, the angle tm represents the angle at the time of sunset, while the line Zm refers to the zenith distance at that moment.

¹⁸⁴ Mufti Wilayah Persekutuan, 'Bayan al-Falak Siri ke-17: Kaedah Penentuan Waktu Solat', 9 August 2022.

Isha

The time for Isha prayer at a particular location begins when the red twilight (syafaq ahmar) disappears from the western horizon. In the Malaysian context, all states except Kelantan determine the disappearance of the red twilight when the Sun's altitude reaches -18° below the western horizon¹⁸⁵, whereas the state of Kelantan uses -17° ¹⁸⁶. This is illustrated in Figure 7 below.

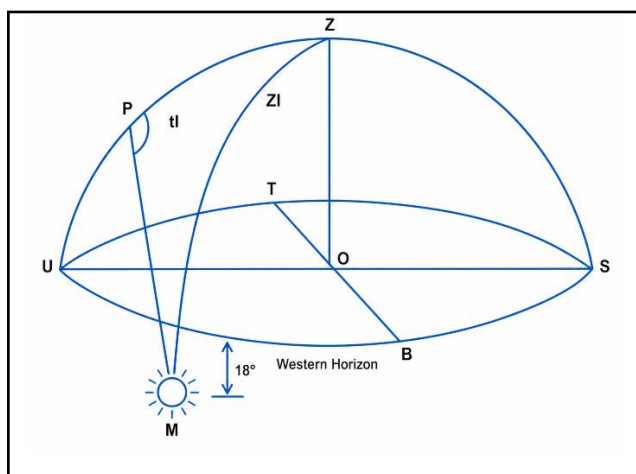


Figure 7: The Position of the Sun 18° Below the Horizon

¹⁸⁵ Jabatan Kemajuan Islam Malaysia, Laporan Tahunan JAKIM 2013 (Putrajaya: Jabatan Kemajuan Islam Malaysia, 2013).

¹⁸⁶ Mohammad Shahmim Shukor and Mohd Zambri Zainuddin, 'Perbandingan Metodologi Kajian Penentuan Masuknya Fajar Sadiq dan Hilangnya Syafaq Ahmar: Kajian Kecerahan Langit', *Jurnal Falak*, 1 (2015), 133–39.

Times Involving the Sun Below the Horizon

This research focuses on two specific times, namely Syuruk and Maghrib. These times were selected because they involve the movement of the Sun across the horizon. The higher an observer is located above sea level, the farther the apparent horizon can be seen, and the greater the difference between the apparent horizon and the true horizon.

The apparent horizon refers to the horizon that changes according to the altitude of a particular location, while the true horizon refers to the boundary of vision that is perpendicular to the observer's zenith or parallel to the observer's line of sight¹⁸⁷. Therefore, the effect of horizon depression must be corrected because it influences the time of sunrise and sunset, which directly affects Syuruk and Maghrib times.

According to Baharrudin Zainal¹⁸⁸, the correction for horizon depression is only added for areas with an altitude exceeding 100 metres above sea level. Horizon depression can be calculated using the following equation:

$$D = 1.76 \sqrt{h} \quad (1)$$

Where D represents the horizon depression angle, and h represents the altitude of the observer above sea level in metres.

Therefore, the actual zenith distance of each celestial body, particularly the Moon and the Sun during rising or setting, should be given an additional value to correct for horizon depression. This causes the Maghrib

¹⁸⁷ Baharrudin Zainal, *Pengenalan Ilmu Falak* (Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka, 2002).

¹⁸⁸ Ibid

and Syuruk prayer times in high-altitude locations to differ from those at sea level. The assessment of horizon depression should be considered for Maghrib and Syuruk prayer times involving high-rise buildings exceeding 20 metres in height¹⁸⁹.

$$Maghrib_{WPM} = Transit\ Time_{WPM} + t_m \quad (2)$$

Where t_m :

$$\cos t_m = \frac{\cos Z_M - \sin \delta_M \sin \phi_{TK}}{\cos \delta_M \cos \phi_{TK}} \quad (3)$$

$$Z_M = 90^\circ + sd + b + JU \quad (4)$$

$$Z_M = 90^\circ + 16' + 34' + 1.76\sqrt{h} \quad (5)$$

In the equation (2), t_m represents the hour angle of the Sun at the time of sunset. The hour angle is obtained through the equation (3), in which Z_M refers to the zenith distance of the Sun, δ_M denotes the declination of the Sun, and ϕ_{TK} represents the latitude of the observation location. The value of Z_M is calculated by considering the Sun's semidiameter, atmospheric refraction, and horizon depression, as shown in the equation (4). This may also be written as in the equation (5), where sd is the Sun's semidiameter, b is atmospheric refraction, JU is horizon depression and h is the altitude of the location above sea level.

¹⁸⁹ Azhari Mohamed, 'Peranan JUPEM dalam Permasalahan dan Isu-Isu Falak (Syarie) di Malaysia', paper presented at Seminar Falak Nusantara 2018, Institut Tanah dan Ukur Negara (INSTUN), Behrang, Perak, 17–18 October 2018.

In addition, regarding the aspect of light refraction, Hardi Mohamad Sadali¹⁹⁰ found that the maximum refraction value recorded for the calculation method of Maghrib prayer time was 32 arcminutes, which differs from the currently used value of 34 arcminutes. Therefore, further research should be conducted to record the range of refraction values that occur. In relation to light refraction, Mohamad Saupi Che Awang¹⁹¹ found that the value of refraction varies depending on the location and the atmospheric conditions at the research area.

Research Data Report on Maghrib Time at Western Hill, Pulau Pinang

In this research, data were collected at the location for only two days. However, direct observation of the Sun at the horizon was not possible due to cloudy conditions and thick mist along the horizon. These conditions obstructed the observer's view of the Sun. On the first day, only six sets of data were recorded, from 7:15 p.m. to 7:20 p.m. On the second day, 11 sets of data were recorded, from 7:15 p.m. to 7:25 p.m.

The horizon depression angle for an altitude of 813 m was calculated using both the horizon depression formula and the trigonometric formula. Based on the horizon depression formula, the value obtained was -0.8364° , while the trigonometric formula produced a value of -0.915° . The difference between these two values was

¹⁹⁰ Hardi Mohamad Sadali, *Kajian Penetapan Takwim Solat Pulau Pinang Menurut Ilmu Falak* (master's thesis, School of Physics, Universiti Sains Malaysia, 2011).

¹⁹¹ Mohamad Saupi Che Awang, 'Kesan Biasan Atmosfera Hampir Ufuk untuk Pengiraan Waktu Solat dan Cerapan Hilal', *Jurnal Falak*, 1 (2015), 121–32.

only 0.0786°. The data were then analysed until they reached the calculated horizon depression angle.

Table 1 shows the data obtained at Western Hill. The field data are shown in black, while the extrapolated data are shown in green. The row marked in orange indicates the sunset time for areas located at sea level, while the row marked in yellow indicates the readings within the range of horizon depression obtained from the two formulas. The difference in sunset time at Western Hill, Pulau Pinang was found to be approximately 2 to 3 minutes.

Table 1: Data obtained on 21 January 2022 at Western Hill, Pulau Pinang

Date	Time	Altitude (DMS)			Altitude (DD)	Azimuth (DMS)			Azimuth (DD)
		Degree (D)	Minute (M)	Second (S)		D	M	S	
21.1. 2022	19:15	2	14	24	2.240000	249	53	35	249.8930556
	19:16	2	1	28	2.024444	249	54	32	249.9088889
	19:17	1	47	14	1.787222	249	56	44	249.9455556
	19:18	1	34	10	1.569444	249	57	59	249.9663889
	19:19	1	21	31	1.358611	250	0	21	250.0058333
	19:20	1	8	21	1.139167	250	0	21	250.0058333
	19:21	0	54	54	0.915000	250	2	36.8	250.0435438
	19:22	0	41	40	0.694444	250	4	6.81	250.0685597
	19:23	0	28	26	0.473889	250	5	36.9	250.0935757
	19:24	0	15	12	0.253333	250	7	6.93	250.1185917
	19:25	0	1	58	0.032778	250	8	37	250.1436076
	19:26	-0	11	16	-0.187778	250	10	7.04	250.1686236
	19:27	-0	24	30	-0.408333	250	11	37.1	250.1936396
	19:28	-0	37	44	-0.628889	250	13	7.16	250.2186556
	19:29	-0	50	58	-0.849444	250	14	37.2	250.2436715
	19:30	-1	4	12	-1.070000	250	16	7.27	250.2686875
	19:31	-1	17	26	-1.290556	250	17	37.3	250.2937035
	19:32	-1	30	40	-1.511111	250	19	7.39	250.3187194

On the second day of observation, the amount of data collected was almost double compared to the first day. The same method used on the first day was also applied on the second day. Figure 4.6 shows the plotted graph, and the

graph equation was used to extrapolate the data until it reached the horizon depression range of -0.8364° to -0.916° , as shown in Table 2. Table 2 presents the analysis results for the second day at the research location, Western Hill. The findings show that the difference in sunset time at an altitude of 813 m compared to sea level was approximately 3 to 4 minutes.

Table 2: Data obtained on 22 January 2022 at Western Hill, Pulau Pinang

Date	Time	Altitude (DMS)			Altitude (DD)	Azimuth (DMS)			Azimuth (DD)
		D	M	S		D	M	S	
22.1. 2022	19:15	2	19	14	2.320556	250	6	2	250.1005556
	19:16	2	5	57	2.099167	250	7	31	250.1252778
	19:17	1	52	47	1.879722	250	8	56	250.1488889
	19:18	1	39	53	1.664722	250	10	38	250.1772222
	19:19	1	26	58	1.449444	250	11	58	250.1994444
	19:20	1	14	35	1.243056	250	13	11	250.2197222
	19:21	1	1	10	1.019444	250	15	11	250.2530556
	19:22	0	48	35	0.809722	250	16	39	250.2775000
	19:23	0	37	38	0.627222	250	17	56	250.2988889
	19:24	0	23	27	0.390833	250	19	44	250.3288889
	19:25	0	11	47	0.196389	250	20	50	250.3472222
	19:26	-0	1	26	-0.023986	250	22	12.9	250.3702431
	19:27	-0	14	11	-0.236271	250	23	42.9	250.3952604
	19:28	-0	26	55	-0.448556	250	25	13	250.4202778
	19:29	-0	39	39	-0.660840	250	26	43.1	250.4452951
	19:30	-0	52	23	-0.873125	250	28	13.1	250.4703125
	19:31	-1	5	7	-1.085410	250	29	43.2	250.4953299

Based on these findings, it can be shown that the current practice is supported by the observational results. For locations with an altitude of 500 to 800 metres, three minutes are added to the Maghrib time. Meanwhile, for locations with an altitude of 900 to 1000 metres, four minutes are added to the Maghrib time, depending on the altitude of the area. Table 3 shows the differences in time based on the height of the location.

Table 3: Differences in Maghrib Time According to Different Altitudes

Heigh	Time Difference (Minutes)	Maghrib Time
Below 100 metres	0	07.28.00 PM
100-200 metres	1	07.29.00 PM
200-400 metres	2	07.30.00 PM
500-800 metres	3	07.31.00 PM
900-1000 metres	4	07.32.00 PM

Research Data Report on Maghrib Time at Western Hill, Pulau Pinang

Two locations were selected for the determination of Syuruk time. However, no data were available at Bukit Maras due to thick clouds along the horizon and heavy rain before Syuruk time. Meanwhile, field data at Menara Kuantan 188 were successfully obtained one hour after sunrise.

The calculation was carried out until it reached the horizon depression angle at an altitude of 104 m, which was calculated using both the horizon depression formula and the trigonometric formula, similar to the method used in the Western Hill analysis. The horizon depression value obtained was -0.2991° using the horizon depression formula and -0.3274° using the trigonometric formula. The difference between these two values was only 0.0283° . Figure 8 shows the plotted graph based on the data obtained one hour after sunrise, which produced a linear trend with $R^2 = 0.9999$.

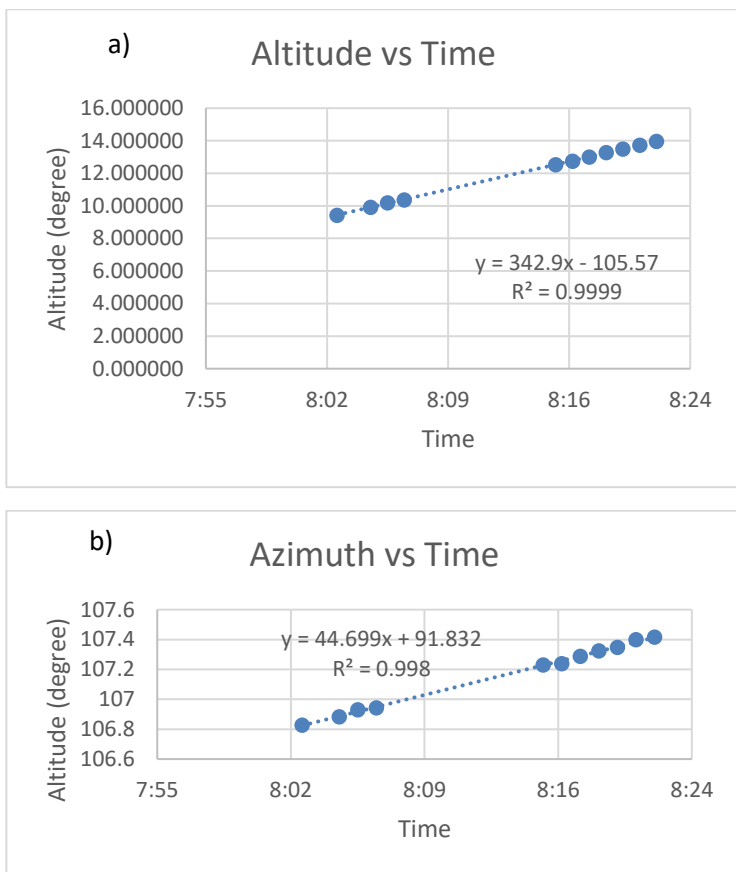


Figure 8: Graphs of (a) altitude and (b) azimuth against time. The equation shown at the upper right of the graph was used for extrapolation.

Based on the findings shown in Table 4, at an altitude of 104 m, the Sun rises approximately 1 minute 12 seconds to 1 minute 18 seconds earlier compared to sea level. This occurs within the horizon depression range of -0.2991° to -0.3274° . At this horizon depression angle,

the time recorded was 7:22 a.m. However, the official prayer timetable for the Kuantan district also recorded Syuruk at 7:22 a.m. This may be due to the rounding method used in the prayer timetable, where any remaining seconds are rounded up to the following minute.

Table 4: Data obtained on 5 February 2022 at Menara Kuantan 188, Pahang

Date	Time	Altitude (DMS)			Altitude (DD)	Azimuth (DMS)			Azimuth (DD)
		D	M	S		D	M	S	
5.2. 2022	7:10	-3	10	35	-3.17625	105	10	46.62	105.179618
	7:11	-2	56	17	-2.93813	105	12	38.37	105.210659
	7:12	-2	42	0	-2.70000	105	14	30.12	105.241700
	7:13	-2	27	43	-2.46188	105	16	21.87	105.272741
	7:14	-2	13	26	-2.22375	105	18	13.62	105.303782
	7:15	-1	59	8	-1.98563	105	20	5.36	105.334823
	7:16	-1	44	51	-1.74750	105	21	57.11	105.365864
	7:17	-1	30	34	-1.50938	105	23	48.86	105.396905
	7:18	-1	16	17	-1.27125	105	25	40.61	105.427946
	7:19	-1	1	59	-1.03313	105	27	32.35	105.458987
	7:20	-0	47	42	-0.79500	105	29	24.1	105.490028
	7:21	-0	33	25	-0.55687	105	31	15.85	105.521069
	7:22	-0	19	8	-0.31875	105	33	7.6	105.552110
	7:23	-0	4	50	-0.08062	105	34	59.34	105.583151
	7:24	0	9	27	0.15750	105	36	51.09	105.614192

Fatwa Issuance Process

In the fatwa issuance process, all collected information and field study findings are analysed before a fatwa is issued. This process involves several stages, namely al-Taşwīr, al-Takyīf, al-Ḥukm, and al-Iftā’. These stages explain how an issue is studied, legally classified, ruled upon, and finally presented as a fatwa, as illustrated in Figure 9.

In this research, the researcher first carried out the process of al-Taşwīr. This stage involves several important

aspects, including information control (al-Ḍābiṭ al-Ma'lūmātī), consultation with experts (su'āl ahl al-takḥṣīs), analysis (al-Ḍābiṭ al-Taḥlīlī), consideration of place and time (al-Ḍābiṭ al-Makān wa al-Zamān), examination of factors that may change a ruling (al-Iṭlā' 'alā 'awāmil taghyīr al-aḥkām), necessity (al-Ḍābiṭ al-Ḍarūriyyāt), and consideration or evaluation (al-Ḍābiṭ al-Tarāwī).

The issue studied in this research concerns the effect of altitude on prayer time determination. Field observations were conducted at several high-altitude locations, including Western Hill in Pulau Pinang, Balai Cerap KUSZA, Bukit Maras in Terengganu, and Menara Kuantan 188 in Pahang. These observations focused mainly on the Sun's position at sunset and sunrise to determine whether altitude causes differences in prayer times.

The second stage, al-Takyīf, involved placing the issue within the framework of Islamic law. This research examined existing legal discussions, including the UAE fatwa on prayer times in Burj Khalifa, as well as classical Islamic texts. The findings indicate that a person's actual location and altitude should be considered in determining prayer times, rather than relying only on general prayer time calculations.

The third stage, al-Ḥukm, focused on deriving the legal ruling based on the collected data and Islamic legal evidence. The findings show that altitude can affect certain prayer times, especially Maghrib and Syuruk. Therefore, prayer times for high-altitude areas should be distinguished when the difference becomes significant.

The fourth stage, *al-Iftā'*, refers to the issuing of the final legal clarification to the public. Based on the findings, differences in prayer times between sea-level and high-altitude areas are significant, particularly in Pulau Pinang, where some areas are located more than 100 metres above sea level. Therefore, prayer time differences according to altitude should be clearly included in the official prayer timetable, especially to avoid invalid worship when prayers are performed at the beginning of the stated time.

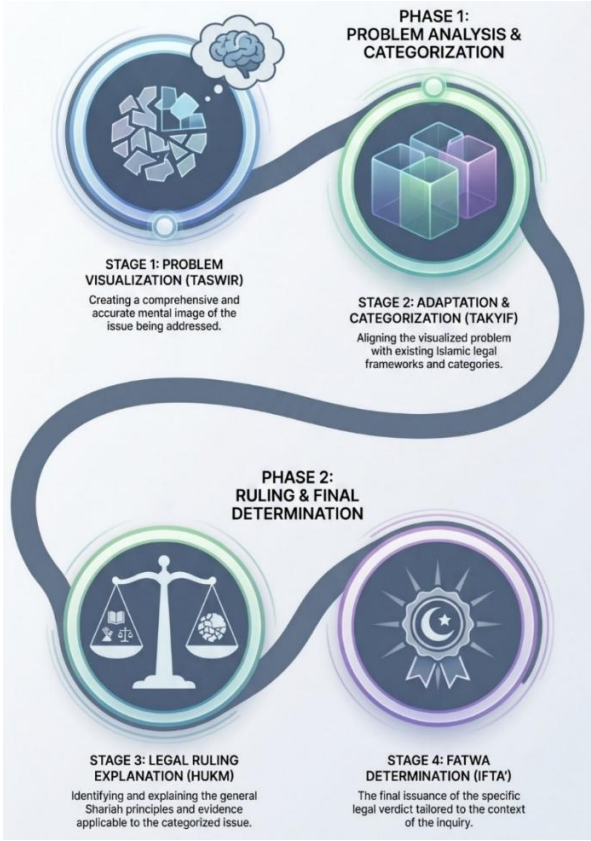


Figure 9: Stages of the Fatwa Issuance Process.

Gazettement of the Fatwa

Based on the Scientific and Legal Research Report on Prayer Times in Highland Areas and High-Rise Buildings, the Pulau Pinang State Fatwa Committee Meeting discussed the findings of the research. The committee members decided that the prayer times for individuals in high-rise buildings and highland areas are as follows:

The determination of prayer times is based on the current position of the individual.

Based on the individual's current position, an addition should be made for Maghrib prayer, while a reduction, meaning an earlier time, should be applied for Syuruk, as follows:

- a. One minute for individuals located at an altitude of 100–200 metres.
- b. Two minutes for individuals located at an altitude of 200–400 metres.
- c. Three minutes for individuals located at an altitude of 500–600 metres.
- d. Four minutes for individuals located at an altitude of 800–1000 metres.

Conclusion

Based on the field data for Maghrib time at Western Hill, Pulau Pinang, the findings show that at an altitude of 813 m, the Sun sets approximately 3 to 4 minutes later. Meanwhile, at Menara Kuantan 188, Pahang, at an altitude of 104 m, the Sun rises approximately 1 minute 12 seconds to 1 minute 18 seconds earlier for Syuruk time. These changes, namely an earlier Syuruk time and a later Maghrib time, directly affect the determination of prayer times. Therefore, the Pulau Pinang State Fatwa Committee has issued a fatwa stating that one minute should be added

for altitudes of 100-200 metres, two minutes for 200-400 metres, three minutes for 500-600 metres, and four minutes for 800-1000 metres. It is also important to note that the current position of the individual plays an important role in determining prayer times, as mentioned above. For Maghrib, the time should be delayed, while for Syuruk, the time should be made earlier.

Analisis Kualitas Langit Malam sebagai Dasar Pengembangan Astroturisme di Maumere

**Dedi Suwandi Wahab¹, Adi Jufriansiah²,
Yudhiakto Pramudya³, Zakaria Al Farizi⁴**

^{1,4}Prodi Pendidikan Fisika, Universitas Muhammadiyah
Maumere

²Departemen Fisika, Universitas Gadjah Mada

³Magister Pendidikan Fisika, Universitas Ahmad Dahlan

* dediwahab04@gmail.com ¹
adijufriansah@mail.ugm.ac.id ²,
yudhiakto.pramudya@pfis.uad.ac.id ³,
zakariaalfarizi797@gmail.com ⁴

Pendahuluan

Meskipun astroturisme berkembang pesat, kajian kualitas langit malam masih didominasi oleh wilayah mapan seperti pegunungan dan observatorium, sehingga kawasan pesisir dan terpencil relatif kurang terdata. Selain itu, pengamatan yang ada umumnya belum didukung pengukuran kuantitatif menggunakan instrumen seperti Sky Quality Meter (SQM), sehingga banyak wilayah potensial, termasuk Maumere, belum memiliki data dasar ilmiah yang memadai. Pengamatan ini bertujuan menganalisis kualitas langit malam serta potensi pengembangan astroturisme di Maumere, Nusa Tenggara

Timur. Pengukuran dilakukan di Pantai Pintar Asia dan Tanjung Kajuwulu menggunakan SQM pada Februari–Maret 2026. Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif, kemudian dikonversi ke dalam parameter Naked Eye Limiting Magnitude (NELM) dan diklasifikasikan berdasarkan skala Bortle. Hasil menunjukkan nilai rata-rata SQM sebesar 23,03 dan 23,65 mag/arcsec², yang termasuk kategori langit sangat gelap (Bortle 2). Nilai NELM masing-masing sebesar 7,03 dan 7,22 menunjukkan visibilitas objek langit yang sangat baik, sehingga kedua lokasi berpotensi tinggi sebagai destinasi astroturisme berbasis sains.

Pariwisata berbasis astronomi atau astroturisme merupakan salah satu bentuk wisata berbasis sains yang saat ini berkembang pesat di berbagai belahan dunia, termasuk di Indonesia¹⁹². Astroturisme menawarkan pengalaman unik berupa pengamatan fenomena langit malam seperti rasi bintang, hujan meteor, serta struktur galaksi Bima Sakti pada lokasi dengan tingkat polusi cahaya yang rendah^{193,194}. Kualitas langit malam menjadi faktor utama dalam menentukan potensi suatu wilayah sebagai destinasi astroturisme yang dapat diukur secara

¹⁹² Machzumy Machzumy and Muhammad Ihsan, 'Pendampingan Astrotourism Untuk Meningkatkan Moderasi Beragama Masyarakat Desa Tanoh Alas Aceh Tenggara Menggunakan Pendekatan Asset Based Community Development', *PengabdianMu: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 9.11 (2024), doi:10.33084/pengabdianmu.v9i11.7992.

¹⁹³ Bunga Puspita Sari and others, 'Strategi Pengembangan Wisata Astronomi Di Desa Warnasari Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung, Jawa Barat', *Jurnal Destinasi Pariwisata*, 14.1 (2026).

¹⁹⁴ Abraham Mendoza, 'Astrotourism', in *Encyclopedia of Tourism* (Cham: Springer Nature Switzerland, 2024), pp. 61–62, doi:10.1007/978-3-030-74923-1_860.

kuantitatif menggunakan alat Sky Quality Meter ^{195,196}. Dalam konteks ini, wilayah Maumere di Kabupaten Sikka, Nusa Tenggara Timur, memiliki potensi yang cukup besar karena secara geografis berada jauh dari pusat kota besar serta memiliki tingkat pencahayaan buatan yang relatif rendah dibandingkan dengan wilayah metropolitan.

Kecerahan langit malam dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain polusi cahaya, kondisi atmosfer, serta karakteristik geografis suatu wilayah^{197,198}. Polusi cahaya yang berasal dari lampu jalan, bangunan, dan aktivitas manusia dapat meningkatkan kecerahan langit sehingga mengurangi visibilitas objek astronomi^{199,200}. Kondisi tersebut berdampak langsung terhadap kualitas pengamatan langit malam, baik untuk kepentingan ilmiah

¹⁹⁵ Hariyadi Putraga, Arwin Juli Rakhmadi, and Muhammad Dimas Firdaus, 'Pengukuran Kecerahan Langit Malam Dan Polusi Cahaya Di Provinsi Sumatera Utara', *SNFA (Seminar Nasional Fisika Dan Aplikasinya)* (Surakarta), 2022, pp. 26–34 <<https://jurnal.uns.ac.id/prosidingsnfa/article/view/71953>>.

¹⁹⁶ Nur Amy Syahira Mohd Hailmy and Aimi Musa, 'The Impact of Light Pollution on Night Sky at the Potential Astrotourism Site in Johor Bahru: A Feasibility Study', *Journal of Physics: Conference Series*, 2915.1 (2024), doi:10.1088/1742-6596/2915/1/012005.

¹⁹⁷ John C. Barentine, 'Night Sky Brightness Measurement, Quality Assessment and Monitoring', in *Nature Astronomy*, no. 10, 2022, VI, doi:10.1038/s41550-022-01756-2.

¹⁹⁸ Magevira Magevira, 'Problematika Astronomical Twilight Dalam Penentuan Awal Waktu Subuh Di Indonesia', *Astroislamica: Journal of Islamic Astronomy*, 4.1 (2025), pp. 40–61, doi:10.47766/astroislamica.v4i1.3468.

¹⁹⁹ Kameshwari Pothukuchi, 'City Light or Star Bright: A Review of Urban Light Pollution, Impacts, and Planning Implications', *Journal of Planning Literature*, 36.2 (2021), doi:10.1177/0885412220986421.

²⁰⁰ Thanos Balafoutis and others, 'Light Pollution Beyond the Visible: Insights from People's Perspectives', *Urban Science*, 9.7 (2025), p. 251, doi:10.3390/urbansci9070251.

maupun wisata ^{201,202}. Oleh karena itu, pengukuran kecerahan langit menjadi langkah penting dalam mengidentifikasi tingkat kelayakan suatu lokasi untuk kegiatan observasi astronomi dan pengembangan astroturisme.

Secara geografis, Maumere terletak pada koordinat sekitar 8°37'20" LS dan 122°13'22", dengan karakteristik wilayah pesisir yang relatif terbuka serta jauh dari sumber pencahayaan intensif. Kondisi ini berpotensi menghasilkan langit malam yang lebih gelap sehingga memungkinkan pengamatan objek langit seperti Bima Sakti dan bintang-bintang redup secara lebih jelas. Selain itu, dalam bidang astronomi, kemampuan mata manusia untuk mengamati objek langit yang redup dinyatakan dalam parameter Naked Eye Limiting Magnitude (NELM), yang menunjukkan batas magnitudo bintang terlemah yang masih dapat diamati tanpa alat bantu optik. Semakin tinggi nilai NELM, semakin baik kualitas langit malam di suatu lokasi.

Meskipun memiliki potensi geografis yang mendukung, hingga saat ini belum tersedia data ilmiah yang mendokumentasikan tingkat kecerahan langit malam di wilayah Maumere secara kuantitatif. Data kualitas langit dan astroturisme di Indonesia masih didominasi oleh lokasi-lokasi tertentu seperti kawasan pegunungan atau

²⁰¹ Dajana Bjelajac, Bojan Derčan, and Sanja Kovačić, 'Dark Skies and Dark Screens as a Precondition for Astronomy Tourism and General Well-Being', *Information Technology and Tourism*, 23.1 (2021), doi:10.1007/s40558-020-00189-9.

²⁰² J. Adam Beeco and others, 'Support for Management Actions to Protect Night Sky Quality: Insights from Visitors to State and National Park Units in the U.S.', *Journal of Environmental Management*, 345 (2023), doi:10.1016/j.jenvman.2023.118878.

observatorium yang telah berkembang²⁰³. Di sisi lain, perkembangan wilayah, peningkatan penerangan jalan, serta aktivitas pembangunan di daerah pesisir berpotensi meningkatkan polusi cahaya yang dapat menurunkan kualitas langit malam²⁰⁴. Ketiadaan data dasar mengenai kondisi langit malam di Maumere menjadi kendala dalam merancang pengembangan astroturisme berbasis sains secara terarah dan berkelanjutan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, pengamatan ini dilakukan untuk mengevaluasi kualitas langit malam di wilayah Maumere menggunakan Sky Quality Meter (SQM) sebagai alat ukur utama. Hasil pengukuran kemudian dikonversi ke dalam parameter Naked Eye Limiting Magnitude (NELM) dan diklasifikasikan berdasarkan skala Bortle untuk mengetahui tingkat kegelapan langit. Selain itu, pengamatan ini juga bertujuan untuk menganalisis potensi pengembangan astroturisme berdasarkan kondisi aktual langit malam pada beberapa lokasi strategis, yaitu Pantai Pinter Asia dan Tanjung Kajuwulu.

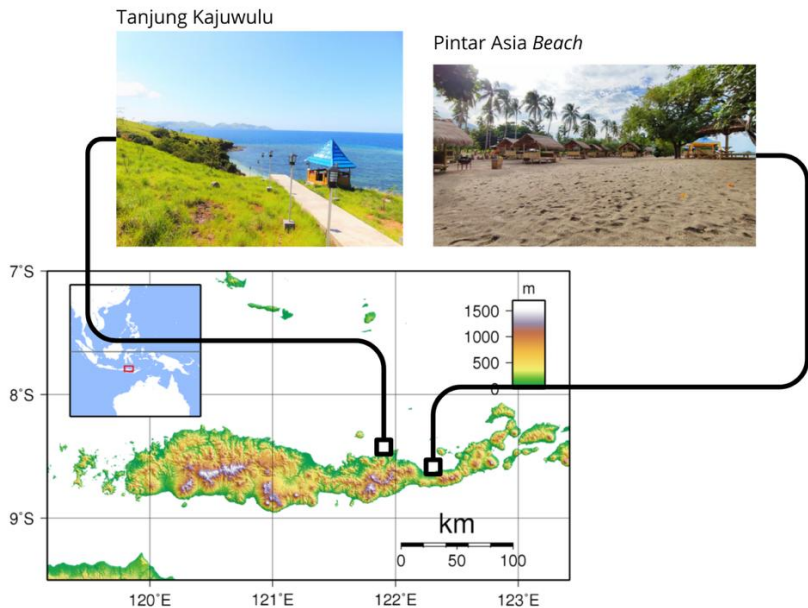
Profil Lokasi

Pengamatan ini dilaksanakan di dua lokasi yaitu Pantai Pinter Asia dan Tanjung Kajuwulu (Gambar 1). Pemilihan

²⁰³ Md. Omar Sarif and Sumalya Ray, 'Examining the Suitability of Potential Astronomical Tourism Sites for Sustainable Development Using Geospatial Technology', 2024, doi:10.2139/ssrn.4988759.

²⁰⁴ Moisés A. Aguilera and María Gracia González, 'Urban Infrastructure Expansion and Artificial Light Pollution Degrade Coastal Ecosystems, Increasing Natural-to-Urban Structural Connectivity', *Landscape and Urban Planning*, 229 (2023), doi:10.1016/j.landurbplan.2022.104609.

lokasi dilakukan secara purposive dengan mempertimbangkan aksesibilitas, kondisi langit yang terbuka, serta variasi tingkat pencahayaan lingkungan. Pengamatan dilaksanakan pada bulan Februari hingga Maret 2026, dengan pengambilan data utama dilakukan pada tanggal 28 Februari sampai 3 Maret 2026 pada pukul 19.00–22.00 WITA.



Gambar 1. Lokasi Pengamatan (Pintar Asia Beach dan Tanjung Kajuwulu)

Untuk memberikan gambaran karakteristik lokasi pengamatan, profil masing-masing lokasi disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Profil Lokasi Pengamatan

Lokasi	Koordinat	Profil Lokasi
Pintar Asia Beach	8°34'24.93 "S 122°10'25.48 "E	Pedesaan
Tanjung Kajuwulu	8°31'23.23 "S 122°03'5903 "E	Pedesaan

Hasil pengamatan ini dianalisis menggunakan metode kuantitatif deskriptif yang bertujuan untuk menggambarkan tingkat kecerahan langit malam berdasarkan data numerik yang diperoleh dari pengukuran menggunakan *Sky Quality Meter* (SQM). Data yang diperoleh kemudian diinterpretasikan menggunakan Skala Bortle dan dikonversi ke dalam nilai *Naked Eye Limiting Magnitude* (NELM) untuk menentukan kategori kegelapan langit. Pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran langsung menggunakan *Sky Quality Meter* (SQM) tipe LU-DL yang terhubung dengan perangkat lunak Unihedron Device Manager. Alat diarahkan ke zenit untuk meminimalkan gangguan cahaya buatan. Pengukuran dilakukan setiap 1 menit selama 4 jam (19.00–22.00 WITA), sehingga diperoleh 240 data pada setiap lokasi. Selain itu, dicatat pula kondisi cuaca, pencahayaan lingkungan, serta koordinat lokasi. Instrumen pendukung yang digunakan meliputi *GPS/Google Earth*, lembar observasi, dan kamera untuk dokumentasi visual. Selain pengukuran kecerahan langit, data potensi astroturisme dikumpulkan menggunakan lembar observasi terpadu yang terdiri dari 20 indikator yang mencakup tiga aspek utama, yaitu observasi visual langit malam, observasi lingkungan lokasi, dan interpretasi ilmiah berdasarkan hasil SQM. Setiap indikator dinilai menggunakan skala 1–3 yang

menunjukkan tingkat dukungan terhadap kegiatan astroturisme.

Data hasil pengukuran SQM terlebih dahulu dikelompokkan berdasarkan lokasi dan waktu pengamatan, kemudian dihitung nilai rata-ratanya menggunakan persamaan berikut:

$$\hat{X} = n \sum Xi \quad (1)$$

Nilai rata-rata SQM kemudian dikonversi menjadi NELM menggunakan persamaan empiris berikut:

$$NELM = 7.93 - 5 \log_{10} \left(10^{\left(4.316 - \frac{Bmpsas}{5} \right)} + 1 \right) \quad (2)$$

Selanjutnya, hasil pengukuran diklasifikasikan menggunakan Skala Bortle untuk menentukan kategori kualitas langit malam.

Analisis potensi astroturisme dilakukan dengan metode skoring evaluatif berdasarkan 20 indikator. Skor total dihitung menggunakan rumus:

$$S = \sum_{i=1}^n x_i \quad (3)$$

Skor maksimum ditentukan dengan:

$$S_{max} = n \times 3$$

Persentase kelayakan lokasi dihitung menggunakan rumus:

$$P = \frac{S}{S_{max}} \times 100\% \quad (4)$$

Hasil persentase kemudian diklasifikasikan berdasarkan kriteria pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Persentase Kelayakan Lokasi Astroturisme

Persentase (%)	Kategori Kelayakan
81 - 100	Sangat Potensial
61 - 80	Potensial
41 - 60	Cukup Potensial
21 - 40	Kurang Potensial
0 - 20	Tidak Potensial

Selain analisis kuantitatif, dilakukan pula analisis deskriptif naratif untuk menjelaskan kondisi langit malam, tingkat polusi cahaya, keamanan lokasi, aksesibilitas, serta keterlihatan objek astronomi. Pendekatan ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai hubungan antara kualitas langit malam dan potensi pengembangan astroturisme.

Hasil Dan Pembahasan

1. Deskripsi Lokasi Pengamatan

Pengamatan ini dilaksanakan pada dua lokasi pesisir di wilayah Maumere, yaitu Pantai Pintar Asia dan Tanjung Kajuwulu. Pengambilan data dilakukan pada malam hari pukul 19.00–22.00 WITA dalam kondisi langit cerah untuk memastikan kualitas pengamatan yang optimal.

Pantai Pintar Asia terletak sekitar 8,7 km dari pusat Kota Maumere dan berada di kawasan pesisir yang relatif dekat dengan permukiman penduduk. Keberadaan lampu jalan dan aktivitas masyarakat memberikan kontribusi terhadap pencahayaan buatan dengan intensitas sedang. Namun demikian, horizon bagian barat dan utara terbuka langsung ke arah laut sehingga tidak terdapat hambatan visual yang signifikan.

Sementara itu, Tanjung Kajuwulu berada pada jarak sekitar 25,4 km dari pusat kota dan memiliki karakteristik lingkungan yang lebih alami serta jauh dari permukiman padat. Sumber cahaya buatan sangat terbatas dan tersebar dengan jarak yang jauh. Area pengamatan memiliki horizon terbuka ke arah laut dan perbukitan rendah dengan tingkat aktivitas malam yang sangat rendah, sehingga mendukung kondisi langit yang lebih gelap.

Untuk memperjelas karakteristik lokasi pengamatan, disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Deskripsi Lokasi Pengamatan

No	Lokasi	Koordinat	Kondisi Lingkungan	Jarak dari Kota (km)
1	Pantai Pintar Asia	8°34'24.93"S 122°10'25.48"E	Pedesaan, langit cerah, relatif minim lampu	8,7
2	Tanjung Kajuwulu	8°31'23.23"S 122°03'59.03"E	Pedesaan, langit cerah, jauh dari penerangan kota	25,4

Secara umum, kedua lokasi memiliki kondisi lingkungan yang mendukung pengamatan langit malam, terutama karena berada di wilayah pesisir terbuka dengan tingkat polusi cahaya yang relatif rendah.

2. Hasil Pengukuran *Sky Quality Meter* (SQM)

Pengukuran kecerahan langit dilakukan menggunakan alat *Sky Quality Meter* (SQM) dengan empat kali pengulangan pada masing-masing lokasi.

a. Pantai Pintar Asia

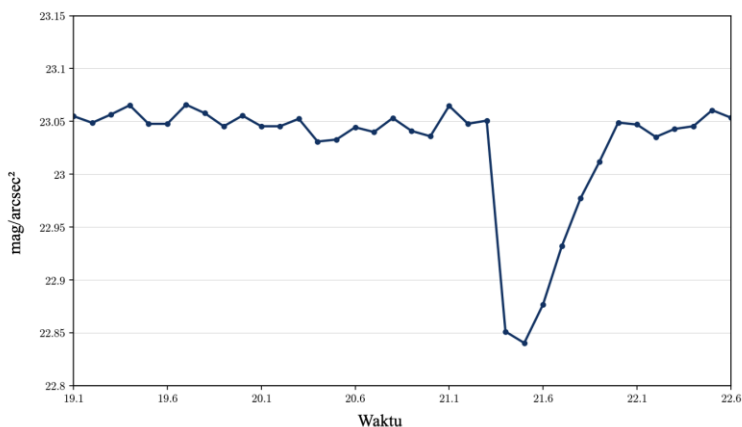
Pengukuran kecerahan langit dilakukan menggunakan *Sky Quality Meter* (SQM) pada malam hari dengan interval satu jam untuk mengetahui perubahan tingkat kecerahan. Hasil pengukuran di Pantai Pintar Asia disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Pengukuran SQM di Pantai Pinter Asia

No	Waktu (WITA)	Nilai SQM (mag/arcsec ²)
1	19.00	23,01
2	20.00	23,08
3	21.00	23,01
4	22.00	23,01

Berdasarkan Tabel 4, nilai kecerahan langit di Pantai Pinter Asia berada pada kisaran 23,01–23,08 mag/arcsec², dengan nilai tertinggi terjadi pada pukul 20.00 WITA. Sementara itu, pada pukul 19.00, 21.00, dan 22.00 WITA nilai yang diperoleh relatif sama, yaitu 23,01 mag/arcsec².

Secara umum, hasil ini menunjukkan bahwa kondisi langit tergolong gelap dengan fluktuasi yang kecil selama pengamatan. Untuk memperjelas pola perubahan tersebut, data juga disajikan pada Gambar 2 yang menunjukkan hubungan antara waktu pengamatan dan nilai SQM.



Gambar 2. Grafik Pengukuran SQM Pantai Pinter Asia

Berdasarkan Gambar 2, nilai *Sky Quality Meter* (SQM) selama pengamatan pukul 19.10–22.60 WITA menunjukkan fluktuasi kecil pada kisaran 22,91–23,11 mag/arcsec². Pada awal pengamatan, nilai sekitar 22,99 mag/arcsec² menandakan langit sudah cukup gelap, kemudian meningkat hingga mencapai kondisi paling optimal pada pukul 20.40–21.00 WITA dengan nilai sekitar 23,10–23,11 mag/arcsec².

Setelah itu, terjadi penurunan sementara hingga sekitar 22,91 mag/arcsec² yang kemungkinan dipengaruhi oleh faktor atmosfer atau pencahayaan sekitar, sebelum kembali meningkat dan kemudian menurun perlahan hingga akhir pengamatan. Secara umum, kisaran nilai tersebut menunjukkan bahwa kualitas langit malam tergolong sangat baik dengan polusi cahaya rendah, sehingga mendukung pengamatan objek astronomi dan berpotensi tinggi untuk pengembangan astroturisme, terutama pada waktu kondisi langit paling optimal.

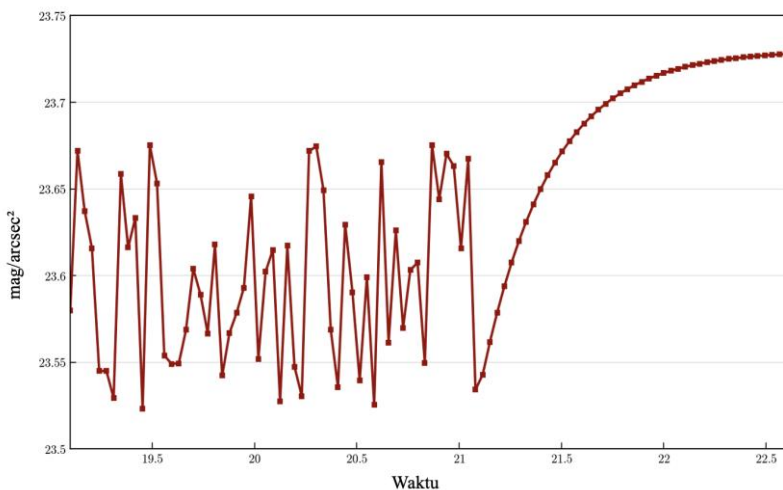
b. Tanjung Kajuwulu

Pengukuran kecerahan langit di Tanjung Kajuwulu dilakukan menggunakan *Sky Quality Meter* (SQM) pada malam hari dengan interval satu jam untuk mengetahui kondisi dan perubahan kecerahan langit. Hasil pengukuran nilai SQM di lokasi ini disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Pengukuran SQM di Tanjung Kajuwulu

No	Waktu (WITA)	Nilai SQM (mag/arcsec ²)
1	19.00	23,70
2	20.00	23,60
3	21.00	23,60
4	22.00	23,70

Berdasarkan Tabel 5, nilai kecerahan langit di Tanjung Kajuwulu berada pada kisaran 23,60–23,70 mag/arcsec². Nilai tertinggi tercatat pada pukul 19.00 dan 22.00 WITA, sedangkan pada pukul 20.00 dan 21.00 WITA sedikit lebih rendah, yaitu 23,60 mag/arcsec². Hasil ini menunjukkan bahwa kondisi langit tergolong gelap dengan fluktuasi yang kecil selama pengamatan. Untuk memperjelas pola perubahan tersebut, data juga disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 3 yang menunjukkan hubungan antara waktu pengamatan dan nilai SQM.



Gambar 3. Grafik Pengukuran SQM Tanjung Kajuwulu

Berdasarkan Gambar 3, nilai kecerahan langit di Tanjung Kajuwulu selama pengamatan berada pada kisaran 23,58–23,73 mag/arcsec² dengan fluktuasi yang relatif kecil. Pada awal pengamatan, nilai SQM sudah menunjukkan kondisi langit yang gelap, kemudian mengalami sedikit penurunan pada beberapa waktu akibat faktor atmosfer seperti awan tipis atau kelembapan udara. Setelah itu, nilai kembali meningkat dan mencapai kondisi paling optimal

pada rentang waktu sekitar 22.00–22.60 WITA dengan nilai tertinggi mencapai 23,72–23,73 mag/arcsec².

Tingginya nilai SQM menunjukkan bahwa kualitas langit malam di Tanjung Kajuwulu tergolong sangat baik dengan tingkat polusi cahaya yang sangat rendah. Kondisi ini memungkinkan pengamatan objek astronomi seperti rasi bintang dan Bima Sakti dengan sangat jelas, sehingga lokasi ini sangat potensial untuk pengembangan astroturisme. Dengan rata-rata nilai SQM yang diperoleh disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata Nilai SQM

Lokasi	Rata-rata SQM
Pantai Pintar Asia	23,03
Tanjung Kajuwulu	23,65

Berdasarkan Tabel 6, rata-rata nilai kecerahan langit yang diukur menggunakan *Sky Quality Meter* (SQM) menunjukkan bahwa lokasi Tanjung Kajuwulu memiliki nilai rata-rata sebesar 23,65 mag/arcsec², sedangkan Pantai Pintar Asia memiliki nilai rata-rata sebesar 23,03 mag/arcsec². Nilai tersebut menunjukkan bahwa kondisi langit di Tanjung Kajuwulu cenderung lebih gelap dibandingkan dengan Pantai Pintar Asia, sehingga tingkat polusi cahaya di lokasi Tanjung Kajuwulu relatif lebih rendah. Secara umum, kedua lokasi memiliki nilai kecerahan langit yang cukup baik untuk kegiatan pengamatan langit malam.

3. Konversi Nilai SQM ke NELM

Nilai *Sky Quality Meter* (SQM) yang diperoleh dari hasil observasi selanjutnya dikonversi ke dalam satuan *Naked Eye Limiting Magnitude* (NELM) untuk mengetahui batas magnitudo bintang teredup yang masih

dapat diamati dengan mata telanjang pada masing-masing lokasi.

Hasil konversi menunjukkan nilai NELM beserta kategori kualitas langit berdasarkan Skala Bortle yang disajikan pada Tabel 7.

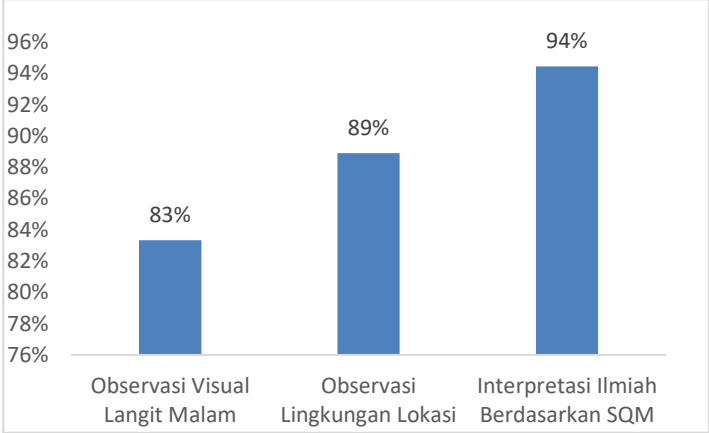
Tabel 7. Hasil Konversi Nilai SQM ke NELM dan Kategori Langit

Lokasi	SQM Rata-rata (mag/a rcsec ²)	NELM	Kategori Langit (Skala Bortle)
Pantai Pintar Asia	23,03	7,03	<i>Typical truly dark site</i> (Langit benar-benar gelap, hanya sedikit polusi cahaya)
Tanjung Kajuwulu	23,65	7,22	<i>Typical truly dark site</i> (Langit benar-benar gelap, hanya sedikit polusi cahaya)

Berdasarkan hasil konversi, kedua lokasi termasuk dalam Kelas Bortle 2, yaitu kategori *Typical truly dark site* (langit benar-benar gelap dengan hanya sedikit polusi cahaya). Nilai NELM yang berada pada rentang 7,0–7,5 menunjukkan bahwa bintang-bintang redup masih dapat diamati dengan sangat jelas menggunakan mata telanjang, serta struktur objek langit seperti pita Bima Sakti tampak kontras dan detail.

