



Konsep Waktu Sholat 5 Waktu Secara Astronomi

Rendy Febiansyah¹, Rara Rahmah Az-Zahra²

¹Universitas Sultan Muhammad Syafiuddin Sambas, e-mail: rendyfebiansyah43@gmail.com

²Universitas Sultan Muhammad Syafiuddin Sambas, e-mail: raraazzahraa@gmail.com

Histori Naskah

Diserahkan:
20-01-2026

Direvisi:
13-03-2026

Diterima:
14-03-2026

ABSTRACT

Determining the beginning of prayer times in the Islamic tradition is essentially a process of translating empirical natural phenomena mandated by sacred texts into highly precise mathematical and astronomical formulations. This research report comprehensively analyzes the astronomical scientific foundations of determining the five obligatory prayer times, with the main objective of bridging classical qualitative visual observation (rukyat) with contemporary astronomical computation systems (hisab). The fundamental problem addressed in this study is how to convert textual phenomena such as the sun crossing the meridian, the length of projected shadows, the setting of the solar disk, the disappearance of the twilight glow (syafaq), and the rising of the true dawn (fajr shadiq) into exact celestial spherical coordinate system parameters. Through a qualitative research method with an astronomical computation approach referring to the principles of Spherical Trigonometry and Jean Meeus's algorithms, this report outlines every determining variable: solar declination, Equation of Time, geographical latitude, and atmospheric correction factors (refraction, dip of the horizon, and semi-diameter). The research results show that all the intents of fiqh jurisprudence ultimately rely on one main variable: the altitude or depression angle of the sun (δ). In addition to presenting an actual simulation for the Pontianak region, this report discusses the harmonious synthesis between fiqh and astronomy, the debate on dawn angle criteria among authorities in Indonesia, and the philosophical-legal foundation for determining the safety time value (ihtiyat). The main conclusion asserts that astronomy does not change the substance of sharia; rather, it provides absolute mathematical certainty to worship commands that are cosmological, natural, and universal.

Keywords : Prayer Times; Islamic Astronomy; Spherical Trigonometry

ABSTRAK

Penentuan awal waktu salat dalam tradisi Islam pada hakikatnya merupakan sebuah proses penerjemahan fenomena alam empiris yang diamanatkan oleh teks-teks suci (nas) ke dalam formulasi matematis dan astronomis yang memiliki tingkat presisi tinggi. Penelitian ini secara komprehensif menganalisis landasan keilmuan astronomi dari penentuan lima waktu salat fardu, dengan tujuan utama untuk menjembatani antara observasi visual kualitatif (rukyat) klasik dengan sistem komputasi astronomi (hisab) kontemporer. Permasalahan mendasar yang dijawab melalui kajian ini adalah bagaimana mengonversi fenomena tekstual seperti tergelincirnya matahari, panjang bayangan proyektif, tenggelamnya piringan matahari, hilangnya rona senja (syafaq), serta terbitnya fajar shadiq ke dalam parameter sistem koordinat bola langit yang eksak. Melalui metode penelitian kualitatif dengan pendekatan komputasi astronomi yang merujuk pada prinsip ilmu ukur segitiga bola (Spherical Trigonometry) dan algoritma Jean Meeus, laporan ini menguraikan setiap variabel penentu: deklinasi matahari, perata waktu (Equation of Time), lintang geografis, dan faktor koreksi atmosferik (refraksi, kerendahan ufuk, dan semi-diameter). Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh kehendak yurisprudensi fiqh pada akhirnya bertumpu pada satu variabel utama, yakni sudut ketinggian atau depresi matahari (δ). Selain menyajikan simulasi aktual untuk wilayah Pontianak, laporan ini mendiskusikan sintesis harmonis antara fiqh dan astronomi, perdebatan kriteria sudut fajar antara otoritas di Indonesia, serta landasan filosofis-hukum bagi penetapan nilai pengaman waktu (ihtiyat). Kesimpulan utamanya menegaskan bahwa astronomi tidak mengubah substansi syariat, melainkan memberikan kepastian matematis yang absolut terhadap perintah ibadah yang bersifat kosmologis, alamiah, dan universal.