4. Analisis Potensi Astroturisme Berdasarkan Observasi Lapangan

Analisis potensi astroturisme dilakukan menggunakan instrumen observasi terpadu yang terdiri dari 20 indikator dengan skala penilaian 1–3, yang mencakup aspek observasi visual langit malam, kondisi lingkungan lokasi, serta interpretasi ilmiah berdasarkan data *Sky Quality Meter* (SQM). Hasil penilaian dari ketiga aspek tersebut disajikan pada Gambar 4 untuk menyajikan tingkat dukungan masing-masing komponen terhadap pengembangan astroturisme di lokasi pengamatan.



Gambar 4. Grafik Observasi Lapangan

Berdasarkan diagram, aspek observasi visual langit malam memperoleh nilai 83%, yang menunjukkan bahwa kondisi langit cukup baik dan mendukung pengamatan objek astronomi meskipun masih terdapat sedikit gangguan seperti cahaya buatan atau faktor atmosfer. Aspek observasi lingkungan lokasi memperoleh nilai 89%, menandakan bahwa kondisi lingkungan sangat mendukung dengan horizon terbuka, minimnya hambatan visual, dan rendahnya aktivitas manusia pada malam hari.

Sementara itu, aspek interpretasi ilmiah berdasarkan data SQM memperoleh nilai tertinggi sebesar 94%, yang menunjukkan bahwa kualitas langit malam tergolong sangat baik dengan tingkat polusi cahaya yang rendah. Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan bahwa lokasi pengamatan memiliki potensi yang sangat tinggi untuk dikembangkan sebagai destinasi astroturisme.

Kualitas langit malam yang baik tidak hanya memiliki nilai ilmiah dan wisata, tetapi juga berkontribusi pada penguatan tradisi pengamatan fenomena langit sebagai bagian dari refleksi kosmologis dan pengembangan ilmu falak. Langit yang gelap dan minim polusi cahaya memungkinkan pengamatan benda langit secara lebih jelas, dan dapat dimanfaatkan sebagai media edukasi untuk memahami keteraturan alam semesta sebagai tanda kebesaran Tuhan. Dengan demikian, kondisi langit malam di Maumere tidak hanya mendukung pengembangan astroturisme berbasis sains, tetapi juga memiliki relevansi dalam pengembangan literasi astronomi Islam yang mengintegrasikan aspek observasi empiris dan nilai-nilai spiritual.

Penutup

Berdasarkan hasil pengamatan, kedua lokasi, yaitu Pantai Pintar Asia dan Tanjung Kajuwulu, memiliki kualitas langit malam yang sangat baik dengan nilai rata-rata SQM masing-masing sebesar 23,03 dan 23,65 mag/arcsec². Hasil konversi ke nilai NELM menunjukkan angka 7,03 dan 7,22, yang menandakan bahwa bintang-bintang redup dapat diamati dengan jelas menggunakan mata telanjang. Berdasarkan Skala Bortle, kedua lokasi termasuk dalam kategori Kelas 2 (*typical truly dark site*), yang menunjukkan kondisi langit sangat gelap dengan tingkat polusi cahaya yang rendah. Analisis potensi astroturisme

menunjukkan bahwa kedua lokasi berada dalam kategori sangat potensial, didukung oleh kondisi langit yang gelap, lingkungan yang relatif alami, serta hasil pengukuran ilmiah yang konsisten. Tanjung Kajuwulu memiliki kualitas langit yang lebih unggul dibandingkan dengan Pantai Pinter Asia, sehingga lebih direkomendasikan sebagai lokasi utama pengembangan astroturisme. Namun demikian, Pantai Pinter Asia tetap memiliki keunggulan dari sisi aksesibilitas dan kemudahan pengembangan fasilitas wisata.

Temuan ini menunjukkan bahwa kualitas langit malam di Maumere memiliki nilai strategis sebagai media edukasi ilmu falak yang berbasis observasi langsung. Kondisi langit yang gelap dan minim polusi cahaya memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam terhadap fenomena langit sebagai bagian dari keteraturan kosmos, yang dalam tradisi Islam sering dijadikan sarana refleksi ilmiah dan spiritual. Oleh karena itu, pengembangan astroturisme di wilayah ini tidak hanya berpotensi meningkatkan sektor pariwisata berbasis sains, tetapi juga dapat diintegrasikan dengan penguatan literasi astronomi yang menghubungkan pengamatan empiris dan nilai-nilai keilmuan.

The Historical Evolution and Human Resource Development of Falak Observatories in Malaysia

Hilman Shahmeer Mohamed Azmi¹, Roslan Umar², Ahmad Lutfi Afifi Mohd Nasir³

^{1,2,3} East Coast environmental Research Insitute (ESERI),
Universiti Sultan Zainal Abidin (UniSZA), 21300, Kuala
Nerus, Terengganu, Malaysia

**roslan@unisza.edu.my*

Introduction

An observatory, known in Arabic as al-marsad, is a specialised institution established for the systematic observation and recording of celestial bodies. In the Islamic tradition, observatories held a significance that transcended the purely scientific: they were fundamentally institutions of Ibadah (worship), constructed in direct service of the faith. The determination of prayer times, the Qiblah direction, and the Hijri calendar, all pillars of Muslim daily life, required precise celestial observation, giving Islamic observatories both institutional authority and communal relevance.²⁰⁵

In Malaysia, the field of Falak (Islamic astronomy) has undergone a remarkable transformation over the past century. What began as informal crescent sightings

²⁰⁵ Aydin Sayili, *The Observatory in Islam and Its Place in the General History of the Observatory* (Ankara: Turkish Historical Society, 1960), p. 5.

(rukyah) conducted by religious scholars using rudimentary tools such as the gawang (observation window) has evolved into a sophisticated state enterprise supported by world-class instrumentation and federal research facilities.²⁰⁶ Yet despite this physical progress, the sector confronts a persistent structural challenge: the underdevelopment of its human resources.²⁰⁷

This chapter fulfils three objectives: first, it traces the historical trajectory of Falak observatories in Malaysia from 1934 to the present; second, it analyses HRD challenges that have characterised these institutions throughout their history; and third, it proposes a strategic framework drawing on Islamic epistemological values and modern HRD theory to ensure the long-term sustainability of these institutions.

The Legacy of Observatories in the Islamic Golden Age.

The history of systematic astronomical observation in Islam begins in the early ninth century under Abbasid Caliph al-Ma'mun, who commissioned the Shammasiyah Observatory in Baghdad around 828 CE. This institution moved beyond simple observation to become a research centre where scholars recorded planetary movements in astronomical tables known as Zij.²⁰⁸ Al-Ma'mun's

²⁰⁶ Sharifah Shazwani Syed Mohamed, Ibnor Azli Ibrahim, Mohd Hafiz Safiai, Mohd Ali Mohd Noor & Ros Maimunah Haji Yahya Zikri, 'Balai Cerap Astrofiqh dan Prospek Pulangan Ekonomi di Malaysia', in *Prosiding Persidangan Antarabangsa Falak di Dunia Islam* (Kajang: Persatuan Falak Syar'i Malaysia, 2016), p. 180.

²⁰⁷ *Sejarah Balai Cerap di Malaysia: Kajian Isu-Isu Pembangunan Sumber Manusia* (PhD Thesis, University of Malaya, 2015), pp. 5-7.

²⁰⁸ Hairudin Harun, *Daripada Sains Yunani kepada Sains Islam* (Kuala Lumpur: Penerbit Universiti Malaya, 2004), pp. 12-15.

observatories were driven by both practical and ideological motivations: the court required precise astronomical data for administering the Islamic calendar, while the Mu'tazilite rationalist orientation of the court encouraged empirical inquiry as a religious duty.

The apogee of this tradition was reached with the Maragha Observatory (1259 CE), directed by the polymath Nasir al-Din al-Tusi (1201–1274 CE). Functioning as a national academy of science, it combined a vast library, a team of specialised researchers drawn from across the Islamic world, and a programme of coordinated astronomical investigation.²⁰⁹ Its organisational structure featured a senior director overseeing specialised researchers, instrument-makers, and scribes with clearly delineated responsibilities, a system that allowed the production of the *Zij-i Ilkhani*, tables that remained authoritative for over two centuries. Financed through waqf (endowment) revenues, Maragha was the first observatory to sustain operations beyond the lifetime of individual patrons.²¹⁰

Al-Tusi's theoretical reforms, including the 'Tusi couple' (a geometric device resolving inconsistencies in Ptolemaic planetary models), demonstrated that Islamic astronomers actively advanced rather than merely preserved Greek knowledge. These innovations later influenced Copernicus, underscoring the global significance of Islamic observatory science.²¹¹ The tradition was continued through the Samarkand Observatory of

²⁰⁹ F. Jamil Ragep, *Nasir al-Din al-Tusi's Memoir on Astronomy* (New York: Springer, 1993), pp. 34–40.

²¹⁰ Sayili, *The Observatory in Islam*, pp. 187–223; also Hairudin Harun, Daripada Sains Yunani, pp. 34–36.

²¹¹ George Saliba, *Islamic Science and the Making of the European Renaissance* (Cambridge, MA: MIT Press, 2007), pp. 193–232.

Ulugh Beg (15th century) and the Istanbul Observatory of Taqi al-Din (1577), both of which reinforced the model of the observatory as an organised community of scholars rather than a collection of instruments.²¹²

The Historical Roots of Falak in the Malay World.

The transmission of Falak knowledge to the Malay Archipelago was inseparable from the spread of Islam. The Terengganu Inscription Stone (Batu Bersurat Terengganu), dated 1303 CE, contains references to Hijri calendar dates and the constellation Saratan (Cancer), confirming that Islamic astronomical literacy had penetrated the Malay royal courts by the fourteenth century.²¹³ For several centuries thereafter, Falak was preserved and transmitted through the pondok and madrasah educational networks, where senior scholars trained students in classical Arabic astronomical texts as a religious duty inseparable from broader Islamic scholarship.²¹⁴

The modern institutionalisation of Falak in Malaysia is dated to 1934, when Syed Alwi bin Tahir al-Haddad conducted the first state-sanctioned crescent sighting from the Sultan Abu Bakar Mosque tower in Johor Bahru. At that time, sighting was performed with the naked eye and

²¹² For Samarkand: Sayili, *The Observatory in Islam*, pp. 260–289; for Istanbul: Sayili, pp. 290–310. See also Saliba, *Islamic Science*, pp. 105–130.

²¹³ Mohammad Ilyas, *Astronomy of Islamic Calendar* (Kuala Lumpur: A.S Noordeen, 1997), p. 17.

²¹⁴ Iknor Azli Ibrahim, 'Balai Cerap Astrofiqh di Malaysia: Kesenambungan Ilmu Falak Syarie Dari Asia Barat', *International Journal of West Asian Studies*, 5.2 (2013), p. 36.

the traditional gawang.²¹⁵ This event established the template for the subsequent governance of Falak across Malaysia, embedding the management of Islamic timekeeping firmly within the authority of the Mufti's office.

By the 1970s, the Department of Survey and Mapping Malaysia (JUPEM) introduced theodolites into the rukyah process, and telescopes were adopted in 1979 when a seven-member Rukyah Committee under Dato' Dr Haron Din was appointed to investigate difficulties in crescent sighting.²¹⁶ This shift from unaided observation to precision instrumentation marked the beginning of a fundamental epistemological transformation in Malaysian Falak that would accelerate dramatically in the following decades.

The Proliferation of Modern Observatories in Malaysia

The late twentieth century witnessed a remarkable proliferation of observatory construction across Malaysia. These may be classified into four categories: federal official observatories; state-run balai cerap astrofiqh administered by State Mufti Departments; university-affiliated research facilities; and private or amateur observatories.²¹⁷ The

²¹⁵ Ilyas, *Astronomy of Islamic Calendar*, p. 10; and Sharifah Shazwani et al., 'Balai Cerap Astrofiqh', p. 180.

²¹⁶ Mohammaddin Abdul Niri, Mohd Saiful Anwar Mohd Nawawi, Khadijah Ismail, Raihana Abdul Wahab and Nurul Huda Ahmad Zaki, 'Kesan Penggunaan Hitungan Astronomi Dan Alatan Moden Dalam Cerapan Hilal Di Malaysia', *Jurnal Fiqh*, 9 (2012), p. 48.

²¹⁷ 'Sejarah Balai Cerap di Malaysia' (PhD Thesis), pp. 15–18. The four categories are: federal official observatories; state-run balai cerap astrofiqh; university-affiliated facilities; and private/amateur observatories.

following sections examine the five most significant state-level and federal facilities in historical sequence.

Sheikh Tahir Astronomy Centre, Penang (1991). Established in 1991 and named in honour of Sheikh Tahir Jalaluddin al-Azhari (1869–1956), Malaysia's pioneering Islamic astronomer, this oldest official state observatory was built on a strategic coastal site for reliable crescent sighting. ²¹⁸Over three decades it has evolved into a research hub collaborating with Universiti Sains Malaysia (USM), serving as a model for integrating state religious authority with academic research.

KUSZA Observatory (UniSZA), Terengganu (1994). Established as a training and research centre, its early history illustrates the sector's most persistent vulnerability. The facility experienced serious difficulties due to a shortage of skilled personnel and recurring telescope breakdowns.²¹⁹ When its founding expert departed, instruments fell into disuse, a classic example of the 'one-man show' problem, because no succession mechanism had been established.²²⁰

Al-Khawarizmi Astronomy Complex, Malacca (2002). Built by the Malacca state government at a cost of RM2.5 million and named for the ninth-century Islamic mathematician, this complex integrates an observatory,

²¹⁸ Mohd Zambri Zainuddin, 'Institusi Balai Cerap: Peranannya dalam Pendidikan, Penyelidikan dan Pelancongan', Kertas Kerja Seminar Penghayatan Ilmu Falak, Melaka, 7–8 April 2002, p. 4.

²¹⁹ Asmida Binti Awang, 'Balai Cerap KUSZA di Bukit Merang, Setiu, Terengganu: Kajian Khusus Tentang Peranan dan Aktiviti' (Latihan Ilmiah, Akademi Pengajian Islam, Universiti Malaya, 2011), p. 91.

²²⁰ 'Sejarah Balai Cerap di Malaysia' (PhD Thesis), pp. 7–9; also interview data from Baharuddin Zainal (UniSZA) recorded in the same thesis, p. 90.

planetarium, and training centre.²²¹ It has been notably successful in developing an astrotourism programme attracting school groups and the general public, generating supplementary revenue to partly offset chronic underfunding.

Langkawi National Observatory (LNO) (2006). Operating under the National Space Agency (ANGKASA), the LNO is Malaysia's primary facility for professional astronomical research, focusing on solar physics and stellar monitoring via robotic telescope systems.²²² Despite its technological sophistication, it has also faced HRD challenges, particularly retaining researchers with the specialised expertise its instrumentation requires.²²³

Baitul Hilal Complex, Teluk Kemang (2012). Constructed at a total cost of RM38 million from state and federal allocations, this facility is home to a 24-inch telescope, one of the largest in Southeast Asia, and serves simultaneously as a high-level research facility and the national centre for Islamic lunar calendar determination.²²⁴ The complex integrates Klana Beach Resort Port Dickson (84 rooms), allowing astrotourism programmes to be offered to leisure tourists and creating local employment opportunities.

²²¹ Sharifah Shazwani et al., 'Balai Cerap Astrofiqh', p. 180; the cost (RM2.5 million) is from the same source.

²²² Galeria Astronomi Observatori Malaysia (Putrajaya: Agensi Angkasa Negara, 2009), p. 33.

²²³ 'Sejarah Balai Cerap di Malaysia' (PhD Thesis), p. 8; confirmed by interview with Fairis Asillam (LNO coordinator), 20 May 2013.

²²⁴ Sharifah Shazwani et al., 'Balai Cerap Astrofiqh', pp. 181–182; the RM38 million figure is from p. 182.

Human Resource Development: The Critical Gap

Despite the extraordinary capital investment in physical observatory infrastructure, specialised human capital has consistently lagged behind. The ratio of professional astronomers (holding at least an MSc) to population in Malaysia stands at approximately 1:2.8 million, compared with 1:50,000 in the United States.²²⁵ This disparity constitutes the central structural weakness of Malaysian Islamic astronomy. Three interrelated causes are identifiable.

First, inefficient recruitment and expertise mismatch. Staff at state-level Falak complexes are typically recruited through the Public Service Commission (SPA) or State Secretary's office (SUK), with positions often restricted to state-born applicants. These systems apply standardised civil service criteria that do not account for the specialised nature of Falak work.²²⁶ A graduate market survey at the Academy of Islamic Studies, University of Malaya found that although graduates of Islamic astronomy programmes were considered suitable for observatory management, structural barriers in the SPA and SUK systems prevented them from being placed in these roles.²²⁷ Institutions are thus staffed by individuals

²²⁵ 'Sejarah Balai Cerap di Malaysia' (PhD Thesis), p. 5. The US ratio is given as 1:50,000; the Malaysia ratio is 1:2.8 million.

²²⁶ Zafir Mohd Makhbul and Fazilahwati Abdul Aziz, *Prinsip Pengurusan Sumber Manusia* (Selangor: Leeds Publication, 2011), pp. 45–52.

²²⁷ 'Dokumentasi Kajian Pasaran Graduan Syariah dan Astronomi Islam di Jabatan Fiqh dan Usul', *Akademi Pengajian Islam Universiti Malaya* (2008) – cited in 'Sejarah Balai Cerap di Malaysia' (PhD Thesis), p. 7.

lacking technical competence while trained Falak graduates remain unemployed in their field.

Second, the 'one-man show' phenomenon. There are documented cases of observatories where a single person alone knew how to operate the telescope, without preparing successors or providing proper training to other officers.²²⁸ When such individuals depart, research programmes collapse and institutional knowledge is irretrievably lost.²²⁹ This fragility directly contradicts the organisational resilience of the great Islamic observatories of the Golden Age, which sustained operations across generations through communities of trained scholars.

Third, overlapping duties and research neglect. Trained researchers are routinely required to simultaneously conduct observations, analyse data, maintain telescopes, and manage daytime visitors.²³⁰ The cumulative effect is chronic underproduction of original research, which is precisely the output that would justify the enormous capital investment in observatory infrastructure.²³¹

HRD through Islamic and Modern Theoretical Frameworks

Classical Islamic thought provides a rich conceptual resource for the HRD challenges facing Malaysian Falak observatories. The concept of *Ihsan* (excellence) mandates that every professional role be filled by the most qualified

²²⁸ 'Sejarah Balai Cerap di Malaysia' (PhD Thesis), pp. 8–9; examples include KUSZA Observatory and one documented case from an amateur astronomer's testimony (Shahrin Ahmad, 2014).

²²⁹ Ibid., pp. 90–92.

²³⁰ Ibid., pp. 26–28; also Zainuddin, 'Institusi Balai Cerap', p. 8.

²³¹ Zainuddin, 'Institusi Balai Cerap', p. 8.

individual available, directly challenging recruitment systems that prioritise administrative convenience over scientific competence. The principle of Amanah (trustworthiness) implies that those entrusted with scientific instruments bear an obligation to develop those resources fully, an obligation that administrative overload systematically prevents.²³²

Imam al-Ghazali's argument that ilm (knowledge) must be inseparably united with amal (practice) suggests that training for Falak professionals should be continuous, experiential, and holistic. It should not be a one-time academic credential but rather an ongoing process of deepening competence through active engagement with real research problems.²³³ This resonates directly with the master-apprentice model that sustained the Maragha Observatory's intellectual vitality across generations.

From modern HRD theory, Bandura's Social Learning Theory posits that learning occurs most effectively through observation and modelling of expert behaviour.²³⁴ Applied to Falak observatories, this strongly supports formal mentorship programmes pairing senior astronomers with junior staff, thereby institutionalising knowledge transfer rather than leaving it to chance. Maslow's Hierarchy of Needs further reveals that researchers cannot achieve the self-actualising conditions necessary for original scholarship unless foundational professional needs, including job security, clear career

²³² Hairudin Harun, Daripada Sains Yunani, pp. 88–91.

²³³ Imam al-Ghazali, *Ihya' Ulum al-Din* (Beirut: Dar al-Ma'rifah), vol. 1, pp. 15–20; discussed in 'Sejarah Balai Cerap di Malaysia' (PhD Thesis), pp. 129–131.

²³⁴ Albert Bandura, *Social Learning Theory* (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1977), pp. 22–28.

pathways, and reasonable workloads, are first satisfied.²³⁵ The current HRD environment systematically fails to meet these lower-order needs, preventing the sector from reaching the conditions that sustained research productivity requires.²³⁶

Economic Prospects: Astrotourism

Beyond their religious and research functions, Malaysian Falak observatories possess significant economic potential through astrotourism, which is tourism centred on astronomical observation and the cultural heritage of the night sky.²³⁷ A study by the University of Hawai'i Economic Research Organization (UHERO) demonstrated the scale of this potential: astronomy-related activities in Hawaii generated total expenditure of US\$88.09 million in 2012, contributing US\$52.26 million in income, US\$8.15 million in state taxes, and 1,394 jobs.²³⁸

In Malaysia, two facilities have demonstrated astrotourism viability. The Al-Khawarizmi Astronomy Complex (KFAK) in Malacca attracted 34,253 visitors in 2013 and 28,708 in 2014. The Baitul Hilal Complex at Teluk Kemang (BCTK) received 2,670 visitors in 2013, growing to 4,418 by October 2015, with visitors comprising

²³⁵ Abraham H. Maslow, 'A Theory of Human Motivation', *Psychological Review*, 50.4 (1943), pp. 370–396.

²³⁶ Wan Kamal Mujani, Iknor Azli Ibrahim and Mohd Hafiz Safiai, 'Observatories in Malaysia: Descendants of Islamic Civilization Superiority', *Proceedings of the International Conference on Islamic Civilization* (2012), pp. 1369–1382.

²³⁷ Sharifah Shazwani et al., 'Balai Cerap Astrofiqh', pp. 181–182.

²³⁸ University of Hawai'i Economic Research Organization (UHERO), *The Economic Impact of Astronomy in Hawai'i* (Honolulu: University of Hawai'i, 2014), p. 3.

group observation parties, school students, and hotel guests.²³⁹ Interviews with management at both facilities confirmed their positive contribution to the local tourism economy through hospitality sector effects and local employment creation.²⁴⁰

Realising this potential across Malaysia's broader observatory network, however, requires staff capable of combining deep astronomical knowledge with effective public communication, a combination currently rare in the sector.²⁴¹ Formalising astrotourism revenue into HRD budgets by directing a defined proportion of observatory tourism income into training and professional development could create a sustainable domestic funding stream reducing dependency on annual government allocations.²⁴²

Strategic Framework for HRD in Malaysian Falak Observatories

Drawing on the foregoing analysis, this chapter proposes five strategic recommendations for HRD reform in Malaysian Falak observatories. First, reform recruitment mechanisms. Observatory-specific positions should be filled through competency-based selection processes developed with universities offering Falak programmes, rather than through the generic SPA and SUK civil service systems. Position descriptions should

²³⁹ Sharifah Shazwani et al., 'Balai Cerap Astrofiqh', p. 182 (Tables 1 and 2).

²⁴⁰ Ibid., p. 182, citing interviews with management at KFAK and BCTK (Sharul Nizam, 18 November 2015; Nor Hishamudin Md Akim, 17 November 2015).

²⁴¹ Ibid., p. 183.

²⁴² 'Sejarah Balai Cerap di Malaysia' (PhD Thesis), pp. 114–115, and Sharifah Shazwani et al., 'Balai Cerap Astrofiqh', p. 183.

require demonstrated competency in Islamic astronomy, astronomical computation, and related jurisprudential knowledge.²⁴³

Second, establish formal mentorship programmes. Drawing on Bandura's Social Learning Theory and the classical ustaz-murid tradition, every observatory should pair senior astronomers with junior staff through structured mentorship with defined learning objectives, progress reviews, and knowledge transfer mechanisms, thereby ensuring that every critical competency is held by at least two individuals.²⁴⁴

Third, develop clear career pathways. A national Falak astronomer grading system analogous to academic promotion structures in universities should define transparent criteria for professional advancement based on research output, technical proficiency, and public education contribution. This directly addresses the job insecurity that prevents researchers from reaching Maslow's self-actualising conditions.²⁴⁵

Fourth, implement knowledge management systems. Each observatory should develop a formal knowledge management system comprising research archives, documented operational procedures, and regular knowledge-sharing sessions. A federated national platform

²⁴³ 'Sejarah Balai Cerap di Malaysia' (PhD Thesis), pp. 250–252 (Chapter 5 recommendations).

²⁴⁴ Bandura, Social Learning Theory, pp. 22–28; the ustaz-murid tradition is discussed in 'Sejarah Balai Cerap', pp. 139–145.

²⁴⁵ Maslow, 'A Theory of Human Motivation', pp. 370–396; applied in 'Sejarah Balai Cerap', pp. 152–154.

should facilitate inter-institutional sharing across Malaysia's network of Falak facilities.²⁴⁶

Fifth, formalise astrotourism revenue into HRD funding. A defined proportion of each observatory's tourism income should be directed into its HRD budget, creating a sustainable domestic funding stream. The revenue model demonstrated by KFAK and BCTK provides proof of concept that the sector can support this at meaningful scale.²⁴⁷

Conclusion

The history of Falak in Malaysia is a narrative of remarkable physical achievement shadowed by a persistent human capital deficit. From the pioneering rukyah of Syed Alwi bin Tahir al-Haddad in 1934 through the establishment of the Baitul Hilal Complex as one of Southeast Asia's most technologically advanced facilities, Malaysia has demonstrated sustained political will to invest in the infrastructure of Islamic astronomy. Yet the great Islamic observatories of the Golden Age derived their enduring significance not from their instruments but from their people, namely the communities of scholars sustained at Maragha, Samarkand, and Istanbul by institutional structures that ensured continuity across generations.

²⁴⁶ See the framework proposed in 'Sejarah Balai Cerap di Malaysia' (PhD Thesis), pp. 250–252.

²⁴⁷ Sharifah Shazwani et al., 'Balai Cerap Astrofiqh', pp. 182–183; visitor statistics from KFAK and BCTK.

This chapter has demonstrated that Malaysian Falak observatories face structural HRD challenges including inefficient recruitment, the 'one-man show' vulnerability, administrative overload, and the absence of formal knowledge management systems, all of which collectively threaten the long-term sustainability of this sector. Addressing these challenges requires a renewed engagement with the foundational values of the Islamic scholarly tradition: *Ihsan* in professional endeavours, *Amanah* in appointing the genuinely qualified, and the insistence that *ilm* and *amal*, meaning knowledge and practice, must always advance together.

By harmonising this historical spirit with the insights of contemporary HRD theory, Malaysia has both the institutional foundation and the intellectual heritage to transform its Falak observatories into genuine centres of scientific excellence, repositories of Islamic heritage, and economic assets for the communities they serve. In doing so, they would become worthy successors to the great academies of Maragha, Samarkand, and Istanbul.

The Zodiac in Islam: A Study Based on Islamic Legal Rulings

**Muhammad Mustaqim Zawawi¹, Roslan Umar¹,
Amirul Hazim Kamarulzaman¹, Faqihah Abdul
Samad³, Wan Mohd Yusof Wan Chik², Ahmad
Lutfi Afifi Mohd Nasir¹ & Ahmad Hariz Bely¹**

¹East Coast Environmental Research Institute, Universiti
Sultan Zainal Abidin

²Faculty of Islamic Contemporary Studies, Universiti
Sultan Zainal Abidin

³Academy of Islamic Studies, Universiti Malaya

[*mustaqimzawawi505@gmail.com](mailto:mustaqimzawawi505@gmail.com)

Introduction

Astrological knowledge is among the earliest forms of human engagement with celestial phenomena, combining astronomical observation with astrological interpretation. In Malay society, the Twelve Stars or zodiac have long been part of inherited celestial knowledge. However, its Islamic legal ruling is often discussed generally, without clearly distinguishing between prohibited astrological belief and permissible practical use. This study examines the Twelve Stars from the perspective of Islamic legal rulings and applies the principle of *Sadd al-Dharā'i'*, particularly in relation to prediction and entertainment. Using a qualitative library-

based approach, this study analyses Terjemahan Kitab Bintang Dua Belas, previous studies and expert interview findings. The findings show that the Twelve Stars are prohibited when believed to determine fate, influence human life, or possess causal power. However, they may be permissible when used only as indicators, practical references, or subjects of academic inquiry, while affirming that all outcomes occur by Allah's will and decree.

The historical roots of astrology extend deeply into ancient civilizations, where celestial observations were closely connected with spiritual beliefs, practical applications, and interpretations of earthly events. Originating in Mesopotamia around 2000 BCE, astrology developed as a system for interpreting celestial phenomena and their perceived influence on human life, including behaviour, personality, and destiny.²⁴⁸ Long before astronomy emerged as a formal scientific discipline, knowledge of the universe and the natural world had already existed among various ancient civilizations. Its development was pioneered by the Sumerians and Babylonians before spreading to Greece, Persia, India, China, Arabia, the Maya civilization, Europe and other parts of Asia.²⁴⁹

In early civilizations, the movement of celestial bodies was used for various purposes, including calendrical calculation, navigation and the prediction of life events. This development is closely related to the concept of the

²⁴⁸ A. Kapoor, 'The Influence of Zodiac Signs on Personality Traits: A Cross-Cultural Analysis', *Indian Journal of Astrology and Occult*, 1.1 (2024), 41–45.

²⁴⁹ E. Zufalina, M. Syahrul, and N. A. Hidayah, 'Codification Historical Astronomy Pre-Islamic Ancient Civilizations and Their Contributions to Islamic Astronomy', *AL-AFAQ: Jurnal Ilmu Falak dan Astronomi*, 6.1 (2024), 23–39.

zodiac, which was also known in ancient Egypt. Early sky observers imagined certain patterns formed by prominent groups of stars and associated these patterns with particular aspects of human character, mythology, and natural phenomena. These patterns later became known as the zodiac.²⁵⁰ In general, astrology may be understood as a form of knowledge and art that studies the relationship between the cycles of celestial objects in the sky and human life on earth. Its development is often associated with Greek civilization, particularly because many of the terms used in astrology are derived from Greek intellectual traditions.²⁵¹

Astrological zodiacs, rooted in ancient civilizations and continuing into contemporary culture, represent a framework in which celestial positions are believed to influence human behaviour, belief and identity. Each of the twelve zodiac signs is commonly associated with specific personality traits and characteristics, shaping individual self-perception and interpersonal understanding.²⁵² In astrology, each zodiac sign refers to one of the twelve zodiac constellations through which the sun appears to pass. It is believed that a person's personality and future may be predicted through his or her

²⁵⁰ D. R. A. D. R. Anggara, O. O. A. O. O. Alfarabi, and M. M. A. Ridho, 'Gambaran Bintang dalam Al-Qur'an Menurut Tantawi Jawhari: Studi Tafsir 'Ilmi', *Al-I'jaz: Jurnal Studi Al-Qur'an, Falsafah dan Keislaman*, 5.2 (2023), 17–31.

²⁵¹ D. Susantio, 'Astrologi sebagai Ilmu Bantu Epigrafi: Sebuah Pemikiran', *Berkala Arkeologi*, 34.1 (2014), 85–96.

²⁵² D. Rao, 'Astrological Zodiacs and Their Impact on Beliefs and Behavior: A Psychological Perspective', *Indian Journal of Astrology and Occult*, 1.1 (2024), 46–50.

zodiac sign and the positions of the planets in relation to these constellations.²⁵³

According to Nur Fadilah, the zodiac refers to twelve constellations or groups of stars located along the ecliptic, forming a circular path around the earth's orbit around the sun.²⁵⁴ In the Malay context, The Twelve Stars or the zodiac refers to constellations, namely groups of stars in the sky that form particular patterns at night.²⁵⁵ These visible patterns represent the movement of twelve specific groups of stars across the earth's sky throughout the year.²⁵⁶ The zodiac is also associated with the horoscope, which refers to something believed to provide insight into a person's character, personality, fate, and related matters.²⁵⁷

However, despite its historical and cultural significance, the use of the Twelve Stars for fortune telling and prediction raises serious theological concerns from the Islamic perspective. According to Anita Salamah, belief in predictive practices, such as seeking fortune-telling through the Twelve Stars, is considered a form of

²⁵³ A. K. Q. Winsari, D. M. Alta, and N. C. Aulia, 'From the Stars to the Soul: Islamic Insights on Zodiac Signs', *Islamologi: Jurnal Ilmiah Keagamaan*, 1.2 (2024), 460–69.

²⁵⁴ N. Fadilah, *Bintang dalam Al-Qur'an: Wawasan Al-Qur'an tentang Perbintangan, Mitologi dan Ramalan* (doctoral dissertation, IAIN Kediri, 2021).

²⁵⁵ Khuwaidimullah, *Terjemahan Kitab Bintang Dua Belas* (Kelantan: Sidratul Muntaha Enterprise, 2020), p. 8.

²⁵⁶ *Ibid.*

²⁵⁷ M. R. Pratama, N. Ahmadi, N. S. Patimah, and N. A. Wulandari, 'Kepercayaan terhadap Zodiak atau Ramalan Bintang yang Banyak Dilakukan oleh Remaja', in *Gunung Djati Conference Series*, 22 (2023), p. 282.

superstition (*khurāfāt*) and polytheism (*shirk*).²⁵⁸ The prohibition against believing in such predictions is clearly indicated in the hadith narrated by Ibn ‘Abbās RA:

مَنْ اقْتَبَسَ عِلْمًا مِنَ النُّجُومِ، اقْتَبَسَ شُعْبَةً مِنَ السِّحْرِ، زَادَ مَا زَادَ

Meaning: *Whoever acquires any part of the knowledge of the stars has acquired a part of sorcery.*²⁵⁹

This hadith explains that the prohibited form of star knowledge is the use of stars to predict a person’s fate or future.²⁶⁰ Practices involving fortune-telling and astrological prediction contain elements of reliance upon other entities besides Allah SWT, implying that something other than Allah may bring benefit or determine human affairs. Such belief may therefore fall within the scope of *shirk*.

Nevertheless, although prediction based on the Twelve Stars is prohibited in Shari’ah, not all forms of knowledge related to stars are contrary to Islamic teachings. In fact, celestial knowledge contains important and beneficial aspects for human life. Shafiq Ali states that knowledge related to traditional practices, amulets, and astrology may contain certain scientific elements.²⁶¹ He

²⁵⁸ A. Salamah, *Khurafat dalam Perspektif Islam: Studi di Desa Sido Rahayu Kecamatan Abung Semuli Kabupaten Lampung Utara* (doctoral dissertation, UIN Raden Intan Lampung, 2018), p. 73.

²⁵⁹ Ibn Mājah, *Sunan Ibn Mājah*, Kitāb al-Adab, Bāb Ta’allum al-Nujūm, no. 3726.

²⁶⁰ Mohamad Faizal Jani, *Mukhtasar Ilmu Falak* (Baytul Hikma, 2022), pp. 13-14

²⁶¹ Muhammad Shafiq Mohd Ali, ‘Apa Sainsnya Petua, Azimat dan Nujum’, *International Journal of the Malay World and Civilisation*, 4.3 (2016), p. 97.

also notes that the lack of researchers studying these fields is one reason why they have received limited attention from the perspective of science and technology.

Based on this issue, it can be observed that knowledge related to prediction through the Twelve Stars has existed in society from ancient times until the present day. However, this knowledge has often been misused, despite the fact that certain aspects of celestial knowledge may provide practical benefits to human society. Therefore, the tension between misuse and benefit forms the basis of this discussion. Although the Twelve Stars are often associated with astrology, prediction, and fortune telling, their broader historical and practical dimensions should not be overlooked. Existing discussions tend to focus mainly on the prohibited elements of zodiac belief, particularly its connection with superstition, prediction, and shirk. However, there remains a need to clarify the distinction between prohibited astrological belief and permissible astronomical or practical use. This distinction is important because celestial knowledge may function either as a prohibited means of prediction or as a practical guide for human planning, depending on the belief, intention, and method of use.

Therefore, this study aims to examine the Twelve Stars from an Islamic perspective by differentiating between their impermissible use in astrology and their permissible use as astronomical or practical indicators. In addition, it applies the principle of *Sadd al-Dharā'i*, which refers to blocking the means to harm, in evaluating the use of zodiac predictions for entertainment and prediction purposes. By addressing these aspects, this study aims to provide a balanced Shari'ah based understanding of the Twelve Stars. This distinction is essential to ensure that

any engagement with the Twelve Stars remains within the limits of Islamic creed and does not lead to reliance upon created objects instead of Allah SWT.

The researcher utilizes literature studies to collect data from various sources including books, articles, websites, and other relevant materials that discuss the research topic, specifically through the analysis of written documents pertaining to the Twelve Stars. The primary reference used is a translated book entitled *Terjemahan Kitab Bintang Dua Belas* by Khuwaidimullah. Data from primary and secondary sources are analysed using document analysis technique to understand the patterns and descriptions of the astrological knowledge under investigation. Secondary sources encompass previous studies related to celestial knowledge and astrology. The data collection process is conducted through text analysis (content analysis) of the aforementioned translated book and the identified documents.

Subsequently, normative analysis techniques are employed to determine Islamic law (*hukm*) based on the primary data, referring to fatwas, Islamic legal rulings, and religious books. In this regard, the study refers to the methods and principles found in *Uṣūl al-'Aqīdah* (principles of Islamic creed) and *Uṣūl al-fiqh* to determine the final legal outcome. Furthermore, this study also employs expert interviews to gain in-depth insights from scholars specializing in Islamic astronomy (*falak*). Among the experts interviewed is Ustaz Hanafiah Abdul Razak, a Malaysian Islamic astronomical scholar who has read and studied the book *Kitab Bintang 12* by Abu Ma'syar al-Falakī. Data analysis is conducted by correlating findings from primary sources, secondary sources, normative analysis, and expert interview results.

This holistic approach enables the researcher to comprehensively understand the perspectives and Islamic legal rulings regarding the practice of the Twelve Stars, ultimately concluding whether the practice is permissible or forbidden.

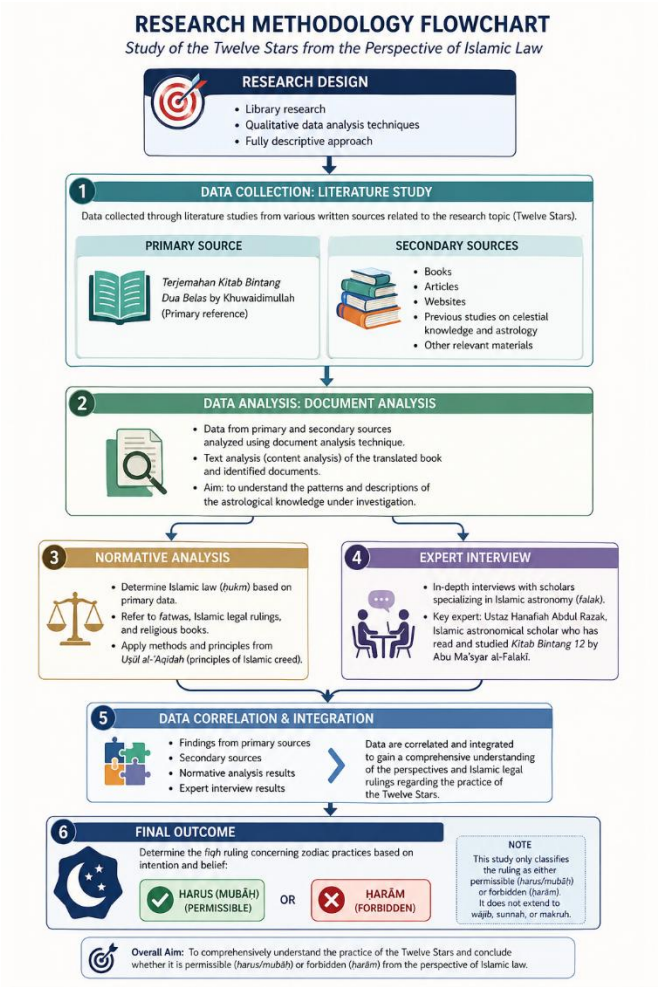


Figure. 1. Research Methodology Flowchart

The Twelve Signs of the Zodiac within Malay Culture

The Twelve Stars have long been a part of human history, emerging alongside the science of astrology in Babylon, a region in Mesopotamia. According to Khuwaidimullah, the concept of the zodiac originated from the astrology of earlier civilizations in Babylon and was subsequently influenced by Greek culture.²⁶² Advancements in astronomy during the Mesopotamian era were driven by the society's deep interest in astrology, which they believed could reveal future fortunes. This historical fascination helped birth modern advancements and led to the identification of 12 constellations known as the 12 zodiacs.²⁶³

Each zodiac constellation has its own name and orbits the Earth's sky for 29 to 32 days based on its actual movement period.²⁶⁴ According to Nur Fadilah, each zodiac appears only once a year as one cluster of stars sets, it is replaced by another.²⁶⁵ The 12 zodiac signs and their corresponding periods are:

- i. Aries: Represents the ram. Appears from March 21 to April 19.
- ii. Taurus: Represents the bull. Appears from April 20 to May 20.
- iii. Gemini: Represents twins. Appears from May 21 to June 21.
- iv. Cancer: Represents the crab. Appears from June 22 to July 22.

²⁶² Khuwaidimullah, *Terjemahan Kitab Bintang Dua Belas*, p. 8.

²⁶³ M. F. M. Nasution, 'Perkembangan Ilmu Falak pada Peradaban Pra Islam', *Jurnal Penelitian Medan Agama*, 9 (2018) p. 144.

²⁶⁴ Khuwaidimullah, *Terjemahan Kitab Bintang Dua Belas*, p. 8.

²⁶⁵ Fadilah, *Bintang dalam Al-Qur'an*, p. 19.

- v. Leo: Represents the lion. Appears from July 23 to August 22.
- vi. Virgo: Represents the young maiden. Appears from August 23 to September 22.
- vii. Libra: Represents the scales. Appears from September 23 to October 23.
- viii. Scorpio: Represents the scorpion. Appears from October 24 to November 21.
- ix. Sagittarius: Represents the archer. Appears from November 22 to December 21.
- x. Capricorn: Represents the goat with a fish tail. Appears from December 22 to January 19.
- xi. Aquarius: Represents the water bearer. Appears from January 20 to February 18.
- xii. Pisces: Represents two fish. Appears from February 19 to March 20.

The Twelve constellation are not a foreign concept to the Malay community, having been recognized and practiced since ancient times. Historically, Malay society had its own system of astrology and divination, much like other cultures around the world.²⁶⁶ Shafiq Ali mentions that research conducted by Harun Mat Piah shows that Malay knowledge of these sciences developed from their close observation of surrounding natural phenomena.²⁶⁷

The Malay community's astrological practices were heavily sourced from the book of Abu Ma'syar al-Falaki, which was translated into the Malay language using the Jawi script.²⁶⁸ The table below shows the list of the Twelve Stars as used by Abu Ma'syar al-Falaki:

²⁶⁶ Khuwaidimullah, *Terjemahan Kitab Bintang Dua Belas*, p. 5.

²⁶⁷ Shafiq Ali, 'Apa Sainsnya Petua, Azimat dan Nujum', p. 100.

²⁶⁸ Khuwaidimullah, *Terjemahan Kitab Bintang Dua Belas*, p. 5.

Table 1. List of Twelve Stars by Abu Ma'syar al-Falakī

Twelve Stars (Arabic)	Twelve Stars (Greek/Western)	Period of Appearance
<i>Al-Ḥaml</i>	Aries	21 March – 19 April
<i>Al-Thawr</i>	Taurus	20 April – 20 May
<i>Al-Jawzā'</i>	Gemini	21 May – 21 June
<i>Al-Saraṭān</i>	Cancer	22 June – 22 July
<i>Al-Asad</i>	Leo	23 July – 22 August
<i>Al-Sunbulah</i>	Virgo	23 August – 22 September
<i>Al-Mīzān</i>	Libra	23 September – 23 October
<i>Al- 'Aqrab</i>	Scorpio	24 October – 21 November
<i>Al-Qaws</i>	Sagittarius	22 November – 21 December
<i>Al-Jady</i>	Capricorn	22 December – 19 January
<i>Al-Dalw</i>	Aquarius	20 January – 18 February
<i>Al-Hūt</i>	Pisces	19 February – 20 March

For instance, the constellation of Aries (*bintang al-Haml*) is attributed to the fire element and carries specific destinies and predictions for individuals born during its appearance. Abu Ma'syar al-Falaki stated that someone born under *al-Haml* is predicted to have dark skin, a quick temper but a fast-forgiving nature, and a tendency to speak the truth, among other traits.²⁶⁹

Ultimately, the tradition of the Twelve Stars has been ingrained in Malay society for centuries. Shafiq Ali (2016) states that the Malay community has long been exposed to ancient knowledge inherited from their ancestors, encompassing not just astrology, but also the study of talismans, traditional guidelines (*petua*), and other esoteric sciences.²⁷⁰

²⁶⁹ *Ibid.*, p. 31.

²⁷⁰ Shafiq Ali, 'Apa Sainsnya Petua, Azimat dan Nujum', p. 97.

Sadd al-Dhara'i' as a Method for Comprehending the Twelve Stars Signs

Sadd al-Dharā'i' is a foundational principle of Islamic jurisprudence (*uṣūl al-fiqh*) utilized by scholars as a crucial precautionary method for regulating the study and application of the Twelve Stars, or zodiac. This principle is designed to prevent all pathways that could lead to harm or the corruption of a Muslim's faith.²⁷¹

Sadd al-Dharā'i' refers to the prohibition or blocking of means that may lead to harmful consequences (*mafasid*).²⁷² When defined in conjunction, the words *sadd* and *al-dharā'i'* carry the meaning of closing or preventing the commission of something that is originally permissible, but due to strong reasons, factors, and suppositions, it could lead to something prohibited.²⁷³

Because astrological predictions can sometimes appear remarkably accurate, there is a risk that individuals may transgress the boundaries of Sharī'ah by becoming overly reliant on these signs. Scholars apply *Sadd al-Dharā'i'* to strictly prohibit any engagement with the stars that elevates them beyond mere tools, ensuring that Muslims

²⁷¹ H. Abdul Razak, "The Twelve Zodiac Signs from an Islamic Perspective" (telephone interview by M. M. Zawawi, 22 June 2024).

²⁷² Abdul Karim Zaidan, *Al-Wajiz fii Usul al-Fiqh* (Resalah publisher, 2014), p. 231.

²⁷³ Mohd Nasir Abdul Majid, "Al-Dharā'ic Dalam Ijtihad Menurut Al-Qarāfiyy Dan Al-Shāṭibiyy: Satu Analisis: Al-Dhara'i' in Ijtihad According to Al-Qarāfiyy and Al-Shāṭibiyy: An Analysis," *Journal of Ifta and Islamic Heritage* 2.1 (2023), p. 8.

do not place their belief in the Twelve Stars over the divine decree (*qaḍā'* and *qadar*) of Allah.

Through the lens of *Sadd al-Dharā'i'*, Ustaz Hanafiah Abdul Razak establishes a clear framework for comprehending the Twelve Stars by completely separating permitted guidance from prohibited belief. Within this framework, utilizing the stars is permissible only if they are treated as a general reference much like a compass serves as a directional indicator. The stars possess an explicit value in their positional aspects and an implicit value in the guidance they offer human society. As astrology is the practice of forecasting or ascertaining the influence exerted by planets and stars upon human affairs.²⁷⁴ In essence, all beings in the universe were created by Allah for the benefit of humankind, and the creation of the stars similarly reflects a particular wisdom and purpose.²⁷⁵ This guidance can be practically applied to five key elements of human life which is choice, decision, action, outcome, and consequence. By utilizing the zodiac in this permissible manner, individuals can make more informed choices, facilitate better decision making and organize their actions in a more structured and strategic way.

However, *Sadd al-Dharā'i'* dictates a strict boundary, as despite the potential benefits of the Twelve Stars, there remains a significant harm in the tendency to attribute power to entities other than Allah. This forward-looking approach embodies a fundamental jurisprudential maxim

²⁷⁴ B. K. Sharma, P. V. V. Prasad, and A. Narayana, "Contribution of Astrology in Medicine – A Review," *Journal of Indian Medical Heritage* 37.1 (2007), p. 45.

²⁷⁵ Muhammad Rizki Pratama *et al.*, "Kepercayaan Terhadap Zodiak Atau Ramalan Bintang Yang Banyak Dilakukan Oleh Remaja," *Gunung Djati Conference Series* 22 (2023), p. 281.

that prioritizes the prevention of harm over the pursuit of benefit, thereby emphasizing the avoidance of wrongdoing above the attainment of lawful gain.²⁷⁶ Any prediction based on the Twelve Stars must remain solely as guidance, completely devoid of belief.

Attributing the power to cause events to the stars, rather than to Allah, fundamentally contradicts Islamic creed and constitutes the strictly prohibited aspect of this knowledge. It is theologically affirmed that no created being possesses independent causal efficacy for if any created entity were capable of producing effects on its own, it would imply independence from Allah, which is an impossibility.²⁷⁷ By understanding *Sadd al-Dharā'i*, practitioners can navigate the diverse historical uses of the Twelve Stars without compromising their faith.

There are a few examples in using celestial knowledge that have been discovered in human society. For example, the Coptic community has been historically associated with magical practices involving celestial knowledge. More broadly, Coptic magical texts from the 4th to the 12th century reflect how, after Christianisation, Egypt became a crucible of various Mediterranean traditions while certain native elements continued to play a significant role.²⁷⁸ Besides, in northern Peninsular Malaysia, particularly

²⁷⁶ A. Ruwandoruwa and L. Mika'ilu, "The Relevance of Sadd Al-Dharai (Blocking the Means) to Our Contemporary Time," *East African Journal of Law and Ethics* 9.1 (2026), p. 446.

²⁷⁷ Muhammad bin Mansur al-Hudhudiy, *Syarah al-Hudhudiy 'ala al-'Aqidah al-Sanuszhiyyah al-Sughra* (Tafaquh Resources, 2022), p. 60.

²⁷⁸ K. Hevesi, "A Few Remarks on the Persistence of Native Egyptian Historiography in Coptic Magical Texts," in *Current Research in Egyptology 2018: Proceedings of the Nineteenth Annual Symposium, Czech Institute of Egyptology, Faculty of Arts, Charles University, Prague, 25–28 June 2018* (Archaeopress Publishing Ltd, 2019), p. 42.

around Kedah and Perak, celestial observation was used as a practical guide for agricultural timing. Ammarell notes that practitioners extended rice in an open palm eastward toward the Pleiades at dawn in order to determine the appropriate time to plant seeds in the nursery.²⁷⁹

Thus, these examples show that celestial knowledge is not judged solely by its subject matter, but by how it is used and understood. When associated with magic, as in the Coptic example, it becomes impermissible from an Islamic perspective because it may compromise tawḥīd and involve prohibited practices. However, when used as a practical guide for agriculture, as seen in Kedah and Perak, it may be considered permissible, provided that the stars are understood only as signs created by Allah and not as independent causes of events. In conclusion, the application of *Sadd al-Dharā'i* refutes the argument that seeking guidance from the stars inevitably leads to believing in them, continually reinforcing that the ultimate reality of all occurrences belongs solely to Allah.

The Ruling on the Twelve Stars According to the Shari'ah Perspective

The societal use of the Twelve Stars, or zodiac, for fortune-telling requires careful consideration under Islamic jurisprudence. Carelessly labelling someone a disbeliever (*kāfir*) is a severe matter, just as permitting a practice without rigorous legal scrutiny reflects negligence. In the

²⁷⁹ Gene Ammarell, "Sky Calendars of the Indo-Malay Archipelago: Regional Diversity/Local Knowledge", *Indonesia and the Malay World*, 16.46 (1988), p. 97.

methodology of Islamic jurisprudence (*al-qawa'id al-fiqhiyyah*), it is mentioned that:

الأَصْلُ فِي الْعِبَادَةِ التَّوَقُّفُ

Meaning: “The original ruling concerning acts of worship is that they are dependent upon textual evidence (*tawaqquf*).²⁸⁰

Evaluating this issue involves the five classifications of Islamic law (*ḥukm taklīfī*) and is deeply rooted in matters of Islamic creed (*‘aqidah*). Any belief in the zodiac that contradicts this foundational creed is strictly forbidden by scriptural evidence. Furthermore, believing that celestial bodies have the power to dictate human lives inherently violates Islamic theology.²⁸¹ However, as noted by Shaykh Yusuf al-Qaradawi, this scriptural prohibition does not apply to legitimate astronomical sciences used to study and predict actual natural phenomena.²⁸²

Destiny is considered an unseen realm (*ghayb*) known exclusively to Allah and Muslims must trust in His divine will. The perceived accuracy of the zodiac can be explained through customary law (*ḥukm al-‘ādah*), which deals with habitual cause and effect patterns such as food bringing fullness or medicine aiding recovery. Many human cultures impose structure, meaning, and predictability upon the celestial realm through

²⁸⁰ 'Abd al-Fattāḥ Muṣayliḥī, *Kitāb Jāmi' al-Masā'il wa al-Wā'id fī 'Ilm al-Uṣūl wa al-Maqāṣid* (Dār al-Lu'lu'ah, 2022), p. 386.

²⁸¹ Faizal Jani, *Mukhtasar Ilmu Falak*, p. 14

²⁸² *Ibid.*, p. 20.

constellations, calendars, and astrology.²⁸³ Rochberg's study of Mesopotamian omen traditions shows that astrological belief developed through the systematic observation and recording of celestial phenomena, which were then correlated with political, economic, and social events in human society.²⁸⁴

Ultimately, the stars are merely natural causes created by Allah. To determine the specific legal rulings, scholars analyze how an individual attributes power to these causes. In his commentary on *Matan Umm al-Barāhīn*, al-Hudhudi outlines two perspectives on how created things produce effects²⁸⁵:

1. **Independent Power:** Believing an object has its own intrinsic power to cause an effect is unanimously classified as disbelief (*kufr*).
2. **Granted Power:** Believing an object causes an effect solely through power bestowed by Allah is universally considered an innovation (*bid'ah*), though scholars debate if it reaches the level of disbelief.

Based on the above discussion, the ruling on the Twelve Stars cannot be generalized without considering the belief, intention, and purpose behind their use. In Islamic theology, the main issue is not merely the observation of stars, but the attribution of power and

²⁸³ Timothy L. Hubbard, 'The Inner Meaning of Outer Space: Human Nature and the Celestial Realm', *Avances en Psicología Latinoamericana*, 26.1 (2008), p. 52.

²⁸⁴ Francesca Rochberg, *The Heavenly Writing: Divination, Horoscopy, and Astronomy in Mesopotamian Culture* (Cambridge: Cambridge University Press, 2004), pp. 3–4.

²⁸⁵ al-Hudhudi, pp. 60–61.

influence to them. Therefore, the legal ruling differs according to whether the Twelve Stars are treated as independent causes, granted causal agents, or merely as practical indicators within human effort and planning. The rulings may therefore be summarized as follows:

- i. *Ḥarām* if one believes the Twelve Stars independently cause events: It is *ḥarām* to believe that the signs, predictions, or outcomes associated with the Twelve Stars occur because of the stars themselves, rather than by the will and power of Allah SWT. This belief contradicts Islamic creed because it attributes independent causal power to created objects.
- ii. *Ḥarām* if one believes Allah has placed effective power within the Twelve Stars: It is also *ḥarām* to believe that Allah has granted the Twelve Stars a special power to cause predictions or outcomes to occur. Although this belief still acknowledges Allah as the ultimate source, it remains theologically problematic because it treats the stars as possessing effective causal influence.
- iii. Permissible if used only as an indicator or practical guide: It may be considered permissible (*harus*) if the Twelve Stars are used merely as a general indicator, reference, or means of planning, without believing that they possess any real power over human destiny. In this case, the person must firmly believe that every outcome happens only by the decree, will, and power of Allah Swt.

In summary, trusting the zodiac or the Twelve Stars to shape one's fate is a grave sin that contradicts Islamic

creed and may lead to disbelief, especially when the stars are believed to cause events either independently or through a power placed in them. Conversely, investigating the Twelve Stars purely for academic and scientific purposes, or using them merely as practical indicators for planning, remains permissible, provided that one firmly believes all outcomes occur solely by the will and decree of Allah SWT.

Conclusion

In conclusion, this study shows that the Twelve Stars or zodiac cannot be judged solely based on their historical use or cultural presence, but must be evaluated according to belief, intention and purpose. From the Islamic perspective, any use of the Twelve Stars for fortune telling, predicting fate or attributing causal power to celestial bodies is prohibited because it contradicts the principles of *tawhīd* and may lead to *shirk*. This prohibition applies whether one believes the stars independently determine events or believes that Allah has placed effective power within them to cause outcomes. However, the study also highlights that not all forms of celestial knowledge are forbidden, as the stars may be used as created signs, practical indicators, or tools for planning, provided that one's belief remains firmly rooted in the decree, will and power of Allah SWT.

Through the application of *Sadd al-Dharā'ī*, the misuse of zodiac prediction can be prevented while still allowing beneficial and academic engagement with celestial knowledge. Therefore, a balanced

Sharī'ah based understanding is necessary to distinguish between prohibited astrological belief and permissible astronomical or practical use of the Twelve Stars.

Hilal Determination Based on Digital Imaging Technology: An Analysis from the Concept of al-Hajjiyat

Aisyah Tajuddin¹, Roslan Umar¹, Ahmad Lutfi Afifi Mohd Nasir¹, Wan Mohd Yusof Wan Chik², Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar³

¹East Coast Environmental Research Institute (ESERI),
Universiti Sultan Zainal Abidin, Malaysia

²Research Institute for Islamic Products and Malay Civilization (INSPIRE), Universiti Sultan Zainal Abidin,
Malaysia

³ Sharia Business Management Study Program, Faculty of
Islamic Studies , Universitas Muhammadiyah Sumatera
Utara, Indonesia

* roslan@unisza.edu.my

Introduction

The sighting of the hilal is a crucial element in the determination of the start of the Hijri month. Rukyah is the primary method for determining the hilal's appearance, yet it often faces challenges which limit human sight. Therefore, in line with global developments, the importance of digital imaging as a medium capable of enhancing accuracy and reliability in the process of hilal observation increase. Using modern technology such as digital cameras, CCD and CMOS, this new technology has also attracted the attention of contemporary jurists in detailing the appropriate rulings based on current

circumstances. Detailed discussions also focus on the maqasid syariah in the application of this technology. This study analyses the use of digital imaging technology based on al-hajiyyat in the determination of the hilal using a qualitative approach, by analysing documents related to the sighting of the hilal, digital imaging, and the maqasid syariah in primary and secondary sources. This study therefore proposes the use of digital imaging in hilal sightings be enhanced and expanded as an innovation to strengthen the determination of hilal in the future.

The determination of starter the Hijri month is an aspect of syariah that must be given due importance, as it is essential for the scheduling of worship, particularly during the months of Ramadan, Syawal and Dhul-Hijjah. The basic technique for observing the *hilal* is by using the naked eye (*rukyah*), but several obstacles make it difficult to spot the *hilal* when this traditional method is employed. Firstly, a very small elongation angle of the *hilal* relative to the sun, owing to both being on almost the same line of sight. Because of that, it makes the sighting of the *hilal* difficult to distinguish from the twilight glow due to the strong sunlight still being refracted in the sky. Secondly, the dim light of the *hilal*, or what is more commonly known as its low light contrast, is caused by the sky still being bright on the western horizon (*shafaq*), which in turn makes the *hilal* difficult to see using only the naked eye.²⁸⁶ The presence of thick clouds, haze and unpredictable weather conditions also affects the naked-

²⁸⁶ Sakirman, *Respon Fikih Terhadap Perkembangan Teknologi Rukyat* (Lampung: Jurnal Kajian Hukum Islam, 2020), p. 70.

eye's ability to ensure the accuracy of *hilar* observation data.²⁸⁷

Therefore, technological advancements have transformed the technique of *rukayah al-hilar* to digital imaging, which uses a combination of a telescope with a digital camera, Charge-Coupled Devices (CCD) and Complementary Metal-Oxide-Semiconductor (CMOS)²⁸⁸ to produce more accurate and sharp images of the *hilar* during observation, despite the occurrence of celestial phenomena. Therefore, by using the revised *imkanur rukyah* criteria, which were updated during the 44th MABIMS Senior Officials' Meeting (SOM), the meeting agreed to apply the latest *Imkanur Rukyah* Criteria (KIR) from 2021, namely a minimum *hilar* altitude of 3° ° above the horizon after sunset and an elongation of 6.4° between the moon and sun.²⁸⁹

Overall, previous studies have noted the differences in *rukayah* techniques and the use of telescopes equipped with digital cameras, CCD and CMOS to demonstrate that modern technology surpasses the capabilities of the naked

²⁸⁷ Mohammad Ilyas, *Astronomy of Islamic Times for the Twenty-First Century* (Kuala Lumpur: Berita Publishing, 1984), pp. 45–47

²⁸⁸ Rasywan Syarif, Sakirman, Abdul Syatar, *The Transformation of Rukyah al-Hilar: Intergrating Digital Imaging Technology in Islamic Moon Sighting Practices* (Negeri Sembilan: Malaysian Journal of Syariah and Law, 2025), p. 315

²⁸⁹ Pejabat Mufti Wilayah Persekutuan, *Bayan al-Falak Siri ke-7: Penerimaan Kriteria Baharu MABIMS Dalam Penentuan Kalendar Hijri* (accessed April 29, 2026). <https://www.muftiwp.gov.my/ms/artikel/bayan-al-falak/5359-bayan-al-falak-siri-ke-7-penerimaan-kriteria-baharu-mabims-dalam-penentuan-kalendar-hijri>

eye in the process of *hilar* observation.²⁹⁰ Moreover, they also analysed the difference views between classical and contemporary scholars on the legal Islamic rulings concerning digital imaging also assessing the suitability of these technologies according to *shariah* law. The findings demonstrate that the use of modern technology in *hilar* observation not only provides precise images of the *hilar* but is also regarded as a means of fulfilling the requirements of sighting in accordance with the *imkanur rukyah* criteria.²⁹¹ However, there are gaps in the findings of previous studies that need to be addressed, such as the fact that it was conducted by theoretical in nature and emphasised the *shariah* law itself without further explanation in the field of *maqasid syariah*. These studies also did not go deeper into the guidelines for the use of digital imaging technology in the practice of *rukayah* that are accepted by international level.

Thus, this study is undertaken to refine the understanding of the guidelines in observing *hilar* using modern technology, thereby linking it to *al-hajiyyat* as a branch of the study of digital imaging. This research focuses on assessing how the use of modern technology can alleviate difficulties and help improve the quality of *hilar* observation without compromising *shariah* principles.

²⁹⁰ Nazhatulshima Ahmad et al., *Analysis Data of the 22 Years of Observations on the Young Crescent Moon at Telok Kemang Observatory in Relation to the Imkanur Rukyah Criteria 1995* (Malaysia: Sains Malaysiana, 2022), p. 3416

²⁹¹ Rasywan Syarif, Sakirman, Abdul Syatar, *The Transformation of Rukyah al-Hilar: Intergrating Digital Imaging Technology in Islamic Moon Sighting Practices* (Negeri Sembilan: Malaysian Journal of Syariah and Law, 2025), p. 315

The study also focuses on the visibility of the *hilal* using modern technology, namely the combination of a telescope with a DSLR, CCD, and CMOS, as well as the differences between these three technologies. The objectives cover three main points which are; to identify the effectiveness of digital imaging in *hilal* determination during observation, to explain the concept of *masalah* in *maqasid syariah*, particularly *al-hajiyyat*, and thirdly, to link the effectiveness of modern technology's use with the concept of *al-hajiyyat*.

Lastly, the significance of this study is to open up a space for integration and understanding between the technologies employed in the modern era and their recognition within the principles of *maqasid syariah*. Also, it is hoped that this will further enhance the quality of *hilal* sightings and add value to the *falak* institution in making decisions regarding the Islamic calendar in a more systematic manner

The Determination of the *Hilal* in Islam

Hilal is the new moon or young crescent moon that can be seen after the conjunction, or *ijtimak*, between the sun, earth and moon at the end of the lunar month.²⁹² The sighting of the *hilal* at the end of each month marks the beginning of a new month in Hijri calendar and serves as determinant for the performance of certain acts of worship, such as fasting during the month of Ramadan, Eid al-Fitr in Shawal, and Eid al-Adha in Dhu al-Hijjah. The method of sighting the new moon, known as *rukyah*, has been practised since the time of the Prophet Muhammad (PBUH) and was followed by the companions,

²⁹² Badrun Taman, *Hilal dalam Perspektif Tafsir al-Quran* (Sumatera Utara: Jurnal UMSU, 2020), p. 16

tabi'un, and *tabi' al-tabi'un*, follow along until this day. It is performed on the 29th day of the Islamic calendar; if the moon is sighted, the new month begins the following day, and if it is not seen, the current month is completed to make it 30 days.

Rukyah performance can be tell by hadith from Abdullah bin Umar (r.a):

وعن نافع عن ابن عمر أن رسول الله صلى الله عليه وسلم ذكر رمضان فقال : لا تصوموا حتى تروا الهلال ولا تفطروا حتى تروه فإن غم عليكم فاقدروا له وفي رواية لمسلم فاقدروا ثلاثين وللبخاري فأكملوا العدة ثلاثين²⁹³

From Abdullah Ibn Umar, from Nafi', that Rasulullah (PBUH) mentioned Ramadan, and the Prophet said: “*Do not fast until you see the new moon (hilar), and do not break your fast until you see it. If the hilar is obscured from your sight (due to clouds or otherwise), then complete the count*”. In the narration of Sahih Muslim, it is mentioned: ‘*Then complete its number to thirty days.*’ Whereas in the narration of Sahih al-Bukhari, it is: ‘*Then complete the number (of the month of Sha'ban) to thirty days.*’

This hadith clearly explains about legislation of fasting in the month of Ramadan based on the sighting of the *hilar* with the naked eye, but the phrase فاقدروا له also carries the meaning of calculation or estimation. Developments in knowledge led to the technique of *hisab*, which is the determination of the new moon based on astronomical calculations that function to determine the position of the moon, the earth, the sun, the age of the moon, elongation, and the parameters of *hilar* visibility.

²⁹³ Al-Bukhari, *Sahih al-Bukhari* (Beirut: Dar al-Tawq al-Najah,1422H), p. 27

However, scholars differ in their determination of the Hijri month based on calculation. Imam Abu Hanifah, Malik, al-Shafie, and al-Nawawi held the view that if the *hilar* is not sighted on the 29th day, the month must be completed to 30 days. The second opinion, held by Ibnu Qutaybah, Mustafa al-Zarqa, and other contemporary scholars, states that if the *hilar* is not sighted, the determination of the new month should be based on the *hisab* technique.²⁹⁴

Therefore, the Annual Informal Meeting of the Ministers of Religious Affairs of Brunei Darussalam, the Republic of Indonesia, Malaysia, and the Republic of Singapore (MABIMS) has made a special provision in their respective Hijri calendar systems by using the method of *imkanur rukyah*. In Malaysia and Indonesia, the methods applied in determining the Hijri calendar are *rukyah* and *hisab*. Meanwhile, Brunei uses the *rukyah* technique for important months such as Ramadan, Shawwal and Dhu al-Hijjah, and Singapore uses the *hisab* method based on the *imkanur rukyah* (KIR) 2021 criteria.²⁹⁵ The difference in determination is based on the understanding and convictions of the astronomers, supported by relevant arguments in their respective countries.

Table 1 shows a summary of the methods for determining the start of Islamic month for four countries

²⁹⁴ Sharifah Mohamed, Iknor Ibrahim, *Definisi Rukyah Berdasarkan Analisis Kenampakan Hilar Ramadan dan Syawal di Negara Brunei Darussalam* (Malaysia: BITARA International Journal of Civilizational Studies and Human Sciences, 2023), p. 187

²⁹⁵ Ridzuan Hashim, Saiful Nawawi, Sa'adan Man, *Amalan Matla' al-Hilar Menurut Pandangan Ahli Falak dalam Penentuan Kalendar Hijri* (Malaysia, eJournal UM: Al-Basirah, 2024), p.91

(MABIMS), based on the jointly agreed *imkanur rukyah* criteria.

Tabel 1. Methods that have been use to start their Islamic Month from MABIMS

No	Negara	Method
1.	Malaysia	<i>Rukyah</i> and <i>hisab</i>
2.	Indonesia	<i>Rukyah</i> and <i>hisab</i>
3.	Brunei	<i>Rukyah</i> (especially on Ramadhan, Syawal and Dhu al-Hijjah)
4.	Singapore	<i>Hisab</i> (based on KIR 2021)

Definition and Application of Digital Imaging Technology

Digital imaging can be defined as the process of capturing, recording, processing and analysing images in digital form. It is applied by mounting a telescope with a high-resolution digital camera (DSLR) or by using CCD and CMOS. Digital imaging aims to ensure that the recorded image of the crescent moon is more clearly visible, especially when the *hilal* cannot be seen with the naked eye or by optical aids alone. The application of optical instruments with DSLR, CCD and CMOS, each of them produces different images suited to their respective levels of use in *hilal* observation. Figure 1 shows the combination of telescope and DSLR camera in observing *hilal*.

Mounting a DSLR camera on a telescope is achieved using three main adapters: a flip mirror, a T-ring and a T-adapter. The crescent image is captured once the shutter is aligned. If the resulting image is not clear, several adjustments are made, such as altering the shutter speed, adjusting the camera's focus level and correcting the

camera's position until the crescent is within the camera's field of view.²⁹⁶ The image of the crescent seen in the camera and telescope will also be visible on a computer screen, and observers will assess the new moon based on the *imkanur rukyah* criteria.



Figure 1. DSLR camera on a telescope

Next, the telescope is combined with a CCD. The CCD functions as a detector attached to the telescope, as its effectiveness in observing celestial objects has been proven.²⁹⁷ The CCD camera is known for its high light sensitivity and low noise level. It also consists of an array of pixels that are sensitive to light and have a high sensitivity level, which makes the resulting image clearer even when the *hilar*'s light is faint.²⁹⁸ Furthermore, a CCD can capture two objects with different levels of

²⁹⁶ Nurul Nizam et.al, *Penggunaan Teleskop: Kesan Terhadap Hukum Ithbat Kenampakan Anak Bulan di Malaysia* (Kuala Lumpur, 2014) p. 63

²⁹⁷ Lina Aviyanti, Judhistira Utama, *Uji In-Situ Kamera CCD ST-237 Advance dan Kinerja Astronomi Sistem Fotometri BVR Johnson* (Indonesia, Jurnal Pengajaran MIPA, 2009), p.62

²⁹⁸ Rahalim,F.M. et.al, *An Application of Charge-Coupled Device (CCD) Tomography System for Gemological Industry - A Review*, (Singapore, 2022)

illumination simultaneously.²⁹⁹ It is important in the process of *hilar* observation because even when the background light of the *shafaq* is still bright, the image of the *hilar* can still be recorded accurately.



Figure 2. CCD.

Next, CMOS Sensor is in highest demand for *hilar* observation due to its faster data processing with the combination of fast USB 3.0 and the range pixel with two to four microns. The CMOS Sensor is capable of producing high-resolution images when combined with a telescope and it contains an internal buffer which allow the camera to process exposure in the next image even before it completes transfer image of the previous one.³⁰⁰ With the thermoelectric cooling systems which can reduce sensor temperature from 30 to 40 degrees below the ambient

²⁹⁹ A.Salih Alj et.al, *Dark Current and Clock-Induced Charges in a Fully Depleted Charge Domain CDTI-Based CCD-on-CMOS Image Sensor*, (IEEE Sensors Journal, 2024) pp. 25652-25661

³⁰⁰ Sky & Telescope, *Astrophotography Upgrade: Stepping Up to CMOS*, (accessed May 1, 2026), <https://skyandtelescope.org/astronomy/resources/astrophotography-upgrade-stepping-up-to-cmos/>.

temperature. It is leading to enhance image quality especially when it comes to astronomical observation. Figure 3 shows the CMOS with cooling systems.

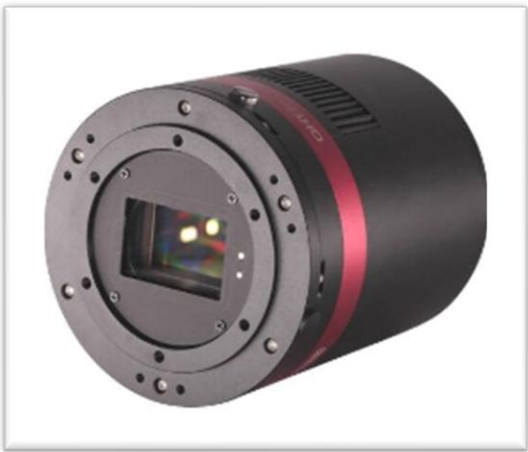


Figure 3. CMOS with cooling systems.

Figure 4 illustrates the difference in signal readout architecture between CCD and CMOS sensors.

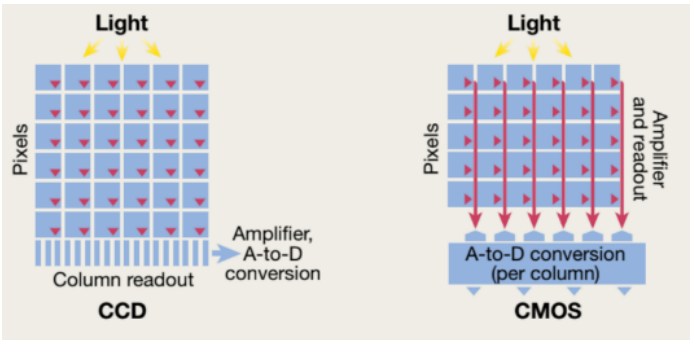


Figure 4. Signal readout between CCD and CMOS

CCD and CMOS sensors operate with a similar photoelectric principle but the distinction between them when it comes to the speeds is because of the signal readout

architecture.³⁰¹ Charge in CCD Sensors transferred across all those chips to a single amplifier and analogue to digital converter significantly meanwhile, CMOS sensors combine all individual amplifiers at each pixel and analogue to digital converters along each column make it more faster and energy saver. Therefore, the use of CMOS in *hilar* observation is preferred over CCD as it is more convenient and better suited for observational purposes.

The Concept of *Maslahah* in *Maqasid Shariah*

Before detailing the *al-hajiyyat* contained in the *maqasid shariah*, *maslahah* must be explained in general terms so that the fundamental branches of knowledge can be mastered to gain a deeper understanding of the concept. This subsection will discuss *maslahah*, its definition and the evidence relating to the concepts of *al-daruriyyah*, *al-hajiyyat* and *al-tahsiniyyat*.

Concept of *Maslahah*

Maslahah or *maslahat*, according to the Dewan Bahasa dan Pustaka, is a loanword from Arabic meaning something beneficial and useful, or an effort that yields benefits. Abu Hamid al-Ghazali states his view on the meaning of *maslahah* as a principle for a matter that aims to achieve benefits and avoid harm.³⁰² In the book *al-Muwafaqat Fi Usul al-Shariah* states that the shariah aims to realise the *maslahah* of humankind at all times, based on the principle that *maslahah* is to repel all

³⁰¹ AstroBackyard, *Is A Full-Frame Camera for Astrophotography Worth It?* (accessed May 1, 2026), <https://astrobackyard.com/full-frame-camera/>.

³⁰² Al-Ghazali, Abu Hamid, *Al-Mustasfa Min Ilm al-Usul* (Beirut: Dar al-Kutub al-Ilmiyyah, 1999), pp. 286-287

mafsadah.³⁰³ Therefore, all matters that alleviate hardship and provide ease are considered *maslahah* based on the *nas*.

In Quran, Allah Swt. states concerning the necessity of facilitating matters in life:

يُرِيدُ اللَّهُ بِكُمْ الْيُسْرَ وَلَا يُرِيدُ بِكُمْ الْعُسْرَ

Meaning: “(By this decree) Allah wishes for you to have ease, and He does not wish for you to have hardship.” (Surah Al-Baqarah, 2:185)

Therefore, it is clear that Allah Swt. permits *maslahah* to facilitate matters and to alleviate hardship, based on sound evidence. Moreover, there are also arguments which state that not all rulings allow the application of *maslahah*. For example, in the matter of inheritance, there is no *maslahah* to allow women to receive an equal or greater share than men, as this has been clearly stated in the Qur'an.

Categories of *Maslahah* in *Maqasid Shariah*

In the context of *maslahah*, there are three main divisions: *al-daruriyyat*, *al-hajiyyat* and *al-tahsiniyyat*. This sub-topic will explain these three *maslahah* in details.

Al-Daruriyyat

Al-daruriyyat is derived from the Arabic word ‘*darurah*’, which means an urgent necessity. In the context of *maqasid shariah*, *daruriyyat* refers to the basic necessities that must be safeguarded and preserved to ensure the survival of humanity, both individually and

³⁰³ Al-Syatibi, Abu Ishaq, *Al-Muwafaqat fi Usul al-Syariah* (Saudi Arabia: Dar Ibn Affan, 1997), pp. 8-10

collectively. Failure to safeguard or fulfil these needs can lead to total ruin in both this life and the hereafter.

According to Imam al-Shatibi in *al-Muwafaqat*, he states:

ما لا بد منه في قيام مصالح الدين والدنيا بحيث إذا فُقدت لم تجر مصالح الدنيا على استقامة، بل على فسادٍ وتهارجٍ وفوتٍ حياةٍ، وفي الآخرة فوتُ النجاةِ والنعيمِ والرجوعُ بالخسرانِ المبين³⁰⁴

Meaning: “(*Daruriyyat* are) matters that are indispensable for establishing the welfare of religion and the world; without them, worldly affairs cannot be conducted stably, but instead, corruption, destruction, and loss of life will occur, whilst in the Hereafter, there will be a loss of safety and eternal gain”.

Al-Hajiyyat

Al-hajiyyat, on the other hand, is derived from the Arabic word ‘*hajah*’, which means a need. In the context of *maqasid shariah*, *hajiyyat* refers to needs that do not reach the level of *darurat*, but the absence of which can result in hardship, distress, and pressure in daily life. It aims to remove *masyaqqah* (hardship) and provide ease for Muslims in carrying out the requirements of the shariah.

Furthermore, Imam al-Shatibi also defined *hajiyyat* as:

وهي الأمور التي تفتقر إليها العامة لرفع الحرج و المشقة من غير أن يبلغ فقدها مبلغ الفساد العام³⁰⁵

Meaning: “It (*al-hajiyyat*) is that which is required by the people to remove hardship and difficulty, without leading

³⁰⁴ *Ibid*, p. 13

³⁰⁵ *Ibid*, p. 15.

to widespread corruption if it were absent.’ This indicates that *hajiyyat* is a rank of *maslahah* that is lower than *daruriyyat*. Its absence does not threaten life nor cause extreme harm to humans, but it does bring about hardship in daily life”.

For example, in the chapter of the ease (*rukhsah*) of *qasar* and *jama'* prayer, Allah SWT grants permission and relief for those who are travelling to perform it, in accordance with His word in Surah an-Nisa,

وَإِذَا صَرَيْتُمْ فِي الْأَرْضِ فَلَيْسَ عَلَيْكُمْ جُنَاحٌ أَنْ تَقْصُرُوا مِنَ الصَّلَاةِ إِنْ خِفْتُمْ أَنْ يَفْتِنَكُمُ الَّذِينَ كَفَرُوا إِنَّ الْكَافِرِينَ كَانُوا لَكُمْ عَدُوًّا مُبِينًا

Meaning: “And when you travel on the earth, it is no sin for you to shorten the prayer if you fear an attack from the disbelievers. Indeed, the disbelievers are a clear enemy to you”. (Surah an-Nisa', 4:101)

According to al-Qurtubi, this verse clearly indicates the *maslahah* granted to travellers in the form of *qasar* prayers as a means of reducing the burdens of travel and providing ease in worship. Therefore, Muslims are permitted to perform the *jama'* and *qasar* prayers under specific reasons and conditions, which serve to alleviate hardship; however, it must be understood that without the *al-hajiyyat*, it does not cause prolonged harm to any party.

Al-Tahsiniyyat

Al-tahsiniyyat is a requirement upon every individual to maintain their dignity in accordance with good local customs and to behave with noble morals. This means that *al-tahsiniyyat* is a personal interest which, without it, neither harm nor excessive hardship befalls any individual.

According to Yusuf Hamid, he defines *al-tahsiniyyat* as:

ما لا يرجع إلى الضرورة و لا حاجة و لكن يقع موقع التحسين و التزيين و التيسير للمزايا و رعاية أحسن المناهج في العادات و المعاملات.³⁰⁶

Meaning: “*Al-tahsiniyyat* is a form of *maslahah* that does not fall under the categories of *darurat* (necessities) and *hajiyyat* (needs), but rather serves to perfect and facilitate matters in order to achieve a level of excellence, superiority, and beauty in human customs (daily life) and in *muamalat* (transactions) between people”.

It can be understood that *tahsiniyyat* is one of the three *maslahah* in the final category because without it, a person can still live without the harm of *daruriyyat* or the hardship of *hajiyyat*. However, it merely fulfils an individual's life to a perfect standard in accordance with local customs and in matters of *muamalat* (transactions).

Tabel 2. Difference among *al-daruriyyat*, *al-hajiyyat* and *al-tahsiniyyat*

Category	<i>Al-daruriyyat</i>	<i>Al-hajiyyat</i>	<i>Al-tahsiniyyat</i>
Meaning	Matters that are absolutely essential for upholding the welfare of religion and the world, and, without its any other affairs will not run smoothly.	Matters that required by people to alleviate hardship without causing harm if they are absent.	As a form of beautification and facilitate affairs with the aim of achieving a degree of excellence in human life.
Example	The prohibition of drinking alcohol that had been stated in Quran, to preserve	In the chapter of <i>rukhsah</i> for <i>qasar</i> and <i>jamak</i> prayers, Allah SWT grants permission and	Consuming food in a seated position, wearing proper clothes and talking

³⁰⁶ Al-Alim, Yusuf Hamid, *Al-Maqasid al-Ammah li Al-Syariah al-Islamiyyah*, (Saudi Arabia: Dar al-Nash, 1991) p.164

	human reason (<i>hifz al-aql</i>) from corruption, which in turn can impair its function in assessing truth.	relief for those who are travelling to perform prayer in the easier way.	gently to the older that are one of the good attitudes that harmonize human being and without it may not cause any harm individually.
Conclusion	A necessity of life without it ay caused harm in religion, life, intellect, offspring and property.	A necessity that must be present, without which life is not endangered but hardship ensues	One can still live without it because it merely serves to fulfil an individual's life and not involved in

Therefore, the observation of *hilal* using digital imaging technology originally facilitates to the process of observing it, which can be categorised as a *hajiyyat* due to its necessity in alleviating hardship; however, without it, the process is not categorised as threatening to one's peace of mind.

Result

The traditional method of sighting the *hilal* , which relies entirely on the naked eye, or by using traditional telescope faces several critical issues such as interference from twilight light (*shafaq*), weather conditions, light pollution and also the *hilal*'s low brightness.³⁰⁷ This interference occurs when the *hilal* is at a sufficiently low altitude, below three degrees, making it difficult to detect as its faint light causes it to be overwhelmed by the strong refraction of twilight sunlight, makes it impossible for the *hilal* to be seen with the naked eye.³⁰⁸ In addition, weather

³⁰⁷ N. Shariff, Z. Hamidi, and M. S. Faid, The Impact of Light Pollution on Islamic New Moon (Hilal) Observation, (Int. J. Sustain. Light, 2017) pp. 10-14

³⁰⁸ Gana Buana, *Mengenal Kriteria MABIMS: Standar Baru Penentu Awal Puasa Ramadan 1447 Hijriah, Media Indonesia Astronomi Islam Volume 5 Tahun 2026* 199

and ambient conditions in Malaysia and Indonesia contain high levels of atmospheric humidity that may cause dense clouds to form on the horizon, obstructing the naked-eye view and making it difficult to obtain accurate results from this traditional observation technique.

Thus, combination of telescope with DSLR, CCD and CMOS cameras provide more accurate depiction and facilitates the observation process. These three modern technologies yield different image results based on the lunar and atmospheric conditions at the time of observation. Also, the combination of optical instrument and digital imaging technology make *hilal* more visible such as in the observation of the *hilal* at the Telok Kemang Observatory, where an image of the *hilal* was recorded at an altitude of less than 3.37° while the sun was at an altitude of -2.64° , under clear sky conditions.³⁰⁹ This study clearly demonstrates the capability of digital imaging technology to capture a clear image of the *hilal*, even when it is still thin and its light faint, which would otherwise be invisible to the naked eye.

Furthermore, the use of digital imaging also leads to image processing, which can help to enhance the *hilal*'s visibility. Therefore, researchers can apply various techniques to enhance the crescent moon image, such as

<https://mediaindonesia.com/humaniora/861363/mengenai-kriteria-mabims-standar-baru-penentu-awal-puasa-ramadan-1447-hijriah>
(accessed April 29, 2026)

³⁰⁹ Nazhatulshima Ahmad et al., *Analysis Data of the 22 Years of Observations on the Young Crescent Moon at Telok Kemang Observatory in Relation to the Imkanur Rukyah Criteria 1995* (Kuala Lumpur: Sains Malaysiana, 2022), p. 3418

using the Crescent Moon Detector (CMD)³¹⁰ software as a toolbox that integrates image-processing techniques so that the crescent image can be viewed by the human eye or Contrast-Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) with Bilateral Filtering that had shown significant improvement in enhancing new moon visibility even under challenging conditions.³¹¹ Thereby, using digital imaging indirectly improving the efficiency of crescent moon observation by image processing techniques.

The Figure 1 below as the results of an observation using Skywatcher Espirit 100ED f/5.5 and Sony a65000 DSLR camera for the moon observation in Rabi'ul Awwal 1446 H at the KUSZA Observatory. Meanwhile Figure 2 shows image of *hila* in Zulkaedah 1445H at Telok Kemang using William Optics Zenithstar 103mm f/6.3 with ZWO ASI183MM (CCD). Others, Figure 3 is an example of combination of Figure 3. Founder Optic Telescope 86mm f/6.5 with Touptek 533MC (CMOS) that had been used in *hila* observation on Safar 1446H.

³¹⁰ Akram Sejzei, Mansur Jamzad, *Evaluation of various digital image processing techniques for detecting critical crescent moon and introducing CMD – A tool for critical crescent moon detection*, (Iran,2015) p. 1511

³¹¹ Ahmad Lutfi Afifi Mohd Nasir et al, *Comparative Analysis of Image Processing Technique in Determining the New Crescent Moon Visibility*, (J. Phys.: Conf. Ser. 2915, 2024), p. 2



Figure 1. Skywatcher Espirit 100ED f/5.5 and Sony a65000 DSLR



Figure 2. William Optics Zenithstar 103mm f/6.3 with ZWO ASI183MM (CCD)



Figure 3. Founder Optic Telescope 86mm f/6.5 with Touptek 533MC (CMOS)

Using a DSLR, CCD and CMOS, the *hilal* was clearly visible, marking the onset of the new moon on 4 September 2024. The *hilal's* appearance also met the *Imkanur Rukyah* MABIMS criteria. DSLR is not only known as a technology that often be paired with portable telescope and widely available on the market, also contains CCD or CMOS sensor which are useful for capturing *hilal* images. Other than that, the light of *hilal*

The *hilal* image, which was almost obscured by clouds, made it difficult to ensure the accuracy of the image by naked eyes but clearly showed by using all the digital imaging technologies which means it is more capable in capturing image in terms of *hilal* observation.

The use of a CCD and DSLR helps to determine the *hilar's* precise position and produce a clearer image compared to using the naked eye. These phenomena are beyond control: low clouds on the horizon after an afternoon shower, haze that reduces the *hilar's* contrast, twilight light, and so on, all of which interfere with the *hilar* sighting process. Besides, with the use of modern technology, the captured images can be processed using various *hilar* enhancement systems. Therefore, digital imaging not only helps to provide a clearer image but also opens up opportunities for further research during the *hilar* observation process.

From the perspective of *maqasid syariah*, the concept of *al-hajiyat* is linked to *hilar* sighting using digital imaging, as it clearly fulfils the requirements of the *syariah* by facilitating the performance of worship and removing hardship for Muslims. This principle is also in line with the *fiqh* principle that hardship leads to ease.

The use of digital imaging technology such as DSLR, CCD and CMOS do not, in fact, alter the fundamental principles of observation, as it remains under the supervision of astronomers; rather, it serves as a medium for reinforcement and accuracy, thereby increasing confidence in the determination of the Islamic lunar month.

Therefore, Department of Islamic Development Malaysia (JAKIM) has established specific guidelines³¹² for imaging the new moon, including that the use of a digital camera is permitted provided its visible light range is the

³¹² Mohamad et al 'Teknik Pengimejan Digital Anak Bulan Menurut Perspektif Syariah, (Selangor, Journal of Fatwa and Falak, 2024), pp. 123–136

same as that of the human eye, that the process of capturing the *hilal* image takes place during the observation, and that the sighting of the *hilal* must be made with the naked eye or with the aid of glasses, a telescope, a theodolite and binoculars. Furthermore, the image produced by the telescope and digital camera must be a single frame image, and image stacking techniques are not permitted. By adhering to these conditions, digital imaging can be implemented without any constraints from a shariah perspective.

Conclusion

The use of modern technology in the sighting of the crescent moon does not, in essence, undermine the fundamental principles of sighting which are, the use of visual observation (naked eyes) and astronomical calculation, but rather, this technology facilitates new developments in the field of astronomy. It therefore adds convenience to each observation session.

The fundamental principle of *rukayah* is still applied and remains relevant, but digital imaging serves as a new symbol in the application of technology in line with global progress. Need to be mentioned that the use of digital imaging technologies such as DSLR, CCD and CMOS as well as any artificial intelligence for does not intend to replace *rukayah* and *hisab* methods in *hilal's* observation. Instead, their visibility serves as supporting tools that facilitate the observation process and enhance accuracy of *hilal* result. The application of all *imkanur rukyah* criteria agreed by the jurist must be followed since it remains as a fundamental principle in *hilal* observation and serves as a guiding framework.

Consequently, the use of digital imaging is permitted by JAKIM in accordance with the established scale and level of use. In this context, digital imaging serves as a means to alleviate hardship and facilitate the performance of worship for all Muslims. This is parallel with one of the concepts of *masalahah* within the *maqasid syariah*, namely *al-hajiyyat*.

A Systematic Synthesis Of Hijri Calendar Determination Methods in Malaysia

Othman Zainon¹, Aimi Musa²

^{1,2}Department of Geoinformation, Faculty of Built Environment and Surveying, Universiti Teknologi Malaysia, 81310 Johor Bahru Johor

*othmanz.kl@utm.my , aimi.musa@utm.my

Introduction

The Hijri calendar plays a crucial role in determining the beginning of Ramadan, Syawal, and Zulhijjah for Muslims. This paper presents a systematic synthesis of three primary methods namely Istilahi Calendar, Hisab, and Rukyah. The Istilahi Calendar, which employs a fixed arithmetic system with alternating 29 and 30-day months, remains relevant for social and administrative purposes due to its predictable and unchanging nature. However, for determining worship-related months, Malaysia adopts the MABIMS 2016 Imkanur Rukyah criteria requiring a minimum crescent altitude of 3° and elongation of 6.4° . A 20-year empirical analysis (1433H–1452H) reveals that the date differences between the Istilahi Calendar and Imkanur Rukyah occur 7 times for Ramadan, 7 times for Syawal, and 5 times for Zulhijjah, with all discrepancies limited to a single day. In conclusion, the Istilahi Calendar remains relevant for social use as its fixed nature promotes Muslim unity in the

Islamic calendar, while the Imkanur Rukyah 2016 criteria is optimal for determining worship months, aligning with both shariah requirements and modern astronomy.

The calendar functions as a basic organizational element of human civilization, arranging social, religious, and governmental activity within temporal boundaries. The Hijri calendar, a strictly lunar schedule consisting of 354 or 355 days divided into twelve months, is of particular importance to Muslims. The Quran states:

وَجَعَلْنَا اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ آيَاتَيْنِ ۖ فَمَحَوْنَا آيَةَ اللَّيْلِ وَجَعَلْنَا آيَةَ النَّهَارِ مُبْصِرَةً لِّبَاصِعُوا
فَضْلًا مِّن رَّبِّكُمْ وَلِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ وَالْأَسَابِ ۚ وَكُلَّ شَيْءٍ فَصَّلْنَاهُ تَفْصِيلًا ١٢

"And We have made the night and day two signs, erasing the sign of the night and rendering the sign of the day visible, so that you may seek bounty from your Lord and understand the number of years and the account [of time]" (Surah al-Isra 17:12).³¹³

This sacred mandate designates the calendar not just as a human utility but as an emblem of divine order. Of the twelve Hijri months, *Ramadan*, *Syawal*, and *Zulhijjah* entail unique religious duties which is fasting in *Ramadan*, the celebration of Eid al-Fitr at *Ramadan's* completion, and the Hajj journey culminating in Eid al-Adha on the 10th of *Zulhijjah*. The accurate identification of the commencement of these months directly influences both scientific precision and religious adherence.³¹⁴

³¹³ Al-Isra 17:12

³¹⁴ Aspar, Sumartini, Mukdashim Billah. Kalender Hijriah Global Tunggal dan Tantangan Penerapannya di Indonesia Jurnal Pendidikan Agama islam Vol. 5 No 1 Tahun 2026, 131-137E-ISSN: 2828-2337. (2026)

Istilahi calendar is an arithmetic calendar with alternating 29 and 30 days making the year constant. Malaysia used only *Istilahi* calendar until 1969. However, the *Istilahi* methodology was considered insufficient by religious authorities except in the three sacred months, as the pre-determined month lengths of this method do not consider the real conditions of crescent visibility. Thus, Malaysia has embraced the methods of astronomical computation (*hisab*) and physical seeing (*rukyah*) based on certain parameters of crescent visibility known as *Imkanur Rukyah*.

The *Imkanur Rukyah* criteria have experienced significant change. Since 1984, Malaysia has employed the Istanbul requirements, which stipulate a minimum altitude of 5° and an elongation of 8° . In 1992, MABIMS implemented revised criteria: altitude $\geq 2^{\circ}$, elongation $\geq 3^{\circ}$, or alternatively, moon age ≥ 8 hours.³¹⁵ Nonetheless, these criteria were criticized by astronomers for generating errors in real visibility forecasts and, in certain instances, for attempting observations prior to the occurrence of conjunction (*ijtimak*).

After thorough research and global collaboration, the 2016 MABIMS *Muzakarah* in Port Dickson, Negeri Sembilan, established additional criteria: a minimum altitude of 3° and a minimum elongation of 6.4° . Malaysia officially enacted this modification on 1 Muharram 1443 H (10 August 2021). This change prompts essential inquiries: Does the adoption of improved *Imkanur Rukyah*

³¹⁵ Nabeela.Taudhah al-Falak: Justifikasi Imkan ar-Rukyah dalam penetapan takwim Hijri [Publication No. 12]. Jabatan Mufti Negeri Selangor. (2025, February 7).

standards render the *Istilahi* calendar obsolete? Does the *Istilahi* calendar maintain significance for particular purposes? This comprehensive synthesis aims to achieve three principal objectives:

1. A historical and analytical examination of the three calendar determination systems, namely *Istilahi*, *Hisab*, and *Rukyah*, tracing their evolution from early Islamic practices to modern uses.
2. Empirical analysis of the date determination for *Ramadan*, *Syawal*, and *Zulhijjah* during a 20-year span (1433–1452 H / 2010–2030 CE) utilizing *Istilahi* and *Imkanur Rukyah* criteria.
3. Assessment of the revised MABIMS criteria (3° altitude, 6.4° elongation) through comparison with both the 1992 criteria and the *Istilahi* calendar.

The empirical component of this synthesis draws from the analysis using i-Hijri software³¹⁶ and the "*Takwim Hijri Istilahi 100 Tahun*" published by the Johor State Mufti Department. Calculations reference the official Malaysian southern observation station at Pontian Kecil, Johor (latitude 1° 29' 16.13"N, longitude 103° 23' 13.93"E).³¹⁷ The 20-year analysis period spans 1433 H to 1452 H (2011–2030 CE), providing sufficient temporal coverage to identify systematic patterns in date determination.

³¹⁶ Sirna. Relevance of the Use of Moon Age as an Alternative Condition in Imkanur Rukyah Criteria. Master Thesis. Universiti Teknologi Malaysia, Skudair (2016)

³¹⁷ Azli. The relevance of using takwim istilahi in determining the month of fasting and Eid [Bachelor's thesis, Universiti Teknologi Malaysia]. (2022)

Typology of Hijri Calendar Determination Systems

The typology of Hijri calendar determination techniques reflects a basic epistemological tension between fixed arithmetic calculation, astronomical conjunction, conditional visibility, and actual physical sighting, which must be understood before delving into each calendar system in detail. Each system emphasizes distinct values: predictability vs accuracy, administrative ease versus religious adherence, and global uniformity versus local observance. The *Istilah*i calendar signifies the initial systematic endeavour to formalize the Hijri calendar within a predictable arithmetic structure.

This foundational system formed the basis for subsequent methodologies namely *Ijtima*k *Hakiki*, *Wujudul Hilal*, and *Imkanur Rukyah*, that were devised as enhancements to rectify its shortcomings in worship-related assessments. Comprehending this evolutionary path elucidates why the *Istilah*i calendar, although rendered obsolete for religious functions, continues to offer certain benefits for social and administrative uses.