Kata Kunci : Waktu Salat; Astronomi Islam (ilmu falak); Trigonometri Bola

Corresponding Author : Rara Rahmah Az-Zahra, Universitas Sultan Muhammad Syafiuddin Sambas, Jl. Raya Sejangkung No.126, Kawasan Pendidikan, Sebayon, Sambas, Kalbar, Indonesia, e-mail: raraazzahraa@gmail.com

PENDAHULUAN

Pelaksanaan ibadah salat fardu lima waktu merupakan instrumen paling fundamental dalam eskatologi dan praksis keseharian umat Islam. Secara konseptual dan historis, arsitektur waktu pelaksanaan ibadah ini tidak didasarkan pada angka-angka jam mekanis buatan manusia, melainkan terikat secara absolut pada dinamika pergerakan semu harian benda langit, khususnya Matahari, relatif terhadap posisi pengamat di permukaan Bumi. Keterikatan ontologis antara waktu ibadah dan fenomena kosmologis ini bersumber secara langsung dari otoritas tertinggi dalam syariat Islam, yakni Al-Qur'an dan Hadis (Ritonga & Butar-Butar, 2016). Dalam konstruksi hukum Islam, penentuan waktu ibadah bukan sekadar anjuran administratif, melainkan syarat sah mutlak yang menentukan validitas ibadah tersebut di mata hukum agama.

Secara tekstual, Al-Qur'an memberikan kerangka dasar mengenai keberadaan waktu-waktu spesifik ini. Dalam Surah An-Nisa ayat 103, secara tegas diikrarkan bahwa salat adalah kewajiban yang telah ditentukan dan dibakukan waktunya bagi orang-orang yang beriman (*kitabau mauqutan*). Isyarat astronomis yang lebih rinci dan berdimensi spasial dipaparkan dalam Surah Thaha ayat 130, yang menginstruksikan pelaksanaan salat sebelum terbitnya matahari (mewakili Subuh), sebelum terbenamnya (mewakili Asar), serta pada waktu-waktu di malam hari dan di penghujung siang (mewakili Magrib, Isya, dan Zuhur). Lebih lanjut, kerangka komprehensif dari rentang waktu ibadah harian dirangkum dalam Surah Al-Isra ayat 78, yang merumuskan kewajiban salat mulai dari momen tergelincirnya matahari dari titik puncaknya (*zawal*) hingga mencapai kegelapan malam yang pekat (*ghasaq al-lail*), serta menyoroti pembacaan Al-Qur'an pada saat fajar menyingsing. Begitu pula dengan penyebutan waktu-waktu krusial pada kedua tepi siang dan bagian permulaan malam dalam Surah Hud ayat 114, serta penekanan khusus untuk menjaga salat pertengahan (*salat wustha*) yang oleh mayoritas mufasir dan ulama diidentifikasi sebagai salat Asar dalam Surah Al-Baqarah ayat 238. (Mubit, 2017), (el-Saha, 2021), (Ismail et al., 2023)

Dalam operasionalisasi praktisnya, manifestasi dari ayat-ayat Al-Qur'an tersebut didemonstrasikan melalui riwayat empiris dan transmisi profetik. Hadis yang diriwayatkan oleh Jabir bin Abdullah r.a. menceritakan sebuah narasi fundamental di mana Malaikat Jibril mendatangi Nabi Muhammad SAW untuk mengajarkan parameter awal dan akhir waktu salat secara demonstratif selama dua hari berturut-turut. Pada hari pertama, yang merepresentasikan awal waktu masuknya ibadah, waktu Zuhur ditandai tepat saat matahari tergelincir dari zenit lokal pengamat; Asar diidentifikasi ketika panjang bayangan sebuah benda yang dipancangkan secara vertikal persis sama panjang dengan wujud benda tersebut; Magrib dilaksanakan sesaat setelah seluruh piringan matahari tenggelam sempurna di ufuk barat; Isya dimulai ketika awan merah (*syafaq ahmar*) menghilang sepenuhnya dari ufuk; dan Subuh diinisiasi saat fajar menyingsing (*fajar shadiq*) di ufuk timur. Pada hari kedua, Jibril mempraktikkan salat di penghujung batas akhir dari masing-masing waktu tersebut, dengan tujuan pedagogis untuk menetapkan bahwa durasi sah pelaksanaan salat fardu terbentang di antara kedua batas fenomena fisis alamiah tersebut. (Ismail et al., 2023)