The *Istilah*i Calendar

The *Istilah*i calendar exemplifies the first systematic methodology for Hijri dating, distinguished by its exclusively mathematical determination technique. This system has months that alternate between 30 and 29 days, resulting in a normal year of 354 days (*basitah*), with leap years (*kabisah*) of 355 days occurring 11 times within each 30-year cycle. The Johor Mufti Department's publication states that the *Istilah*i calendar for each year may be computed independently of astronomical

measurements or lunar phases.³¹⁸ Table 1 delineates the monthly pattern for the year 1443 H (2021 – 2022).

Table 1. *Istilahi* Calendar for 1443 H (2021 – 2022)³¹⁹

Hijri Month	Gregorian Start Date	Total Days	New Moon Time
Muharram	10 August 2021	30	08:52 (29 Muharram)
Safar	09 September 2021	29	19:06 (28 Safar)
Rabiulawal	08 October 2021	30	05:15 (29 Rabiulawal)
Rabiulakhir	07 November 2021	29	15:45 (28 Rabiulakhir)
Jamadilawal	06 December 2021	30	02:36 (29 Jamadilawal)
Jamadilakhir	05 January 2022	29	13:49 (28 Jamadilakhir)
Rejab	03 February 2022	30	01:38 (29 Rejab)
Syaaban	05 March 2022	29	14:48 (29 Syaaban)
Ramadhan	03 April 2022	30	04:31 (28 Ramadhan)
Syawal	03 May 2022	29	18:54 (29 Syawal)
Zulkaedah	01 June 2022	30	10:53 (29 Zulkaedah)
Zulhijjah	01 July 2022	29	01:55 (29 Zulhijjah)

The typology of Hijri calendar determination techniques reflects a basic epistemological tension between fixed arithmetic calculation, astronomical conjunction, conditional visibility, and actual physical sighting, which must be understood before delving into each calendar system in detail. Each system emphasizes distinct values: predictability vs accuracy, administrative ease versus religious adherence, and global uniformity versus local observance. The *Istilahi* calendar signifies the initial systematic endeavour to formalize the Hijri calendar within a predictable arithmetic structure.

The *Istilahi* calendar's principal merits are its simplicity, predictability, and stability such as attributes that enhance administrative planning, historical chronology, and social coordination. However, it is not

³¹⁸ *Ibid* page 2

³¹⁹ *Ibid* page 2

appropriate for worship-related conclusions when Quranic and hadith evidence clearly connect month starts to real crescent observation since its predefined structure cannot represent true lunar visibility.

The *Ijtimak Hakiki* Calendar

The *Ijtimak Hakiki* calendar determines months exclusively based on the astronomical conjunction, which is the instant when the sun, moon, and earth coincide at the same longitude. According to this approach, if conjunction transpires prior to sunset on the 29th day, the subsequent evening's sunset signifies the start of the new month. If conjunction happens after sunset, the month is extended to 30 days, with the next month commencing at the subsequent sunset. Malaysia utilized the *Ijtimak Hakiki* calendar from 1986 to 1991. Although more astronomically based than the *Istilah* method, it is still inadequate for worship months since it fails to account for the visibility of the crescent following conjunction.

The *Wujudul Hilal* Calendar

The *Wujudul Hilal* calendar requires that conjunction occurs before sunset and that the moon is positioned above the horizon at sunset, irrespective of height or elongation. If all requirements are met, the next month starts that evening; otherwise, the month is prolonged to 30 days. Malaysia employed this calendar from 1992 to 1994; however, it encountered difficulties since the occurrence of conjunction and positive altitude do not ensure visibility of the crescent moons, and altitudes below 2° to 3° are seldom seen due to air extinction and sky brightness.

The *Imkanur Rukyah* Calendar

The *Imkanur Rukyah* calendar embodies the most advanced methodology, establishing precise quantitative criteria that must be fulfilled prior to the declaration of a new month. This method acknowledges that conjunction and positive altitude are required yet inadequate for crescent vision; additional elements like as angular separation from the sun (elongation), meteorological conditions, and observer equipment must be considered.³²⁰

Evolution of Malaysian *Imkanur Rukyah* Criteria

The historical development of Malaysian criteria reflects progressive refinement based on observational data and international collaboration. Table 2 illustrates the progression of *Imkanur Rukyah* criterion utilized in Malaysia.

Table 2. Evolution of *Imkanur Rukyah* Criteria

Period	Altitude (min)	Elongation (min)	Moon Age (min)	Source
1978-1991	5°	8°	8 hours	Istanbul Criteria
1992-2016	2°	3°	8 hours	MABIMS 1992
2013 (proposed)	3°	5°	—	KIR2013

The change from multiple criteria (altitude/elongation or moon age) to dual criteria (altitude and elongation) signifies a substantial change in approach.

³²⁰ Syarif, Sakirman, & Syarif. A semantic literature review on crescent visibility: Trends, models, and implications for the Islamic calendar. *Al-Hilal: Journal of Islamic Astronomy*, 7(1).(2025)

The Malaysian Fatwa Committee's 2021 resolution abolished the 8-hour lunar age criteria, which has faced criticism due to the fact that the youngest reliably documented crescent observations surpass this limit (e.g., 15 hours 53 minutes at Rombang Beach, Melaka, 1991).³²¹

Parameters and Models in Crescent Visibility Determination

The precise assessment of crescent visibility necessitates a comprehensive grasp of several astronomical and physical factors that dictate the observability of a new crescent post-sunset. The parameters encompass geometric measures, such as the moon's altitude above the horizon and its angular separation from the sun, as well as physical features like crescent width, illumination percentage, and air conditions influencing light transmission. Through decades of observation and study, astronomers and Islamic scholars have determined that no singular criteria consistently predict visibility; instead, a comprehensive evaluation of many critical variables provides the most precise forecasts. This subsection analyses the essential astronomical parameters that constitute the basis of crescent visibility criteria, starting with altitude, elongation, moon age, and their interconnections as evidenced by empirical research conducted in various geographical settings and observational circumstances.

³²¹ *Ibid* page 2

Astronomical Parameters

Determining crescent visibility necessitates the computation of many interdependent factors. Altitude (h). The moon's angular elevation above the horizon at sunset. Lower altitudes have increased air extinction, with the practical visibility threshold often recognized at 3° or above. Elongation ($\Delta\lambda$ or ARCL). The angular distance between the moon and the sun. This characteristic is associated with crescent age and illumination; inadequate elongation results in crescents that are too slender for detection. Moon Age (t). Duration since conjunction. Although easily computed, age alone is shown to be incorrect, as seen in Table 3.³²²

Table 3. Inconsistency Between Moon Age and Geometric Criteria

Gregorian Date	Altitude ($^{\circ}$)	Elongation ($^{\circ}$)	Moon Age (hours)
28-03-1998	3.7	3.9	8.60
07-09-2002	4.8	5.2	8.64
26-09-2003	3.9	4.8	8.43
14-10-2004	2.4	2.9	8.53
05-08-2005	3.5	4.3	8.88
31-12-2005	2.6	5.8	8.35

Table 3 indicates that an 8-hour moon age does not ensure the completion of geometric conditions, nor does the accomplishment of geometric criteria ensure age sufficiency. This empirical evidence corroborates the 2016 resolution to abolish age as an independent criterion.

³²² *Ibid* page 3

Modern Visibility Models

Modern predictions of crescent visibility have transitioned from empirical guidelines to advanced computer models. Significant advancements encompass:

Yallop's Criterion (1998) classifies visibility into four categories: A (readily visible), B (visible under optimal conditions), C (necessitates optical assistance), D (not visible). This model methodically integrates atmospheric extinction.³²³

Odeh's Model (2004),³²⁴ Thoroughly evaluated against worldwide observational data, this model demonstrated that crescents with an elongation of $\geq 6.4^\circ$ and an altitude of $\geq 3^\circ$ are reliably viewable under clear conditions results that directly influenced the 2016 MABIMS criterion.

Recent study indicates that artificial neural networks and deep learning algorithms may predict crescent appearance with more accuracy than classic parametric models. A prediction accuracy of 92% via deep learning neural networks trained on historical observational data.^{325, 326} A study in year 2023 has proved

³²³ Yallop. A method for predicting the first sighting of the new moon. NAO Technical Note, Royal Greenwich Observatory. (1998).

³²⁴ Odeh. New criterion for lunar crescent visibility. *Experimental Astronomy*, 18(1-3), 39-64. (Note: The thesis cites Odeh's article in *Experimental Astronomy* (2004).

³²⁵ Maliha & Junaidi. Utilization of artificial intelligence for a global Hijri calendar: Harmonizing hisab and rukyat in the digital era. *Proceeding of Annual International Conference on Islamic Education (AICIED)*, 3, 106-134. (2025)

³²⁶ Allawi. Crescent moon visibility: A new criterion using deep learned artificial neural-network. *Iraqi Journal of Science*, 2332-2343. (2024).

that ensemble machine learning techniques efficiently amalgamate various visibility factors.³²⁷

Emerging Technologies

Muztaba et al. (2022) created robotic telescope systems utilizing OpenCV-based contrast enhancement for automatic crescent identification, therefore minimizing observer bias.³²⁸ The Circular Hough Transform (CHT) technique facilitates computer-assisted verification of crescent identification, as illustrated by Nasir et al. (2025), offering objective validation for rukyah claims.³²⁹ These technological advancements offer the opportunity to reconcile historically conflicting *hisab-rukyah* methodologies, as machine learning models may be trained on validated observational data to generate forecasts specifically adjusted to visibility rather than only physical presence.³³⁰

Comparative Analysis of Calendar Determination Methods

A systematic comparative analysis was conducted to empirically assess the practical differences among the *Istilahi*, *Imkanur Rukyah* 1992, and *Imkanur Rukyah* 2016 methods, utilizing Pontian Kecil, Johor, as the reference observation station which is the official southern site for Hijri date calculation in Malaysia.³³¹ The analysis utilized i-Hijri software to provide new moon (*hilal*)

³²⁷ Al-Rajab, Loucif, & Al Risheh. Predicting new crescent moon visibility applying machine learning algorithms. Scientific Reports, 13(1), 6674. (2023).

³²⁸ *Ibid* page 5

³²⁹ *Ibid* page 5

³³⁰ *Ibid*

³³¹ *Ibid* page 3

position data according to each criterion,³³² then validating it against the published "*Takwin Hijri Istilahi 100 Tahun*" from the Johor State Mufti Department. The analysis centered on two temporal frameworks: initially, a comprehensive month-by-month assessment for a singular Hijri year (1443 H, corresponding to 2021-2022 CE) to demonstrate how each criterion yields distinct date determinations under uniform astronomical conditions; subsequently, a 20-year longitudinal study (1433 H to 1452 H) focused solely on the three pivotal months of worship for month of *Ramadan*, *Syawal*, and *Zulhijjah*, to discern patterns and frequencies of date discrepancies between the fixed *Istilahi* system and the conditional *Imkanur Rukyah* methodologies. This subsection displays the comparative findings for one year.

One-Year Comparative Analysis for 1443 H

The empirical comparison for 1443 H (2021-2022) using Pontian, Johor as the reference location reveals systematic differences among the three approaches. Table 4 presents the complete comparative analysis.

Key findings from the 1443 H analysis:

1. Total annual days varied: IKR 1992 produced 352 days (deficient year), while both *Istilahi* and IKR 2016 produced 354 days (normal year). This suggests IKR 2016 better maintains calendar stability.
2. *Istilahi* showed 4 date shifts relative to IKR 2016 (3 months early, 1 month late).

³³² *Ibid* page 3

3. IKR 1992 showed 3 date shifts relative to IKR 2016.
4. Compliance patterns: For months where IKR 2016 approved new month commencement, crescents typically showed altitude $> 4^\circ$ and elongation $> 6.5^\circ$, confirming the criterion's empirical basis.

Table 4. Comparative Analysis for 1443 H between *Istilahi*, IKR 1992, and IKR 2016³³³

Month	Istilahi Start	IKR 1992 Start	IKR 2016 Start	IKR 2016 Total Days	Notes
Muharram	10 Aug 2021	10 Aug 2021	10 Aug 2021	30	All agree
Safar	09 Sep 2021	08 Sep 2021	09 Sep 2021	29	IKR 1992 shifts
Rabiulawal	08 Oct 2021	08 Oct 2021	08 Oct 2021	29	All agree
Rabiulakhir	07 Nov 2021	06 Nov 2021	06 Nov 2021	30	IKR 1992/2016 agree
Jamadilawal	06 Dec 2021	06 Dec 2021	06 Dec 2021	29	All agree
Jamadilakhir	05 Jan 2022	04 Jan 2022	04 Jan 2022	30	IKR shift from Istilahi
Rejab	03 Feb 2022	02 Feb 2022	03 Feb 2022	29	IKRs differ
Syaaban	05 Mar 2022	04 Mar 2022	04 Mar 2022	30	IKRs shift together
Ramadhan	03 Apr 2022	03 Apr 2022	03 Apr 2022	29	All agree
Syawal	03 May 2022	02 May 2022	02 May 2022	30	IKRs shift
Zulkaedah	01 Jun 2022	01 Jun 2022	01 Jun 2022	30	All agree
Zulhijjah	01 Jul 2022	30 Jun 2022	01 Jul 2022	29	IKR 1992 shifts

³³³ *Ibid* page 3

Twenty-Year Analysis for *Ramadan*, *Syawal*, and *Zulhijjah* (1433–1452 H)

The comprehensive 20-year investigation concentrated on the three pivotal months of worship demonstrates a cumulative frequency of discrepancies between *Istilahi* and *Imkanur Rukyah* assessments. The summary for twenty year comparison are shown in Table 5.

Table 5. Twenty-Year Comparative Summary for Sacred Months³³⁴

Month	Same Date	Different Date	Percentage Same
Ramadan	13	7	65%
Syawal	13	7	65%
Zulhijjah	15	5	75%

Based on Table 5, Ramadan discrepancies occurred in 1433 H, 1434 H, 1437 H, 1439 H, 1445 H, 1446 H, and 1447 H. In all cases, the difference was exactly one day either *Istilahi* declaring Ramadan one day earlier or later than *Imkanur Rukyah*. Next month of *Syawal*, have seven discrepancies occurred (1435 H, 1436 H, 1437 H, 1438 H, 1443 H, 1447 H, 1451 H), again with single-day differences. Meanwhile, for month of Zulhijjah has five discrepancies occurred (1437 H, 1438 H, 1440 H, 1450 H, 1451 H), representing the highest agreement rate with 75%.

³³⁴ *Ibid* page 3

The extended 20-year analysis focused specifically on the three worship-critical months reveals cumulative frequency of differences between *Istilah*i and *Imkanur Rukyah* determinations. The comprehensive 20-year investigation concentrated on the three pivotal months of worship demonstrates a cumulative frequency of discrepancies between *Istilah*i and *Imkanur Rukyah* assessments.

Comparison with Official Malaysian Calendars

Validation against the official calendars from the Department of Islamic Development Malaysia (JAKIM) and the Department of Survey and Mapping Malaysia (JUPEM) for the years 1441–1445 H indicates:

- i. Differences between IKR 2016 and JAKIM: 3 shifts over 5 years (Jamadilakhir 1442 H, Safar 1443 H, Syawal 1443 H)
- ii. Differences between IKR 2016 and JUPEM: 1 shift over 5 years (Rabiulakhir 1442 H)
- iii. Differences between JAKIM and JUPEM: Multiple shifts reflecting different computation parameters

The *Syawal* 1443 H (2022) example is notably instructive. The IKR 2016 estimates for the Pontian station indicated that the crescent did not meet the parameters (altitude $-2^{\circ} 04' 07''$, elongation $2^{\circ} 31' 45.6''$). Nevertheless, observations in Labuan, Sabah, located around 1,500 km away, confirmed the crescent met the specified conditions. The Keeper of the Rulers' Seal proclaimed 1 *Syawal* on 2 May 2022, subsequent to the Labuan observation. This illustrates that although standardized criteria offer scientific direction, the ultimate decision is with the legitimate religious authority (*ūlil amrī*) and must take into account observable sightings throughout Malaysia's geographically varied observation network.

The MABIMS Unification Framework

The MABIMS unification framework constitutes the foremost global initiative among Southeast Asian countries to standardize the parameters for determining the Hijri calendar. This framework, developed through ministerial cooperation among Brunei, Indonesia, Malaysia, and Singapore, has progressed from informal consultation to formalized consensus on technical visibility requirements. Comprehending this framework necessitates an analysis of its historical evolution, the scientific and political deliberations that influenced its present principles, and the persistent difficulties in converting regional agreement into cohesive national applications. This chapter delineates the progression from initial coordination efforts to the crucial 2016 *Muzakarah* in Port Dickson, which established the present 3° altitude and 6.4° elongation criterion, culminating in Malaysia's formal acceptance in 2021. This historical viewpoint elucidates the accomplishments and constraints of regional calendar unification initiatives.

History and Evolution

The Ministerial Meeting of Religious Affairs of Brunei, Indonesia, Malaysia, and Singapore (MABIMS) represents Southeast Asia's primary platform for Hijri calendar coordination. Established to harmonize crescent visibility criteria, MABIMS has evolved from regional coordination toward potential global contribution. The critical inflection point occurred at the 2016 *Muzakarah* in Port Dickson. Each member state proposed criteria based on national research:

- i. Malaysia: 3° altitude, 5° elongation (later adjusted to 6.4°)

- ii. Indonesia: 4° altitude, 7° elongation (based on image processing observations)
- iii. Singapore: 6.4° elongation, 3° altitude (emphasizing 5 minutes post-sunset observation)
- iv. Brunei: 6° altitude, 19 hours moon age (based on local study results)

The final consensus was 3° altitude, 6.4° elongation, represents a compromise among these national positions while maintaining scientific grounding through Odeh's (2004) validation that 6.4° elongation correlates with reliable visibility.³³⁵

Implementation Challenges

Notwithstanding technological consensus, there are obstacles to the implementation of a single calendar:³³⁶

- i. Jurisdictional authority: Each nation possesses autonomous religious adjudication, with the Keeper of the Rulers' Seal in Malaysia, the Ministry of Religious Affairs in Indonesia, and analogous entities in other countries possessing ultimate decision-making power.
- ii. Differences in the interpretation of Matla': Certain authorities endorse regional (*ikhtilaf al-matali'*) perspectives, permitting various localities to commence months on distinct days according to local visibility, whereas others support global (*ittihad al-matali'*) perspectives, necessitating worldwide uniformity when visibility conditions allow.
- iii. Institutional infrastructure: There are insufficient procedures for the real-time exchange of observation

³³⁵ *Ibid* page 5

³³⁶ *Ibid* page 5

- (*rukayah*) data and coordinated fatwa harmonization across borders.
- iv. Public acceptance: Muslim communities exhibit differing degrees of confidence in calculation-based methods compared to traditional sighting, with some favoring local observation irrespective of astronomical forecasts.³³⁷

Toward a Global Unified Hijri Calendar

The concept of a Global Unified Hijri Calendar (*Kalender Hijriah Global Tunggal/KHGT*) has gained traction, particularly following the 2016 Istanbul Conference's recommendations. Abdul Halim and Roswanto (2025) propose a framework anchored to the International Lunar Date Line (ILDL):

Two-Condition Global Rule: S1: Global conjunction occurs before local sunset along the International Date Line (approximately 180°E, ±20° latitude)

S2: Imkanur Rukyah threshold (minimum 3° altitude, 6.4° elongation) is met on a 60°W test line.

This methodology will generate a singular, re-calculated calendar applicable globally, shifting from reactive sighting-based determination to proactive astronomical calculation while ensuring shariah compliance. The MABIMS criteria are already consistent with the technical specifications of this global framework, establishing Southeast Asian nations as prospective leaders in calendar unification initiatives.³³⁸

³³⁷ Faid et. al. Methods in determining new hijri month: A thematic review from islamic jurisprudence perspective. Malaysian Journal of Syariah and Law. Vol. 13, No. 1, pp. 75-99. (2025)

³³⁸ *Ibid* page 2

Epistemological Integration of Hisab, Rukyah, and Istilahi

Contemporary scholars debate whether these texts mandate physical sighting (*ruk yah bi al-fi'l*) or establish crescent existence as the basis, with calculation providing sufficient knowledge (*ruk yah bi al-'ilm*).³³⁹ The Quran establishes the crescent as the temporal marker for humanity:

"They ask you, [O Muhammad], about the new moons. Say, They are measurements of time for the people and for Hajj". (Surah al-Baqarah 2:189)³⁴⁰

The hadith further specify:

"Fast upon sighting it (the crescent) and breakfast upon sighting it" (Sahih al-Bukhari).

The *Imkanur Rukyah* approach represents a middle position: calculation determines potential visibility, and physical sighting or authoritative acceptance of calculated visibility establishes the month.

The *Istilahi* Calendar's Continuing Role

The *Istilahi* calendar, however unsuitable for determining worship, remains pertinent in other areas:

- i. Historical dating: Events documented with *Istilahi* dates necessitate comprehension of this method for precise conversion and interpretation.
- ii. Administrative planning: The stable structure of the *Istilahi* calendar enables long-term planning for academic calendars, financial cycles, and civil

³³⁹ *Ibid* page 13

³⁴⁰ Al-Baqarah 2:189

administration, similar to the role of the Gregorian calendar.³⁴¹

- iii. Social coordination: For non-worship purposes like as contracts, birth registrations, and legal actions, the reliable *Istilahi* system mitigates the uncertainty associated with conditional *Imkanur Rukyah* determination.

The systematic framework of the *Istilahi* calendar offers a clear introduction to Hijri calendar concepts prior to progressing to methods of conditional determination. The observation that *Istilahi-IKR* discrepancies average merely 6.5% for *Ramadan* and *Syawal*, and 25% for *Zulhijjah*, indicates that the *Istilahi* calendar closely approximates, although does not supplant, precise lunar observation.

A Multi-Layered Calendar System

Contemporary Muslim societies effectively operate with three concurrent calendar systems as shown in Table 7:

Table 7. Multi-Layered Calendar System

Calendar System	Primary Function	Certainty Level	Worship Applicability
Gregorian (Solar)	Civil administration	Absolute	None
<i>Istilahi</i> (Arithmetic Lunar)	Social coordination	High	Limited
<i>Imkanur Rukyah</i>	Worship determination	Condition-dependent	Complete

³⁴¹ Abdul Wahab. An analysis of Takwim Hijriah Khairiah in the context of historical development of the Malaysian Hijri calendar. *Journal of Al-Tamaddun*, 20(2), 335-343. (2025)

This multi-layered approach, far from creating confusion, optimizes each system for its appropriate domain. The Gregorian calendar provides stable international coordination; the *Istilah* calendar offers predictable Hijri dates for social purposes; and the *Imkanur Rukyah* system ensures worship compliance with Quranic and hadith guidance.

Future Directions and Recommendations

Innovative Artificial Intelligence (AI) applications possess the capacity to revolutionize the determination of the Hijri calendar.

- i. Predictive models: Machine learning algorithms trained on global visibility databases may accurately forecast crescent visibility, surpassing standard parametric criteria and diminishing dependence on disputed observational reports.³⁴²
- ii. Observation validation: Computer vision systems can objectively verify reported crescent sightings, differentiating authentic crescents from clouds or camera artifacts.
- iii. Multi-criteria integration: Neural networks can concurrently optimize many visibility characteristics, determining optimal combinations instead of utilizing predefined thresholds.
- iv. An AI-integrated system that amalgamates real-time worldwide sighting data, high-precision astronomical computations, and machine learning

³⁴² *Ibid* page 8

predictions to produce cohesive calendar
suggestions for religious authorities.³⁴³

The semantic literature review identifies the need for:³⁴⁴

- i. Extended observation datasets: Current visibility criteria derive from limited observational samples; expanded global observation networks would strengthen empirical foundations.
- ii. Regional variation studies: Systematic documentation of visibility success rates across different latitudes, climates, and observation techniques would inform criteria refinement.
- iii. Longitudinal tracking: Extended studies tracking actual visibility outcomes relative to predictions would validate or challenge current criteria.³⁴⁵

Policy Recommendations

Based on this systematic synthesis, the following recommendations emerge:

- i. Maintain *Imkanur Rukyah* for worship months: The $3^{\circ}/6.4^{\circ}$ criteria provide the optimal balance of scientific rigor and shariah compliance.
- ii. Preserve *Istilahi* for social purposes: Its fixed structure facilitates administrative planning and remains highly relevant for non-worship applications.
- iii. Develop regional unification gradually: Rather than immediate global implementation, focus on harmonizing MABIMS implementation through

³⁴³ *Ibid* page 8

³⁴⁴ *Ibid* page 5

³⁴⁵ *Ibid* page 2

shared observation protocols and mutual recognition mechanisms.

- iv. Investigate pre-calculated global calendar: The ILDL-anchored framework merits expanded research and international consultation as potential long-term unification mechanism.
- v. Establish formal data-sharing infrastructure: Create standardized platforms for real-time sharing of *rukayah* results, enabling coordinated declarations while respecting national authority.

Conclusion

This systematic synthesis has analyzed three distinct methodologies for determining the Hijri calendar: the fixed mathematical *Istilahi* system, the conjunction-based *Ijtimak Hakiki* approach, and the conditional *Imkanur Rukyah* framework. The investigation, based on empirical comparison of two decades of data and modern scholarship from 2021 to 2026, substantiates various results.

The three techniques fulfill complementing rather than competing functions. The *Istilahi* calendar offers a consistent and reliable system for social and administrative dating purposes. The *Ijtimak Hakiki* calendar provides an astronomical basis but fails to account for visibility factors. The *Imkanur Rukyah* framework was specifically the prevailing MABIMS consensus parameters of 3° lunar altitude and 6.4° elongation is the most effectively satisfies the Quranic and hadith stipulation connecting the commencement of months to the observable crescent.

Secondly, empirical study reveals that the determinations of *Istilah*i and *Imkanur Rukyah* diverge for *Ramadan* and *Syawal* in about 35% of years, and for *Zulhijjah* in 25% of years, with all disagreements confined to single-day variations. This little variation suggests that although the *Istilah*i calendar cannot replace the determination of worship, its established framework serves as a reasonable approximation for non-worship applications.

The transition from Istanbul (1978) through MABIMS 1992 to the present $3^{\circ}/6.4^{\circ}$ criterion demonstrates a continual enhancement informed by the accumulation of observational data. The removal of the 8-hour moon age requirement, substantiated by actual discrepancies with geometric standards, signifies a methodological advancement towards exclusively geometric visibility thresholds.

Fourth, while technical agreement on visibility standards, obstacles to implementation—such as divergent *matla'* interpretations, national authority frameworks, and disparate public acceptance—hinder calendar unification. Innovative frameworks like the ILDL-based global calendar present viable long-term answers necessitating continuous international discourse.

Ultimately, the integration of artificial intelligence, encompassing machine learning predictive models, automated observation systems, and computer-assisted sighting verification, offers prospects for alleviating *hisab-rukayah* conflicts while preserving scientific precision and religious adherence.

The Hijri calendar is not merely a historical artifact; it is a living system that incorporates traditional Islamic

jurisprudence, modern astronomy, and new computing techniques. The significance of the *Istilah* calendar endures not in opposition to current advancements but in conjunction with them to fulfilling social requirements for stability while the *Imkanur Rukyah* structure addresses worship needs for adherence to scriptural directives. Future development must incorporate technical innovation while preserving the epistemic equilibrium demonstrated in the MABIMS consensus.

Acknowledgement

We would like to thank to those who has contribute idea and guide us to accomplish the mission of this study. This research is financially supported by the Malaysia Ministry of Higher Education and Universiti Teknologi Malaysia who has been directly support this study with the Fundamental Grant Universiti Teknologi Malaysia (No. Q.J130000.3852. 23H06) and Centre for Industry and Community Networking (CCIN) which has funded this project was given a grant (UTM KTP-RIG) 2024, CE/204/00092.

Integrasi Augmented Reality pada Pembelajaran Astronomi di Sekolah

Abu Yazid Raisal*¹, Nurul Zahrian Jf², Sri Wahyuni³

^{1,2,3} Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

*abuyazidraisal@umsu.ac.id

Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi pada era digital telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai bidang, termasuk pendidikan. Inovasi teknologi mendorong transformasi proses pembelajaran dari yang bersifat konvensional menuju pembelajaran yang lebih interaktif, kontekstual, dan berpusat pada peserta didik ³⁴⁶. Salah satu teknologi yang berkembang pesat dan mulai banyak dimanfaatkan dalam dunia pendidikan adalah *augmented reality* (AR). Teknologi ini memungkinkan penggabungan objek virtual ke dalam dunia nyata secara *real-time*, sehingga

³⁴⁶ Ade Fricticarani and others, 'Strategi Pendidikan Untuk Sukses Di Era Teknologi 5.0', *Jurnal Inovasi Pendidikan Dan Teknologi Informasi (JIPTI)*, 4.1 (2023), 56–68.

menciptakan pengalaman belajar yang lebih imersif dan bermakna ³⁴⁷.

Dalam konteks pembelajaran sains, khususnya astronomi, pemanfaatan teknologi menjadi sangat penting. Astronomi merupakan cabang ilmu yang mempelajari benda-benda langit dan fenomena alam semesta yang sebagian besar tidak dapat diamati secara langsung oleh siswa. Konsep-konsep seperti struktur tata surya, gerak planet, fase bulan, serta fenomena gerhana bersifat abstrak dan membutuhkan kemampuan visualisasi spasial yang tinggi. Kondisi ini seringkali menjadi kendala bagi siswa sekolah dalam memahami materi secara mendalam apabila hanya mengandalkan metode pembelajaran konvensional seperti ceramah atau penggunaan buku teks ³⁴⁸.

Permasalahan dalam pembelajaran astronomi di sekolah tidak hanya terletak pada sifat materinya yang abstrak, tetapi juga pada keterbatasan media pembelajaran yang digunakan. Banyak sekolah masih mengandalkan media statis yang kurang mampu menggambarkan dinamika fenomena astronomi secara akurat. Hal ini berdampak pada rendahnya minat belajar dan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran.

³⁴⁷ Putri Ica Apriliani, Fina Fakhriyah, and Sekar Dwi Ardianti, 'Implementasi Penggunaan Media Pembelajaran Augmented Reality Dalam Tema 9 Menjelajahi Ruang Angkasa Di SD Negeri 3 Jambu', *Didaktik : Jurnal Ilmiah PGSD FKIP Universitas Mandiri*, 8.2 (2022), 3333–43 <<https://doi.org/10.21608/pshj.2022.250026>>.

³⁴⁸ Saul Beltozar Clemente and others, 'Augmented Reality Mobile Application to Improve the Astronomy Teaching-Learning Process', *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 2.2 (2022), 464–74 <<https://doi.org/10.25082/amler.2022.02.015>>.

Akibatnya, pemahaman konsep menjadi kurang optimal dan cenderung bersifat hafalan ³⁴⁹.

Dalam hal ini, AR menawarkan solusi potensial untuk mengatasi berbagai permasalahan tersebut. Teknologi AR memungkinkan visualisasi objek astronomi dalam bentuk tiga dimensi yang dapat diamati dari berbagai sudut pandang. Selain itu, AR juga memberikan pengalaman interaktif yang memungkinkan siswa berinteraksi langsung dengan objek pembelajaran, sehingga dapat meningkatkan keterlibatan dan motivasi belajar. Dengan menghadirkan representasi visual yang lebih konkret, AR berpotensi membantu siswa dalam memahami konsep-konsep abstrak secara lebih efektif ³⁵⁰.

Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan AR dalam pembelajaran sains memberikan dampak positif terhadap peningkatan pemahaman konsep, keterlibatan siswa, serta motivasi belajar ³⁵¹. AR juga terbukti mampu menciptakan

³⁴⁹ Inês Mendes, Isabel Malaquias, and Mário Vairinhos, 'Physics Teachers' Perceptions of Teaching and Learning Astronomy in the 7th Grade: Challenges and the Role of Digital Technologies', *International Journal of Science Education*, 693 (2025), 1–19 <<https://doi.org/10.1080/09500693.2025.2561136>>.

³⁵⁰ Jia Zhang and others, 'The Development and Evaluation of an Augmented Reality-Based Armillary Sphere for Astronomical Observation Instruction', *Computers and Education*, 73 (2014), 178–88 <<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.01.003>>.

³⁵¹ Serkan Say and Volkan Pan, 'The Effect of Instruction with Augmented Reality Astronomy Cards on 7th Grade Students' Attitudes towards Astronomy and Academic Achievement', *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 2017.December Special Issue INTE (2017), 295–301.

pengalaman belajar yang lebih menarik dan menyenangkan ³⁵². Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih bersifat parsial dan belum secara khusus mengkaji integrasi AR dalam pembelajaran astronomi di tingkat sekolah secara komprehensif ³⁵³.

Berdasarkan hal tersebut, terdapat kebutuhan untuk melakukan kajian yang lebih mendalam melalui pendekatan studi pustaka guna mengintegrasikan berbagai temuan penelitian terkait. Kajian ini diharapkan dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai peran, manfaat, serta tantangan dalam penerapan AR pada pembelajaran astronomi di sekolah. Oleh karena itu, artikel ini bertujuan untuk mengkaji integrasi AR dalam pembelajaran astronomi berdasarkan literatur yang relevan, serta mengidentifikasi potensi, kendala, dan peluang penerapannya dalam konteks pendidikan. Hasil kajian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pendidik, peneliti, dan pengembang media pembelajaran dalam mengoptimalkan penggunaan teknologi AR sebagai inovasi dalam pembelajaran astronomi.

³⁵² Enzo Ferrari, Pablo Herrero Teijón, and Camilo Ruiz, 'Unlocking the Cosmos: Evaluating the Efficacy of Augmented Reality in Secondary Education Astronomy Instruction', *Journal of New Approaches in Educational Research*, 13.8 (2024), 1–19 <<https://doi.org/10.1007/S44322-024-00007-8>>.

³⁵³ Reza Ariefka, Rosynanda Nur Fauziah, and Agatha Saputri, 'Augmented Reality in Solar System Learning at Primary School Level in Indonesia: A Systematic Literature Review', *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, 9.2 (2023), 102–13 <<https://doi.org/10.30596/jam.v9i2.16504>>.

Tren Pemanfaatan *Augmented Reality* dalam Pembelajaran

Dalam beberapa tahun terakhir, pemanfaatan *augmented reality* (AR) dalam pendidikan berkembang semakin pesat dan terasa lebih dekat dengan praktik pembelajaran di kelas. Perkembangan ini didorong oleh meningkatnya penggunaan perangkat mobile seperti smartphone yang telah mendukung teknologi AR. Akibatnya, AR tidak lagi terbatas pada lingkungan tertentu, tetapi mulai dapat diakses secara luas oleh guru dan siswa ³⁵⁴. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan aplikasi AR dalam pendidikan berjalan seiring dengan kemajuan teknologi mobile, sehingga penggunaannya menjadi semakin relevan dalam berbagai konteks pembelajaran ³⁵⁵.

Dalam pembelajaran sains, khususnya astronomi, AR dimanfaatkan untuk membantu menjelaskan konsep-konsep yang sulit divisualisasikan. Materi seperti tata surya, gerak planet, dan fenomena langit sering kali terasa abstrak jika hanya disajikan melalui teks atau gambar dua dimensi. Melalui AR, objek-objek tersebut dapat ditampilkan dalam bentuk tiga dimensi yang lebih nyata dan interaktif. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa

³⁵⁴ Juan Garzón, Juan Pavón, and Silvia Baldiris, 'Systematic Review and Meta-Analysis of Augmented Reality in Educational Settings', *Virtual Reality*, 23.4 (2019), 447–59 <<https://doi.org/10.1007/s10055-019-00379-9>>.

³⁵⁵ María Blanca Ibáñez and Carlos Delgado-Kloos, 'Augmented Reality for STEM Learning: A Systematic Review', *Computers and Education*, 123 (2018), 109–23 <<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>>.

media AR mampu menghadirkan simulasi fenomena astronomi di dalam kelas, sehingga siswa dapat memahami konsep secara lebih konkret dan kontekstual³⁵⁶.

Seiring perkembangannya, fungsi AR juga mengalami pergeseran yang cukup signifikan. Jika sebelumnya hanya digunakan sebagai media pelengkap, kini AR mulai diintegrasikan sebagai bagian penting dalam desain pembelajaran. Guru tidak hanya menggunakan AR untuk menarik perhatian, tetapi juga untuk mendukung aktivitas eksplorasi, simulasi, dan pembelajaran berbasis pengalaman³⁵⁷. Pendekatan ini mendorong siswa untuk lebih aktif berinteraksi dengan materi, sehingga proses belajar menjadi lebih bermakna.

Selain itu, penggunaan AR juga semakin dikaitkan dengan pengembangan kemampuan berpikir spasial siswa. Dalam pembelajaran astronomi, kemampuan ini sangat penting karena berkaitan dengan pemahaman posisi dan hubungan antar objek di ruang. Penelitian menunjukkan bahwa AR dapat membantu siswa mengatasi kesulitan dalam memvisualisasikan konsep ruang, sehingga pemahaman mereka menjadi lebih baik³⁵⁸. Dengan demikian, AR tidak hanya berperan sebagai

³⁵⁶ Chia Chen Chen, Hong Ren Chen, and Ting Yu Wang, 'Creative Situated Augmented Reality Learning for Astronomy Curricula', *Educational Technology and Society*, 25.2 (2022), 148–62.

³⁵⁷ Ferrari, Teijón, and Ruiz.

³⁵⁸ Mehmet Coşkun and Yasemin Koç, 'The Effect of Augmented Reality and Mobile Application Supported Instruction Related to Different Variables in 7th Grade Science Lesson', *Psycho-Educational Research Reviews*, 10.2 (2021), 298–313
<https://doi.org/10.52963/perr_biruni_v10.n2.21>.

media visual, tetapi juga sebagai alat yang mendukung proses kognitif siswa.

Tren pemanfaatan AR dalam pembelajaran menunjukkan arah yang semakin interaktif, adaptif, dan terintegrasi dengan kebutuhan peserta didik. Teknologi ini tidak lagi diposisikan sekadar sebagai pelengkap visual, melainkan mulai menjadi bagian penting dalam strategi pembelajaran yang dirancang secara sistematis oleh guru³⁵⁹. Melalui integrasi tersebut, AR mampu menjembatani konsep-konsep abstrak menjadi lebih konkret, sehingga siswa dapat memahami materi dengan lebih mudah dan mendalam.

Peran *Augmented Reality* dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Astronomi

Salah satu keunggulan utama AR dalam pembelajaran terletak pada kemampuannya menjembatani konsep yang abstrak menjadi lebih konkret dan mudah dipahami. Dalam pembelajaran astronomi, banyak materi yang sulit dipahami karena tidak dapat diamati secara langsung, seperti pergerakan planet, struktur tata surya, atau fenomena langit lainnya. Kondisi ini sering membuat siswa hanya menghafal konsep tanpa benar-benar memahami maknanya secara mendalam. Melalui AR, objek-objek tersebut dapat divisualisasikan dalam bentuk tiga dimensi yang interaktif, sehingga siswa dapat mengamati dan mengeksplorasi secara langsung. Penelitian menunjukkan bahwa kesulitan memahami konsep astronomi berkaitan erat dengan keterbatasan

³⁵⁹ Mendes, Malaquias, and Vairinhos.

kemampuan visualisasi spasial, sehingga AR membantu siswa membangun representasi mental yang lebih akurat³⁶⁰.

Selain membantu visualisasi, AR juga berperan dalam mengurangi dan memperbaiki miskonsepsi yang sering terjadi dalam pembelajaran sains³⁶¹. Siswa biasanya datang dengan pemahaman awal yang tidak selalu sesuai dengan konsep ilmiah, dan hal ini sulit diubah hanya melalui penjelasan verbal. Dengan menghadirkan pengalaman visual yang lebih nyata, AR memungkinkan siswa membandingkan pemahaman awal mereka dengan representasi konsep yang benar. Proses ini mendorong terjadinya perubahan konsep secara bertahap menuju pemahaman yang lebih ilmiah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan AR dapat membantu siswa mengoreksi miskonsepsi dan meningkatkan akurasi pemahaman konsep³⁶².

Di sisi lain, AR juga mendukung pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*) yang lebih aktif dan bermakna. Siswa tidak hanya menerima informasi, tetapi juga terlibat langsung dalam proses eksplorasi, seperti mengamati pergerakan benda langit atau mensimulasikan fenomena astronomi. Pengalaman belajar semacam ini membantu memperkuat pemahaman karena melibatkan interaksi visual, kognitif, dan kinestetik

³⁶⁰ Ferrari, Teijón, and Ruiz.

³⁶¹ Susan Yoon and others, 'How Augmented Reality Enables Conceptual Understanding of Challenging Science Content', *Educational Technology and Society*, 20.1 (2017), 156–68.

³⁶² Chen, Chen, and Wang.

secara bersamaan ³⁶³. Pengembangan media seperti armillary sphere berbasis AR menunjukkan bahwa siswa dapat merasakan pengalaman observasi astronomi secara lebih nyata di dalam kelas ³⁶⁴. Penggunaan AR juga memberikan peningkatan pemahaman konsep yang lebih baik dibandingkan metode konvensional ³⁶⁵.

AR berperan sebagai jembatan yang menghubungkan konsep abstrak dengan pengalaman belajar yang lebih nyata. Teknologi ini tidak hanya membantu siswa memahami materi secara visual, tetapi juga mendorong keterlibatan aktif dalam proses pembelajaran. Dalam konteks astronomi, AR memberikan peluang besar untuk menciptakan pembelajaran yang lebih bermakna dan tidak sekadar berorientasi pada hafalan. Dengan demikian, integrasi AR dapat menjadi salah satu strategi efektif dalam meningkatkan kualitas pemahaman konsep siswa.

Dampak terhadap Motivasi dan Keterlibatan Siswa

Pemanfaatan *augmented reality* (AR) dalam pembelajaran terbukti memberikan pengaruh yang cukup

³⁶³ Mmaki Jantjies, Trevor Moodley, and Ronel Maart, 'Experiential Learning through Virtual and Augmented Reality in Higher Education', *ACM International Conference Proceeding Series*, 1 (2018), 42–45 <<https://doi.org/10.1145/3300942.3300956>>.

³⁶⁴ Zhang and others.

³⁶⁵ Jung-Chuan Yen, Chih-Hsiao Tsai, and Min Wu, 'Augmented Reality in the Higher Education: Students' Science Concept Learning and Academic Achievement in Astronomy', *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 103 (2013), 165–73 <<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.322>>.

signifikan terhadap meningkatnya motivasi belajar siswa. Kehadiran AR menghadirkan pengalaman belajar yang tidak lagi monoton, melainkan lebih interaktif, visual, dan kontekstual ³⁶⁶. Ketika siswa dapat melihat objek dalam bentuk tiga dimensi serta berinteraksi langsung dengan materi, muncul rasa ingin tahu yang lebih kuat dibandingkan dengan pembelajaran berbasis teks atau ceramah. Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa AR mampu meningkatkan motivasi belajar melalui pengalaman yang lebih personal, interaktif, dan bermakna, sekaligus membantu siswa memahami konsep abstrak secara lebih intuitif ³⁶⁷.

Selain meningkatkan motivasi, AR juga berdampak pada keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran. Keterlibatan ini tidak hanya terlihat dari aktivitas fisik, tetapi juga dari aspek kognitif dan emosional. Siswa menjadi lebih fokus, aktif bertanya, serta terlibat dalam eksplorasi materi secara mandiri. Penelitian eksperimental menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran berbasis AR menghasilkan tingkat keterlibatan yang lebih tinggi dibandingkan metode konvensional, karena siswa berperan langsung dalam proses belajar, bukan sekadar sebagai penerima informasi

³⁶⁶ B. Maleke, D. Paseru, and R. Padang, 'Learning Application of Astronomy Based Augmented Reality Using Android Platform', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 306.1 (2018), 1–9 <<https://doi.org/10.1088/1757-899X/306/1/012018>>.

³⁶⁷ Febri Prasetya and others, 'The Impact of Augmented Reality Learning Experiences Based on the Motivational Design Model: A Meta-Analysis', *Social Sciences and Humanities Open*, 10.May (2024), 1–13 <<https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.100926>>.

³⁶⁸. Dalam hal ini, AR mendorong terjadinya pembelajaran yang lebih partisipatif dan berpusat pada siswa.

Peningkatan motivasi dan keterlibatan juga dipengaruhi oleh sifat imersif yang dimiliki AR. Pengalaman belajar yang menyerupai situasi nyata membuat siswa merasa lebih terhubung dengan materi yang dipelajari. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian yang menunjukkan bahwa AR dapat meningkatkan minat belajar serta memperkaya pengalaman belajar melalui kombinasi visual, interaksi, dan simulasi yang realistis ³⁶⁹. Dalam pembelajaran astronomi, misalnya, siswa tidak hanya membaca tentang tata surya, tetapi dapat mengamati dan memanipulasi modelnya secara langsung, sehingga proses belajar menjadi lebih bermakna.

Namun demikian, penting untuk dipahami bahwa peningkatan motivasi dan keterlibatan tidak semata-mata ditentukan oleh teknologi yang digunakan. Desain pembelajaran yang tepat tetap menjadi faktor utama dalam menentukan keberhasilan implementasi AR. Tanpa perencanaan yang matang, AR justru berpotensi menjadi distraksi yang mengalihkan perhatian siswa dari tujuan

³⁶⁸ Nagihan Tanik Önal and Nezih Önal, 'The Effect of Augmented Reality on the Astronomy Achievement and Interest Level of Gifted Students', *Education and Information Technologies*, 26.4 (2021), 4573–99 <<https://doi.org/10.1007/s10639-021-10474-7>>.

³⁶⁹ Shih Yeh Chen and others, 'Enhancing Education on Aurora Astronomy and Climate Science Awareness through Augmented Reality Technology and Mobile Learning', *Sustainability (Switzerland)*, 16.13 (2024), 1--16 <<https://doi.org/10.3390/su16135465>>.

pembelajaran ³⁷⁰. Oleh karena itu, integrasi AR perlu dilakukan secara strategis agar mampu mendukung proses belajar yang efektif, bukan sekadar memberikan pengalaman yang menarik secara visual.

Tantangan dalam Implementasi *Augmented Reality*

Di balik berbagai keunggulan yang ditawarkan, penggunaan *augmented reality* (AR) dalam pembelajaran tidak selalu berjalan semulus yang dibayangkan. Di banyak sekolah, khususnya di tingkat menengah, keterbatasan perangkat masih menjadi hambatan nyata yang sulit diabaikan. Tidak semua siswa memiliki gawai dengan spesifikasi yang mendukung, dan akses internet yang belum merata membuat pengalaman belajar berbasis AR menjadi tidak konsisten antar siswa ³⁷¹.

Selain persoalan teknis, faktor manusia juga memegang peranan yang sangat penting, terutama dari sisi guru. Menggunakan AR bukan sekadar membuka aplikasi, tetapi membutuhkan pemahaman tentang bagaimana teknologi tersebut bisa menyatu dengan tujuan pembelajaran. Dalam praktiknya, masih banyak guru yang merasa ragu atau belum terbiasa menggunakan teknologi ini, sehingga pemanfaatannya belum maksimal. Tanpa

³⁷⁰ Hsin Yi Chang and others, 'Ten Years of Augmented Reality in Education: A Meta-Analysis of (Quasi-) Experimental Studies to Investigate the Impact', *Computers and Education*, 191.May (2022), 104641 <<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104641>>.

³⁷¹ Zurni Mardian, Sarjon Defit, and Sumijan Sumijan, 'Implementasi Augmented Reality Berbasis Android Sebagai Media Pembelajaran Matematika Dimensi Tiga', *Jambura Journal of Informatics*, 5.1 (2023), 30–44 <<https://doi.org/10.37905/jji.v5i1.19361>>.

pendampingan dan pelatihan yang berkelanjutan, AR berisiko hanya menjadi alat tambahan, bukan bagian dari strategi pembelajaran yang bermakna ³⁷².

Di sisi lain, ketersediaan konten pembelajaran berbasis AR juga belum sepenuhnya menjawab kebutuhan di kelas. Banyak aplikasi yang menarik secara visual, tetapi belum tentu selaras dengan kurikulum atau konteks pembelajaran yang dihadapi siswa. Hal ini membuat guru harus lebih selektif, bahkan terkadang perlu beradaptasi atau memodifikasi materi agar sesuai dengan tujuan pembelajaran ³⁷³. Proses ini tentu membutuhkan waktu dan usaha ekstra yang tidak selalu mudah dilakukan di tengah keterbatasan yang ada.

Tantangan berikutnya muncul dari cara teknologi ini digunakan dalam pembelajaran. AR yang seharusnya membantu justru bisa menjadi distraksi jika tidak dirancang dengan baik. Siswa mungkin lebih fokus pada efek visual dibandingkan memahami konsep yang sedang dipelajari, sehingga tujuan pembelajaran menjadi kurang tercapai. Oleh karena itu, keseimbangan antara aspek teknologi dan pedagogi menjadi kunci agar AR benar-benar memberikan manfaat.

Selain itu, penting juga untuk memperhatikan bagaimana siswa memproses informasi yang ditampilkan. Jika terlalu banyak elemen visual atau interaksi yang ditampilkan secara bersamaan, siswa justru bisa merasa kewalahan. Alih-alih membantu, kondisi ini dapat menghambat pemahaman karena beban kognitif yang

³⁷² Clemente and others.

³⁷³ Önal and Önal.

meningkat ³⁷⁴. Oleh karena itu, penggunaan AR perlu dirancang secara sederhana, jelas, dan tetap berfokus pada inti materi.

Tantangan dalam implementasi AR menunjukkan bahwa teknologi tidak bisa berdiri sendiri dalam pembelajaran. Keberhasilannya sangat bergantung pada kesiapan perangkat, kemampuan guru, serta desain pembelajaran yang tepat. Jika ketiga aspek ini dapat berjalan seiring, maka AR memiliki potensi besar untuk benar-benar mengubah cara siswa memahami konsep, khususnya dalam pembelajaran astronomi yang selama ini dikenal abstrak.

Peluang dan Implikasi dalam Pembelajaran Astronomi

Pemanfaatan AR dalam pembelajaran astronomi membuka peluang besar untuk menghadirkan pengalaman belajar yang lebih bermakna dan kontekstual. Dengan dukungan perangkat mobile yang semakin mudah diakses, teknologi ini tidak lagi terbatas pada sekolah tertentu, tetapi berpotensi digunakan secara lebih luas. AR memungkinkan siswa untuk tidak hanya membaca atau mendengar penjelasan, tetapi juga mengalami fenomena astronomi secara visual dan interaktif ³⁷⁵. Kondisi ini

³⁷⁴ Sopita Jansri and Watcharee Ketpichainarong, 'Investigating In-Service Science Teachers Conceptions of Astronomy, and Determine the Obstacles in Teaching Astronomy in Thailand', *International Journal of Educational Methodology*, 6.4 (2020), 745–58 <<https://doi.org/10.12973/ijem.6.4.745>>.

³⁷⁵ Ibáñez and Delgado-Kloos.

menjadikan pembelajaran lebih hidup dan relevan dengan perkembangan teknologi saat ini.

AR juga mendukung pendekatan pembelajaran aktif seperti inquiry learning dan eksplorasi mandiri. Siswa dapat mengamati pergerakan planet, memahami hubungan antar benda langit, serta menarik kesimpulan berdasarkan pengamatan mereka sendiri. Proses ini mendorong keterlibatan kognitif yang lebih dalam dibandingkan pembelajaran konvensional. Penelitian menunjukkan bahwa integrasi AR mampu meningkatkan kualitas pengalaman belajar serta mendorong partisipasi aktif siswa dalam pembelajaran sains, khususnya astronomi ³⁷⁶.

Dari sisi kompetensi, penggunaan AR juga berkontribusi pada pengembangan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, pemecahan masalah, dan literasi digital. Dalam pembelajaran astronomi, siswa tidak hanya memahami konsep, tetapi juga belajar menganalisis fenomena dan menginterpretasikan informasi visual ³⁷⁷. Hal ini penting karena pembelajaran modern tidak lagi berfokus pada hafalan, melainkan pada kemampuan memahami dan menerapkan pengetahuan.

Implikasi lain terlihat pada perubahan peran guru dalam proses pembelajaran. Guru tidak lagi menjadi satu-satunya sumber informasi, melainkan berperan sebagai fasilitator yang membimbing eksplorasi siswa. Hal ini menuntut adanya peningkatan kompetensi guru, baik dalam penggunaan teknologi maupun dalam merancang

³⁷⁶ Clemente and others.

³⁷⁷ Chen, Chen, and Wang.

strategi pembelajaran yang efektif. Keberhasilan integrasi AR sangat bergantung pada kesiapan pedagogis guru ³⁷⁸.

Secara keseluruhan, AR memiliki potensi besar untuk mengubah pembelajaran astronomi menjadi lebih interaktif, menarik, dan bermakna. Peluang ini sekaligus membawa implikasi bahwa pemanfaatan teknologi harus diiringi dengan kesiapan sistem pendidikan secara menyeluruh. Dukungan infrastruktur, pelatihan guru, serta pengembangan media yang sesuai menjadi faktor penting agar manfaat AR dapat dirasakan secara optimal. Dengan pendekatan yang tepat, AR dapat menjadi jembatan antara konsep abstrak dan pengalaman belajar yang nyata bagi siswa.

³⁷⁸ Mendes, Malaquias, and Vairinhos.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian pustaka yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa AR memiliki potensi yang sangat besar dalam meningkatkan kualitas pembelajaran astronomi di sekolah. Teknologi ini mampu menjembatani kesenjangan antara konsep-konsep astronomi yang bersifat abstrak dengan pengalaman belajar yang lebih konkret melalui visualisasi tiga dimensi dan interaktivitas yang tinggi. Dengan demikian, AR tidak hanya berfungsi sebagai media pembelajaran, tetapi juga sebagai sarana untuk membangun pemahaman konsep yang lebih mendalam dan bermakna.

Pemanfaatan AR dalam pembelajaran terbukti memberikan dampak positif terhadap peningkatan pemahaman konsep, motivasi belajar, serta keterlibatan siswa. Melalui pengalaman belajar yang imersif, siswa dapat lebih mudah memahami fenomena astronomi yang sebelumnya sulit divisualisasikan. Selain itu, AR juga mendorong terciptanya pembelajaran yang lebih aktif, eksploratif, dan berpusat pada siswa, sehingga sejalan dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21.

Namun demikian, implementasi AR dalam pembelajaran tidak terlepas dari berbagai tantangan, seperti keterbatasan infrastruktur, kesiapan guru, serta ketersediaan konten yang sesuai dengan kurikulum. Oleh karena itu, keberhasilan integrasi AR sangat bergantung pada dukungan berbagai pihak, mulai dari institusi pendidikan, pengembang teknologi, hingga kebijakan yang mendukung inovasi pembelajaran.

Peluang yang ditawarkan oleh AR juga sangat menjanjikan. Dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat, AR berpotensi menjadi salah satu solusi inovatif dalam menciptakan pembelajaran astronomi yang lebih menarik, kontekstual, dan efektif. Implikasi dari pemanfaatan teknologi ini tidak hanya berdampak pada peningkatan hasil belajar siswa, tetapi juga pada transformasi peran guru dan paradigma pembelajaran secara keseluruhan.

Integrasi AR dalam pembelajaran astronomi merupakan langkah strategis yang perlu terus dikembangkan dan didukung. Dengan perencanaan yang matang dan implementasi yang tepat, AR dapat menjadi salah satu inovasi penting dalam meningkatkan kualitas pendidikan, khususnya dalam membantu siswa memahami kompleksitas alam semesta secara lebih mudah dan menyenangkan.

Analisis Tren dan Proyeksi Polusi Cahaya Kota Medan Menggunakan Pendekatan Moving Average

Dini Rahmadani S¹, Hariyadi Putraga²

¹Universitas Negeri Medan, Indonesia

²Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia
dn.rahmadani@gmail.com

Pendahuluan

Polusi cahaya merupakan salah satu bentuk degradasi lingkungan yang semakin meningkat seiring dengan perkembangan wilayah perkotaan dan penggunaan teknologi pencahayaan modern³⁷⁹. Fenomena ini merujuk pada penyebaran cahaya buatan pada malam hari yang tidak terkontrol, sehingga menyebabkan peningkatan kecerahan langit malam (skyglow) dan penurunan kualitas lingkungan nocturnal³⁸⁰. Dalam konteks perkotaan di Indonesia, pertumbuhan infrastruktur dan ekspansi kawasan terbangun menjadi faktor utama yang mendorong peningkatan intensitas

³⁷⁹ Fabio Falchi, Salvador Bará, and others, 'A Call for Scientists to Halt the Spoiling of the Night Sky with Artificial Light and Satellites', *Nature Astronomy*, 7.3 (2023), 237–39
<<https://doi.org/10.1038/s41550-022-01864-z>>.

³⁸⁰ N Supriya and Dr. Shashikant Kumar, 'Light Pollution in Urban Areas & Best Practice', *ShodhKosh: Journal of Visual and Performing Arts*, 5 (2024), 2384–95
<<https://doi.org/10.29121/shodhkosh.v5.i6.2024.555>>.

pencahayaan buatan, khususnya di kota-kota besar³⁸¹. Dampak polusi cahaya tidak hanya terbatas pada aspek visual, tetapi juga berpengaruh terhadap kesehatan manusia, keseimbangan ekosistem, serta efisiensi energi³⁸². peningkatan polusi cahaya sangat berkaitan dengan pertumbuhan kawasan urban dan kepadatan penduduk yang tinggi di kota-kota besar, sehingga menjadikan fenomena ini sebagai salah satu indikator perubahan lingkungan akibat urbanisasi ³⁸³.

Dalam bidang astronomi dan ilmu falak, polusi cahaya menjadi salah satu kendala utama dalam kegiatan observasi langit malam. Tingkat kecerahan langit yang tinggi menyebabkan berkurangnya jumlah objek langit yang dapat diamati, terutama bintang redup dan struktur galaksi³⁸⁴. Penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa peningkatan nilai radiance berbanding lurus dengan tingkat polusi cahaya dan berdampak langsung terhadap keterbatasan pengamatan astronomi. Selain itu,

³⁸¹ Teknik Elektro and others, 'Analisis Perencanaan Pencahayaan Alami Dan Buatan Gedung Fakultas Teknik Dengan Dialux', *Jurnal Komputer Dan Elektro Sains*, 3.1 (2025), 33-40 <<https://doi.org/https://doi.org/10.58291/komets.v3i1.341>>.

³⁸² Muhammad Dimas Firdaus and others, 'Analisis Dampak Polusi Cahaya Lampu Artifisial Terhadap Kecemerlangan Langit Malam Menggunakan Sky Quality Meter (Studi Kasus Barus - Sumatera Utara)', *Elfalaky*, 6.10 (2022).

³⁸³ Agustinus Gunawan Admiranto and others, *Light Pollution Observations in Indonesia, Light Pollution, Urbanization and Ecology* (IntechOpen, 2022) <<https://doi.org/10.5772/intechopen.96897>>.

³⁸⁴ Ahdian Azri Bustari, Rahma Bintang Pratama, and Churun Jauharoh Al-Aryachiyah, 'Analisis Tingkat Polusi Cahaya Berdasarkan Light Pollution Map Dan Implikasinya Terhadap Pengamatan Astronomi Indonesia', 2023 <<https://vicon.uin-suka.ac.id/index.php/KIST/article/view/1191>>.

pengukuran kecerahan langit menggunakan Sky Quality Meter (SQM) di berbagai lokasi observasi di Indonesia menunjukkan adanya penurunan kualitas langit malam akibat aktivitas manusia yang semakin intensif³⁸⁵. Kondisi ini mempertegas bahwa polusi cahaya tidak hanya menjadi isu lingkungan, tetapi juga tantangan serius dalam pengembangan ilmu falak, khususnya dalam observasi hilal dan fenomena langit lainnya

Perkembangan teknologi penginderaan jauh telah memberikan pendekatan baru dalam analisis polusi cahaya secara kuantitatif dan berkelanjutan. Pemanfaatan data satelit Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) memungkinkan pengukuran intensitas cahaya buatan dalam bentuk radiance yang dapat dianalisis secara spasial dan temporal³⁸⁶. Penelitian oleh Anugraha et al.³⁸⁷ menunjukkan bahwa distribusi radiance di kota-kota besar di Indonesia mengikuti pola tertentu yang berkaitan dengan pusat aktivitas perkotaan dan tingkat urbanisasi. pemanfaatan data satelit untuk analisis lingkungan telah berkembang pesat, termasuk dalam kajian urbanisasi dan perubahan penggunaan lahan³⁸⁸. Integrasi data radiance

³⁸⁵ Gunawan Admiranto and others.

³⁸⁶ Roslan Umar and others, 'Spatial Model of Sky Brightness Magnitude at Balai Cerap KUSZA, Universiti Sultan Zainal Abidin (UNISZA)', *Sains Malaysiana*, 52.10 (2023) <<https://doi.org/10.17576/jsm-2023-5210-16>>.

³⁸⁷ Rinto Anugraha NQZ and others, 'Simple Models of Light Pollution in Indonesia Using VIIRS Data', *International Journal of Environmental Impacts*, 8.2 (2025) <<https://doi.org/10.18280/ije.080207>>.

³⁸⁸ Indah Prasasti and others, 'Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh Untuk Analisis Pengaruh Perubahan Lahan Terhadap Distribusi Spasial Daerah Bahaya Banjir Di DKI Jakarta Dan Koefisien Aliran Permukaan', in *Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014* (Jakarta: LAPAN, 2014), pp. 577–87

dengan parameter lain seperti Sky Quality Meter (SQM) dan skala Bortle memberikan pendekatan yang lebih komprehensif dalam menilai kualitas langit malam³⁸⁹. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi tren peningkatan polusi cahaya secara jangka panjang serta memberikan dasar ilmiah dalam pengambilan kebijakan berbasis lingkungan.

Salah satu pendekatan yang digunakan untuk mengklasifikasikan kualitas langit malam adalah skala Bortle, yang membagi kondisi langit ke dalam sembilan kelas, mulai dari langit sangat gelap hingga langit perkotaan yang sangat terang³⁹⁰. Pada wilayah dengan tingkat polusi cahaya tinggi, seperti kelas 8–9, observasi astronomi menjadi sangat terbatas dan hanya objek terang seperti Bulan dan planet yang dapat diamati³⁹¹. Hal ini juga berdampak pada praktik rukyat dalam ilmu falak, terutama dalam pengamatan hilal yang sangat sensitif terhadap kondisi kecerahan langit.

<https://www.researchgate.net/publication/323797525_Pemanfaatan_Data_Penginderaan_Jauh_Untuk_Analisis_Pengaruh_Perubahan_Lahan_Terhadap_Distribusi_Spasial_Daerah_Bahaya_Banjir_Di_DKI_Jakarta_dan_Koefisien_Aliran_Permukaan>.

³⁸⁹ Arwin Juli Rakhmadi, Hasrian Rudi Setiawan, and Abu Yazid Raisal, 'Pengukuran Tingkat Polusi Cahaya Dan Awal Waktu Subuh Di OIF UMSU Dengan Menggunakan Sky Quality Meter', *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, 12.2 (2020), 58–65 <<https://doi.org/10.30599/jti.v12i2.667>>.

³⁹⁰ John E Bortle, 'Introducing the Bortle Dark-Sky Scale', *Sky & Telescope* (New York, 2001), pp. 126–30 <<https://www.nps.gov/subjects/nightskies/upload/BortleDarkSkyScale-2.pdf>>.

³⁹¹ Fabio Falchi, Pierantonio Cinzano, and others, 'The New World Atlas of Artificial Night Sky Brightness', *Science Advances*, 2.6 (2016), 1–25 <<https://doi.org/10.1126/sciadv.1600377>>.

Kota Medan sebagai salah satu kota metropolitan di Indonesia menunjukkan pertumbuhan yang pesat dalam sektor pembangunan dan aktivitas ekonomi. Kondisi ini berdampak pada meningkatnya penggunaan pencahayaan buatan pada malam hari yang berpotensi memperburuk tingkat polusi cahaya. Berdasarkan data dari Light Pollution Map yang berbasis citra satelit VIIRS, wilayah Kota Medan saat ini berada pada kategori polusi cahaya tinggi dengan klasifikasi Bortle 7 hingga 9³⁹². Kondisi ini berpotensi meningkatkan akumulasi polusi cahaya secara signifikan, terutama pada kawasan pusat kota dan wilayah komersial. Hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan di Kota Medan menunjukkan adanya peningkatan polusi cahaya yang signifikan dalam periode 2017–2022 berdasarkan data SQM dan citra satelit VIIRS, yang berdampak pada menurunnya kualitas observasi astronomi di wilayah tersebut.

Selain sebagai pusat ekonomi, Kota Medan juga memiliki peran strategis dalam kegiatan astronomi praktis di Indonesia, khususnya dalam pelaksanaan rukyat hilal. Kota ini menjadi salah satu titik observasi dan pelaporan keterlihatan hilal nasional yang melibatkan institusi akademik dan keagamaan³⁹³. Namun demikian, tingginya tingkat polusi cahaya menjadi tantangan dalam memperoleh hasil observasi yang optimal, terutama pada kondisi hilal dengan elongasi rendah yang membutuhkan

³⁹² Hariyadi Putraga and others, 'Analisis Peningkatan Polusi Cahaya Berdasarkan Pembacaan SQM Dan Citra Satelit VIIRS Tahun 2017 – 2022 Di Kota Medan', *AL - AFAQ : Jurnal Ilmu Falak Dan Astronomi*, 5.1 (2023), 28–41 <<https://doi.org/10.20414/afaq.v5i1.7250>>.

³⁹³ Zahra Hayati and Dhiauddin Tanjung, 'Pengaruh Kelembapan Udara Terhadap Efektivitas Pelaksanaan Rukyatul Hilal Awal Bulan Qamariyah', *Jurnal EDUCATIO: Jurnal Pendidikan Indonesia*, 9.2 (2023) <<https://doi.org/10.29210/1202323206>>.

langit dengan tingkat kecerahan minimal ³⁹⁴. Hal ini menunjukkan adanya kebutuhan mendesak untuk memahami dinamika polusi cahaya secara lebih mendalam, khususnya dalam konteks lokal Kota Medan. Tingkat kesadaran masyarakat terhadap polusi cahaya juga menjadi faktor penting dalam upaya mitigasi. Studi mengenai masyarakat di sekitar observatorium di Indonesia menunjukkan bahwa pemahaman yang baik terhadap polusi cahaya dapat mendorong perilaku yang lebih bijak dalam penggunaan pencahayaan buatan³⁹⁵. Oleh karena itu, peningkatan kesadaran masyarakat Kota Medan terhadap dampak polusi cahaya menjadi salah satu langkah penting dalam menjaga kualitas langit malam, baik untuk kepentingan lingkungan maupun pengembangan ilmu falak.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan penelitian yang lebih komprehensif untuk menganalisis tren dan memproyeksikan perkembangan polusi cahaya di Kota Medan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tren polusi cahaya serta memproyeksikan kecenderungannya pada periode 2027–2030 menggunakan pendekatan *moving average*. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi pola tren jangka menengah dengan menghaluskan fluktuasi data³⁹⁶,

³⁹⁴ Nihayatur Rohmah, 'Observasi Dan Observatorium (Peluang Dan Tantangan Rukyatul Hilal Di Indonesia)', *Jurnal Studi Islam Dan Sosial*, 12.2 (2018).

³⁹⁵ Laila Nurfarida and others, 'Tingkat Pengetahuan Masyarakat Sekitar Observatorium Mengenai Informasi Polusi Cahaya', *Jurnal Kajian Informasi & Perpustakaan*, 5.1 (2017), 13–22 <<https://doi.org/https://doi.org/10.24198/jkip.v5i1.11327>>.

³⁹⁶ Mustofa Ahyar, Yudhiakto Pramudya, and Okimustava Okimustava, 'Implementasi Sistem Pengolahan Data Sky Quality Meter Berbasis Visual Basic Untuk Analisis Perubahan Tingkat Kecerahan Langit',

sehingga dapat memberikan gambaran kecenderungan perkembangan polusi cahaya di masa mendatang. Hasil penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang ilmu falak, tetapi juga menjadi dasar dalam meningkatkan kesadaran masyarakat serta mendukung kebijakan pengelolaan pencahayaan perkotaan yang berkelanjutan.

Kerangka Pembahasan

Lokasi penelitian difokuskan pada wilayah administratif Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara, yang secara geografis terletak pada kisaran koordinat $3^{\circ}27' - 3^{\circ}47'$ Lintang Utara dan $98^{\circ}35' - 98^{\circ}44'$ Bujur Timur. Kota ini dipilih karena merupakan salah satu kota metropolitan dengan tingkat urbanisasi tinggi serta memiliki peran strategis sebagai lokasi observasi hilal nasional di Indonesia. Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup periode historis dari tahun 2012 hingga 2026, yang kemudian digunakan sebagai dasar untuk melakukan proyeksi pada periode 2027 hingga 2030.

Data utama yang digunakan berupa intensitas cahaya malam (*nighttime light data*) dalam bentuk radiance dengan satuan $\text{nW}/\text{cm}^2/\text{sr}$ yang diperoleh dari citra satelit VIIRS (*Visible Infrared Imaging Radiometer Suite*) yang dikelola oleh NOAA. Data tersebut diakses dan diverifikasi melalui platform *Light Pollution Map*, yang menyediakan visualisasi serta informasi tambahan seperti klasifikasi skala Bortle dan estimasi kualitas langit malam. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan parameter pendukung berupa skala Bortle untuk interpretasi kualitas langit serta data Sky Quality Meter (SQM) sebagai

pembandingan dalam memahami kondisi observasional secara astronomis.

Proses pengolahan data dilakukan melalui beberapa tahapan, dimulai dari akuisisi data radiance tahunan berdasarkan wilayah Kota Medan dengan menggunakan batas koordinat geografis yang telah ditentukan. Selanjutnya dilakukan ekstraksi nilai rata-rata radiance tahunan yang kemudian disusun dalam bentuk deret waktu (*time series*) dari tahun 2012 hingga 2026. Data tersebut kemudian dinormalisasi dan dikonversi ke dalam bentuk interpretatif menggunakan skala Bortle untuk memudahkan analisis kualitas langit malam secara astronomis. Tahapan ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola awal perubahan polusi cahaya, baik berupa tren peningkatan, penurunan, maupun fluktuasi.

Analisis utama dalam penelitian ini menggunakan metode *moving average* untuk menghaluskan fluktuasi data dan mengidentifikasi tren jangka menengah. Dalam penelitian ini digunakan *moving average* dengan periode tiga tahun (3-year moving average), sehingga setiap nilai rata-rata dihitung berdasarkan tiga tahun data berturut-turut menggunakan persamaan (1).

$$MA_t = \frac{X_t + X_{t-1} + X_{t-2}}{3} \dots (1)$$

Nilai *moving average* yang diperoleh kemudian digunakan untuk melihat kecenderungan tren polusi cahaya secara lebih stabil dibandingkan data mentah. Setelah tren diperoleh, langkah selanjutnya adalah melakukan proyeksi terhadap nilai polusi cahaya untuk periode 2027 hingga 2030. Proyeksi dilakukan dengan pendekatan ekstrapolasi tren berdasarkan nilai *moving average* terakhir serta mempertimbangkan rata-rata kenaikan tahunan dari data historis. Dengan demikian,

nilai proyeksi yang dihasilkan mencerminkan kecenderungan peningkatan polusi cahaya berdasarkan pola yang telah terjadi sebelumnya.

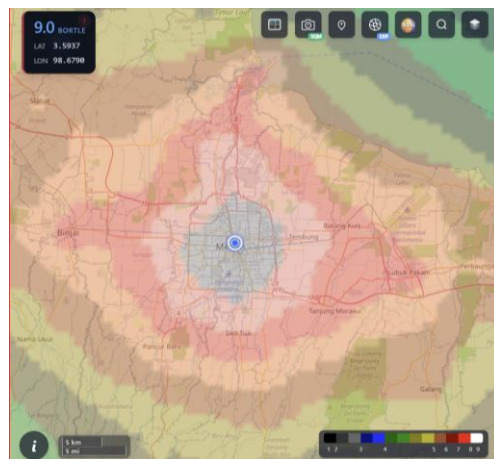
Analisis data dalam penelitian ini dilakukan secara deskriptif dengan memadukan hasil numerik dan visualisasi grafik deret waktu. Interpretasi hasil tidak hanya didasarkan pada nilai radiance, tetapi juga dikaitkan dengan skala Bortle untuk memberikan pemahaman yang lebih kontekstual terhadap kualitas langit malam. Selain itu, hasil analisis juga dikaitkan dengan implikasinya terhadap kegiatan observasi astronomi, khususnya dalam konteks ilmu falak seperti keterlihatan hilal dan visibilitas objek langit.

Meskipun metode *moving average* memiliki keunggulan dalam menyederhanakan pola data dan mengidentifikasi tren, metode ini memiliki keterbatasan karena tidak mempertimbangkan faktor eksternal seperti kebijakan pencahayaan, perkembangan teknologi lampu, serta perubahan sosial-ekonomi. Oleh karena itu, hasil proyeksi dalam penelitian ini lebih bersifat sebagai indikasi tren jangka menengah dibandingkan sebagai prediksi absolut. Namun demikian, metode ini tetap relevan sebagai pendekatan awal dalam memahami dinamika polusi cahaya, khususnya dalam konteks kajian lokal yang berbasis data historis.

Temuan Olahan Data Polusi Cahaya

Berdasarkan hasil pengolahan data polusi cahaya Kota Medan menggunakan data historis tahun 2012 hingga 2026, diperoleh pola tren peningkatan intensitas cahaya buatan yang signifikan. Data yang divisualisasikan

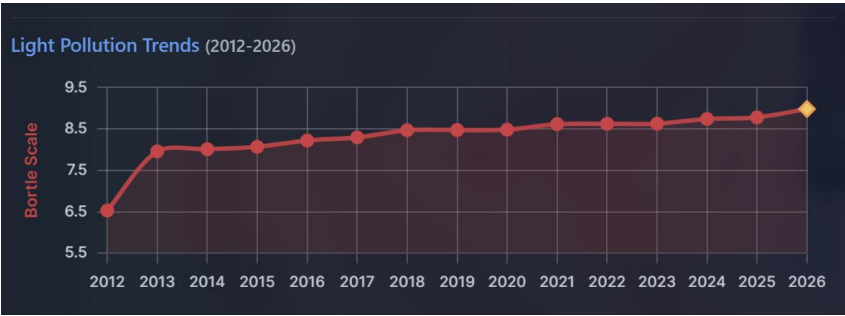
melalui *Light Pollution Map*³⁹⁷ menunjukkan bahwa nilai kecerahan langit malam yang direpresentasikan melalui skala Bortle mengalami peningkatan dari sekitar kelas 6 pada tahun 2012 menjadi mendekati kelas 9 pada tahun 2026 yang ditunjukkan pada gambar 1. Peningkatan ini mengindikasikan perubahan kondisi langit dari kategori suburban menuju langit perkotaan yang sangat terang (*inner-city sky*), yang secara langsung mencerminkan degradasi kualitas langit malam di wilayah Kota Medan. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa peningkatan urbanisasi berkorelasi positif dengan kenaikan intensitas cahaya buatan pada malam hari (Kyba et al., 2017; Admiranto et al., 2021).



Gambar 1. Gambar Polusi Cahaya Kota Medan

³⁹⁷ 'Lightpollutionmap.Info', *Lightpollutionmap*, 2025, p. 1 <<https://www.lightpollutionmap.info/#zoom=14.32&lat=2.8322&lon=98.5269&state=eyJiYXNlbWFWIjoiTGf5ZXJCaW5nUm9hZCIsIm92ZXJsYXkiOiJ3YV8yMDE1Iiwib3ZlcmxheWNvbG9yIjpmYWxzZSwib3ZlcmxheW9wYWNPdHkiOiI2MCIsImZlYXR1cmVzb3BhY2loeSI6Ijg1In0=>> [accessed 16 July 2025].

Selain peningkatan skala Bortle, data dari *Light Pollution Map* juga menunjukkan adanya peningkatan rasio kecerahan langit buatan terhadap kondisi alami. Pada tahun 2020, rasio kecerahan tercatat sebesar 36,36 kali lebih terang dibandingkan langit alami dan meningkat menjadi 46,46 kali pada tahun 2026, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Bahkan dalam satu tahun terakhir terjadi peningkatan sebesar 11,2%, yang mengindikasikan adanya percepatan pertumbuhan polusi cahaya di wilayah Kota Medan. Peningkatan ini menunjukkan bahwa sumber cahaya buatan tidak hanya bertambah secara kuantitas, tetapi juga meningkat dalam intensitas, yang kemungkinan besar dipengaruhi oleh penggunaan lampu LED berdaya tinggi dan ekspansi kawasan perkotaan. Fenomena ini juga dilaporkan dalam berbagai studi yang menyatakan bahwa transisi ke teknologi pencahayaan modern justru dapat meningkatkan emisi cahaya jika tidak diimbangi dengan pengelolaan yang baik³⁹⁸.



Gambar 2. Grafik Trend Polusi Cahaya

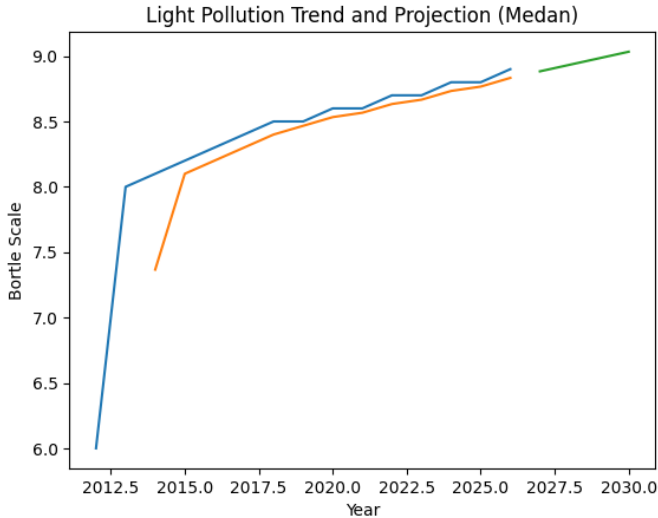
Analisis deret waktu terhadap data historis menunjukkan bahwa tren peningkatan polusi cahaya di Kota Medan bersifat konsisten, meskipun terdapat

³⁹⁸ Falchi, Cinzano, and others.

fluktuasi kecil pada beberapa periode tertentu. Penurunan relatif yang terjadi pada periode 2019 hingga 2021 dapat dikaitkan dengan perubahan aktivitas sosial selama pandemi COVID-19 yang menyebabkan berkurangnya aktivitas malam hari. Namun demikian, setelah periode tersebut, tren peningkatan kembali berlanjut dengan laju yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa faktor struktural seperti pertumbuhan ekonomi, pembangunan infrastruktur, dan peningkatan kebutuhan pencahayaan memiliki pengaruh yang lebih dominan dibandingkan faktor temporer³⁹⁹.

Untuk memperjelas pola tren, dilakukan analisis menggunakan metode *moving average* dengan periode tiga tahun. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai *moving average* meningkat secara bertahap hingga mencapai 8,83 pada tahun 2026. Nilai ini mengindikasikan bahwa tingkat polusi cahaya di Kota Medan telah berada pada kategori sangat tinggi dan mendekati batas maksimum dalam skala Bortle. Penggunaan metode *moving average* terbukti efektif dalam menghaluskan fluktuasi data dan menampilkan tren jangka menengah yang lebih stabil, sebagaimana juga digunakan dalam berbagai studi analisis deret waktu lingkungan.

³⁹⁹ Bustari, Pratama, and Al-Aryachiyah.



Gambar 3. Proyeksi trend Polusi Cahaya Kota Medan tahun 2027-2030

Berdasarkan nilai *moving average* tersebut, dilakukan proyeksi tingkat polusi cahaya untuk periode 2027 hingga 2030. Hasil proyeksi menunjukkan bahwa nilai skala Bortle diperkirakan akan terus meningkat hingga mencapai sekitar 9,03 pada tahun 2030. Meskipun secara teoritis skala Bortle memiliki batas maksimum pada nilai 9, hasil ini mengindikasikan bahwa kondisi langit malam di Kota Medan akan mencapai tingkat saturasi polusi cahaya. Dengan kata lain, peningkatan intensitas cahaya buatan tetap terjadi, meskipun tidak lagi terdeteksi secara signifikan dalam skala klasifikasi Bortle. Hal ini menunjukkan keterbatasan skala Bortle dalam merepresentasikan perubahan pada kondisi ekstrem dan

menegaskan pentingnya penggunaan parameter radiance sebagai indikator kuantitatif⁴⁰⁰.

Secara spasial, distribusi polusi cahaya di Kota Medan menunjukkan pola yang khas, di mana wilayah pusat kota didominasi oleh tingkat kecerahan tinggi (zona merah hingga putih), sedangkan wilayah pinggiran menunjukkan tingkat yang lebih rendah (zona hijau hingga biru). Pola ini mencerminkan konsentrasi aktivitas ekonomi dan kepadatan penduduk yang tinggi di pusat kota, yang menjadi sumber utama emisi cahaya buatan. Temuan ini konsisten dengan penelitian yang menyatakan bahwa distribusi polusi cahaya sangat dipengaruhi oleh struktur tata ruang dan penggunaan lahan perkotaan⁴⁰¹. Peningkatan polusi cahaya ini memiliki implikasi yang sangat signifikan. Tingginya kecerahan langit menyebabkan penurunan kontras antara objek langit dan latar belakang langit, sehingga mempersulit observasi, terutama untuk objek redup seperti hilal. Dalam kondisi Bortle 8–9, visibilitas hilal menjadi sangat terbatas dan sangat bergantung pada kondisi atmosfer serta parameter astronomis lainnya seperti elongasi dan tinggi hilal. Hal ini menjadi tantangan serius bagi Kota Medan yang merupakan salah satu lokasi observasi hilal nasional, sehingga diperlukan strategi mitigasi seperti pemilihan

⁴⁰⁰ P. Cinzano, F. Falchi, and C. D. Elvidge, 'The First World Atlas of the Artificial Night Sky Brightness', *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 328.3 (2001), 689–707 <<https://doi.org/10.1046/J.1365-8711.2001.04882.X>>.

⁴⁰¹ NQZ and others.

lokasi observasi alternatif dengan tingkat polusi cahaya yang lebih rendah⁴⁰².

Selain itu, peningkatan polusi cahaya juga berdampak pada potensi pengembangan astrotourism di wilayah Sumatera Utara⁴⁰³. Dengan semakin menurunnya kualitas langit malam di Kota Medan, kebutuhan akan lokasi observasi alternatif seperti kawasan Barus dan sekitar Danau Toba menjadi semakin penting. Wilayah-wilayah tersebut memiliki tingkat polusi cahaya yang lebih rendah dan berpotensi dikembangkan sebagai destinasi wisata astronomi yang mendukung kegiatan edukasi dan penelitian⁴⁰⁴.

Meskipun metode *moving average* yang digunakan dalam penelitian ini memiliki keterbatasan karena tidak mempertimbangkan faktor eksternal secara eksplisit, hasil yang diperoleh tetap memberikan gambaran yang kuat mengenai kecenderungan tren polusi cahaya di Kota Medan. Oleh karena itu, hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai dasar awal dalam pengambilan kebijakan terkait pengelolaan pencahayaan perkotaan, serta sebagai bahan pertimbangan dalam pengembangan strategi mitigasi polusi cahaya di masa mendatang.

⁴⁰² Rasna Rajkhowa, 'Light Pollution and Impact of Light Pollution', *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 3.10 (2014), 861–67.

⁴⁰³ A.J.R. Butar-Butar and others, 'The Feasibility Study of Barus City as the New Astrotourism Destination from Astronomical and Meteorological Aspect', in *Journal of Physics: Conference Series*, 2022, MMCCXIV <<https://doi.org/10.1088/1742-6596/2214/1/012026>>.

⁴⁰⁴ Putraga and others.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa polusi cahaya di Kota Medan mengalami tren peningkatan yang signifikan dalam periode 2012–2026, yang ditandai dengan kenaikan nilai skala Bortle dari kategori suburban menuju langit perkotaan yang sangat terang. Analisis berbasis data satelit VIIRS yang divisualisasikan melalui *Light Pollution Map* memperkuat temuan bahwa intensitas cahaya buatan tidak hanya meningkat secara bertahap, tetapi juga menunjukkan indikasi percepatan dalam beberapa tahun terakhir, termasuk peningkatan rasio kecerahan langit buatan yang semakin jauh melampaui kondisi alami. Hasil analisis *moving average* berhasil mengidentifikasi pola tren jangka menengah secara lebih stabil, sekaligus memberikan dasar proyeksi bahwa tingkat polusi cahaya di Kota Medan akan mencapai kondisi saturasi pada kisaran Bortle 9 pada periode 2027–2030.

Implikasi dari peningkatan polusi cahaya ini sangat signifikan, khususnya dalam konteks ilmu falak dan observasi astronomi. Kondisi langit yang semakin terang menyebabkan penurunan kualitas visibilitas objek langit, termasuk hilal, yang menjadi aspek penting dalam penentuan awal bulan Hijriyah di Indonesia. Sebagai salah satu lokasi observasi hilal nasional, Kota Medan menghadapi tantangan serius dalam mempertahankan kualitas pengamatan, sehingga diperlukan strategi adaptif seperti pemilihan lokasi observasi alternatif yang lebih gelap serta integrasi teknologi observasi yang lebih sensitif. Selain itu, degradasi langit malam juga berdampak pada berkurangnya potensi edukasi astronomi dan pengembangan astrotourism di wilayah perkotaan.

Oleh karena itu, penelitian ini menegaskan pentingnya pengendalian polusi cahaya sebagai bagian dari kebijakan

pembangunan berkelanjutan di wilayah perkotaan. Upaya mitigasi seperti penerapan pencahayaan ramah lingkungan, pengaturan intensitas dan arah lampu, serta peningkatan kesadaran masyarakat menjadi langkah strategis yang perlu diimplementasikan. Lebih lanjut, penelitian ini juga membuka peluang bagi kajian lanjutan yang mengintegrasikan data satelit dengan pengukuran lapangan, sehingga dapat menghasilkan model prediksi yang lebih komprehensif dan mendukung pengembangan ilmu falak serta pelestarian kualitas langit malam di Indonesia.

Mengungkap Rahasia Kecerahan Bintang

Framudia Dwi Wicaksono¹

¹ Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
framudiawicaksono@gmail.com

Pendahuluan

Bintang merupakan objek langit yang memancarkan cahaya sendiri sebagai hasil dari reaksi fusi nuklir di inti mereka, terutama melalui proses penggabungan hidrogen menjadi helium yang menghasilkan energi dalam jumlah besar. Energi ini dipancarkan ke luar dalam bentuk radiasi elektromagnetik sehingga bintang tampak bersinar dari Bumi. Salah satu karakteristik utama bintang yang dapat diamati adalah kecerahannya. Namun, kecerahan yang terlihat dari Bumi tidak selalu mencerminkan kondisi sebenarnya dari bintang tersebut. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor, seperti jarak bintang dari pengamat, suhu permukaan, ukuran bintang, serta pengaruh medium antarbintang berupa gas dan debu kosmik yang dapat menyerap dan menghamburkan cahaya.

Sejak zaman kuno, manusia telah mengamati bintang dan mencoba mengelompokkan tingkat kecerahannya. Sistem magnitudo pertama kali diperkenalkan oleh Hipparchus, yang mengklasifikasikan bintang berdasarkan tingkat terang yang tampak oleh mata manusia. Seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, sistem ini disempurnakan menjadi sistem magnitudo modern yang bersifat logaritmik dan lebih

akurat dalam mengukur perbedaan kecerahan antar bintang. Dalam sistem ini dikenal istilah magnitudo tampak (apparent magnitude) dan magnitudo mutlak (absolute magnitude), yang masing-masing menggambarkan kecerahan yang terlihat dari Bumi dan kecerahan intrinsik bintang pada jarak standar.

Permasalahan utama dalam kajian ini adalah bagaimana memahami konsep kecerahan bintang secara ilmiah serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhinya secara komprehensif. Selain itu, penting untuk membedakan antara kecerahan semu dan kecerahan intrinsik agar tidak terjadi kesalahan dalam interpretasi data astronomi. Kesalahan dalam memahami kedua konsep ini dapat berdampak pada ketidakakuratan dalam penentuan jarak dan sifat fisik bintang.

Tujuan penelitian ini adalah untuk: (1) menjelaskan konsep dasar kecerahan bintang secara ilmiah, (2) mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kecerahan bintang seperti luminositas, jarak, dan medium antarbintang, (3) menganalisis hubungan antara luminositas dan jarak berdasarkan hukum invers kuadrat, serta (4) menjelaskan peran penting kecerahan bintang dalam astronomi modern, khususnya dalam penentuan jarak kosmik dan pemahaman evolusi bintang.

Selain itu, penelitian ini juga membahas metode-metode yang digunakan dalam mengukur jarak bintang, seperti metode paralaks yang memanfaatkan pergeseran posisi bintang akibat pergerakan Bumi mengelilingi Matahari, serta penggunaan standar lilin (standard candle) seperti bintang Cepheid yang memiliki hubungan tetap antara periode dan luminositasnya. Metode-metode ini sangat penting dalam membangun skala jarak kosmik yang akurat.

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai fenomena kecerahan bintang serta faktor-faktor yang memengaruhinya. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi dalam studi astronomi, khususnya dalam penentuan jarak benda langit, analisis sifat fisik bintang, serta kajian evolusi bintang dan struktur alam semesta secara keseluruhan. Dengan pemahaman yang lebih baik, diharapkan pengamatan astronomi dapat dilakukan dengan lebih akurat dan memberikan kontribusi yang signifikan bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Kecerahan bintang menjadi salah satu karakteristik utama yang diamati dari Bumi, namun tidak selalu mencerminkan kondisi sebenarnya karena dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti jarak, suhu, ukuran, dan medium antarbintang.

Selanjutnya, dibahas secara singkat tinjauan historis mengenai pengamatan bintang sejak zaman kuno, termasuk pengenalan sistem magnitudo oleh Hipparchus yang kemudian berkembang menjadi sistem modern berbasis logaritmik untuk mengukur kecerahan bintang secara lebih akurat.

Bagian berikutnya memuat rumusan masalah yang berfokus pada pemahaman konsep kecerahan bintang secara ilmiah, faktor-faktor yang memengaruhinya, serta perbedaan antara kecerahan semu dan kecerahan intrinsik. Kemudian dijelaskan tujuan penelitian, yaitu untuk menguraikan konsep dasar kecerahan bintang, mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi, menganalisis hubungan antara luminositas dan jarak, serta menjelaskan peran pentingnya dalam astronomi modern.

Pada bagian pembahasan, diuraikan konsep dasar kecerahan bintang beserta sistem magnitudo, faktor-faktor yang memengaruhi seperti luminositas, jarak, dan medium antarbintang, serta metode penentuan jarak seperti paralaks dan standar lilin. Terakhir, dijelaskan manfaat penelitian, yaitu memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai kecerahan bintang serta kontribusinya dalam penentuan jarak kosmik, studi evolusi bintang, dan pemahaman struktur alam semesta.

Berdasarkan studi literatur, diperoleh beberapa temuan utama terkait kecerahan bintang. Pertama, kecerahan bintang dipengaruhi oleh tiga faktor utama, yaitu luminositas, jarak, dan medium antarbintang. Luminositas merupakan jumlah energi yang dipancarkan bintang per satuan waktu dan menjadi faktor intrinsik yang menentukan terang sebenarnya suatu bintang. Jarak berperan penting karena semakin jauh suatu bintang dari pengamat, maka intensitas cahaya yang diterima akan semakin kecil sesuai dengan hukum invers kuadrat. Sementara itu, medium antarbintang yang terdiri atas gas dan debu kosmik dapat menyebabkan penyerapan (ekstingsi) dan hamburan cahaya sehingga kecerahan bintang tampak berkurang.

Kedua, sistem magnitudo dalam astronomi memungkinkan para astronom untuk mengukur dan membandingkan kecerahan bintang secara kuantitatif. Sistem ini menggunakan skala logaritmik, di mana perbedaan nilai magnitudo mencerminkan perbedaan intensitas cahaya yang diterima. Dalam sistem ini dikenal dua jenis magnitudo, yaitu magnitudo tampak yang menunjukkan kecerahan bintang dari Bumi, dan magnitudo mutlak yang menunjukkan kecerahan intrinsik bintang pada jarak standar.

Ketiga, pengukuran kecerahan bintang dapat dimanfaatkan untuk menentukan jarak benda langit. Metode yang digunakan antara lain metode paralaks yang mengukur pergeseran posisi bintang akibat pergerakan Bumi, serta metode standar lilin (standard candle) seperti bintang Cepheid yang memiliki hubungan tetap antara periode dan luminositasnya. Metode-metode ini menjadi dasar dalam penentuan skala jarak kosmik.

Kecerahan bintang merupakan salah satu konsep paling fundamental dalam astronomi karena menjadi dasar dalam memahami sifat fisik bintang, jaraknya dari pengamat, serta struktur alam semesta secara keseluruhan. Dalam praktik observasi, kecerahan bintang tidak hanya dipahami sebagai tingkat terang yang tampak oleh mata manusia, melainkan sebagai besaran fisika yang dapat diukur secara kuantitatif melalui pendekatan ilmiah. Oleh karena itu, analisis kecerahan bintang melibatkan berbagai konsep penting yang saling berkaitan, baik yang bersifat intrinsik maupun ekstrinsik.

Secara konseptual, kecerahan bintang dibedakan menjadi dua jenis utama, yaitu magnitudo tampak (apparent magnitude) dan magnitudo mutlak (absolute magnitude). Magnitudo tampak merupakan ukuran kecerahan bintang sebagaimana diamati dari Bumi, sehingga sangat dipengaruhi oleh jarak bintang dan kondisi medium yang dilalui cahaya. Nilai magnitudo tampak bersifat relatif terhadap pengamat dan dapat berubah bergantung pada kondisi pengamatan. Sebaliknya, magnitudo mutlak adalah ukuran kecerahan intrinsik bintang, yaitu kecerahan yang akan terlihat apabila bintang tersebut ditempatkan pada jarak standar sejauh 10 parsec (sekitar 32,6 tahun cahaya). Dengan demikian, magnitudo mutlak memberikan gambaran yang

lebih objektif mengenai energi sebenarnya yang dipancarkan oleh bintang tanpa dipengaruhi faktor eksternal.

Perbedaan antara magnitudo tampak dan magnitudo mutlak memiliki peran yang sangat penting dalam astronomi, khususnya dalam penentuan jarak bintang. Hubungan antara kedua besaran ini dinyatakan dalam konsep modulus jarak, yang memungkinkan astronom menghitung jarak suatu bintang berdasarkan selisih kedua nilai magnitudo tersebut. Metode ini menjadi salah satu alat utama dalam membangun skala jarak kosmik dan memahami distribusi objek di alam semesta.

Sistem magnitudo yang digunakan dalam astronomi modern merupakan sistem berskala logaritmik yang dikembangkan dari klasifikasi awal yang diperkenalkan oleh Hipparchus. Dalam sistem ini, setiap perbedaan satu satuan magnitudo setara dengan perubahan kecerahan sebesar sekitar 2,512 kali. Hal ini berarti bahwa sistem magnitudo tidak bersifat linear, melainkan eksponensial. Sebagai contoh, perbedaan lima magnitudo menunjukkan perbedaan kecerahan sebesar 100 kali. Selain itu, dalam sistem ini berlaku bahwa semakin kecil nilai magnitudo, maka semakin terang objek tersebut. Bahkan, beberapa objek yang sangat terang memiliki nilai magnitudo negatif. Penggunaan skala logaritmik ini sangat efektif karena mampu mengakomodasi rentang kecerahan objek langit yang sangat luas, mulai dari bintang yang sangat terang hingga objek yang sangat redup seperti galaksi jauh.

Salah satu faktor utama yang menentukan kecerahan intrinsik bintang adalah luminositas. Luminositas didefinisikan sebagai jumlah total energi yang dipancarkan oleh bintang per satuan waktu ke segala

arah. Luminositas sangat dipengaruhi oleh dua parameter utama, yaitu suhu permukaan dan ukuran (radius) bintang. Hubungan ini dijelaskan melalui hukum Stefan-Boltzmann, yang menyatakan bahwa energi yang dipancarkan per satuan luas permukaan sebanding dengan pangkat empat suhu permukaan bintang. Dengan demikian, sedikit peningkatan suhu akan menyebabkan peningkatan luminositas yang sangat besar. Selain itu, semakin besar radius bintang, semakin luas permukaan yang memancarkan energi, sehingga luminositasnya juga meningkat.

Namun, luminositas tidak hanya ditentukan oleh faktor-faktor sederhana tersebut. Struktur internal bintang, komposisi kimia, serta dinamika proses fusi nuklir di dalam inti juga memainkan peran penting. Misalnya, bintang dengan massa besar cenderung memiliki tekanan dan suhu inti yang lebih tinggi, sehingga reaksi fusi berlangsung lebih cepat dan menghasilkan luminositas yang lebih besar. Sebaliknya, bintang bermassa kecil memiliki luminositas yang lebih rendah tetapi umur yang lebih panjang. Hal ini menunjukkan bahwa luminositas merupakan parameter yang kompleks dan mencerminkan kondisi fisik bintang secara keseluruhan.

Selain faktor intrinsik, jarak merupakan faktor eksternal yang sangat berpengaruh terhadap kecerahan yang diamati. Hubungan antara kecerahan dan jarak dijelaskan melalui hukum invers kuadrat, yang menyatakan bahwa intensitas cahaya berbanding terbalik dengan kuadrat jarak dari sumbernya. Artinya, jika jarak suatu bintang menjadi dua kali lipat, maka intensitas cahaya yang diterima akan berkurang menjadi seperempatnya. Prinsip ini berlaku untuk semua jenis

radiasi elektromagnetik, termasuk cahaya tampak. Oleh karena itu, dalam analisis astronomi, penting untuk memperhitungkan jarak agar dapat menentukan luminositas sebenarnya dari suatu bintang.