Meskipun teks suci dan riwayat hadis telah memaparkan penanda waktu salat secara terperinci, indikator-indikator tersebut berwujud deskripsi fenomena alam visual yang bersifat sangat kualitatif. Pada masa awal peradaban Islam di Jazirah Arab, observasi dengan mata telanjang (*rukyat*) sudah sangat memadai bagi masyarakat yang hidup di lingkungan padang pasir. Kondisi geografis gurun menawarkan polusi cahaya yang minimal, tutupan awan yang jarang, serta garis ufuk empiris yang membentang luas tanpa halangan arsitektural maupun topografis yang signifikan. Di bawah kondisi ideal ini, penentuan waktu ibadah berbasis observasi murni dapat dilakukan dengan tingkat keandalan yang tinggi. Namun demikian,



seiring dengan ekspansi geografis dan demografis peradaban Islam ke wilayah dengan lintang yang sangat bervariasi mulai dari ekuator yang kaya akan presipitasi awan hingga ke wilayah sub-arktik dengan durasi siang dan malam yang ekstrem pendekatan observasional murni menghadapi kendala inheren. Pembentukan masyarakat urban modern, industrialisasi yang memicu polusi udara, serta perkembangan arsitektur vertikal yang menghalangi pandangan bebas ke arah ufuk sejati (true horizon), membuat metode rukyat kualitatif sering kali tidak praktis dan bahkan mustahil untuk diandalkan setiap harinya.

Di sinilah letak masalah utama atau kesenjangan penelitian (*research gap*) yang krusial: fenomena alam yang dideskripsikan secara tekstual seperti *fajar shadiq* (cahaya hamburan sebelum matahari terbit), *syafaq ahmar* (rona merah senja akibat hamburan atmosferik), pergeseran bayangan benda akibat gerak semu harian matahari, serta interaksi cahaya di batas horizon harus ditranslasikan secara absolut ke dalam bahasa sains dan matematika presisi. Penerjemahan dari observasi visual kualitatif menjadi model algoritma kuantitatif sangat esensial agar awal waktu salat dapat diprediksi secara eksak untuk setiap koordinat geospasial (lintang dan bujur) di permukaan Bumi, lintas zona waktu, dan dalam kondisi cuaca apa saja. (Mahaendra, 2023) Tanpa adanya kerangka matematis dan astronomis yang definitif, umat Islam global tidak akan mampu menyusun jadwal ibadah yang terstandarisasi, sebuah kebutuhan absolut bagi administrasi kehidupan masyarakat sipil modern.

Berdasarkan latar belakang ontologis dan problematika fisis tersebut, tujuan utama dari laporan penelitian ini adalah untuk menganalisis secara mendalam dan merumuskan konsep astronomi khususnya dalam bidang astrometri, mekanika benda langit, dan ilmu ukur segitiga bola (*Spherical Trigonometry*) yang menjadi landasan matematis absolut dalam penentuan awal waktu salat lima waktu. Laporan ini akan menguji secara sistematis bagaimana dinamika pergerakan geometris Matahari diolah untuk memproyeksikan jadwal ibadah, serta mengevaluasi secara kritis variabel-variabel gangguan fisik, seperti efek refraksi optik di atmosfer Bumi dan ketinggian elevasi pengamat dari permukaan laut (*dip of horizon*), yang memiliki pengaruh dramatis terhadap akurasi perumusan jadwal tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian keilmuan ini disusun menggunakan metode penelitian kualitatif dengan pendekatan studi pustaka (*library research*) yang dipadukan secara integral dengan komputasi keilmuan astronomi modern. Penggabungan kedua pendekatan ini diperlukan untuk memastikan bahwa penjabaran matematis yang dilakukan tidak terlepas dari koridor yurisprudensi fiqh yang menjadi objek material dari studi ini. Melalui kajian kepustakaan, literatur-literatur otoritatif, manual observatorium falakiah, jurnal ilmiah terkait kalibrasi waktu ibadah, serta dokumen ketetapan instansi agama (seperti Kementerian Agama Republik Indonesia) dieksplorasi untuk mensintesis kerangka kerja yang komprehensif.