Sebagai ilustrasi, sebuah bintang yang memiliki luminositas sangat tinggi dapat tampak redup jika berada pada jarak yang sangat jauh. Sebaliknya, bintang yang memiliki luminositas rendah dapat tampak terang jika berada dekat dengan Bumi. Fenomena ini menunjukkan bahwa pengamatan kecerahan tanpa mempertimbangkan jarak dapat menimbulkan interpretasi yang keliru mengenai sifat fisik bintang.

Faktor lain yang tidak kalah penting adalah medium antarbintang, yang terdiri dari gas dan debu kosmik yang tersebar di ruang antarbintang. Ketika cahaya dari bintang melewati medium ini, sebagian energi akan diserap dan sebagian lainnya dihamburkan. Proses ini dikenal sebagai ekstingsi, yang menyebabkan penurunan intensitas cahaya yang sampai ke pengamat. Selain itu, terjadi pula fenomena reddening, yaitu perubahan warna cahaya menjadi lebih merah karena panjang gelombang pendek (cahaya biru) lebih mudah dihamburkan dibandingkan panjang gelombang panjang (cahaya merah).

Efek medium antarbintang ini sangat penting dalam pengamatan astronomi karena dapat menyebabkan kesalahan dalam estimasi kecerahan dan suhu bintang. Oleh karena itu, astronom biasanya melakukan koreksi terhadap efek ekstingsi dengan menggunakan model distribusi debu kosmik dan pengamatan pada berbagai panjang gelombang, seperti inframerah, yang lebih mampu menembus debu.

Kecerahan bintang juga memiliki peran yang sangat penting dalam penentuan jarak kosmik. Untuk bintang yang relatif dekat, metode paralaks digunakan dengan mengukur pergeseran posisi bintang terhadap latar belakang akibat pergerakan Bumi mengelilingi Matahari. Namun, metode ini memiliki keterbatasan karena hanya efektif untuk jarak tertentu. Untuk objek yang lebih jauh, digunakan metode standar lilin, seperti bintang variabel Cepheid, yang memiliki hubungan tetap antara periode variasi kecerahan dan luminositasnya. Dengan mengetahui luminositas intrinsik dan membandingkannya dengan kecerahan yang diamati, astronom dapat menghitung jarak dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Metode ini telah memainkan peran penting dalam pengukuran jarak antar galaksi dan dalam penentuan ukuran alam semesta. Bahkan, pengamatan terhadap bintang Cepheid menjadi salah satu dasar dalam penemuan ekspansi alam semesta. Hal ini menunjukkan bahwa studi kecerahan bintang memiliki implikasi yang sangat luas, tidak hanya dalam skala bintang, tetapi juga dalam kosmologi. Selain itu, kecerahan bintang juga memberikan informasi penting mengenai evolusi bintang. Dalam diagram Hertzsprung-Russell, bintang dipetakan berdasarkan hubungan antara luminositas dan suhu permukaan. Diagram ini menunjukkan berbagai tahap evolusi bintang, mulai dari deret utama hingga tahap akhir seperti raksasa merah, supernova, dan katai putih. Perubahan kecerahan dan suhu mencerminkan perubahan proses fisik di dalam bintang, seperti perubahan laju reaksi fusi nuklir dan struktur inti.

Dengan mempelajari kecerahan bintang, astronom dapat memahami siklus hidup bintang secara lebih

mendalam, termasuk proses pembentukan, perkembangan, hingga kematiannya. Hal ini menjadikan kecerahan bintang sebagai salah satu parameter penting dalam astrofisika. Secara keseluruhan, kecerahan bintang merupakan hasil interaksi kompleks antara luminositas sebagai faktor intrinsik, jarak sebagai faktor geometris, dan medium antarbintang sebagai faktor lingkungan. Ketiga faktor ini tidak dapat dipisahkan dalam analisis kecerahan bintang dan harus dipertimbangkan secara bersamaan untuk memperoleh hasil yang akurat.

Meskipun telah banyak kemajuan dalam penelitian, masih terdapat berbagai tantangan dalam studi kecerahan bintang. Salah satu tantangan utama adalah keterbatasan dalam mengoreksi efek medium antarbintang secara tepat, terutama pada wilayah yang padat debu. Selain itu, beberapa jenis bintang menunjukkan variasi kecerahan intrinsik yang kompleks, sehingga memerlukan metode analisis yang lebih canggih. Namun, perkembangan teknologi observasi, seperti teleskop ruang angkasa, detektor fotometri modern, dan teknik spektroskopi, telah membantu meningkatkan akurasi pengukuran. Dengan demikian, pemahaman yang mendalam mengenai kecerahan bintang sangat penting dalam mendukung perkembangan astronomi modern. Kecerahan bintang tidak hanya membantu dalam memahami sifat fisik dan evolusi bintang, tetapi juga berperan penting dalam penentuan jarak kosmik serta pemetaan struktur alam semesta secara menyeluruh.

Meskipun telah banyak kemajuan dalam penelitian, masih terdapat berbagai tantangan dalam studi kecerahan bintang. Salah satu tantangan utama adalah keterbatasan dalam mengoreksi efek medium antarbintang secara tepat,

terutama pada wilayah yang padat debu. Selain itu, beberapa jenis bintang menunjukkan variasi kecerahan intrinsik yang kompleks, sehingga memerlukan metode analisis yang lebih canggih. Namun, perkembangan teknologi observasi, seperti teleskop ruang angkasa, detektor fotometri modern, dan teknik spektroskopi, telah membantu meningkatkan akurasi pengukuran. Dengan demikian, pemahaman yang mendalam mengenai kecerahan bintang sangat penting dalam mendukung perkembangan astronomi modern. Kecerahan bintang tidak hanya membantu dalam memahami sifat fisik dan evolusi bintang, tetapi juga berperan penting dalam penentuan jarak kosmik serta pemetaan struktur alam semesta secara menyeluruh.

Takdir Sang Bintang: Sebuah Perjalanan dalam Siklus Evolusi Bintang

Pahwana Faransyah¹, Zidan Fachrul Rifai Siregar², Rusdiansyah³, Khairul Fahmi⁴

^{1,2,3,4} Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara, Indonesia

**pahawanafaransyah@gmail.com*

Pendahuluan

Bintang telah lama menjadi objek kekaguman manusia. Di balik cahayanya, tersimpan kisah evolusi yang penuh drama fisika. Dalam satu dekade terakhir, dua terobosan besar telah mengubah pemahaman kita secara fundamental. Pertama, era astronomi gelombang gravitasi dimulai dengan deteksi bersejarah GW150914 oleh LIGO pada September 2015, yang dipublikasikan oleh Abbott et al. pada 2016⁴⁰⁵. Kedua, peluncuran James Webb Space Telescope (JWST) pada Desember

⁴⁰⁵Abbott, B. P., et al. (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration), 'Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger', Physical Review Letters, 116 (2016), 061102. DOI: 10.1103/PhysRevLett.116.061102

2021, yang kemampuan ilmiahnya secara komprehensif dijabarkan oleh Gardner et al. pada 2023⁴⁰⁶.

Bintang tidak hidup selamanya. Ia lahir, berkembang, dan mati dengan cara yang ditentukan sejak awal oleh satu parameter kunci: massanya. Bintang bermassa rendah seperti Matahari akan berakhir sebagai katai putih yang tenang, sementara bintang bermassa sangat tinggi meledak dahsyat sebagai supernova dan meninggalkan warisan berupa bintang neutron atau lubang hitam. Pemahaman tentang 'takdir' ini tidak hanya penting bagi astrofisika teoretis, tetapi juga bagi kosmologi dan pemahaman asal-usul unsur-unsur kimia di alam semesta

Kajian ini bertujuan menyajikan tinjauan siklus evolusi bintang berdasarkan referensi ilmiah terverifikasi dalam periode 2016–2024, meliputi: (1) bagaimana bintang terbentuk dari nebula; (2) apa yang menentukan jalur evolusinya; dan (3) bagaimana bintang berakhir berdasarkan massanya.

⁴⁰⁶Gardner, J. P., et al., 'The James Webb Space Telescope Mission', Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 135 (2023), 068001. DOI: 10.1088/1538-3873/ac8ba0

Massa sebagai Penentu Takdir Bintang

Kerangka teoretis utama dalam evolusi bintang adalah hubungan antara massa awal bintang dengan seluruh jalur hidupnya. Penelitian Choi et al. (2016) melalui proyek MESA Isochrones and Stellar Tracks (MIST) menghasilkan grid evolusi stellar yang komprehensif menggunakan paket pemodelan MESA⁴⁰⁷. Model ini mencakup bintang dari 0,1 hingga 300 massa Matahari ($M_{\odot}$) dan menelusuri evolusinya dari fase pra-deret utama (pre-mainsequence) hingga tahap akhir, baik sebagai urutan pendinginan katai putih maupun akhir pembakaran karbon pada bintang masif. Grid MIST menjadi salah satu alat referensi utama komunitas astronomi global hingga saat ini.

Secara umum, bintang diklasifikasikan menjadi tiga kategori berdasarkan massanya: bermassa rendah ($< 2 M_{\odot}$), bermassa menengah ($2-8 M_{\odot}$), dan bermassa tinggi ($> 8 M_{\odot}$). Ketiga kategori ini memiliki jalur evolusi dan nasib akhir yang berbeda secara fundamental, sebagaimana dirangkum dalam Tabel 1 dibawah.

Tabel 1. Jalur Evolusi Bintang Berdasarkan Massa (Adaptasi dari Choi et al., 2016)

Massa ($M_{\odot}$)	Fase Akhir Deret Utama	Umur di Deret Utama	Nasib Akhir
$< 0,8 M_{\odot}$	Katai Merah	> 100 miliar tahun	Katai Hitam (teoritis)

⁴⁰⁷Choi, J., Dotter, A., Conroy, C., Cantiello, M., Paxton, B. & Johnson, B. D., 'MESA Isochrones and Stellar Tracks (MIST). I. Solar-Scaled Models', *The Astrophysical Journal*, 823 (2016), 102. DOI: 10.3847/0004-637X/823/2/102

~1 M $\odot$	Raksasa Merah	~10 miliar tahun	Katai Putih
2–8 M $\odot$	Raksasa Merah / AGB	10–100 juta tahun	Katai Putih
> 8 M $\odot$	Maharaksasa	1–10 juta tahun	Bintang Neutron/ Lubang Hitam

Peran Survei Astronomi Modern

Dua survei modern menjadi pilar data dalam penelitian evolusi bintang satu dekade terakhir. Pertama, misi Gaia ESA yang pada Data Release 3 (2022) menyediakan katalog bintang paling komprehensif yang pernah ada, mencakup lebih dari 1,8 miliar objek dengan pengukuran paralaks, luminositas, dan warna yang sangat presisi⁴⁰⁸. Data Gaia memungkinkan konstruksi Diagram Hertzsprung-Russell (HR) empiris dengan skala dan ketelitian yang belum pernah ada sebelumnya.

Kedua, JWST yang kemampuan ilmiahnya dijabarkan oleh Gardner et al. (2023), mampu mengamati alam semesta dalam panjang gelombang inframerah-tengah, menembus tabir debu kosmis yang selama ini menyembunyikan proses kelahiran dan kematian bintang. Kombinasi data Gaia dan JWST memberikan perspektif observasional yang belum pernah tersedia sebelumnya bagi para peneliti evolusi stellar.

⁴⁰⁸Gaia Collaboration, et al., 'Gaia Data Release 3: Summary of the Content and Survey Properties', *Astronomy & Astrophysics*, 674 (2023), A1. DOI: 10.1051/0004-6361/202243940

Pembentukan Bintang: Dari Nebula ke Protostar

Siklus hidup bintang dimulai di dalam awan molekuler raksasa (Giant Molecular Cloud/GMC). Proses pembentukan dimulai ketika bagian awan mengalami instabilitas gravitasi (instabilitas Jeans), menyebabkan kolaps yang membentuk protostar. JWST telah memberikan bukti visual paling detail tentang proses ini. Pengamatan terhadap berbagai wilayah pembentukan bintang seperti Nebula Carina dan Pillars of Creation mengungkap ratusan protobintang baru beserta jet stellar yang memancar dari bintang-bintang muda. Data ini sejalan dengan parameter kemampuan observasi JWST yang dijabarkan oleh Gardner et al. (2023), khususnya kemampuan instrumentasi MIRI dan NIRCам yang memungkinkan pengamatan menembus kerapatan debu kosmis.

Protostar yang terbentuk kemudian mengumpulkan massa dari piringan akresi di sekitarnya. Saat tekanan dan suhu di inti mencapai ambang batas kritis (sekitar 10 juta Kelvin), reaksi fusi hidrogen menjadi helium dimulai. Pada titik ini, bintang resmi memasuki fase deret utama (main sequence) yang menjadi fase kehidupan paling stabil dan paling panjang dalam siklus hidupnya.

Fase Deret Utama: Keseimbangan yang Menentukan Umur Bintang

Model evolusi MIST yang dikembangkan Choi et al. (2016) memberikan prediksi yang akurat mengenai lama waktu yang dihabiskan setiap bintang di fase ini. Untuk

bintang bermassa $1 M_{\odot}$ seperti Matahari, masa di deret utama berlangsung sekitar 10 miliar tahun.

Bintang bermassa $15 M_{\odot}$ hanya bertahan sekitar 10 juta tahun, sementara bintang terpanas bermassa $40 M_{\odot}$ ke atas bahkan hanya sekitar 1 juta tahun. Perbedaan umur yang drastis ini menunjukkan betapa dominannya massa dalam menentukan takdir bintang.

Tahap Akhir Bintang Bermassa Rendah-Menengah: Katai Putih

Bintang bermassa $0,8-8 M_{\odot}$ setelah kehabisan hidrogen di intinya akan mengembang menjadi raksasa merah, lalu memasuki cabang raksasa asimtotik (Asymptotic Giant Branch/AGB). Angin bintang yang kuat meniupkan lapisan luar bintang membentuk nebula planetari yang indah, meninggalkan inti karbon-oksigen yang padat sebagai katai putih.

Pengamatan JWST terhadap Nebula Cincin (NGC 6720) oleh Wesson et al. (2024)⁴⁰⁹ mengungkapkan detail struktur nebula planetari yang belum pernah terlihat sebelumnya. Citra JWST menampilkan sekitar 20.000 gumpalan padat (globula) yang menyusun selubung nebula bercahaya, serta busur konsentris di bagian halo yang mengindikasikan keberadaan bintang pendamping. Temuan ini memberikan wawasan baru tentang mekanisme kehilangan massa selama fase AGB.

⁴⁰⁹Wesson, R., et al., 'JWST Observations of the Ring Nebula (NGC 6720): I. Imaging of the Rings, Globules, and Arcs', *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* (2024). DOI:10.1093/mnras/stad3670

Adapun kondisi fisik katai putih yang dihasilkan mendapat konfirmasi observasional bersejarah dari Tremblay et al. (2019)⁴¹⁰ yang menemukan bukti langsung pertama bahwa inti katai putih mengalami kristalisasi karbon-oksigen seiring pendinginannya. Penelitian ini menggunakan data astrometri Gaia dan menemukan pola penumpukan (pile-up) dalam deret pendinginan katai putih yang sesuai persis dengan prediksi pelepasan panas laten saat kristalisasi. Temuan ini mengkonfirmasi prediksi teoretis yang telah ada selama 50 tahun dan menunjukkan bahwa beberapa katai putih tua mungkin miliaran tahun lebih tua dari perkiraan sebelumnya.

Tahap Akhir Bintang Masif: Supernova dan Warisan Kosmiknya

Bintang bermassa lebih dari $8 M_{\odot}$ mengalami akhir yang jauh lebih dramatis. Setelah serangkaian reaksi fusi nuklir menghasilkan unsur-unsur hingga besi, inti besi yang tidak dapat berfusi lebih lanjut kolaps secara katastrofik dalam hitungan detik, memicu ledakan supernova Tipe II yang melepaskan energi setara luminositas Matahari selama miliaran tahun. Sisa kolaps inti ini membentuk bintang neutron, atau bila massanya cukup besar, langsung kolaps menjadi lubang hitam.

Era astronomi gelombang gravitasi yang dibuka oleh deteksi GW150914 (penggabungan dua lubang hitam) oleh LIGO/Virgo, dipublikasikan Abbott et al.

⁴¹⁰ Tremblay, P.-E., et al., 'Core Crystallization and Pile-up in the Cooling Sequence of Evolving White Dwarfs', *Nature*, 565 (2019), pp. 202–205. DOI: 10.1038/s41586-018-0791-x

(2016), mencapai puncak signifikansinya pada deteksi GW170817 pada Agustus 2017. Abbott et al. (2017)⁴¹¹ melaporkan bahwa GW170817 adalah penggabungan dua bintang neutron yang dikonfirmasi secara independen melalui pengamatan elektromagnetik di seluruh spektrum (astronomi multi-messenger). Peristiwa ini secara definitif membuktikan bahwa penggabungan bintang neutron adalah sumber utama unsur-unsur berat seperti emas, platina, dan uranium melalui proses nukleosintesis jalur-r (r-process).

Lubang Hitam Stellar: Bukti Langsung dari Astrometri Gaia

Konfirmasi observasional keberadaan lubang hitam stellar yang tidak aktif di lingkungan dekat Matahari merupakan salah satu pencapaian terbesar astronomi pasca 2020. El-Badry et al. (2023) melaporkan penemuan Gaia BH1, lubang hitam biner pertama yang terkonfirmasi dengan bintang pendamping deret utama mirip Matahari, berjarak hanya 480 parsek dari Bumi. Identifikasi dilakukan menggunakan solusi orbital astrometri dari misi Gaia DR3¹³, yang kemudian divalidasi dengan pengukuran kecepatan radial dari berbagai spektrograf.

Massa komponen gelap dalam sistem Gaia BH1 terukur sekitar $9,62 \pm 0,18 M_{\odot}$, jauh melampaui batas massa bintang neutron, mengkonfirmasi status lubang hitamnya. Penemuan ini tidak hanya memvalidasi

⁴¹¹ Abbott, B. P., et al., 'Multi-messenger Observations of a Binary Neutron Star Merger', *The Astrophysical Journal Letters*, 848 (2017), L12.
DOI : 10.3847/2041-8213/aa91c9

kemampuan survei Gaia sebagai detektor lubang hitam dormant, tetapi juga menantang model evolusi biner yang ada karena keberadaan sistem dengan pemisahan orbit selebar itu sulit dijelaskan oleh skenario evolusi konvensional.

Penutup

Siklus evolusi bintang adalah salah satu fenomena alam yang paling megah. Massa awal sebuah bintang, yang ditetapkan pada saat pembentukannya dari nebula, adalah takdir yang menentukan seluruh perjalanan hidup dan cara kematiannya. Bintang bermassa rendah mati dengan tenang meninggalkan nebula planetari yang indah dan katai putih yang mengkristal perlahan selama miliaran tahun. Bintang masif hidup singkat namun mati spektakuler dalam ledakan supernova, menyemai galaksi dengan unsur-unsur berat hasil sintesisnya.

Satu dekade terakhir (2016–2024) telah memberikan lompatan pemahaman yang luar biasa. Gelombang gravitasi dari LIGO/Virgo membuktikan origin kosmik unsur berat dari penggabungan bintang neutron¹⁴. Gaia merevolusi peta bintang galaksi¹⁵ dan memungkinkan penemuan langsung lubang hitam dormant¹⁶. JWST membuka cakrawala baru dalam melihat kelahiran dan kematian bintang dengan detail yang belum pernah ada sebelumnya.

Lebih dari sekadar objek fisika, bintang adalah pabrik kosmik penyusun alam semesta. Atom karbon dalam tubuh kita, oksigen yang kita hirup, dan besi dalam darah kita semuanya pernah ditempa di inti bintang generasi terdahulu. Memahami takdir sang bintang

berarti memahami asal-usul kita sebagai bagian dari alam semesta yang terus berevolusi.

Fisika Energi Matahari: Dari Reaksi Inti hingga Radiasi ke Planet

Darell Gadhi Purnomo¹, Muhammad Rafi², Dimas Windira³, Nurul Adzkiyah Rambe⁴

^{1,2,3,4} Universitas Sumatera Utara

darellkagenouu@gmail.com

Pendahuluan

Matahari adalah laboratorium alam terbesar untuk memahami bagaimana bintang menghasilkan energi dan bagaimana energi itu kemudian memengaruhi planet, khususnya Bumi. Sebagai bintang deret utama bermassa sedang, Matahari menjadi standar pembanding untuk studi struktur dan evolusi bintang lain, sekaligus sumber utama energi bagi kehidupan di Bumi. Matahari saat ini berada pada fase deret utama, di mana ia menyalakan hidrogen menjadi helium di intinya dan menjaga keluaran energi yang relatif stabil dalam jangka milyaran tahun⁴¹².

Posisi Matahari di diagram Hertzsprung–Russell (HR) merepresentasikan hubungan khas antara luminositas dan suhu bintang deret utama bermassa mirip Matahari⁴¹³. Energi Matahari berasal dari reaksi fusi yang menggabungkan empat inti hidrogen menjadi satu inti helium; ini diidentifikasi sebagai sumber energi utama

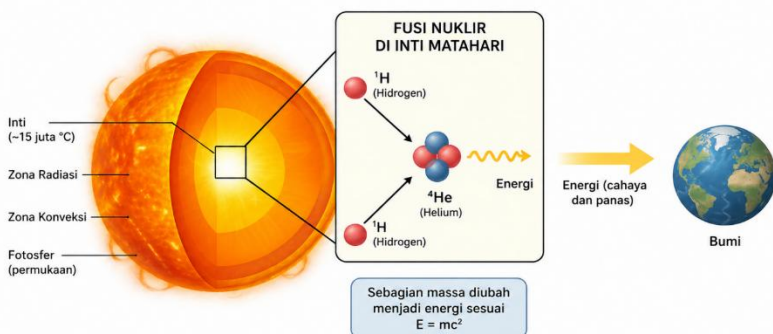
⁴¹² Lingqiao Mu and Qianrun Li, ‘The Life of the Sun’, 0 (2024), 56–60 <<https://doi.org/10.54254/2753-8818/43/20241054>>.

⁴¹³ Ebraheem Farag, Morgan Taylor, and Kelly M Patton, ‘On Stellar Evolution in a Neutrino Hertzsprung – Russell Diagram’, *The Astrophysical Journal*, 893.2 (2020), 133 <<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab7f2c>>.

Matahari dan bintang deret utama lain⁴¹⁴. Proses ini berlangsung melalui rantai reaksi seperti proton–proton chain dan siklus CNO, yang menjadi fondasi model standar Matahari dan bintang pembakar hidrogen⁴¹⁵.

Studi evolusi Matahari dari pra-deret utama, deret utama, hingga fase raksasa merah dan katai putih memberikan wawasan tentang asal-usul Tata Surya dan kondisi yang memungkinkan munculnya kehidupan di Bumi. Diagram HR dan variasi aktivitas Matahari terhadap usia dan massa membantu mengaitkan evolusi energi dan medan magnet Matahari dengan lingkungan antariksa sekitar Bumi⁴¹⁶.

Matahari Sebagai Reaksi Fusi Alami



Gambar 1 : Reaksi fusi nuklir matahari

Matahari merupakan sumber energi utama bagi kehidupan di Bumi yang bekerja layaknya sebuah reaktor fusi alami raksasa. Di inti Matahari, terjadi reaksi fusi

⁴¹⁴ Rafael A Garc, 'Astroseismology of Solar-Type Stars', 0–2.

⁴¹⁵ K Schröder and others, 'What Do the Mt . Wilson Stars Tell Us about Solar Activity ?', 50 (2013), 1–7.

⁴¹⁶ Mu and Li.

nuklir yang menggabungkan atom-atom hidrogen menjadi helium. Proses ini menghasilkan energi dalam jumlah yang sangat besar, yang kemudian dipancarkan ke seluruh tata surya dalam bentuk cahaya dan panas⁴¹⁷.

Reaksi fusi di Matahari berlangsung pada kondisi ekstrem, dengan suhu mencapai sekitar 15 juta derajat Celsius dan tekanan yang sangat tinggi. Dalam kondisi tersebut, inti-inti atom hidrogen bergerak sangat cepat hingga mampu mengatasi gaya tolak-menolak antar muatan positif, lalu bergabung membentuk helium. Selama proses ini, sebagian massa diubah menjadi energi sesuai dengan prinsip $E=mc^2$ yang dikemukakan oleh Albert Einstein.

Energi yang dihasilkan dari fusi di inti Matahari tidak langsung sampai ke permukaannya. Energi tersebut harus melewati lapisan-lapisan Matahari melalui proses radiasi dan konveksi, yang dapat memakan waktu ribuan hingga jutaan tahun. Setelah mencapai permukaan (fotosfer), energi dipancarkan ke ruang angkasa dan sebagian kecilnya sampai ke Bumi, memberikan cahaya dan panas yang sangat penting bagi kelangsungan hidup makhluk hidup⁴¹⁸.

Keberadaan Matahari sebagai reaktor fusi alami memberikan inspirasi bagi para ilmuwan untuk mengembangkan teknologi fusi nuklir di Bumi sebagai sumber energi masa depan yang bersih dan hampir tidak terbatas. Jika teknologi ini berhasil dikembangkan secara optimal, maka manusia berpotensi mendapatkan sumber

⁴¹⁷ Yadvendra Pal Singh and others, 'Performance and Evaluation of Various Radiation Based Models for Semi-Arid Region', 8.04 (2019), 2108–19.

⁴¹⁸ Katya Georgieva and Svetlana Veretenenko, 'Solar Influences on the Earth ' s Atmosphere : Solved and Unsolved Questions', 2023, 1–23 <<https://doi.org/10.3389/fspas.2023.1244402>>.

energi yang lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar fosil⁴¹⁹.

Mekanisme Traspor Energi : Radiasi dan Konveksi

Setelah energi dihasilkan di inti Matahari melalui reaksi fusi, energi tersebut tidak langsung keluar ke permukaan, melainkan harus melalui beberapa lapisan dalam Matahari. Proses perpindahan energi ini terjadi melalui dua mekanisme utama, yaitu radiasi dan konveksi, yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan energi Matahari⁴²⁰.

Pada zona radiasi, energi dipindahkan dalam bentuk gelombang elektromagnetik melalui proses radiasi. Partikel-partikel di dalam Matahari menyerap dan memancarkan kembali energi secara terus-menerus, sehingga energi bergerak secara perlahan menuju lapisan luar. Proses ini sangat lambat karena foton sering bertabrakan dengan partikel lain, sehingga membutuhkan waktu yang sangat lama untuk mencapai lapisan berikutnya.

Selanjutnya, pada zona konveksi, perpindahan energi terjadi melalui pergerakan massa fluida dalam proses konveksi. Plasma panas dari bagian dalam akan naik ke atas karena memiliki massa jenis lebih rendah, sementara plasma yang lebih dingin akan turun ke bawah. Siklus ini berlangsung terus-menerus, membentuk arus konveksi yang membawa energi menuju permukaan Matahari⁴²¹.

⁴¹⁹ Mustakimah Mohamed and others, 'Global Development and Readiness of Nuclear Fusion Technology as the Alternative Source for Clean Energy Supply', 2024.

⁴²⁰ Mark S Miesch, 'Large-Scale Dynamics of the Convection Zone and Tachocline', 2005.

⁴²¹ Feng Chen, Matthias Rempel, and Yuhong Fan, 'A Comprehensive Radiative Magnetohydrodynamics Simulation of Active Region Scale Flux

Kombinasi antara radiasi dan konveksi memungkinkan energi dari inti Matahari akhirnya mencapai permukaan dan dipancarkan ke ruang angkasa. Proses ini sangat penting karena menentukan seberapa besar energi yang dapat diterima oleh Bumi, sekaligus memengaruhi aktivitas Matahari seperti bintik Matahari dan letupan energi.

Karakteristik Radiasi Benda Hitam pada Fotosfer

Fotosfer Matahari merupakan lapisan permukaan Matahari yang memancarkan cahaya yang dapat kita lihat dari Bumi. Radiasi yang dipancarkan oleh fotosfer sering didekati sebagai radiasi dari benda hitam, yaitu suatu objek ideal yang menyerap dan memancarkan energi secara sempurna pada semua panjang gelombang. Meskipun Matahari bukan benda hitam sempurna, karakteristik radiasinya sangat mendekati model tersebut⁴²².

Radiasi benda hitam bergantung pada suhu permukaan objek. Fotosfer Matahari memiliki suhu sekitar 5.500–6.000 K, sehingga memancarkan spektrum cahaya yang dominan pada wilayah cahaya tampak. Hubungan antara suhu dan distribusi panjang gelombang radiasi dijelaskan oleh Hukum Wien, yang menyatakan bahwa semakin tinggi suhu suatu benda, semakin pendek panjang gelombang puncak radiasinya.

Emergence from the Convection Zone to the Corona', *The Astrophysical Journal*, 937.2 (2022), 91 <<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac8f95>>.

⁴²² Rodolfo Santana and others, 'Monte Carlo Simulations of the Photospheric Process I I N T R O D U C T I O N', 1065 (2016), 1049–65 <<https://doi.org/10.1093/mnras/stv2709>>.

Selain itu, jumlah energi total yang dipancarkan oleh fotosfer mengikuti Hukum Stefan–Boltzmann, yang menyatakan bahwa energi radiasi berbanding lurus dengan pangkat empat suhu mutlaknya. Hal ini menjelaskan mengapa Matahari mampu memancarkan energi yang sangat besar meskipun hanya berasal dari lapisan permukaannya⁴²³.

Karakteristik radiasi benda hitam pada fotosfer juga terlihat dari spektrum kontinu yang dihasilkan, meskipun terdapat garis-garis gelap yang dikenal sebagai garis serapan. Garis-garis ini muncul akibat interaksi cahaya dengan unsur-unsur kimia di atmosfer Matahari. Dengan mempelajari spektrum ini, para ilmuwan dapat mengetahui komposisi dan kondisi fisik Matahari secara lebih mendalam⁴²⁴.

Propagasi Fluks Energi di Ruang Antarplanet

Energi yang dipancarkan oleh Matahari tidak berhenti di permukaannya, melainkan merambat ke seluruh tata surya melalui ruang antarplanet. Energi ini terutama dibawa dalam bentuk radiasi elektromagnetik, seperti cahaya tampak, inframerah, dan ultraviolet, yang bergerak dengan kecepatan cahaya tanpa memerlukan medium⁴²⁵.

Fluks energi yang diterima pada suatu jarak tertentu dari Matahari mengikuti prinsip hukum kuadrat terbalik. Artinya, semakin jauh jarak dari Matahari, semakin kecil intensitas energi yang diterima karena energi menyebar ke area yang semakin luas. Sebagai

⁴²³ Noise Letters, Lino Reggiani, and Eleonora Alfinito, ‘Revisiting the Boltzmann Derivation of the Stefan Law’, 1.1 (2022), 1–10.

⁴²⁴ Z Q Qu and others, ‘Spectropolarimetry of Fraunhofer Lines in Local Upper Solar Atmosphere’, 1–28.

⁴²⁵ Farag, Taylor, and Patton.

contoh, Bumi menerima energi Matahari dalam jumlah yang cukup untuk mendukung kehidupan, sedangkan planet yang lebih jauh seperti Neptunus menerima energi yang jauh lebih kecil⁴²⁶.

Besarnya energi Matahari yang sampai ke bagian atas atmosfer Bumi dikenal sebagai konstanta surya, yang nilainya sekitar 1361 W/m². Energi ini kemudian berinteraksi dengan atmosfer dan permukaan Bumi, sebagian dipantulkan kembali ke ruang angkasa dan sebagian diserap untuk menghangatkan planet serta mendukung proses-proses alam seperti fotosintesis⁴²⁷.

Selain radiasi elektromagnetik, Matahari juga memancarkan partikel bermuatan yang dikenal sebagai angin matahari. Partikel ini dapat memengaruhi medan magnet planet dan menyebabkan fenomena seperti aurora di daerah kutub. Dengan demikian, propagasi fluks energi dari Matahari tidak hanya berperan dalam menyediakan cahaya dan panas, tetapi juga memengaruhi dinamika lingkungan ruang antarplanet secara keseluruhan⁴²⁸.

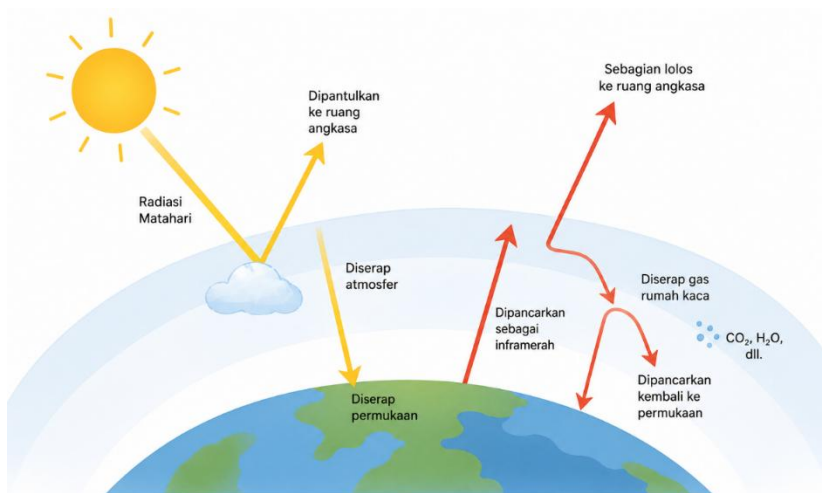
⁴²⁶ Fernando Lopes, Vincent Courtillot, and Dominique Gibert, 'Extending the Range of Milankovic Cycles and Resulting Global Temperature Variations to Shorter Periods (1 – 100 Year Range)', 2022, 1–23.

⁴²⁷ Mustapha Meftah and others, 'Total Solar Irradiance as Measured by the SOVAP Radiometer Onboard PICARD', 34 (2016) <<https://doi.org/10.1051/swsc/2016027>>.

⁴²⁸ Ieee Transactions and Plasma Science, 'To Appear in IEEE Transactions on Plasma Science 1', 2022, 1–225.

Interaksi Radiasi dengan Atmosfer dan Keseimbangan Energi Planet

Radiasi dari Matahari yang mencapai suatu planet akan berinteraksi dengan atmosfer sebelum sampai ke permukaan. Sebagian radiasi dipantulkan kembali ke ruang angkasa oleh awan, partikel, dan permukaan planet, sementara sebagian lainnya diserap oleh gas-gas atmosfer dan permukaan. Proporsi radiasi yang dipantulkan ini dikenal sebagai albedo, yang sangat memengaruhi suhu rata-rata suatu planet⁴²⁹.



Gambar 2 : Radiasi matahari yang diserap dan dipantulkan

Radiasi yang berhasil diserap oleh permukaan planet akan meningkatkan suhu, kemudian dipancarkan

⁴²⁹ Journal O F Climate and Atmospheric Sciences, 'Atmospheric and Surface Contributions to Planetary Albedo', 2011, 4402–18
<<https://doi.org/10.1175/2011JCLI3946.1>>.

kembali dalam bentuk radiasi inframerah. Namun, tidak semua radiasi ini dapat langsung keluar ke ruang angkasa. Gas-gas tertentu di atmosfer, seperti karbon dioksida dan uap air, mampu menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah tersebut dalam proses yang dikenal sebagai efek rumah kaca. Mekanisme ini menjaga suhu planet tetap hangat dan stabil, sehingga memungkinkan adanya kehidupan seperti di Bumi.

Keseimbangan energi planet terjadi ketika jumlah energi yang diterima dari Matahari sama dengan energi yang dipancarkan kembali ke ruang angkasa. Jika terjadi ketidakseimbangan, misalnya lebih banyak energi yang diserap dibandingkan yang dilepaskan, maka suhu planet akan meningkat. Sebaliknya, jika lebih banyak energi yang dipancarkan, suhu akan menurun. Keseimbangan ini sangat penting dalam menentukan iklim dan kondisi lingkungan suatu planet. Interaksi antara radiasi dan atmosfer juga dipengaruhi oleh komposisi atmosfer, ketebalan, serta aktivitas alam seperti letusan gunung berapi atau perubahan tutupan awan. Oleh karena itu, pemahaman mengenai proses ini menjadi kunci dalam mempelajari perubahan iklim dan dinamika lingkungan planet secara keseluruhan.

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan, diperoleh bahwa Matahari berfungsi sebagai sumber energi utama dalam sistem tata surya melalui proses fusi nuklir di inti. Proses ini menghasilkan energi dalam jumlah besar yang kemudian ditransportasikan ke permukaan melalui mekanisme radiasi dan konveksi.

Hasil kajian menunjukkan bahwa energi Matahari dipancarkan dari fotosfer dengan karakteristik yang mendekati radiasi benda hitam, dengan suhu sekitar 5.500–6.000 K. Radiasi ini kemudian merambat ke ruang

antarplanet dalam bentuk gelombang elektromagnetik dan mengalami penurunan intensitas sesuai prinsip hukum kuadrat terbalik.

Selain itu, ketika energi Matahari mencapai planet seperti Bumi, terjadi interaksi dengan atmosfer yang melibatkan proses refleksi, absorpsi, dan transmisi. Proses ini dipengaruhi oleh nilai albedo serta keberadaan gas rumah kaca yang berperan dalam menjaga keseimbangan energi planet.

Dengan demikian, hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan yang berkesinambungan antara proses pembangkitan energi di Matahari, mekanisme transport energi, hingga dampaknya terhadap kondisi energi dan iklim planet.

Dapat dipahami bahwa Matahari berperan sebagai reaktor fusi alami yang sangat efisien dalam menghasilkan energi. Proses fusi yang mengubah hidrogen menjadi helium tidak hanya menghasilkan energi dalam jumlah besar, tetapi juga menjadi dasar kestabilan energi Matahari selama miliaran tahun. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme fusi merupakan sumber energi utama yang menopang kehidupan di Bumi.

Selanjutnya, mekanisme transport energi melalui radiasi dan konveksi menunjukkan bahwa energi dari inti Matahari tidak langsung mencapai permukaan, melainkan melalui proses yang kompleks dan memakan waktu lama. Hal ini memperlihatkan bahwa struktur internal Matahari memiliki peran penting dalam mengatur distribusi energi sebelum akhirnya dipancarkan ke luar.

Karakteristik radiasi pada fotosfer yang mendekati benda hitam memperkuat pemahaman bahwa suhu

permukaan Matahari menentukan spektrum energi yang dipancarkan. Hukum-hukum fisika seperti Hukum Wien dan Hukum Stefan–Boltzmann menjadi dasar dalam menjelaskan distribusi dan jumlah energi radiasi tersebut.

Dalam perambatannya di ruang antarplanet, energi Matahari mengalami penurunan intensitas seiring bertambahnya jarak. Hal ini menjelaskan mengapa hanya planet pada jarak tertentu, seperti Bumi, yang memiliki kondisi energi yang mendukung kehidupan. Di sisi lain, planet yang lebih jauh menerima energi yang jauh lebih kecil.

Interaksi radiasi Matahari dengan atmosfer planet menunjukkan pentingnya keseimbangan energi dalam menentukan kondisi iklim. Keberadaan efek rumah kaca berperan dalam menjaga suhu tetap stabil, namun perubahan komposisi atmosfer dapat menyebabkan ketidakseimbangan energi yang berdampak pada perubahan iklim global.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menegaskan bahwa proses yang terjadi di Matahari memiliki keterkaitan langsung dengan kondisi lingkungan planet. Oleh karena itu, pemahaman mengenai mekanisme energi Matahari menjadi sangat penting dalam kajian astrofisika maupun ilmu kebumihan.

Matahari merupakan sumber energi utama dalam tata surya yang berperan penting dalam menopang kehidupan di Bumi. Energi Matahari dihasilkan melalui proses fusi nuklir di inti yang mengubah hidrogen menjadi helium, menghasilkan energi dalam jumlah sangat besar dan stabil dalam jangka waktu yang panjang.

Energi yang dihasilkan tersebut tidak langsung mencapai permukaan, melainkan melalui proses transport energi yang kompleks, yaitu radiasi dan konveksi. Kedua mekanisme ini memungkinkan energi dari inti Matahari dapat berpindah secara bertahap hingga akhirnya dipancarkan ke ruang angkasa melalui fotosfer. Radiasi yang dipancarkan memiliki karakteristik yang mendekati radiasi benda hitam, yang menunjukkan bahwa suhu permukaan Matahari sangat menentukan spektrum energi yang dihasilkan.

Selanjutnya, energi Matahari merambat ke seluruh ruang antarplanet dalam bentuk gelombang elektromagnetik dan mengalami penurunan intensitas sesuai dengan hukum kuadrat terbalik. Hal ini menyebabkan distribusi energi tidak merata di setiap planet, sehingga hanya planet dengan jarak tertentu dari Matahari yang memiliki kondisi yang mendukung kehidupan.

Ketika energi Matahari mencapai planet, terjadi interaksi dengan atmosfer yang melibatkan proses refleksi, absorpsi, dan transmisi. Proses ini sangat dipengaruhi oleh nilai albedo dan keberadaan gas rumah kaca, yang berperan dalam menjaga keseimbangan energi planet. Keseimbangan ini sangat penting dalam menentukan suhu dan stabilitas iklim suatu planet.

Dengan demikian, dapat ditegaskan bahwa seluruh proses mulai dari pembangkitan energi di Matahari, mekanisme transport energi, hingga interaksi dengan atmosfer planet merupakan suatu sistem yang saling berkaitan. Pemahaman terhadap proses ini tidak hanya penting dalam bidang astrofisika, tetapi juga dalam memahami dinamika iklim dan keberlangsungan kehidupan di Bumi.

Anomali atau Siklus Astronomis? Analisis Konvergensi Kalender Global pada Beriringannya Tahun Baru Imlek dengan 1 Ramadan 1447 H serta Kedekatannya dengan Hari Raya Nyepi dan Idul Fitri 1447 H

Fadilla Sayu Ananda¹, Rihan Yuhyi², Alya Fathi Muhammad Hasibuan³

^{1,2,3} Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Anandafadilla009@gmail.com , yyuhi49@gmail.com ,
Hasibuanfathi@gmail.com

Pendahuluan

Waktu merupakan suatu sistem yang sangat penting dalam kehidupan manusia dan menjadi dasar dalam menentukan berbagai aktivitas, khususnya aktivitas sosial, budaya, maupun keagamaan. Sejak zaman dahulu, manusia telah berusaha memahami dan mengukur waktu untuk mengorganisir kehidupan sehari-hari, menentukan musim bercocok tanam, serta menjalankan ritual dan ibadah keagamaan.⁴³⁰ Berbagai peradaban di dunia telah mengembangkan sistem penanggalan berdasarkan pengamatan astronomis terhadap pergerakan bulan dan matahari. Perbedaan

⁴³⁰ Mita Rosaliza, "Interpretasi Etnometodology Masyarakat Melayu: Waktu, Praktik, Dan Tatanan Sosial," *Jurnal Ilmu Budaya* 21, no. 2 (2025).
Astronomi Islam Volume 5 Tahun 2026

dasar perhitungan tersebut melahirkan beragam kalender, seperti kalender Gregorian yang berbasis solar, kalender Hijriah yang berbasis lunar, kalender Imlek yang bersifat lunisolar, serta kalender Saka yang digunakan dalam perayaan Nyepi.

Meskipun berasal dari tradisi dan sistem yang berbeda, pada waktu tertentu kalender-kalender tersebut dapat mengalami kedekatan atau bahkan pertemuan waktu yang menarik untuk dikaji secara ilmiah. Fenomena tersebut tampak pada tahun 2026 ketika Tahun Baru Imlek jatuh pada 17 Februari 2026 dan berdekatan dengan 1 Ramadhan 1447 H pada 18 Februari 2026. Selain itu, Hari Raya Nyepi yang jatuh pada 19 Maret 2026 juga berada sangat dekat dengan Idul Fitri 1447 H pada 20 Maret 2026. Kedekatan beberapa perayaan besar lintas budaya dan agama dalam rentang waktu yang singkat memunculkan berbagai tanggapan di masyarakat. Sebagian menganggapnya sebagai fenomena langka atau anomali, sementara sebagian lainnya melihatnya sebagai konsekuensi alami dari siklus astronomis yang terus berulang.

Secara astronomis, fenomena ini berkaitan erat dengan siklus peredaran bulan dan matahari yang menjadi dasar penentuan kalender dunia. Kalender Hijriah menggunakan sistem lunar murni sehingga tanggalnya terus bergeser terhadap kalender Masehi setiap tahunnya.⁴³¹ Sementara itu, kalender Imlek dan kalender Saka memadukan unsur lunar dan solar sehingga tetap

⁴³¹ Qomarus Zaman and Abd. Manan Zakariya, “Kalender Islam Internasional (Analisis Terhadap Sistem Kalender Unifikasi Jamaludin Abd. Raziq)” (2021).

menyesuaikan musim.⁴³² Perbedaan sistem inilah yang pada periode tertentu dapat menghasilkan konvergensi atau kedekatan waktu antarperayaan besar dunia.

Kajian mengenai konvergensi kalender global menjadi penting karena tidak hanya memberikan pemahaman ilmiah mengenai astronomi dan sistem penanggalan, tetapi juga memperlihatkan hubungan antara sains, budaya, dan spiritualitas manusia. Selain itu, fenomena ini menunjukkan bahwa perbedaan sistem kalender tidak sepenuhnya terpisah, melainkan dapat bertemu dalam pola tertentu yang dapat diprediksi secara matematis dan astronomis. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis fenomena beriringannya Tahun Baru Imlek 2026 dengan 1 Ramadhan 1447 H serta kedekatan Hari Raya Nyepi dengan Idul Fitri 1447 H sebagai bentuk konvergensi kalender global, sekaligus meninjau apakah fenomena tersebut merupakan anomali atau bagian dari siklus astronomis yang bersifat periodik.

Konsep Dasar Kalender dalam Peradaban Dunia

Kalender merupakan sistem penanggalan yang digunakan manusia untuk mengatur waktu berdasarkan pergerakan benda-benda langit. Sistem penanggalan merupakan sistem perhitungan dan pengorganisasian waktu sangat bergantung pada sistem perjalanan benda-benda langit yang telah diatur dengan begitu detail oleh Allah, terutama Matahari, Bulan dan

⁴³² Elva Imeldatur Rohmah, “Kalender Cina Dalam Tinjauan Historis Dan Astronomis,” *AL-MARSHAD: JURNAL ASTRONOMI ISLAM DAN ILMU-ILMU BERKAITAN*, no. June (2018): 31–45.

Bumi.⁴³³ Sejak ribuan tahun lalu, manusia telah memanfaatkan siklus matahari dan bulan untuk menentukan musim, kegiatan pertanian, ritual keagamaan, hingga aktivitas sosial masyarakat. Dalam perkembangannya, lahirlah berbagai sistem kalender yang dipengaruhi oleh kebutuhan budaya, geografis, dan keyakinan masing-masing peradaban. Secara umum, kalender dunia terbagi menjadi tiga sistem utama, yaitu kalender solar (matahari), kalender lunar (bulan), dan kalender lunisolar (gabungan matahari dan bulan).⁴³⁴

Kalender Gregorian yang digunakan secara internasional saat ini merupakan kalender berbasis solar. Kalender ini mengikuti revolusi bumi mengelilingi matahari dengan panjang tahun sekitar 365,2422 hari. Untuk menjaga kestabilan musim, kalender Gregorian menerapkan sistem tahun kabisat setiap empat tahun sekali. Sistem ini menjadi standar global karena dianggap paling stabil untuk kepentingan administrasi, ekonomi, dan kehidupan modern.⁴³⁵

Berbeda dengan kalender Gregorian, kalender hijriah adalah murni lunar kalendar yang mengikuti siklus fase Bulan tanpa ada keterkaitan dengan tahun tropis. Itulah sebabnya, jumlah hari dalam Kalender Islam selalu secara sistematis bergeser (lebih pendek sekitar 11,53 hari

⁴³³ Nihayatur Rohmah, “Dinamika Almanak Masa Pra Islam Hingga Era Islam; Studi Atas Penanggalan Sistem Solar, Lunar Dan Luni-Solar,” *QALAMUNA: Jurnal Pendidikan, Sosial, Dan Agama* 11, no. 2 (2019): 20–22.

⁴³⁴ Hauna Aurellia and Pauw Budianto, “Perbandingan Kalender Imlek Dan Kalender Jawa-Islam,” *Jurnal Cakrawala Mandarin* 8, no. 2 (2024): 19–35.

⁴³⁵ Indah Puspita Sari and Siti Tatmainul Qulub, “Analisa Pergeseran Kalender Gregorian Menjadi Kalender Dunia,” *AL – AFAQ Jurnal Ilmu Falak Dan Astronomi* 4, no. 1 (2022): 20–31.

pertahun) daripada Kalender Gregorian.⁴³⁶ Akibatnya, bulan-bulan Islam seperti Ramadhan dan Syawal terus bergeser terhadap kalender Gregorian setiap tahunnya. Pergeseran ini menyebabkan ibadah puasa dapat terjadi pada musim yang berbeda, karena tahun Hijriyah memiliki siklus 33 tahun untuk menyesuaikan perbedaan antara tahun matahari dan tahun lunar.⁴³⁷

Sementara itu, kalender Imlek dan kalender Saka yang digunakan dalam penentuan Hari Raya Nyepi menggunakan sistem lunisolar. Kalender lunisolar yaitu kalender yang tidak hanya mengikuti peredaran bulan, tetapi juga disesuaikan dengan peredaran musim yang dipengaruhi oleh posisi matahari sehingga tetap memperhatikan fase bulan sekaligus menjaga kesesuaian dengan musim.⁴³⁸ Pada kalender Imlek, penyesuaian dilakukan melalui penambahan bulan kabisat dalam periode tertentu agar Tahun Baru Imlek tetap berada di sekitar musim semi di Tiongkok. Hal yang serupa juga terdapat pada kalender Saka yang menjadi dasar penentuan Hari Raya Nyepi di Bali.

Dalam perspektif ilmu falak atau astronomi, seluruh sistem kalender tersebut pada dasarnya merupakan bentuk adaptasi manusia terhadap keteraturan kosmos. Perbedaan metode penentuan awal bulan, penggunaan hisab dan rukyat, serta penyesuaian astronomis lainnya menunjukkan bahwa kalender bukan hanya alat penanda waktu, melainkan juga produk

⁴³⁶ M. Ma'rifat Iman KH., "Analisis Fikih Kalender Hijriyah Global," n.d.

⁴³⁷ Ahmad Fauzan et al., "Penetapan Awal Bulan Hijriyah Dan Integrasinya Dengan Perhitungan Matematika," *Jurnal Religion: Jurnal Agama, Sosial, Dan Budaya* 1 (2023): 107–30.

⁴³⁸ Aurellia and Budianto, "Perbandingan Kalender Imlek Dan Kalender Jawa-Islam."

peradaban yang berkembang bersama ilmu pengetahuan manusia.

Keberagaman sistem kalender dunia menciptakan kemungkinan terjadinya konvergensi kalender global, yaitu situasi ketika hari-hari besar dari berbagai budaya dan agama jatuh pada waktu yang berdekatan. Fenomena tersebut tampak jelas pada tahun 2026 ketika Tahun Baru Imlek, Ramadhan, Nyepi, dan Idul Fitri berada dalam rentang waktu yang hampir bersamaan. Dari sudut pandang astronomi, kondisi ini bukanlah kebetulan sepenuhnya, melainkan hasil interaksi siklus lunar dan solar yang berlangsung secara periodik.

Analisis Konvergensi Kalender Tahun 2026

Fenomena konvergensi kalender global pada tahun 2026 menjadi perhatian menarik karena beberapa perayaan besar dunia berlangsung hampir bersamaan. Tahun Baru Imlek jatuh pada 17 Februari 2026, sementara 1 Ramadan 1447 H berlangsung pada 18 Februari 2026. Selain itu, Hari Raya Nyepi jatuh pada 19 Maret 2026 dan berdekatan dengan Idul Fitri 1447 H pada 20 Maret 2026. Kedekatan waktu antarperayaan tersebut menimbulkan pertanyaan apakah fenomena ini merupakan suatu anomali atau bagian dari siklus astronomis yang dapat dijelaskan secara ilmiah.

Secara astronomis, konvergensi tersebut terjadi akibat interaksi antara sistem lunar dan lunisolar. Kalender Hijriah yang berbasis lunar murni bergerak lebih cepat dibanding kalender Gregorian karena jumlah harinya lebih pendek sekitar 10-11 hari setiap tahun. Akibatnya, bulan Ramadan dan Syawal terus mengalami

pergeseran tanggal terhadap kalender Masehi. Dalam periode tertentu, pergeseran tersebut akan mendekati tanggal-tanggal penting dalam kalender lunisolar seperti Imlek dan Nyepi.

Fenomena ini diperkuat oleh fakta bahwa penentuan awal bulan dalam kalender Hijriah, Imlek, dan Saka sama-sama berkaitan dengan fase bulan baru atau konjungsi bulan. Namun, terdapat perbedaan mendasar dalam penetapan tanggal. Kalender Imlek dan Saka menetapkan awal bulan tepat pada saat terjadinya bulan baru, sedangkan kalender Hijriah biasanya menetapkan awal bulan setelah hilal memenuhi kriteria visibilitas tertentu. Perbedaan ini menyebabkan jarak antara Imlek dan awal bulan Hijriah sering kali hanya satu hingga dua hari.

Dalam kajian astronomi modern, fenomena konvergensi kalender sebenarnya dapat diprediksi melalui perhitungan posisi bulan dan matahari.⁴³⁹ Siklus lunar yang terus bergerak terhadap kalender solar menyebabkan pola pertemuan antarhari raya akan berulang dalam rentang waktu tertentu. Dengan demikian, fenomena tahun 2026 bukanlah peristiwa supranatural atau mistis, melainkan hasil keteraturan kosmis yang telah berlangsung selama ribuan tahun.

Selain aspek astronomis, fenomena ini juga memiliki makna sosial dan budaya yang mendalam. Kedekatan waktu antara Imlek, Ramadhan, Nyepi, dan Idul Fitri memperlihatkan bagaimana berbagai tradisi besar dunia dapat “bertemu” dalam satu periode waktu

⁴³⁹ Didin Hidayat et al., “Pendekatan Hisab Penentuan Awal Bulan Hijriyah : Studi Metode Muhammadiyah Dan Konsepsi Hisab Hakiki Wujudul Hilal,” *Jurnal Pendidikan Tambusai* 9 (2025): 28820–27.

yang sama. Hal tersebut menciptakan simbol harmonisasi global yang menunjukkan bahwa meskipun manusia memiliki sistem budaya dan keyakinan berbeda, seluruhnya tetap berada dalam keteraturan alam semesta yang sama.

Perspektif Sosial, Budaya, dan Spiritual

Konvergensi kalender global tahun 2026 tidak hanya menarik dari sisi astronomi, tetapi juga memiliki makna sosial, budaya, dan spiritual yang mendalam. Kedekatan waktu antara Tahun Baru Imlek, Ramadhan, Nyepi, dan Idul Fitri memperlihatkan bagaimana berbagai tradisi besar dunia dapat hadir hampir bersamaan dalam satu periode waktu. Fenomena ini menciptakan ruang refleksi bahwa meskipun manusia memiliki sistem keyakinan dan budaya yang berbeda, seluruhnya tetap hidup dalam ritme kosmos yang sama.

Dalam tradisi Tionghoa, Tahun Baru Imlek merupakan simbol awal kehidupan baru yang identik dengan harapan, keberuntungan, dan kebersamaan keluarga.⁴⁴⁰ Perayaan ini menjadi momentum penting untuk mempererat hubungan sosial serta menghormati leluhur. Sementara itu, Ramadhan dalam Islam merupakan bulan suci yang mengajarkan pengendalian diri, kesabaran, solidaritas sosial, dan peningkatan spiritualitas melalui ibadah puasa.⁴⁴¹ Setelah Ramadhan

⁴⁴⁰ Puspita Puji Rahayu, “Makna Peruntungan Usaha Dalam Simbol Di Budaya Imlek Bagi Masyarakat Etnis Tionghoa Surabaya,” *JURNAL PSIKOLOGI PERSEPTUAL*, n.d., 55–68.

⁴⁴¹ Dimas Anugerah, Ayu Puspita Sari, and Wulan Maulidha, “Makna Dan Implementasi Nilai-Nilai Ramadhan Dalam Kehidupan Masyarakat,” *Jurnal Dinamika Dan Sains 2* (2025): 439–45.

berakhir, umat Islam merayakan Idul Fitri sebagai simbol kemenangan spiritual dan kembalinya manusia kepada fitrah.

Di sisi lain, Hari Raya Nyepi dalam tradisi Hindu Bali memiliki makna spiritual yang sangat mendalam melalui praktik Catur Brata Penyepian, yaitu menghentikan aktivitas duniawi untuk melakukan refleksi diri dan penyucian batin.⁴⁴² Nyepi mengajarkan pentingnya keseimbangan antara manusia, alam, dan Tuhan. Nilai ini memiliki kesamaan universal dengan pesan-pesan spiritual dalam Ramadhan maupun Imlek yang sama-sama menekankan introspeksi, kedamaian, dan pembaruan diri.

Fenomena kedekatan hari raya ini juga memberikan dampak sosial yang positif dalam kehidupan masyarakat multikultural. Di era globalisasi, masyarakat dunia semakin terbiasa hidup berdampingan dengan berbagai budaya dan agama. Konvergensi kalender tahun 2026 dapat menjadi simbol harmonisasi sosial yang memperkuat toleransi antarumat beragama. Momentum ini menunjukkan bahwa perbedaan keyakinan tidak harus melahirkan konflik, melainkan dapat menjadi ruang untuk saling menghormati dan memahami.

Dalam perspektif sosiologi agama, perayaan keagamaan tidak hanya berfungsi sebagai ritual spiritual, tetapi juga sebagai sarana memperkuat identitas kolektif dan solidaritas sosial masyarakat. Ketika beberapa perayaan besar hadir dalam waktu yang berdekatan, masyarakat cenderung lebih sadar akan keberagaman

⁴⁴² Ni Wayan Gateri, "Makna Hari Raya Nyepi Sebagai Peningkata Spiritual," *Tampung Penyang: Jurnal Ilmu Agama Dan Budaya Hindu*. 19 (2021): 150–62.

budaya di sekitarnya. Hal tersebut dapat meningkatkan interaksi sosial lintas budaya serta memperkuat nilai pluralisme dalam kehidupan modern.

Selain itu, media massa dan perkembangan teknologi digital turut memperbesar perhatian publik terhadap fenomena ini. Kedekatan beberapa hari raya besar dunia sering dianggap sebagai “fenomena langka” yang viral di media sosial. Namun, di balik popularitas tersebut, fenomena ini sesungguhnya memperlihatkan hubungan erat antara sains, budaya, dan spiritualitas manusia. Kalender bukan sekadar alat menghitung waktu, melainkan bagian dari cara manusia memahami keberadaan dirinya di dalam alam semesta.

Berdasarkan hasil kajian literatur dan analisis astronomis terhadap sistem kalender global tahun 2026, ditemukan adanya fenomena konvergensi kalender yang ditandai dengan kedekatan waktu beberapa hari raya besar dunia. Penelitian menunjukkan bahwa Tahun Baru Imlek jatuh pada tanggal 17 Februari 2026, sedangkan 1 Ramadhan 1447 H berlangsung pada 18 Februari 2026. Selain itu, Hari Raya Nyepi jatuh pada 19 Maret 2026 dan Idul Fitri 1447 H berlangsung pada 20 Maret 2026. Kedekatan waktu antarperayaan tersebut menunjukkan adanya sinkronisasi antara kalender lunar, lunisolar, dan solar yang digunakan oleh berbagai peradaban dunia.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor utama yang menyebabkan konvergensi kalender tersebut adalah perbedaan panjang tahun antara kalender Hijriah dan kalender Gregorian. Kalender Hijriah yang berbasis lunar memiliki panjang sekitar 354 hari sehingga mengalami pergeseran sekitar 10-11 hari lebih cepat setiap tahunnya dibanding kalender Gregorian yang berbasis solar. Pergeseran inilah yang menyebabkan bulan Ramadhan

dan Idul Fitri secara periodik mendekati tanggal-tanggal tertentu dalam kalender lain, termasuk kalender Imlek dan kalender Saka.

Selain itu, hasil kajian juga memperlihatkan bahwa kalender Imlek dan kalender Saka memiliki kesamaan karakteristik karena sama-sama menggunakan sistem lunisolar. Penentuan awal bulan dalam kedua kalender tersebut tetap mengacu pada fase bulan baru, tetapi disesuaikan dengan posisi matahari agar tetap sinkron dengan musim. Kesamaan dasar astronomis ini menyebabkan Imlek dan Nyepi cenderung berada pada periode yang relatif tetap dalam kalender Gregorian, yaitu sekitar Januari-Maret.

Berdasarkan analisis astronomis, fenomena konvergensi kalender tahun 2026 bukan merupakan kejadian acak ataupun fenomena supranatural, melainkan bagian dari pola periodik yang dapat dihitung secara ilmiah melalui pergerakan bulan dan matahari. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa fenomena serupa pernah terjadi pada periode sebelumnya dan berpotensi terulang kembali pada masa mendatang sesuai siklus astronomis tertentu.

Dari aspek sosial dan budaya, hasil penelitian memperlihatkan bahwa kedekatan beberapa hari raya besar dunia menimbulkan perhatian luas di masyarakat global. Fenomena ini sering dibahas di media sosial maupun media massa sebagai “fenomena langka” karena melibatkan perayaan besar dari berbagai agama dan budaya dalam rentang waktu yang hampir bersamaan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kalender tidak hanya memiliki fungsi astronomis, tetapi juga mempunyai pengaruh terhadap kehidupan sosial, budaya, dan spiritual masyarakat dunia.

Fenomena konvergensi kalender global tahun 2026 menunjukkan adanya hubungan erat antara ilmu astronomi dengan sistem penanggalan yang digunakan manusia. Berdasarkan hasil penelitian, kedekatan waktu antara Tahun Baru Imlek, Ramadhan, Nyepi, dan Idul Fitri terjadi akibat interaksi antara sistem lunar, lunisolar, dan solar yang bergerak secara periodik. Hal ini membuktikan bahwa kalender dunia pada dasarnya dibangun di atas keteraturan kosmis yang sama, yaitu pergerakan bulan dan matahari.

Kalender Hijriah menjadi faktor paling dinamis dalam fenomena ini karena menggunakan sistem lunar murni. Tahun Hijriah yang lebih pendek sekitar 10-11 hari dibanding kalender Gregorian menyebabkan bulan-bulan Islam terus bergeser terhadap kalender Masehi. Dalam siklus sekitar 33 tahun, tanggal-tanggal Hijriah akan kembali mendekati posisi semula dalam kalender Gregorian. Pergeseran inilah yang menyebabkan Ramadhan dan Idul Fitri pada tahun 2026 berada sangat dekat dengan Imlek dan Nyepi.

Sementara itu, kalender Imlek dan kalender Saka relatif lebih stabil terhadap musim karena menggunakan sistem lunisolar. Penyesuaian bulan kabisat dalam sistem lunisolar menjaga agar perayaan tetap berada dalam periode musim tertentu. Dalam astronomi kalender, kondisi ini memperlihatkan adanya sinkronisasi antara fase bulan dan posisi matahari. Oleh sebab itu, meskipun menggunakan sistem yang berbeda, peluang bertemunya beberapa hari raya besar dunia tetap dapat terjadi dalam periode tertentu.

Hasil penelitian ini juga memperlihatkan bahwa masyarakat sering memandang fenomena konvergensi kalender sebagai sesuatu yang luar biasa atau mistis.

Padahal, dalam perspektif astronomi modern, fenomena tersebut merupakan bagian dari pola periodik yang dapat diprediksi melalui perhitungan matematis. Kemajuan ilmu falak dan teknologi astronomi memungkinkan manusia mengetahui posisi bulan dan matahari dengan tingkat akurasi yang tinggi sehingga fenomena kalender dapat dihitung jauh sebelum terjadi. Dengan demikian, fenomena tahun 2026 lebih tepat dipahami sebagai siklus astronomis daripada anomali yang tidak dapat dijelaskan secara ilmiah.

Selain aspek astronomi, pembahasan ini menunjukkan bahwa kalender memiliki makna sosial dan budaya yang sangat kuat. Kedekatan beberapa hari raya besar dunia menciptakan simbol harmonisasi global di tengah keberagaman budaya dan agama. Tahun Baru Imlek, Ramadhan, Nyepi, dan Idul Fitri sama-sama mengandung nilai spiritual seperti refleksi diri, pembaruan hidup, pengendalian diri, serta harapan akan kedamaian dan kebahagiaan. Kesamaan nilai tersebut memperlihatkan bahwa meskipun manusia hidup dalam tradisi yang berbeda, terdapat nilai universal yang menghubungkan berbagai perayaan keagamaan di dunia.

Dalam perspektif sosiologi dan antropologi, fenomena konvergensi kalender juga memperkuat kesadaran masyarakat terhadap pluralisme budaya. Kedekatan hari raya dapat meningkatkan interaksi sosial antarumat beragama serta memperkuat sikap toleransi dalam kehidupan multikultural. Di era globalisasi dan media digital, fenomena ini menjadi lebih mudah dikenal masyarakat luas sehingga menciptakan diskusi global mengenai hubungan antara sains, budaya, dan spiritualitas.

Berdasarkan pembahasan tersebut, dapat dipahami bahwa konvergensi kalender global tahun 2026 bukan hanya fenomena astronomis, tetapi juga fenomena sosial dan budaya yang mencerminkan hubungan manusia dengan alam semesta. Fenomena ini menunjukkan bahwa sistem kalender dunia, meskipun berbeda secara tradisi dan metode, tetap bergerak dalam keteraturan kosmos yang sama. Oleh karena itu, kajian mengenai konvergensi kalender menjadi penting untuk memperluas pemahaman masyarakat mengenai keterkaitan antara ilmu pengetahuan, budaya, dan kehidupan spiritual manusia.

Fenomena konvergensi kalender global pada tahun 2026 yang ditandai dengan beriringannya Tahun Baru Imlek dengan 1 Ramadhan 1447 H serta kedekatan Hari Raya Nyepi dengan Idul Fitri 1447 H merupakan peristiwa yang menarik untuk dikaji dari berbagai sudut pandang. Berdasarkan hasil analisis, fenomena tersebut terjadi akibat interaksi antara sistem kalender lunar, solar, dan lunisolar yang bergerak mengikuti keteraturan astronomis berupa peredaran bulan dan matahari. Dengan demikian, fenomena ini bukanlah suatu anomali yang bersifat mistis, melainkan bagian dari siklus astronomis yang dapat dipahami dan diprediksi secara ilmiah.

Kajian ini menunjukkan bahwa perbedaan sistem kalender dunia lahir dari perkembangan peradaban manusia yang berusaha memahami waktu melalui pengamatan terhadap benda-benda langit. Kalender Hijriah yang berbasis lunar terus mengalami pergeseran terhadap kalender Gregorian, sedangkan kalender Imlek dan kalender Saka mempertahankan kesesuaian musim melalui sistem lunisolar. Interaksi dari berbagai sistem tersebut pada akhirnya menciptakan kemungkinan

terjadinya konvergensi kalender seperti yang terjadi pada tahun 2026.

Selain memiliki dimensi astronomis, fenomena ini juga memperlihatkan keterkaitan erat antara sains, budaya, dan spiritualitas manusia. Tahun Baru Imlek, Ramadhan, Nyepi, dan Idul Fitri merupakan perayaan besar yang berasal dari tradisi dan keyakinan berbeda, namun memiliki nilai universal yang serupa seperti refleksi diri, pembaruan hidup, pengendalian diri, kedamaian, dan keharmonisan sosial. Kedekatan waktu antarperayaan tersebut dapat dimaknai sebagai simbol harmonisasi global di tengah keberagaman budaya dan agama masyarakat dunia.

Fenomena konvergensi kalender global juga memberikan pemahaman bahwa ilmu astronomi tidak hanya berkaitan dengan kajian ilmiah mengenai benda langit, tetapi memiliki pengaruh besar terhadap kehidupan sosial dan budaya manusia. Sistem kalender menjadi bukti bahwa sejak dahulu manusia telah menjadikan langit sebagai pedoman dalam mengatur kehidupan, menentukan ritual keagamaan, serta membangun identitas peradaban. Oleh karena itu, kajian mengenai kalender tidak hanya penting dalam konteks astronomi, tetapi juga dalam bidang sejarah, antropologi, sosiologi, dan studi agama.

Di era modern, fenomena berdekatan antarhari raya besar dunia sering menjadi perhatian publik dan viral di media sosial sebagai “fenomena langka”. Namun, melalui pendekatan ilmiah dan interdisipliner, masyarakat dapat memahami bahwa fenomena tersebut merupakan bagian dari keteraturan kosmis yang berlangsung secara periodik. Pemahaman ini penting agar masyarakat tidak hanya melihat fenomena kalender secara

sensasional, tetapi juga mampu memahami nilai ilmiah, budaya, dan spiritual yang terkandung di dalamnya.

Dengan demikian, konvergensi kalender global tahun 2026 menjadi gambaran bahwa meskipun manusia hidup dalam sistem budaya dan keyakinan yang berbeda, seluruhnya tetap berada dalam ritme alam semesta yang sama. Fenomena ini dapat menjadi momentum untuk memperkuat toleransi, memperluas wawasan tentang astronomi dan budaya, serta menumbuhkan kesadaran bahwa keberagaman merupakan bagian penting dari kehidupan manusia di dunia

Kriteria Visibilitas Bruin 1977

Muhammad Hidayat^{1*}

¹Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

*Email: muhammadhidayat@umsu.ac.id

Pendahuluan

Kajian visibilitas hilal merupakan salah satu tema penting dalam Ilmu Falak, khususnya dalam penentuan awal bulan hijriah ⁴⁴³. Berbagai ilmuwan astronomi telah mengembangkan model matematis dan empiris untuk menentukan kemungkinan terlihatnya hilal setelah ijtimak. Salah satu tokoh penting dalam perkembangan teori visibilitas hilal modern adalah F. Bruin. ⁴⁴⁴

Bruin dikenal melalui pengembangan grafik teoritis visibilitas hilal pada tahun 1977 yang mencoba menghubungkan parameter astronomis dengan kemungkinan keterlihatan bulan sabit pertama. Pemikirannya menjadi salah satu pijakan awal dalam pengembangan kriteria visibilitas hilal modern sebelum munculnya kriteria-kriteria kontemporer lain seperti Odeh, Yallop, dan Danjon. ⁴⁴⁵

⁴⁴³ Muhammad Hidayat and others, 'PROBLEM AND SOLUTIONS FOR ACCEPTING A SINGLE GLOBAL ISLAMIC CALENDAR', in *Journal of Law & Governance*, no. 1 (2024), VII.

⁴⁴⁴ Suhardiman, 'Kriteria Visibilitas Hilal', *Jurnal Khatulistiwa-Journal Of Islamic Studies*, 3.1 (2013), pp. 71–85.

⁴⁴⁵ Mohammad Sh. Odeh, 'New Criterion for Lunar Crescent Visibility', *Experimental Astronomy*, 18.1–3 (2004), pp. 39–64, doi:10.1007/s10686-005-9002-5; Danjon, 'Le Crissant Lunaire [The Lunar Crescent]. ', *Astronomi Islam Volume 5 Tahun 2026*

Frans Bruin ini membahas tantangan ilmiah dalam memprediksi penampakan pertama hilal (bulan sabit muda) setelah fase bulan mati (konjungsi). Bagi umat Islam, momen ini sangat krusial karena menentukan awal bulan baru dalam kalender Hijriah, terutama untuk memulai dan mengakhiri ibadah puasa Ramadan.

Sejarah Perkembangan Kriteria Visibilitas Hilal

Secara historis, penentuan awal bulan didasarkan pada pengamatan langsung (rukyat).⁴⁴⁶ Aturan praktis yang diwarisi dari zaman Babilonia menyatakan bahwa hilal biasanya baru bisa terlihat setidaknya satu hari (24 jam) setelah konjungsi. Jika bulan terbenam lebih dari 48 menit setelah matahari terbenam, maka ada kemungkinan besar hilal dapat terlihat. Dalam tradisi Islam, kesaksian minimal dua orang yang bereputasi baik diperlukan untuk mengesahkan penampakan tersebut di hadapan hakim atau kadi.

Sejak masa klasik Islam, para astronom Muslim telah berusaha memahami faktor-faktor yang memengaruhi terlihatnya hilal. ⁴⁴⁷ Pada awalnya, penentuan hilal lebih banyak bergantung pada rukyat langsung. Namun perkembangan astronomi modern menyebabkan munculnya pendekatan hisab astronomis untuk memprediksi visibilitas hilal. Pada abad ke-20,

L'Astronomie: Bulletin de La Societe Astronomique de France, , 1936, pp. 57–65.

⁴⁴⁶ Marataon Ritonga and others, 'Transformasi Hisab-Rukyat Dalam Penentuan Awal Bulan Hisab-Rukyat Transformation of Hijri Month Begining', *Al-Hikmah: Jurnal Agama Dan Ilmu Pengetahuan*, 21.1 (2024), 83–92.

⁴⁴⁷ Dkk Badrun Taman, 'Hilal Dalam Perspektif Tafsir Al-Quran', *AL-MARSHAD: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, 6.1 (2020), 1–10.

kajian visibilitas hilal mulai berkembang secara ilmiah dengan pendekatan fotometri, optik atmosfer, dan geometri langit.

F. Bruin merupakan astronom yang aktif mengembangkan kajian teoritis tentang visibilitas hilal pada dekade 1970-an. Fokus utama Bruin adalah memahami hubungan matematis antara pencahayaan hilal dan kondisi langit senja. Bruin berangkat dari asumsi bahwa keterlihatan hilal tidak cukup hanya ditentukan oleh tinggi Bulan saja, tetapi juga dipengaruhi oleh:

1. Ketebalan atau lebar sabit hilal,
2. Sudut pisah Bulan-Matahari,
3. Tingkat kecerlangan langit senja,
4. Posisi geometris Bulan terhadap Matahari.

Menurut Bruin, hilal merupakan objek yang sangat redup sehingga visibilitasnya sangat dipengaruhi oleh kontras cahaya antara hilal dan langit senja. Oleh sebab itu, kajian visibilitas harus mempertimbangkan aspek fotometrik, bukan sekadar posisi geometrik.

Tulisan ini menggunakan kajian pustaka (library research) dengan pendekatan deskriptif-analitis.⁴⁴⁸ Kajian pustaka dipilih karena penelitian berfokus pada penelaahan konsep, teori, dan perkembangan pemikiran mengenai kriteria visibilitas hilal yang dikembangkan oleh F. Bruin. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan secara sistematis konsep-konsep dasar visibilitas hilal menurut Bruin, sedangkan pendekatan analitis digunakan untuk mengkaji hubungan

⁴⁴⁸ Fahriana Nurrisa and Dina Hermina, 'Pendekatan Kualitatif Dalam Penelitian: Strategi, Tahapan, Dan Analisis Data', *Jurnal Teknologi Pendidikan Dan Pembelajaran (JTTP)*, 2.3 (2025), 793–800.

antarparameter astronomis yang memengaruhi keterlihatan hilal.

Sumber data dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari tulisan dan grafik teoritis Bruin tahun 1977 mengenai visibilitas hilal, khususnya yang berkaitan dengan hubungan antara depresi Matahari, ketinggian Bulan, Arc of Vision (ARCV), Arc of Light (ARCL), dan lebar hilal. Adapun data sekunder diperoleh dari berbagai literatur Ilmu Falak, jurnal astronomi, buku-buku astronomi Islam, serta penelitian kontemporer yang membahas perkembangan kriteria visibilitas hilal modern.⁴⁴⁹

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui studi dokumentasi, yaitu dengan menelusuri, mengidentifikasi, dan mengumpulkan berbagai referensi yang relevan dengan tema penelitian. Literatur yang dikaji meliputi teori-teori visibilitas hilal klasik maupun modern, termasuk pemikiran astronom terdahulu seperti Babilonia, Ibn Maimun (Maimonides), Schmidt, Fotheringham, hingga pengembangan teori visibilitas kontemporer.^{450 451452}

Untuk memahami mengapa hilal sulit terlihat, para astronom menggunakan beberapa parameter geometri:

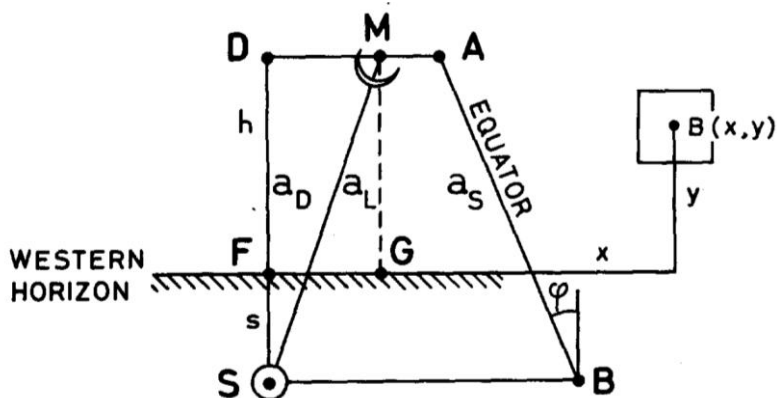
⁴⁴⁹ Muhamad Syazwan Faid and others, 'A Review on Modern Lunar Crescent Visibility Criterion', *Malaysian Journal of Science*, 44.1 (2025), 101–20 <<https://doi.org/10.22452/mjs.vol44no1.12>>.

⁴⁵⁰ J. K. Fotheringham, 'On the Smallest Visible Phase of the Moon.', *Mon. Not. R. Astr. Soc.*, 1910, 527-530.

⁴⁵¹ AI-Battani, 'Opus Astronomicum.', *Milano. Ed.*, 1903.

⁴⁵² J. Schmidt, 'On the Earliest Visibility of the Lunar Crescent in the Evening Sky.', *Astr. Nachr.*, 1693.71 (1968), 201-208.

- Arc of Separation (a_S): Jarak antara matahari dan bulan yang diukur di sepanjang ekuator langit.
 - Arc of Descent (a_D): Ketinggian vertikal bulan di atas cakrawala saat matahari terbenam.
 - Arc of Light (a_L): Jarak langsung antara matahari dan bulan yang menentukan ketebalan sabit bulan.
- Gambar 1 menunjukkan posisi bulan (M) dan matahari (S) di bawah ufuk barat. Semakin besar jarak pisah ini, semakin tebal sabit bulan dan semakin redup cahaya senja, sehingga bulan lebih mudah ditemukan.⁴⁵³



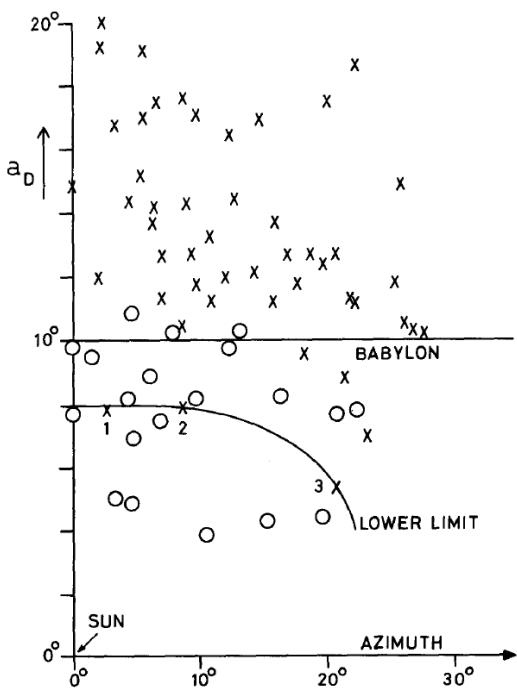
Gambar 1. Posisi bulan setelah matahari terbenam dengan berbagai busur langit yang menarik.⁴⁵⁴

Melalui pengamatan historis di Athena (Gambar 2), terlihat bahwa bulan hampir tidak pernah terlihat jika ketinggiannya (a_D) di bawah 9 derajat saat matahari terbenam. Sebaliknya, jika ketinggiannya di atas 10

⁴⁵³ Frans Bruin, 'THE FIRST VISIBILITY OF THE LUNAR CRESCENT', *Vistas in Astronomy*, 21 (1997), 331–58.

⁴⁵⁴ Bruin.

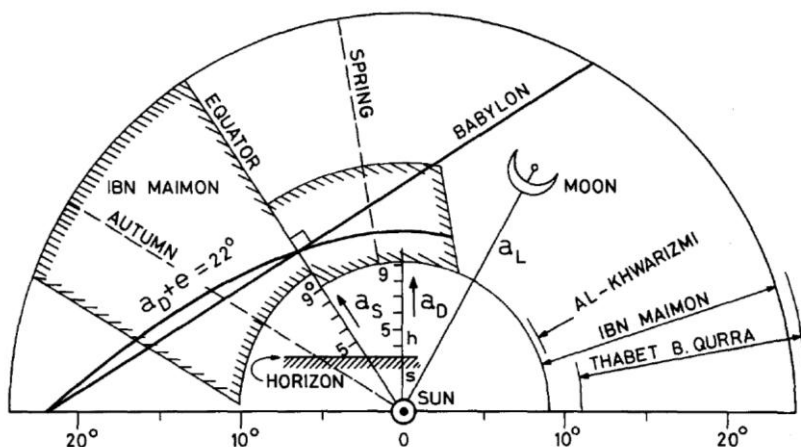
derajat, penampakan bulan menjadi cukup pasti, asalkan langit cerah.



Gambar 2. Pengamatan Schmidt menurut Fotheringham⁴⁵⁵

Gambar 3 merangkum berbagai kriteria dari astronom klasik seperti Al-Khwarizmi dan Maimonides, yang mencoba memetakan wilayah di mana bulan pasti terlihat atau pasti tidak terlihat.

⁴⁵⁵ Bruin.



Gambar 3. Batasan visibilitas bulan sabit. ⁴⁵⁶

Gambar 3 merupakan sebuah diagram komposit yang merangkum berbagai kriteria historis mengenai batas visibilitas (keterlihatan) bulan sabit. Diagram ini menggunakan matahari (Sun) sebagai pusat referensi dan menunjukkan bagaimana berbagai astronom dari era yang berbeda menetapkan syarat minimal agar hilal dapat terlihat

Gambar ini memetakan beberapa parameter geometri langit sekaligus. Garis horizontal menunjukkan Horizon (cakrawala), sementara garis vertikal ke atas menunjukkan α_D (*Arc of Descent* atau ketinggian bulan). Skala melingkar di bagian tengah menunjukkan α_S (*Arc of Separation* atau jarak sudut di sepanjang ekuator). Terdapat juga parameter α_L (*Arc of Light*) yang merupakan garis langsung dari matahari ke bulan yang menentukan ketebalan fisik sabit tersebut.

⁴⁵⁶ Bruin.

Dalam diagram, terdapat sebuah garis miring yang diberi label Babylon. Garis ini merepresentasikan aturan kuno yang menyatakan bahwa bulan sabit hanya bisa dilihat jika jarak pisahnya (*Arc of Separation*) minimal mencapai 12 derajat. Kriteria ini adalah salah satu yang tertua dan juga digunakan oleh para astronom Hindu serta Tiongkok.

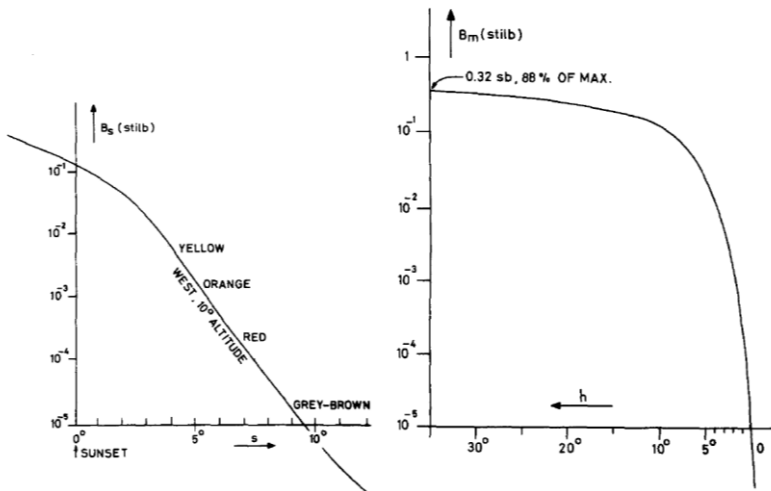
Diagram ini menunjukkan rentang visibilitas berdasarkan ketebalan cahaya bulan (*Arc of Light*): Batas Minimum: Terdapat indikasi bahwa jika αL kurang dari 9 derajat, bulan dianggap mustahil untuk dilihat. Batas Pasti: Sebaliknya, jika αL lebih dari 24 derajat, bulan dipastikan akan selalu terlihat. Wilayah Transisi: Area antara 9 hingga 24 derajat merupakan wilayah di mana keterlihatan bulan sangat bergantung pada kondisi lain.

Detail Musim oleh Ibn Maimon (Maimonides)

Salah satu bagian paling detail dalam Gambar 3 adalah area yang diarsir untuk Spring (musim semi) dan Autumn (musim gugur). Ibn Maimon mencatat bahwa kondisi atmosfer dan geometri langit berubah berdasarkan musim: Pada musim gugur, kondisinya cenderung mengikuti kriteria Babilonia yang ketat. Pada musim semi, kondisinya menjadi lebih longgar atau kurang kritis, sehingga bulan mungkin terlihat lebih mudah. Ia menggunakan rumus khusus $\alpha D + e = 22^\circ$ (di mana e adalah elongasi) untuk memetakan batas-batas pengamatan pada musim-musim tersebut

Di bagian bawah garis horizon, terdapat angka 5 yang menunjukkan posisi matahari di bawah cakrawala (*solar dip*). Ibn Maimon menyatakan bahwa bulan sabit baru seharusnya sudah bisa terlihat sebelum matahari turun lebih dalam dari 5 derajat di bawah horizon. Hal ini

selaras dengan penggunaan jam air kuno (*pinkan*) yang setara dengan 6 derajat waktu. Analisis modern tidak lagi hanya mengandalkan usia bulan, tetapi pada kemampuan mata manusia melihat kontras.



Gambar 7. Kecerahan rata-rata B_s dari langit barat setelah matahari terbenam, sebagai fungsi dari sudut penurunan matahari s Gambar 8. Kecerahan B_m bulan purnama di malam hari, sebagai fungsi dari ketinggian h dalam derajat.

Gambar 7 & 8 menunjukkan bagaimana kecerahan langit senja menurun drastis seiring matahari tenggelam lebih dalam, sementara kecerahan bulan bergantung pada ketinggiannya karena pengaruh atmosfer.

Gambar 9 dibangun berdasarkan kemampuan mata manusia dalam melihat kontras. Penulis mengasumsikan bahwa agar bulan sabit dapat terlihat, cahaya dari sabit tersebut harus cukup kuat untuk menonjol di tengah cahaya langit senja yang masih terang. Kurva ini menggabungkan data kecerahan langit (Gambar 7) dan kecerahan bulan (Gambar 8) untuk menentukan ambang batas penglihatan.

Dalam Gambar 9, terdapat beberapa garis lengkung yang masing-masing mewakili ketebalan sabit bulan yang berbeda (dalam menit busur): Kurva $w = 0.5'$ hingga $w = 1.0'$: Ini adalah kurva yang paling penting secara praktis karena mewakili ketebalan hilal pada umumnya. Kurva $w = 2'$ dan $w = 3'$: Mewakili bulan yang sudah lebih besar dan lebih mudah dilihat. Semakin tebal sabitnya (w), maka posisi kurva tersebut akan semakin rendah pada grafik, yang berarti bulan lebih mudah terlihat pada kondisi langit yang lebih terang sekalipun

Sumbu-sumbu pada Gambar 9 menjelaskan dinamika waktu pengamatan: Sumbu Horizontal (s): Mewakili sudut depresi matahari atau seberapa jauh matahari telah tenggelam di bawah ufuk. Sumbu Vertikal (h): Mewakili ketinggian bulan di atas ufuk. Garis $aD = h + s$: Penulis menambahkan garis horizontal ini untuk mempermudah prediksi. Karena selama proses matahari dan bulan tenggelam, nilai jumlah ketinggian bulan dan kedalaman matahari ($h+s$) tetap konstan, garis ini membantu kita melihat "jendela waktu" visibilitas.

Sebagai contoh, jika pada sore hari tertentu nilai $h + s = 10^\circ$ Garis horizontal 10° akan memotong kurva visibilitas di dua titik, misalnya Titik A dan Titik B. Titik A: Adalah momen pertama kali bulan mulai terlihat (ketika langit sudah cukup gelap). Titik B: Adalah momen terakhir

bulan terlihat sebelum ia tenggelam atau menjadi terlalu redup di dekat ufuk. Jarak antara A dan B menunjukkan durasi waktu bulan tersebut dapat dilihat oleh mata telanjang, yang dalam contoh ini adalah sekitar 30 menit

Pada setiap kurva, terdapat titik terendah (seperti Titik C pada kurva 0.5'). Jika garis $h + s$ hanya menyentuh titik terendah ini (misalnya pada nilai 9° maka bulan hanya akan terlihat selama satu momen singkat saja, yaitu saat kondisi langit dan ketinggian bulan berada pada keseimbangan paling ideal (misalnya saat $s = 4^\circ$ dan $h = 5^\circ$). Secara keseluruhan, Gambar 9 menggantikan aturan "langkah praktis" Babilonia dengan model ilmiah yang dapat memberi tahu kita tidak hanya *apakah* bulan akan terlihat, tetapi juga *kapan* dan *berapa lama* bulan tersebut akan tampak di langit.

F. Bruin merupakan salah satu tokoh penting dalam perkembangan teori visibilitas hilal modern. Melalui grafik teoritis yang dikembangkannya pada tahun 1977, Bruin berhasil menunjukkan bahwa keterlihatan hilal dipengaruhi oleh hubungan kompleks antara ARCV, depresi Matahari, dan lebar hilal.

Kontribusinya tidak hanya memperkaya kajian astronomi hilal, tetapi juga menjadi dasar bagi pengembangan kriteria visibilitas kontemporer. Pemikiran Bruin menandai pergeseran penting dari pendekatan geometris sederhana menuju pendekatan astronomi-fotometrik yang lebih ilmiah dan komprehensif.

Dengan demikian, studi terhadap kriteria Bruin tidak hanya bernilai historis, tetapi juga penting dalam memahami perkembangan metodologi penentuan awal bulan hijriah modern dalam tradisi Ilmu Falak.

Menganalisis Tantangan Implementasi Praktis dan Peluang Strategis Kalender Hijriah Global Tunggal

Rihan Yuhyi¹, Fadilla Sayu Ananda², Alya Fathi Muhammad Hasibuan³, DTM Randi Oktian Zulhar⁴

^{1,2,3,4} Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

^{*}yyuhyi49@gmail.com

Pendahuluan

Kalender Hijriah menjadi dasar penentuan waktu ibadah kolektif umat Islam, seperti Ramadan, Idulfitri, Iduladha, dan haji. Namun, penetapan awal bulan Hijriah hingga kini masih berbeda antarnegara, antarlembaga keagamaan, bahkan antarotoritas dalam satu wilayah nasional. Perbedaan tersebut tidak hanya lahir dari perbedaan metode antara hisab dan rukyat, tetapi juga dari perbedaan cara memahami matla', penggunaan kriteria visibilitas hilal, dan otoritas yang berhak menetapkan awal bulan. Karena itu, kalender Hijriah tidak cukup dipahami sebagai perangkat astronomis, melainkan juga sebagai sistem hukum dan sosial yang langsung bersentuhan dengan kehidupan beragama umat Islam.⁴⁵⁸

⁴⁵⁸ Kalender Hijriah Global Tunggal dan Tantangan Penerapannya di Indonesia', *JPAI*, Universitas Garut, PDF, <https://journal.uniga.ac.id/index.php/JPAI/article/download/43575/3045> [accessed 6 May 2026], pp. 1–5; Nur Fajriani Zar Ah, *Analisis Konsep Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) dalam Perspektif Maqasid al-Shari'ah* (tesis, UIN Walisongo Semarang, 2024), pp. 3–7,

Dalam perkembangan mutakhir, Kalender Hijriah Global Tunggal (KHGT) tampil sebagai tawaran serius untuk mengatasi fragmentasi tersebut. KHGT dirancang sebagai sistem kalender Islam berbasis hisab astronomis global yang berlaku untuk seluruh dunia dalam satu tanggal Hijriah yang sama. Gagasan ini memperoleh perhatian kuat setelah Kongres Kalender Islam Global di Istanbul tahun 2016, yang menjadi salah satu momentum penting bagi pembahasan kalender Islam internasional. Di Indonesia, diskursus ini semakin mendapat tempat ketika Muhammadiyah secara resmi meluncurkan KHGT pada 26 Juni 2025 dan menetapkan mulai berlaku sejak 1 Muharram 1447 H. Peristiwa ini penting karena menandai pergeseran KHGT dari wacana teoritis menuju praktik kelembagaan yang nyata.⁴⁵⁹

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini berangkat dari dua rumusan masalah. Pertama, apa saja tantangan implementasi praktis KHGT dalam konteks dunia Islam kontemporer. Kedua, peluang strategis apa yang dapat memperkuat penerapan KHGT sebagai sistem kalender Islam global. Penelitian ini dibatasi pada tiga dimensi utama, yakni fikih, astronomi, dan sosial-kelembagaan. Dengan demikian, penelitian ini diarahkan

https://eprints.walisongo.ac.id/29276/1/Tesis_2202048038_Nur_Fajriani_Zar_Ah.pdf [accessed 6 May 2026].

⁴⁵⁹ Syamsul Anwar, *Kalender Hijriah Global: Tantangan dan Strategi Implementasi* (makalah, Majelis Tarjih dan Tajdid PP Muhammadiyah, 2023), pp. 1–9, https://tarjih.or.id/wp-content/uploads/2023/07/MAKALAH-KALENDER-HIJRIAH-GLOBAL-TANTANGAN-DAN-STRATEGI-IMPLEMENTASI_Prof.-Dr.-Syamsul-Anwar-M.A..pdf [accessed 6 May 2026]; ‘Muhammadiyah Resmi Luncurkan Kalender Hijriah Global Tunggal’, [Muhammadiyah.or.id](https://muhammadiyah.or.id), 24 June 2025, <https://muhammadiyah.or.id/2025/06/muhammadiyah-resmi-luncurkan-kalender-hijriah-global-tunggal/> [accessed 6 May 2026].

untuk memberi pemetaan analitis yang terfokus pada persoalan implementasi, bukan sekadar perumusan konsep normatif.⁴⁶⁰

Penelitian ini bertujuan menjelaskan tantangan implementasi KHGT sekaligus mengidentifikasi peluang strategis yang mendukung penerapannya. Dari sisi manfaat, penelitian ini diharapkan memperkaya kajian ilmu falak kontemporer, terutama pada wilayah yang mempertemukan nalar fikih, sains astronomi, dan dinamika kelembagaan Islam. Dalam konteks inilah penelitian memiliki *novelty*, yakni membaca KHGT bukan hanya sebagai model kalender atau pilihan metode penetapan awal bulan, tetapi sebagai agenda integrasi pengetahuan dan tata kelola umat Islam global pada era modern.⁴⁶¹

Tinjauan pustaka menunjukkan bahwa berbagai studi telah memberi sumbangan penting bagi pembahasan kalender global. Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar menegaskan bahwa problem kalender Islam telah bergerak dari ruang lokal menuju kebutuhan global, sehingga tidak lagi memadai dibahas hanya dalam horizon regional.⁴⁶² Syamsul Anwar mengembangkan argumen

⁴⁶⁰ ‘Establishing a Unified Global Islamic Calendar’, *Afaq: Jurnal Ilmu Falak*, 2025, <https://journal.uinmataram.ac.id/index.php/afaq/article/download/11438/3720> [accessed 6 May 2026], pp. 44–58.

⁴⁶¹ Syamsul Anwar, *Kalender Hijriah Global: Tantangan dan Strategi Implementasi*, pp. 10–16; ‘A Contextualised Fiqh Analysis of the Unified Global Hijri Calendar’, *Mizani*, 2026, <https://ejournal.uinfabengkulu.ac.id/index.php/mizani/article/view/9173> [accessed 6 May 2026].

⁴⁶² Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, *Kalender Islam: Lokal ke Global, Problem dan Prospek* (Medan: OIF UMSU, 2016), pp. 1–19.

tentang pentingnya kesatuan *matla'* dan penggunaan hisab sebagai basis sistem kalender Islam global yang koheren.⁴⁶³ Sejumlah penelitian lain menyoroti visibilitas hilal, kriteria MABIMS, *maqasid al-shari'ah*, dan formulasi kalender global pasca-Istanbul 2016. Akan tetapi, kajian yang secara khusus menghubungkan tantangan implementasi praktis dengan peluang strategis KHGT setelah fase institusionalisasi Muhammadiyah masih tergolong terbatas. Kekosongan itulah yang hendak diisi oleh penelitian ini.⁴⁶⁴

Kerangka Pembahasan

Secara konseptual, KHGT dibangun di atas asumsi bahwa umat Islam memerlukan satu sistem penanggalan global yang seragam. Dalam kerangka ini, awal bulan kamariah ditentukan melalui hisab astronomis yang berlaku untuk seluruh dunia, bukan berdasarkan pengamatan lokal yang hasilnya berbeda menurut tempat dan waktu. Dasar pemikiran ini muncul dari kenyataan bahwa masyarakat Muslim modern hidup dalam dunia yang sangat terhubung oleh mobilitas, media digital, dan interaksi lintas batas negara. Karena itu, perbedaan awal Ramadan atau Idulfitri antarkawasan semakin dipandang

⁴⁶³ Anwar, *Kalender Hijriah Global*, pp. 3–15.