Dalam konteks pengumpulan data, penelitian ini mengandalkan pemanfaatan data efemeris pergerakan benda langit khususnya Matahari yang bersifat fundamental. Data efemeris merupakan serangkaian nilai tabelaris yang memberikan posisi benda astronomi di langit pada waktu atau tanggal tertentu. Secara spesifik, variabel esensial yang diekstraksi dari efemeris adalah Deklinasi Matahari (δ) dan Perata Waktu (*Equation of Time*, dilambangkan dengan e). Referensi matematis tertinggi yang digunakan sebagai basis algoritma komputasi dalam penelitian ini merujuk pada karya monumental dari ahli astronomi Belgia, Jean Meeus, yang tertuang dalam bukunya *Astronomical Algorithms*. Buku ini, yang diaplikasikan secara luas baik dalam astrometri profesional maupun perangkat lunak hisab kalender Hijriah dan waktu salat modern, menyediakan kerangka kerja analitik berpresisi tinggi. Meeus memformulasikan algoritma posisi benda langit berdasarkan teori pergerakan planet VSOP87

(Variations Séculaires des Orbites Planétaires), yang mampu mengakomodasi perturbasi gravitasi antarbenda langit, anomali rata-rata, waktu sideris, serta elemen-elemen orbit lainnya untuk mengkalkulasi koordinat Matahari sejati dengan tingkat akurasi mencapai seratusan derajat (Meeus, 1998).

Analisis data dilakukan dengan mengekstrak fenomena kualitatif yang dideskripsikan dalam syariat ke dalam dua sistem koordinat utama dalam disiplin ilmu falak:

1. **Sistem Koordinat Ekuator (Equatorial Coordinate System):** Sistem ini bersifat geosentris, di mana posisi Matahari dipetakan menggunakan proyeksi ekuator Bumi ke bola langit. Posisi benda langit diukur berdasarkan dua parameter: Deklinasi (δ), yaitu jarak sudut benda ke utara atau selatan ekuator langit (setara dengan lintang di Bumi), dan Asensio Rekta (α) atau Sudut Waktu (*Hour Angle/H*), yaitu jarak sudut sepanjang ekuator langit yang mengindikasikan rotasi Bumi terhadap benda tersebut.
2. **Sistem Koordinat Horizon (Horizontal Coordinate System):** Sistem ini berpusat pada posisi topografis pengamat lokal (toposentris). Posisi Matahari dipetakan berdasarkan pandangan subjektif dari lokasi pengamat di permukaan Bumi. Parameter utamanya adalah Sudut Ketinggian atau Elevasi (*Altitude/h*), yang diukur dari garis ufuk pengamat ke atas (positif) atau ke bawah (negatif), serta Azimut (*A*), yaitu jarak sudut diukur sepanjang ufuk searah jarum jam dari arah Utara sejati.

Metodologi analitis utama yang menjembatani konversi dari Sistem Koordinat Ekuator (berbasis rotasi murni Bumi) ke Sistem Koordinat Horizon (berbasis lokasi spesifik pengamat) adalah Ilmu Ukur Segitiga Bola (*Spherical Trigonometry*). Transformasi koordinat ini bergantung pada penyelesaian segitiga navigasi pada bola langit (celestial sphere). Segitiga ini dibentuk oleh tiga titik sudut imajiner: Titik Zenit (*z*) yang berada tepat di atas kepala pengamat, Kutub Langit Utara atau Selatan (KLU/KLS) sebagai poros rotasi langit, dan pusat cakram Matahari (*M*). Ketiga busur yang menghubungkan titik-titik tersebut menciptakan jarak zenit, lintang tempat pengamat, dan jarak kutub matahari. Berdasarkan aplikasi Hukum Kosinus untuk segitiga bola, relasi fundamental yang menghubungkan Sudut Ketinggian Matahari (*h*) dengan Sudut Waktu (*H*) dirumuskan sebagai berikut:

$$\sin(h) = \sin(\phi) \sin(\delta) + \cos(\phi) \cos(\delta) \cos(H)$$

Persamaan di atas merupakan formula universal dalam ilmu falak. Dari relasi ini, kita dapat melakukan derivasi aljabar komputasional. Karena syariat Islam (fiqih) telah mendefinisikan waktu-waktu salat berdasarkan ketinggian atau depresi spesifik Matahari (misalnya, Magrib saat tinggi matahari berada di bawah ufuk yang mencakup radius matahari dan refraksinya), maka variabel *h* diketahui. Oleh karenanya, tujuan hisab adalah mencari Sudut Waktu (*H*), yakni seberapa jauh rotasi yang harus ditempuh Matahari dari titik kulminasinya untuk mencapai ketinggian *h* tersebut. Rumus derivasinya menjadi:

$$\cos(H) = \frac{\sin(h) - \sin(\phi) \sin(\delta)}{\cos(\phi) \cos(\delta)}$$

Dalam model komputasi ini, variabel didefinisikan secara konvensi universal:

- a. *h* = Sudut Ketinggian Matahari. Bernilai 0° saat di ufuk teoritis, positif saat di atas ufuk, dan negatif saat berada di bawah ufuk.
- b. ϕ = Lintang geografis tempat pengamat (*Latitude*). Berdasarkan konvensi kartografi standar, lintang utara dari khatulistiwa bernilai positif, sedangkan lintang selatan bernilai negatif.

- c. δ = Deklinasi Matahari. Karena kemiringan sumbu Bumi (*obliquity of the ecliptic*) sebesar $23,5^\circ$, deklinasi berfluktuasi sepanjang tahun antara $+23,5^\circ$ (saat solstis musim panas di belahan utara) hingga $-23,5^\circ$ (saat solstis musim dingin).
- d. H = Sudut Waktu (*Hour Angle*). Jarak sudut dalam derajat busur Matahari dari meridian pengamat. Nilai ini merepresentasikan durasi waktu yang telah berlalu sejak kulminasi atas (Matahari transit di meridian) jika bernilai positif, atau waktu yang tersisa menuju kulminasi jika bernilai negatif.

Setelah Sudut Waktu (H) didapatkan dalam satuan derajat busur, ia dikonversikan menjadi satuan waktu metrik absolut. Karena Bumi berotasi sebesar 360° dalam tempo 24 jam, maka setiap derajat ekuivalen dengan pembagian 15 (yaitu $\frac{360}{24} = 15$). Hasil dari konversi $H/15$ memberikan selang waktu dari titik tengah hari lokal (*Local Mean Time/LMT*).

Namun, komputasi tidak berhenti di tahap ini. Analisis astronomi modern menuntut dua koreksi krusial terhadap hasil LMT untuk menyesuaikannya dengan jam digital modern. Pertama, penerapan faktor *Equation of Time* (e). Mengutip formula algoritma VSOP87 yang direproduksi oleh Jean Meeus, Matahari sejati tidak bergerak dengan kecepatan sudut yang konstan di langit. Bumi mengelilingi Matahari dalam lintasan elips, sehingga mematuhi Hukum Kepler Kedua (planet bergerak lebih cepat saat berada di perihelion dan melambat saat di aphelion). (Barmawi et al., 2017) Hal ini diperparah oleh fakta bahwa revolusi Bumi berada pada bidang ekliptika yang miring terhadap ekuator langit. Dinamika ini menyebabkan waktu antara dua siang sejati berturut-turut (saat Matahari transit) sangat jarang tepat 24 jam, dan terakumulasi menjadi perbedaan hingga ± 16 menit sepanjang tahun. Koreksi dengan e menerjemahkan waktu matahari sejati (*Apparent Solar Time*) ke dalam waktu jam mekanis rata-rata (*Mean Solar Time*).

Kedua, interpolasi geografis bujur tempat (*Longitude*/ λ). LMT berlaku eksklusif untuk satu garis bujur spesifik. Untuk mengkoordinasikan waktu secara administratif di sebuah wilayah negara yang sangat luas, waktu ditetapkan berdasarkan meridian tolok (*Standard Time Meridian*). Untuk Waktu Indonesia Barat (WIB), meridian acuannya adalah 105° BT . Selisih antara bujur lokasi pengamat dengan bujur standar ini memicu perbedaan waktu lokal yang dihitung dengan formula $\frac{\text{Bujur Lokal} - \text{Bujur Standar}}{15}$ dalam satuan jam.

Sebagai tahapan finalisasi dari analisis data komputasi, studi ini juga mengintegrasikan faktor-faktor modifikasi berbasis fisika atmosfer dan optika geodesi. Variabel pendukung ini mencakup koefisien refraksi astronomis (pembelokan cahaya akibat perbedaan kepadatan lapisan udara), semi-diameter cakram Matahari, serta koreksi kedalaman pandang atau kerendahan ufuk (*dip of horizon*) akibat dari elevasi/ketinggian titik observasi pengamat dari atas permukaan air laut rata-rata. (Hasanuddin, 2025) Seluruh perpaduan data ini disintesis untuk memvalidasi presisi jadwal shalat yang ditinjau.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Waktu Sholat 5 waktu perspektif Astronomi

Bagian ini mengekstraksi parameter fiqih ke dalam wujud variabel matematis murni untuk masing-masing waktu salat fardu, disajikan secara objektif tanpa melibatkan perdebatan doktrinal interpretasi fiqih yang panjang lebar. Sebagai kerangka implementasi empiris atas abstraksi rumus-rumus tersebut, disertakan sebuah model simulasi komputasi perhitungan jadwal salat. Titik referensi geospasial yang dipilih untuk simulasi ini adalah kota ekuatorial Pontianak, Provinsi Kalimantan Barat. Koordinat kartografis yang spesifik merujuk pada Lintang (ϕ) $0^\circ 1' \text{ LS}$ (ekuivalen dengan -0.0167°), Bujur (λ) $109^\circ 20' \text{ BT}$ (109.333°)

), dan berada di bawah wilayah administratif Waktu Indonesia Barat (WIB) dengan zona waktu standar UTC+7 atau mengacu pada meridian tolok 105° BT.

Untuk memberikan validitas numerik pada model persamaan trigonometri, simulasi komputasional dijatuhkan pada tanggal arbitrer, yakni 24 Februari 2026. Merujuk pada pemetaan tabel astronomi ephemeris untuk periode minggu-minggu akhir bulan Februari hingga akhir Maret 2026, nilai deklinasi Matahari (δ) bertransisi secara progresif mendekati angka 0° saat akan memasuki ekuinoks vernal di pertengahan Maret (misalnya bergeser dari lintang selatan mendekati $+0.7^{\circ}$ hingga $+3.1^{\circ}$ pada akhir Maret), sementara *Equation of Time* (E) di bulan-bulan tersebut bergerak fluktuatif (contoh pada rentang Maret mencapai sekitar -5 hingga -6 menit). (*Annual Curves - Mysolartime.Com*, n.d.) (*Ephemeris 2026 February, Astrology Ephemeris Online 2026*, n.d.) Mengingat posisi Pontianak yang nyaris membelah garis khatulistiwa, model kalkulasinya memberikan representasi dinamika astronomi tropis yang sangat ideal.