⁴⁶⁴ A Semantic Literature Review on Crescent Visibility', *Al-Hilal*, 2025, <https://journal.walisongo.ac.id/index.php/al-hilal/article/download/26099/6756/76671> [accessed 6 May 2026], pp. 1–16; 'The Implementation of New Minister of Religion of Brunei, Indonesia, Malaysia, and Singapore Criteria towards the Hijri Calendar Unification', *HTS Teologiese Studies / Theological Studies*, 79.1 (2023), <https://hts.org.za/index.php/hts/article/download/8774/25292> [accessed 6 May 2026], pp. 1–9; 'Pendekatan Istihsan dan Maqasid al-Shari'ah terhadap Konsep Kalender Hijriah Global Tunggal', *Al-Waqfu*, 2026, <https://jurnal.alwaqfu.or.id/index.php/alwaqfu/article/download/459/102> [accessed 6 May 2026], pp. 77–89.

sebagai persoalan yang mengurangi kesatuan simbolik umat Islam.⁴⁶⁵

Dari sisi fikih, KHGT berdiri di tengah perdebatan lama antara rukyat dan hisab. Dalam pandangan yang lebih konservatif, rukyat tetap dipahami sebagai dasar normatif yang tidak dapat digantikan. Sebaliknya, dalam pembacaan yang lebih rasional-kontekstual, hisab dipandang dapat menjadi dasar penetapan yang sah karena mampu memberi kepastian waktu yang lebih kuat. Di sini, pendekatan *maqāṣid al-sharī'ah* menjadi penting karena membuka ruang untuk memahami kalender global sebagai sarana mewujudkan keteraturan, kemudahan, dan kesatuan umat.⁴⁶⁶

Dari sisi astronomi, KHGT bergantung pada kejelasan kriteria penetapan awal bulan, terutama terkait konjungsi, visibilitas hilal, dan garis tanggal kamariah internasional. Literatur menunjukkan bahwa rukyat lokal sangat dipengaruhi oleh banyak variabel observasi, seperti elongasi, tinggi hilal, cuaca, atmosfer, dan pengalaman perukyat. Karena itu, hasilnya dapat berbeda antara satu

⁴⁶⁵ Butar-Butar, *Kalender Islam: Lokal ke Global*, pp. 21–35; ‘Unification of Global Hijrah Calendar in Indonesia: An Effort to Preserve the Maqasid Sunnah of the Prophet (SAW)’, *Journal of Islamic Thought and Civilization*, 10.2 (2020),

<https://journals.umt.edu.pk/index.php/JITC/article/download/1021/518>

[accessed 6 May 2026], pp. 113–126.

⁴⁶⁶ ‘Harmonizing the Hijri Calendar: A Comparative Insight of Syamsul Anwar’s Approach’, *Mazahibuna*, 2024, <https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/mjpm/article/download/51264/22311> [accessed 6 May 2026], pp. 133–145; ‘The Hijriyah Calendar Perspective Islamic Law: What and How?’, *Hukum*, 2024, <https://jurnal.unikal.ac.id/index.php/hk/article/download/3763/pdf> 23 [accessed 6 May 2026], pp. 21–31; ‘Pendekatan Istihsan dan Maqasid al-Shari’ah terhadap Konsep Kalender Hijriah Global Tunggal’, pp. 77–89.

wilayah dan wilayah lain. Model kalender global berusaha mengatasi persoalan ini dengan menggunakan hisab yang konsisten, dapat diuji ulang, dan dapat disusun jauh ke depan.⁴⁶⁷

Dari sisi sosial-kelembagaan, KHGT tidak dapat dilepaskan dari kenyataan bahwa kalender selalu melekat pada penetapan. Negara, organisasi keagamaan, dan forum regional memiliki sistem serta legitimasi masing-masing dalam menetapkan awal bulan. Karena itu, kalender bukan hanya urusan benar atau salah secara ilmiah, tetapi juga urusan penerimaan sosial, kewibawaan institusi, dan kebiasaan umat. Inilah sebabnya pembahasan KHGT perlu diletakkan dalam kerangka integratif yang mempertemukan fikih, astronomi, dan strategi sosial.⁴⁶⁸

Implementasi praktis KHGT menghadapi tantangan yang kompleks karena mempertemukan dimensi normatif, ilmiah, dan kelembagaan. Karena itu, tantangan KHGT harus dipahami sebagai tantangan integrasi, bukan sekadar tantangan teknis.⁴⁶⁹

⁴⁶⁷ ‘A Semantic Literature Review on Crescent Visibility’, pp. 1–16; ‘Hijri Month Determination in Southeast Asia: An Illustration’, *Heliyon* (2024), <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024146993> [accessed 6 May 2026].

⁴⁶⁸ ‘Globalization of Islamic Astronomical Information: Its Impact on Calendar Unification’, ICCL Conference, <https://conferences.uinsaid.ac.id/iccl/paper/view/445/256> [accessed 6 May 2026]; ‘Tolerance and Moderation in the Formulation of a Global Islamic Calendar’, *Al-Fikru*, 2023, <http://jurnal.staiserdanglubukpakam.ac.id/index.php/alfikru/article/view/291> [accessed 6 May 2026].

⁴⁶⁹ ‘Kalender Hijriah Global Tunggal dan Tantangan Penerapannya di Indonesia’, pp. 6–11; ‘Unifikasi Kalender Hijriah Global Problem dan Tantangan’, *Al-Marshad*,

Temuan pertama menyangkut tantangan fikih. Literatur yang dikaji memperlihatkan bahwa perbedaan utama terletak pada status hisab dalam penetapan awal bulan. Pada satu sisi, hisab diterima sebagai metode yang mampu menyediakan kepastian waktu ibadah secara lebih presisi. Pada sisi lain sebagian otoritas keagamaan masih memandang rukyat sebagai dasar penetapan yang tidak dapat diganti. Perbedaan ini menjadikan KHGT berada pada posisi yang sensitif, sebab sistem ini menjadikan hisab global sebagai dasar utama. Selama rukyat masih dipandang sebagai satu-satunya bentuk kepatuhan literal terhadap nash, penerimaan terhadap kalender global akan bergerak lebih lambat dibanding perkembangan argumen ilmiahnya.⁴⁷⁰

Temuan kedua terletak pada dimensi astronomi. Literatur menunjukkan bahwa penyatuan kalender global mensyaratkan adanya kriteria astronomi yang konsisten dan dapat diterima secara luas. Dalam praktik selama ini, perbedaan hasil rukyat sering dipengaruhi oleh faktor-faktor observasional yang sangat beragam, mulai dari posisi geometris bulan, ketebalan sabit, kecerahan langit, cuaca, hingga kemampuan pengamat. Karena itu, rukyat lokal sulit dijadikan dasar kalender tunggal dunia. KHGT menjawab persoalan ini melalui hisab global, tetapi di sinilah muncul masalah berikutnya: kriteria astronomi apa yang paling tepat dijadikan dasar bersama. Perdebatan itu

<https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/almarshad/article/view/2548> [accessed 6 May 2026].

⁴⁷⁰ Arbisora Angkat, 'Kalender Hijriah Global dalam Perspektif Fikih', *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, PDF, <https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/almarshad/article/download/1524/1569> [accessed 6 May 2026], pp. 93–101; 'The Hijriyah Calendar Perspective Islamic Law: What and How?' pp. 21–31.

memperlihatkan bahwa akurasi sains belum otomatis berujung pada kesepakatan ilmiah yang bersifat universal.⁴⁷¹⁴⁷²

Temuan ketiga berkaitan dengan dimensi sosial-kelembagaan, dan justru inilah yang dalam banyak kasus paling menentukan. Kalender bukan hanya sistem penanggalan, tetapi juga hasil sejarah otoritas. Setiap negara dan organisasi telah memiliki mekanisme, simbol, dan legitimasi masing-masing dalam penentuan awal bulan. Indonesia, misalnya, mengenal sidang isbat sebagai mekanisme resmi negara. Arab Saudi mengembangkan sistem *Umm al-Qurā* yang berhubungan dengan administrasi kerajaan dan penetapan hari-hari penting. Negara-negara MABIMS menggunakan kriteria regional yang lahir dari kompromi antarotoritas keagamaan di Asia Tenggara. Dalam situasi ini, KHGT memasuki ruang yang telah dipenuhi sistem-sistem mapan.⁴⁷³⁴⁷⁴

⁴⁷¹ ‘A Semantic Literature Review on Crescent Visibility’, pp. 5–14; ‘Hijri Month Determination in Southeast Asia: An Illustration’.

⁴⁷² ‘Predicting New Crescent Moon Visibility Applying Machine Learning Algorithms’, *Scientific Reports*, 13 (2023), <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10126129/> [accessed 6 May 2026], DOI: 10.1038/s41598-023-33448-8; ‘The Implementation of New Minister of Religion of Brunei, Indonesia, Malaysia, and Singapore Criteria towards the Hijri Calendar Unification’.

⁴⁷³ ‘Kalender Umm al-Qura (Studi Pergeseran Paradigma Sistem Kalender di Kerajaan Arab Saudi)’, *Al-Ahkam*, 2015, <http://ejournal.iain-tulungagung.ac.id/index.php/ahkam/article/download/388/320> [accessed 6 May 2026], pp. 165–182; ‘Pembuatan Jadwal Imsak Ramadhan 1443 H Implementasi Kriteria Baru MABIMS 2022’, *Malaqbiq*, 2022, <https://jurnal.stainmajene.ac.id/index.php/malaqbiq/article/download/241/172> [accessed 6 May 2026], pp. 52–61.

⁴⁷⁴ ‘Tolerance and Moderation in the Formulation of a Global Islamic Calendar’; ‘Globalization of Islamic Astronomical Information: Its Impact on Calendar Unification’.

Selain tantangan, hasil penelitian juga menunjukkan adanya peluang strategis KHGT. Pemberlakuan resmi KHGT sejak 1 Muharram 1447 H oleh Muhammadiyah memberi bukti bahwa kalender global dapat dipraktikkan dalam lingkungan kelembagaan tertentu. Literatur juga menunjukkan bahwa kajian kalender Islam semakin bergerak ke arah interdisipliner, sementara perkembangan perangkat lunak astronomi, data ephemeris, sistem komputasi global, dan publikasi digital membuat penyusunan kalender jangka panjang lebih mudah diakses. Dengan demikian, KHGT memperoleh dukungan ilmiah, teknologis, dan kelembagaan yang semakin kuat.⁴⁷⁵⁴⁷⁶⁴⁷⁷

Tantangan KHGT tidak dapat dibaca secara parsial. Persoalan fikih, astronomi, dan sosial-kelembagaan saling berhubungan dan saling memengaruhi. Jika hanya salah satu aspek yang diperkuat, sedangkan aspek lain diabaikan, maka kalender global akan sulit diterapkan secara stabil. Karena itu, KHGT lebih tepat dipahami

⁴⁷⁵ ‘Muhammadiyah Resmi Luncurkan Kalender Hijriah Global Tunggal’; ‘Muhammadiyah Berkomitmen Gunakan KHGT Tahun Ini’, news.ums.ac.id, 31 March 2025, <https://news.ums.ac.id/id/04/2025/muhammadiyah-berkomitmen-gunakan-khgt-tahun-ini/> [accessed 6 May 2026]; ‘Pioneer Global Islamic Unity through Strategic Implementation of KHGT Starting 1447H’, *INSIS*, 2026, <https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/insis/article/view/29152> [accessed 6 May 2026].

⁴⁷⁶ ‘Establishing a Unified Global Islamic Calendar’, pp. 44–58; Anwar, *Kalender Hijriah Global*, pp. 10–16.

⁴⁷⁷ ‘Globalization of Islamic Astronomical Information: Its Impact on Calendar Unification’; ‘Predicting New Crescent Moon Visibility Applying Machine Learning Algorithms’.

sebagai proyek integrasi antara legitimasi hukum Islam, kepastian sains, dan tata kelola kelembagaan umat.⁴⁷⁸

Dalam dimensi fikih, perdebatan tentang hisab dan rukyat menunjukkan bahwa masalah utamanya bukan sekadar metode, melainkan otoritas epistemologis. Ketika sebagian ulama masih menempatkan rukyat sebagai bentuk kepatuhan literal, maka KHGT akan selalu menghadapi hambatan penerimaan. Namun, perkembangan pendekatan *maqāṣid al-sharī'ah* dan kemaslahatan memberi ruang penting untuk membangun legitimasi baru yang lebih kontekstual. Ini berarti peluang KHGT pada ranah fikih tetap terbuka, selama argumentasinya disusun secara hati-hati, komunikatif, dan tidak menegasikan warisan pendapat yang telah hidup lama dalam tradisi Islam.⁴⁷⁹⁴⁸⁰

Dalam dimensi astronomi, KHGT justru memiliki modal paling kuat. Berbagai penelitian tentang visibilitas hilal, ilustrasi kalender regional, dan prediksi hilal berbasis *machine learning* memperlihatkan bahwa kemampuan sains untuk menopang kalender global kini semakin matang. Akan tetapi, kekuatan ilmiah ini tidak serta-merta menyelesaikan persoalan, karena kesepakatan astronomis tetap harus diterjemahkan ke dalam bahasa keagamaan dan sosial yang dapat diterima oleh

⁴⁷⁸ Butar-Butar, *Kalender Islam: Lokal ke Global*, pp. 21–35; Anwar, *Kalender Hijriah Global*, pp. 10–16; ‘A Contextualised Fiqh Analysis of the Unified Global Hijri Calendar’.

⁴⁷⁹ ‘Pendekatan Istihsan dan Maqasid al-Shari’ah terhadap Konsep Kalender Hijriah Global Tunggal’, pp. 77–89; ‘A Contextualised Fiqh Analysis of the Unified Global Hijri Calendar’.

⁴⁸⁰ ‘Kalender Hijriah Global Tunggal dan Tantangan Penerapannya di Indonesia’, pp. 6–11; ‘A Semantic Literature Review on Crescent Visibility’, pp. 5–14; ‘Tolerance and Moderation in the Formulation of a Global Islamic Calendar’.

masyarakat luas. Dengan kata lain, problem astronomi KHGT bukan lagi terutama soal ada atau tidak adanya data, melainkan soal bagaimana data itu dibingkai menjadi dasar normatif dan kebijakan yang legitimate.⁴⁸¹⁴⁸²

Dalam dimensi sosial-kelembagaan, hasil penelitian menunjukkan bahwa tantangan terbesar justru terletak pada proses transisi dari sistem lama ke sistem baru. Masyarakat cenderung menerima kalender bukan hanya karena dasar ilmiahnya, tetapi karena kehadiran otoritas yang telah dipercaya. Oleh sebab itu, resistensi terhadap KHGT perlu dibaca sebagai bagian dari dinamika perubahan sosial yang wajar. Di sinilah langkah Muhammadiyah menjadi penting, karena ia menyediakan contoh institusional bahwa kalender global dapat dijalankan, diuji, dan disosialisasikan secara bertahap. Semakin banyak lembaga yang berani melakukan eksperimen serupa, semakin besar pula peluang KHGT bergerak dari model institusional terbatas menuju sistem yang lebih luas penerimaannya.

Pembahasan ini menunjukkan bahwa novelty penelitian tidak hanya terletak pada pemetaan masalah, tetapi pada penegasan bahwa tantangan dan peluang KHGT berada dalam medan yang sama. Perbedaan fikih

⁴⁸¹ ‘A Semantic Literature Review on Crescent Visibility’, pp. 1–16; ‘Hijri Month Determination in Southeast Asia: An Illustration’, *Heliyon* (2024), <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024146993> [accessed 6 May 2026].

⁴⁸² ‘Predicting New Crescent Moon Visibility Applying Machine Learning Algorithms’, *Scientific Reports*, 13 (2023), <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10126129/> [accessed 6 May 2026], DOI: 10.1038/s41598-023-33448-8; ‘The Implementation of New Minister of Religion of Brunei, Indonesia, Malaysia, and Singapore Criteria towards the Hijri Calendar Unification’.

memicu ijtihad baru, perdebatan astronomi mendorong pematangan kriteria, dan resistensi kelembagaan menuntut strategi sosialisasi yang lebih realistis. Dengan cara baca ini, KHGT tidak dipahami hanya sebagai alternatif kalender, melainkan sebagai agenda ilmiah dan peradaban yang menuntut proses bertahap, dialogis, dan terukur. Inilah yang membuat pembahasan implementasi KHGT relevan untuk konteks Islam global kontemporer.⁴⁸³

Kalender Hijriah Global Tunggal merupakan tawaran pembaruan yang penting dan realistis, tetapi penerapannya masih menghadapi tantangan serius dalam ranah fikih, astronomi, dan sosial-kelembagaan. Tantangan tersebut menunjukkan bahwa penyatuan kalender Islam dunia tidak dapat diselesaikan hanya dengan satu pendekatan. Ia memerlukan dialog hukum Islam yang terbuka, model astronomi yang kokoh, serta strategi komunikasi dan kelembagaan yang bertahap. Karena itu, keberhasilan KHGT sangat ditentukan oleh kemampuan menghubungkan ketiga ranah tersebut dalam satu gerak yang konsisten.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa peluang strategis KHGT pada masa sekarang jauh lebih besar dibanding masa-masa sebelumnya. Perkembangan astronomi modern, teknologi komputasi, kajian interdisipliner kalender Islam, dan langkah resmi Muhammadiyah menjadi indikator bahwa kalender global kini memiliki basis yang lebih kuat. Dalam konteks ini, *novelty* KHGT tidak hanya terletak pada rancangan

⁴⁸³ Arbisora, 'Kalender Hijriah Global dalam Perspektif Fikih', pp. 93–101; 'Muhammadiyah Resmi Luncurkan Kalender Hijriah Global Tunggal'.

sistemnya, tetapi juga pada potensinya sebagai instrumen integrasi umat Islam dalam era global.

Daftar Pustaka

- (al-Hafid), Abu al-Walid Muhammad ibn Ahmad ibn Rushd, *Bidayat Al-Mujtahid Wa Nihayat Al-Muqtashid*, Ed. Muhammad Subhi Hasan Hallaq (Kairo: Maktabat Ibn Taymiyyah, 1995)
- (ECFR), European Council for Fatwa and Research, 'The Nineteenth Ordinary Session of The European Council for Fatwa and Research | European Council For Fatwa And Research', n.d.
- Abu 'Abdillah Muhammad ibn Isma'il al-Bukhari, *Shahih Al-Bukhari, Kitab Mawaqit Al-Shalah, Bab Waqt Al-Zhuhr 'inda Al-Zawal, Hadis No. 541*, Ed. Muhammad Zuhayr Ibn Nashir Al-Nashir (Beirut: Dar Tawq al-Najah, n.d.)
- Abu al-Husayn Muslim ibn al-Hajjaj al-Naysaburi, *Shahih Muslim, Kitab Al-Masajid Wa Mawadhi' Al-Shalah, Bab Awqat Al-Shalawat Al-Khams, Hadis No. 612*, Ed. Muhammad Fu'ad 'Abd Al-Baqi (Kairo: Dar Ihya' al-Kutub al-'Arabiyyah, 1995)
- Academy), Majma' al-Fiqh al-Islami al-Duwali (International Islamic Fiqh, *Qarar Bi-Sha'n Mawaqit Al-Shalah Wa Al-Shiyam Fi Al-Buldan Dhat Al-'Urudh Al-'Aliyah, , Keputusan No. 108 (3/12)* (Riyadh, n.d.)
- Aguilera, Moisés A., and María Gracia González, 'Urban Infrastructure Expansion and Artificial Light Pollution Degrade Coastal Ecosystems, Increasing Natural-to-Urban Structural Connectivity', *Landscape and Urban Planning*, 229 (2023),

- Ahmad, Izzudin, 'Ilmu Falak Praktis', *Semarang: PT Pustaka Rizki Putra*, 2012
- Al-'Alwani, Taha Jabir, *Towards a Fiqh for Minorities: Some Basic Reflections*, Ed. S. Khan Dan D. A. A. Shaikh-Ali (Herndon, VA: International Institute of Islamic Thought, 2003)
- Al-Biruni, Abu al-Rayhan, *Kitab Tahdid Nihayat Al-Amakin Li-Tashih Masafat Al-Masakin*, Ed. P. Bulgakov (Kairo: Lajnat al-Ta'lif wa al-Tarjamah, 1962)
- Al-Farghani, Ahmad ibn Muhammad ibn Kathir, *Jawami' 'Ilm Al-Nujum Wa Usul Al-Harakat Al-Samawiyah*, Ed. Jacob Golius (Amsterdam: Frankfurt: Institute for the History of Arabic-Islamic Science, 1986)
- Al-Ghazali, Abu Hamid, *Al-Mustashfa Min 'Ilm Al-Usul*, Ed. Muhammad 'Abd Al-Salam 'Abd Al-Shafi (Beirut: Dar al-Kutub, 1993)
- Al-Qaradawi, Yusuf, *Fi Fiqh Al-Aqalliyat Al-Muslimah: Hayat Al-Muslimin Wasat Al-Mujtama'at Al-Ukhra* (Kairo: Dar al-Shuruq, 2001)
- Al-Qur'an, Lajnah Pentashihan mushaf, 'Qur'an Kemenag', n.d. <<https://quran.kemenag.go.id/>> [accessed 19 April 2026]
- Al-Ramli, Shams al-Din Muhammad ibn Abi al-'Abbas, *Nihayat Al-Muhtaj Ila Sharh Al-Minhaj* (Beirut: Dar al-Fikr, 1984)
- Al-Razi, Fakhr al-Din Abu 'Abdillah Muhammad ibn

'Umar, *Al-Tafsir Al-Kabir (Mafatih Al-Ghayb)*, Cet. Ke-3 (Beirut: Dar Ihya' al-Turath al-'Arabi, n.d.)

Al-Shatibi, Abu Ishaq Ibrahim ibn Musa, *Al-Muwafaqat Fi Usul Al-Shari'ah*, Ed. Abu 'Ubaydah Mashhur Ibn Hasan Al Salman (al-Khobar: Dar Ibn 'Affan, 1997)

Al-Zuhayli, Wahbah, *Al-Fiqh Al-Islami Wa Adillatuh*, Cet. Ke-4 (Damaskus: Dar al-Fikr, 1997)

America, Fiqh Council of North, 'Fifteen or Eighteen Degrees: Calculating Prayer & Fasting Times in Islam - Fiqh Council of North America', n.d.

Angkat, M. Arbisora, and others, 'Pendampingan Pengukuran Arah Kiblat Untuk Santri Pondok Pesantren Idris Bintan', *Surya Abdimas*, 6.2 (2022), doi:10.37729/abdimas.v6i2.1603

—, and Rizki Pradana Hidayatullah, 'Pengukuran Arah Kiblat Masjid Syaikh Zainuddin Nahdhatul Wathan Bintan', *JPPM Kepri: Jurnal Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat Kepulauan Riau*, 1.2 (2021), doi:10.35961/jppmkepri.v1i2.298

AS, Time and Date, 'Sunrise and Sunset Times in Reykjavik', n.d.

Assembly of Muslim Jurists of America (AMJA), 'Polar Prayer Times & Fasting | AMJA Online', Amjaonline.Org, 2008, p. 1
<<https://www.amjaonline.org/fatwa/en/21730/polar-prayer-times-fasting>>

Azhari, Susiknan, *Ensiklopedi Hisab Rukyat* (Pustaka Pelajar, 2005)

Balafoutis, Thanos, and others, 'Light Pollution Beyond

the Visible: Insights from People's Perspectives',
Urban Science, 9.7 (2025), p. 251,
doi:10.3390/urbansci9070251

Barentine, John C., 'Night Sky Brightness Measurement, Quality Assessment and Monitoring', in *Nature Astronomy*, no. 10, 2022, VI, doi:10.1038/s41550-022-01756-2

Beeco, J. Adam, and others, 'Support for Management Actions to Protect Night Sky Quality: Insights from Visitors to State and National Park Units in the U.S.', *Journal of Environmental Management*, 345 (2023), doi:10.1016/j.jenvman.2023.118878

Bjelajac, Dajana, Bojan Đerčan, and Sanja Kovačić, 'Dark Skies and Dark Screens as a Precondition for Astronomy Tourism and General Well-Being', *Information Technology and Tourism*, 23.1 (2021), doi:10.1007/s40558-020-00189-9

Brummelen, Glen M. Van, *The Mathematics of the Heavens and the Earth: The Early History of Trigonometry*, 1st ed. (Princeton: Princeton University Press, 2009) <<https://dokumen.pub/the-mathematics-of-the-heavens-and-the-earth-the-early-history-of-trigonometry-0691129738-9780691129730.html>>

Butar-Butar, Arwin Juli Rakhmadi, *Waktu Shalat Menurut Sejarah, Fikih Dan Astronomi* (Malang: Madani, 2017)

Center, Pew Research, *The Future of the Global Muslim Population: Projections for 2010–2030* (Washington, D.C.: Pew Research Center, 2011)

- European Council for Fatwa and Research (ECFR), 'Praying and Fasting at High Latitudes', n.d. <<https://fiqh.islamonline.net/en/praying-and-fasting-at-high-latitudes/>>
- Fiqh Council of North America, 'Should Muslims in the North Fast 23 Hours a Day? - Fiqh Council of North America', 2021 <<https://fiqh council.org/should-muslims-in-the-north-fast-23-hours-a-day/>>
- Green, Robin M., *Spherical Astronomy* (Cambridge: Cambridge University Press, 1985)
- Hambali, Slamet, *Ilmu Falak 1: Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat Seluruh Dunia* (Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, 2011)
- , *Menguji Tingkat Keakuratan (Hasil Pengukuran Arah Kiblat Menggunakan Istiwaa'ini Karya Slamet Hambali)*, in *Eprints IAIN Walisongo Semarang* (2014)
- Hashim, Muhammad Ridzuan, and others, 'Unification of Hijri Calendar Under One Maṭla': A Case Study of MABIMS Through the Lens of Islamic Jurisprudence and Astronomy', *Jurnal Fiqh*, 22.2 (2025), pp. 389–433, doi:10.22452/fiqh.vol22no2.7
- Helim, Abdul, 'Hamka's Legal Methodology on Hisab–Ru'yah in His Book "Saya Kembali Ke Ru'yah"', *JURIS (Jurnal Ilmiah Syariah)*, 23.2 (2024), p. 215, doi:10.31958/juris.v23i2.11952
- Hidayat, M. Nur, 'Maqasid Al-Syari'ah Analysis of Dualism of Authority in Determining the Beginning of The Lunar Month: A Study of The Isbat of the Ministry of Religious Affairs and the Ikhbar of the

- Council of Tarjih Muhammadiyah', *Jurisdictie*, 2012, pp. 767–74
- Izzuddin, Ahmad, *Ilmu Falak Praktis*, 2nd ed. (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012)
- Kementerian Agama RI, Peraturan Menteri Agama Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2026 Tentang Penyelenggaraan Sidang Isbat, 2026, pp. 1–5
- King, David A., *Astronomy in the Service of Islam* (New York: Routledge, 2016)
- , *In Synchrony with the Heavens. Studies in Astronomical Timekeeping and Instrumentation in Medieval Islamic Civilization*, 2nd ed. (Leiden: Brill, 2005), doi:doi.org/10.4000/abstractairanica.30882
- Machzumy, Machzumy, and Muhammad Ihsan, 'Pendampingan Astrotourism Untuk Meningkatkan Moderasi Beragama Masyarakat Desa Tanoh Alas Aceh Tenggara Menggunakan Pendekatan Asset Based Community Development', *PengabdianMu: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 9.11 (2024), doi:10.33084/pengabdianmu.v9i11.7992
- Magevira, Magevira, 'Problematika Astronomical Twilight Dalam Penentuan Awal Waktu Subuh Di Indonesia', *Astroislamica: Journal of Islamic Astronomy*, 4.1 (2025), pp. 40–61, doi:10.47766/astroislamica.v4i1.3468
- Majid, Abdul, and others, 'The Method in Understanding Hadith Through Ijmā' and Its Implications for Islamic Law in Indonesia: Studies on the Hadiths of the Month of Qamariyah', *Samarah: Jurnal Hukum Keluarga Dan Hukum Islam*, 7.1 (2023), pp. 281–

301, doi:10.22373/SJHK.V7I1.12383

Marpaung, Wanti, 'MAZHAB NEGARA: ALTERNATIF SOLUSI TERHADAP PERBEDAAN PENENTUAN AWAL BULAN QAMARIYAH DI INDONESIA', *Jurisprudensi: Jurnal Ilmu Syariah, Perundang-Undangan Dan Ekonomi Islam*, 10.2 (2018), pp. 121–31, doi:10.32505/JURISPRUDENSI.V10I2.943

Meeus, Jean, *Astronomical Algorithms*, 2nd Ed. (Richmond: Willmann-Bell, 1998)

—, *Astronomical Algorithms*, 1st ed. (Virginia: Willmann-Bell, Incorporated, 1991)

Mendoza, Abraham, 'Astrotourism', in *Encyclopedia of Tourism* (Cham: Springer Nature Switzerland, 2024), pp. 61–62, doi:10.1007/978-3-030-74923-1_860

MEZIANE, KARIM; GUESSOUM, NIDHAL, 'The Determination of Islamic Fasting and Prayer Times at High-Latitude Locations: Historical Review and New Astronomical Solutions.', *Academic Journal*, 22 (2009), pp. 96–111

Mohammad Ilyas, *A Modern Guide to Astronomical Calculations of Islamic Calendar, Times and Qibla* (Kuala Lumpur: Berita Publishing, 1984)

Mohd Hailmy, Nur Amy Syahira, and Aimi Musa, 'The Impact of Light Pollution on Night Sky at the Potential Astrotourism Site in Johor Bahru: A Feasibility Study', *Journal of Physics: Conference Series*, 2915.1 (2024), doi:10.1088/1742-6596/2915/1/012005

Mohd Nawawi, Mohd Saiful Anwar, and others, 'Hijri

Month Determination in Southeast Asia: An Illustration Between Religion, Science, and Cultural Background', *Heliyon*, 10.20 (2024), p. e38668, doi:10.1016/j.heliyon.2024.e38668

Mubarok, Muhammad Zaki, and Youla Afifah Azkarrula, 'Penolakan Isbat Syawal Di Jepara Dan Cakung Tahun 1432 H Perspektif Hukumah Dan Astronomi', *Astroislamica: Journal of Islamic Astronomy*, 2.1 (2023), pp. 47–75, doi:10.47766/ASTROISLAMICA.V2I1.1250

Mufid, Abdul, and Thomas Djamaluddin, 'The Implementation of New Minister of Religion of Brunei, Indonesia, Malaysia, and Singapore Criteria towards the Hijri Calendar Unification', *HTS Teologiese Studies / Theological Studies*, 79.1 (2023), p. 8, doi:10.4102/HTS.V79I1.8774

Muh Rasywan Syarif, and Sakirman, 'Reconstructing Ijtihad in Unifications the Islamic Calendar: Jasser Auda's Maqashid Al-Shari'ah Approach', *AL - AFAQ : Jurnal Ilmu Falak Dan Astronomi*, 7.1 (2025), pp. 84–103, doi:10.20414/afaq.v7i1.13229

Muhammad Aly Mahmudi, and Lalu Fitriyadi Bajuri, 'Nalar Dialektika Hegel Dalam Transformasi Fikih Qaul Qadim-Qaul Jadid Imam Syafi'i', *Madinah: Jurnal Studi Islam*, 10.2 (2023), pp. 255–65, doi:10.58518/madinah.v10i2.1891

Muhyidin Khozin, *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktek, Perhitungan Arah Kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan Dan Gerhana* (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2007)

Munfaridah, Imroatul, *Ilmu Falak* (Ponorogo: CV Nata

Karya, 2018)

- Mustaqim, Riza Afrian, 'Analisis Metode Penentuan Arah Kiblat Masjid Agung Baitul Makmur Meulaboh Aceh Barat', *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, 6.2 (2020), doi:10.30596/jam.v6i2.5229
- Musyahid, Achmad, and Andi Ariiqah, 'Feasibility Parameters of Rukyatulhilar Venue at Iqra' Tower of Universitas Muhammadiyah Makassar', *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, 9.1 (2023), pp. 1–12, doi:10.30596/jam.v9i1.12082
- Pothukuchi, Kameshwari, 'City Light or Star Bright: A Review of Urban Light Pollution, Impacts, and Planning Implications', *Journal of Planning Literature*, 36.2 (2021), doi:10.1177/0885412220986421
- Putraga, Hariyadi, Arwin Juli Rakhmadi, and Muhammad Dimas Firdaus, 'Pengukuran Kecerahan Langit Malam Dan Polusi Cahaya Di Provinsi Sumatera Utara', *SNFA (Seminar Nasional Fisika Dan Aplikasinya)* (Surakarta), 2022, pp. 26–34 <<https://jurnal.uns.ac.id/prosidingsnfa/article/view/71953>>
- Py4Hi, 'Prayer Times for High Latitudes', n.d.
- Qulub, Siti Tatmainul, and Ahmad Munif, 'Urgensi Fatwa Dan Sidang Isbat Dalam Penentuan Awal Bulan Kamariah Di Indonesia', *Jurnal Bimas Islam*, 16.2 (2023), pp. 423–52, doi:10.37302/jbi.v16i2.929
- Raharto, M., and N. Sopwan, 'Umur Bulan Sebagai Parameter Visibilitas Hilal', *Prosiding Seminar*

Nasional Fisika (SNF) Unesa 2019, 3 (2019)

RANI, TRISIA, 'PERANCANGAN SENSOR HMC 5883L DENGAN MENGGUNAKAN ARDUINO UNO SEBAGAI PENDAMPING KOMPAS RHI PENUNJUK ARAH KIBLAT PADA OIF UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA', *Sustainability (Switzerland)*, 11.1 (2019)

RIDWAN, AHMAD HASAN, 'Kritik Nalar Arab: Eksposisi Epistemologi Bayani, 'Irfani Dan Burhani Muhammad Abed Al-Jabiri', *Afkaruna: Indonesian Interdisciplinary Journal of Islamic Studies*, 12.2 (2016), doi:10.18196/aiijis.2016.0062.187-222

Romdhon, M. Ali, and M. Arbisora Angkat, 'Bintang Panjer Sore Sebagai Petunjuk Arah Kiblat Oleh Kelompok Nelayan "Mina Kencana" Desa Jambu Kecamatan Mlonggo Kabupaten Jepara', *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, 7.1 (2021), doi:10.30596/jam.v7i1.6216

Saksono, Tono, *Evaluasi Awal Waktu Subuh & Isya Perspektif Sains, Teknologi Dan Syariah* (Jakarta: Uhamka Press & LPP Aika Uhamka, 2017)

Sari, Bunga Puspita, and others, 'Strategi Pengembangan Wisata Astronomi Di Desa Warnasari Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung, Jawa Barat', *Jurnal Destinasi Pariwisata*, 14.1 (2026)

Sarif, Md. Omar, and Sumalya Ray, 'Examining the Suitability of Potential Astronomical Tourism Sites for Sustainable Development Using Geospatial Technology', 2024, doi:10.2139/ssrn.4988759

Soderi, Ridhokimura, Darlius Darlius, and Riza Afrian

Mustaqim, 'Rekontruksi Kriteria Visibilitas Hilal Serta Dampak Implementasi Kriteria Imkanurukyah MABIMS Baru Dalam Kemaslahatan', *Astroislamica: Journal of Islamic Astronomy*, 3.2 (2024), pp. 233–55, doi:10.47766/astroislamica.v3i2.3642

Sopiah, Etta Mamang Sangadji Dan, 'Metodelogi Penelitian-Penelitian Praktis Dalam Penelitian', *Yogyakarta: ANDI*, 2013

Sugiyono, 'Sugiyono, Metode Penelitian Dan Pengembangan Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, Dan R&D', (Bandung: Alfabeta, 2015), 407 1', *Metode Penelitian Dan Pengembangan Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, Dan R&D*, no. 2015 (2015)

Tanzeh, Ahmad, 'Metodologi Penelitian Praktis', *Journal of Chemical Information and Modeling*, 2011

Tarabishy, Mohamed Nabeel, 'Salat / Fasting Time in Northern Regions', in *Astronomy Center* (2014) <https://astronomycenter.net/pdf/tarabishyhigh_2014.pdf>

Time and Date, 'Sunrise and Sunset Times in Tromsø', *TimeandDate.Com*, 2026, p. 1 <<https://www.timeanddate.com/sun/norway/tromso>>

United States Naval Observatory (USNO), 'Complete Sun and Moon Data for One Day', n.d.

Walhidayah, Ravik, and Ismail Ismail, 'Verification of Hilal Image Using AI-Based Web Tool in Aceh Jaya', *Al-Hilal: Journal of Islamic Astronomy*, 7.2 (2025), pp. 225–40, doi:10.21580/al-hilal.2025.7.2.28809

Zaydan, 'Abd al-Karim, *Al-Wajiz Fi Usul Al-Fiqh* (Beirut:

Mu'assasat al-Risalah, 1998)

Al-Quran

Abd. Ghani, Anisah. Konsep dan Pengamalan Solat: Satu Kajian di Zaman Rasulullah, Sahabat & Tabi'in (Kuala Lumpur: Al-Hidayah Publishers, 2001).

Abdul Wahab, Harlida, 'Kawalan Undang-Undang Terhadap Pembangunan di Tanah Tinggi', Jelapang, 3.1 (2002), 63–70.

Akrasha, Nabeela, and Zubair bin Amir Nur Rashid, 'Penentuan Waktu Rembang Menurut Hitungan Falak dan Hukum Solat Padanya', Journal of Fatwa and Falak Selangor, 2.1 (June 2025), 86–104.

Al-Bukhari, Muhammad ibn Isma'il, Sahih al-Bukhari, ed. by Muhammad Zuhayr Nasir al-Nasir (Beirut: Dar Tuq al-Najah, 2001).

Al-Khin, Mustafa, Mustafa al-Bugha, and 'Ali al-Sharbaji, al-Fiqh al-Manhaji 'ala Madhhab al-Imam al-Shafi'i (Beirut: Dar al-Qalam and Dar al-Shamiyyah, 1998).

Che Awang, Mohamad Saupi, 'Kesan Biasan Atmosfera Hampir Ufuk untuk Pengiraan Waktu Solat dan Cerapan Hilal', Jurnal Falak, 1 (2015), 121–132.

Dewan Bahasa dan Pustaka, Kamus Dewan, Edisi Keempat (Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka, 2005).

Ibn Majah, Muhammad ibn Yazid al-Qazwini, Sunan Ibn Majah, ed. by Muhammad Fu'ad 'Abd al-Baqi (Beirut: Dar Ihya' al-Kutub al-'Arabiyyah, 1952), Kitab Iqamat al-Salah wa al-Sunnah fiha, hadith no. 1426.

Jabatan Kemajuan Islam Malaysia, Laporan Tahunan

JAKIM 2013 (Putrajaya: Jabatan Kemajuan Islam Malaysia, 2013).

Jabatan Mufti Wilayah Persekutuan, Bayan al-Falak Siri ke-17: Kaedah Penentuan Waktu Solat, 9 August 2022.

Mohamed, Azhari, 'Peranan JUPEM dalam Permasalahan dan Isu-Isu Falak (Syarie) di Malaysia', paper presented at Seminar Falak Nusantara 2018, Institut Tanah dan Ukur Negara (INSTUN), Behrang, Perak, 17–18 October 2018.

Mufti Wilayah Persekutuan, 'Bayan al-Falak Siri ke-17: Kaedah Penentuan Waktu Solat', 9 August 2022.

Mufti Wilayah Persekutuan, 'Bayan Linnas Khas: Isu Tambahan Waktu 8 Minit bagi Permulaan Azan Subuh dan Hukum Solat Subuh Sebelum Masuk Waktu', 6 December 2019.

Mufti Wilayah Persekutuan, 'Waktu Solat', 20 January 2020.

Muslim ibn al-Hajjaj, Sahih Muslim, ed. by Muhammad Fu'ad 'Abd al-Baqi (Beirut: Dar Ihya' al-Turath al-'Arabi, 1991).

Ngah, Nazura, 'Penetapan Waktu Solat Ikut Ketinggian Tempat', Berita Harian, 18 June 2016.

Sadali, Hardi Mohamad, Kajian Penetapan Takwim Solat Pulau Pinang Menurut Ilmu Falak (master's thesis, School of Physics, Universiti Sains Malaysia, 2011).

Shukor, Mohammad Shahmim, and Mohd Zambri Zainuddin, 'Perbandingan Metodologi Kajian

Penentuan Masuknya Fajar Sadiq dan Hilangnya Syafaq Ahmar: Kajian Kecerahan Langit', Jurnal Falak, 1 (2015), 133–139.

Subari, Mustafa Din, and Mohamad Saupi Che Awang, 'Waktu Solat Setempat: Satu Pemurnian Kepada Waktu Solat Berasaskan Zon', Jurnal Falak, 1 (2015), 43–54.

Wahab, Raihana Abd., 'Astronomi dalam Ibadah', paper presented at Sesi Sembang Angkasa in conjunction with Minggu Sains Negara, Universiti Malaya, 3 April 2021.

Zainal, Baharrudin, Ilmu Falak, 2nd edn (Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka, 2004).

Zainal, Baharrudin, Pengenalan Ilmu Falak (Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka, 2002).

Agrawal, Dulli Chandra, 'Apparent and Absolute Magnitudes of Stars : A Simple Formula', 96 (2018), 120–33

Beaton, Rachael, Michał Bejger, Edward Cackett, Massimo Dall'Ora, R F L Holanda, Joseph B Jensen, and others, 'Secondary Distance Indicators', 2018 <<https://doi.org/10.1007/s11214-018-0466-9>>

Hall, Mendel, 'Correcting for the Effects of Interstellar Extinction', 2008, 1–14

'INTISARI KAJIAN PROSES FRAGMENTASI AWAN MOLEKULER DI ABSTRACT STUDY ABOUT FRAGMENTATION OF MOLECULAR', 2020

Jena, Philipp Engelmann, 'Cepheid Stars as Standard Candles for Distance Measurements', 1912, 1–5

Khoiriyah, Khilyatul, 'EVOLUSI BINTANG PADA PEMBENTUKAN TATA SURYA DAN', 05 (2016), 245–56
<<https://doi.org/10.24042/jpifalbiruni.v5i2.124>>

Langit, Faktor-faktor Kecerahan, Senja Dan, Rahayu Ningsih, Judhistira Aria Utama, and Taufik Ramlan Ramalis, 'PENGARUHNYA TERHADAP NILAI MINIMUM PARAMETER-PARAMETER FISIS VISIBILITAS HILAL (CONTRIBUTION OF SOME FACTORS TO THE SKY TWILIGHT BRIGHTNESS AND THEIR INFLUENCES ON MINIMUM VALUE OF THE PHYSICAL PARAMETERS OF THE LUNAR CRESCENT VISIBILITY)', 2014, 978–79

Sarumaha, Ejellyn, and Candra Ponus Harefa, 'DALAM ASTROFISIKA', 02 (2025), 58–63

Setiawan, Iwan, and Farchani Rosyid, 'Geometri Bintang Berotasi Pada Keadaan Kritis', 2010, 2–7

Tingkat, Analisis, Kecerahan Langit, Malam Terhadap, Observatorium Malikussaleh, and Iain Lhokseumawe, 'Analisis Tingkat Kecerahan Langit Malam Terhadap Visibilitas Hilal Menggunakan Sky Quality Meter Di Observatorium Malikussaleh Iain Lhokseumawe 1', 4 (2025), 25–39

Zelviani, Sri, Jurusan Fisika, Fak Sains, and U I N Alauddin, 'PANCARAN SEBAGAI HUKUM KEBALIKAN KUADRAT', 5 (2018), 7–10

- Ibn Manzhūr, Lisān al-'Arab, j. 15 (Beirut: Dar ash-Shādir, cet. IV, 2005)
- Abu al-Qasim al-Husain bin Muhammad al-Ashfihani, al-Mufradāt fi Gharīb al-Qur'ān (Cairo: al-Maktabah at-Taufiqiyyah, t.t.)
- Muhammad bin Abi Bakr ar-Razi, Mukhtār ash-Shihhah (Cairo: Dār as-Salām, cet. I, 1428/2007)
- Muhammad Ali at-Tahanawī, Kasysyāf Isthilāhāt al-Funūn wa al-'Ulūm, j. 2, Tahkik: Dr. Ali Dahruj (Beirut: Maktabah Lubnān Nasyirūn, cet. I, 1996)
- Regis Morlan, 'Ilm al-Falak al-'Araby asy-Syarqy Baina al-Qarnain ats-Tsamin wa al-Hady 'Asyara, dalam "Mausū'ah Tārīkh al-'Ulūm al-'Arabiyyah", (Beirut: Markaz Dirāsāt al-Wahdah al-'Arabiyyah, cet. II, 2005)
- Muhammad bin Ahmad al-Biruni, al-Qānūn al-Mas'ūdy, j. 2 (Beirut: Dār al-Kutub al-'Ilmiyyah, cet. I, 1422/2002)
- Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, Astronom Muslim Sepanjang Sejarah Peradaban Islam (Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, cet. I, 2019 M)
- Al-Battany, az-Zaij ash-Shaby', Tahkik: Carlo Nillino (Roma: 1899 M)
- Khair aad-Din az-Zirikly, al-A'lam Qamus Tarajim li Asyhur ar-Rijal wa an-Nisa' Min al-'Arab wa al-Musta'ribin wa al-Musytasyriqin, j. 7 (Beirut: Dar al-'Ilm li al-Malayin, cet. XV, 2002 M)

Ibn Sha'id al-Andalusy, Thabaqat al-Umam (Cairo: Dar al-Ma'arif, t.t.)

Ibn Aby Ushaibi'ah, 'Uyun al-Anba' fi Thabaqat al-Athibba' (Beirut: Dar al-Kutub al-'Ilmiyyah, cet. I, 1419 H/1998 M)

Ahmad bin Rajab al-Majdy, Ghunyah al-Fahīm wa al-Tharīq Ilā Hall al-Taqwīm, Tahkik dan Dirasah: Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar (Tesis) "The Institute of Arab Research and Studies" Cairo, 2009)

Nidhal Qasum, et.al., Itsbāt asy-Syuhūr al-Hilāliyyah wa Musykilah at-Tauqīt al-Islāmy Dirāsah Falakiyyah wa Fiqhiyyah (Beirut: Dār al-Thalī'ah, cet. II, 1997)

Mu'ayyiddin al-'Urdhi, Tārīkh 'Ilm al-Falak al-'Araby (Kitāb al-Hai'ah), Tahkik: Dr. George Saliba (Beirut: Markaz Dirāsāt al-Wahdah al-'Arabiyyah, cet. III, 2001)

Muhyiddin Khazin, Kamus Ilmu Falak (Yogyakarta: Buana Pustaka, cet. I, 2005 M)

George Sarton, Introduction to the History of Science (Baltimore: The Williams and Wilkins Company-United States of America, 1927 M)

Al-Hasan bin Ali al-Marrakusyī, Jāmi' al-Mabādy' wa al-Ghāyāt fī 'Ilm al-Mīqāt, j. 2, Tahkik dan Dirasah: Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar (disertasi), Cairo: Jami'ah ad-Duwal al-'Arabiyyah, 1433 H/2012 M)

Umar Ridha Kahhalah, Mu'jam al Mu'allifin, j. 2 (Beirutn: Mu'assasah ar-Risalah, cet. I, 1414 H/1993 M), h. 389. E.S. Kenedy & Imad Ghanim, Ibn Syathir Falaky

'Araby min al-Qarn ats-Tsamin al-Hijry ar-Rabi'
'Asyara al-Mylady (Aleppo: Jami'ah Halb, Ma'had at-
Turats al-'Ilmy al-'Araby), 1976 M

Raja'iy Sayyid Ahmad al-'Athafy al-Faqy, Mizan al-I'tidal fi
Tsubut Ru'yah al-Hilal (Iskandariah: Dar al-Jami'ah
al-Jadidah, 2005)

Click or tap here to enter text.

Astronomi merupakan ilmu yang mempelajari tentang benda-benda langit yang bisa ditinjau dari segala disiplin ilmu, termasuk dari aspek ibadah, sejarah, ekonomi, politik, teknologi, matematika, fikih dan lain-lain. Sebagaimana diketahui, astronomi sudah berkembang sejak lama, hampir semua peradaban dan bangsa silam memiliki telaah dan kontribusi dalam astronomi atau ilmu falak. Di era modern, astronomi juga sangat diperlukan oleh manusia, khususnya karena terkait dengan ibadah (arah kiblat, waktu-waktu salat, awal bula, dan gerhana). Dalam perkembangannya lagi, astronomi terus dikaji dan dipelajari, dan terus berkembang dengan pembahasan yang beragam.

Adapun buku ini, berjudul “Astronomi Islam Volume 5”, merupakan kumpulan artikel yang ditulis oleh para pakar di bidangnya masing-masing. Secara umum isi dan konstruksi dalam book chapter ini berisi pembahasan dan Kajian terkait astronomi Islam, seperti Arah Kiblat, Waktu Shalat, Kalender Islam Global, Astronomi, dan lain-lain. Semoga kehadiran book chapter sederhana ini dapat memberi wawasan kepada para pembaca. Kritik dan masukan untuk kesempurnaan buku ini tentunya sangat diharapkan.



QRCBN : 62-5181-3251-439