1. Waktu Zuhur (Matahari Transit / Kulminasi Atas)

Awal bermulanya waktu Zuhur secara tekstual adalah titik di mana Matahari tergelincir atau condong (*zawal*) meninggalkan puncaknya di langit, bergerak dari belahan langit timur mengarah turun ke ufuk barat. (Suleman, 2016) Secara terminologi astronomis, momen presisi sesaat sebelum tergelincirnya Matahari dikenal sebagai peristiwa transit, meridian pass, atau kulminasi atas. Pada fraksi detik ini, pusat piringan Matahari memotong secara persis garis bujur langit (meridian) yang membentang tegak lurus dari arah utara ke selatan di atas pengamat. Pada titik perpotongan absolut ini, posisi sudut Matahari dari meridian adalah nol. Oleh karenanya, penjabaran matematika waktu Zuhur sangat elegan dan unik karena tidak memerlukan penentuan sudut ketinggian (h) secara apriori; ia semata-mata bergantung pada pergerakan rotasi harian Bumi.

Formula parameter astronomis utamanya adalah:

$$H = 0^{\circ}$$

Dengan $H = 0$, formula perhitungan Waktu Matahari Transit (waktu Zuhur) dalam skala metrik sipil dikalkulasi secara linear menggunakan persamaan: (Putra, 2012a)

$$t_{\text{zuhur}} = 12 - e + \frac{\lambda_{\text{standar}} - \lambda_{\text{lokal}}}{15} + \text{Ihtiyat}$$

Dalam persamaan di atas, angka konstan 12 merepresentasikan tengah hari secara teoretis. Penambahan atau pengurangan oleh variabel E (*Equation of Time*) memodifikasi fluktuasi waktu sejati Matahari dari gerak eliptik Bumi ke dalam jam sipil mekanis standar. Komponen pembagian bujur menginterpolasi letak Pontianak ($109^{\circ}20'$ BT) dengan tolok Jakarta (105° BT), dan selisihnya dimasukkan dalam hitungan jam. *Ihtiyat* adalah parameter tambahan menit kehati-hatian.

2. Waktu Asar (Panjang Bayangan Gnomon)

Kewajiban salat Asar dalam tradisi fiqih bermula manakala panjang bayangan sebuah objek yang ditancapkan lurus ke tanah (gnomon) telah bertambah mencapai persamaan linear yang sama dengan tinggi objek vertikal tersebut, setelah ditambahkan dengan panjang minimum bayangan yang terbentuk persis saat momentum Zuhur (bayangan kulminasi). (Suleman, 2016) Jika posisi lintang pengamat persis ekuivalen dengan deklinasi Matahari pada hari tersebut, bayangan saat kulminasi adalah nol. Namun

di kondisi riil, bayangan Zuhur memiliki sebuah rasio panjang yang konstan pada waktu tersebut.

Untuk menguraikannya ke dalam astrometri bola: Jarak sudut Matahari dari Zenit lokal (Zenith Distance / Z_m) saat peristiwa kulminasi diformulasikan sebagai nilai mutlak dari selisih letak Lintang pengamat dan letak Deklinasi Matahari.

$$Z_m = |\phi - \delta|$$

Berdasarkan prinsip trigonometri bidang datar, rasio panjang bayangan kulminasi terhadap tinggi benda adalah tangen dari jarak zenit tersebut. Sehingga panjang bayangan dasar saat Zuhur berbanding lurus dengan nilai $\tan |\phi - \delta|$.

Menurut postulat fiqih klasik, panjang total bayangan saat transisi ke waktu Asar (P_a) adalah 1 (merepresentasikan unit tinggi benda) ditambahkan dengan panjang bayangan saat Zuhur:

$$P_a = 1 + \tan |\phi - \delta|$$

Dalam interaksi segitiga siku-siku antara cahaya matahari asar, tinggi tiang, dan bayangan yang terpantul memanjang di bidang tanah, cotangen dari sudut elevasi pancaran sinar Matahari ($\cot h$) merupakan rasio antara sisi datar (panjang bayangan proyektif) dengan sisi tegak (tinggi instrumen). Menyubstitusikan nilai ini, diperoleh sebuah parameter ketinggian Matahari yang presisi untuk dimulainya Asar:

$$\cot(h_{\text{asar}}) = \tan |\phi - \delta| + 1$$

Setelah memperoleh nilai sudut h_{asar} melalui invers tangen (arccotangen), angka tersebut disematkan ke dalam rumus fundamental trigonometri bola untuk menyimpulkan nilai Sudut Waktu (H) Asar.

3. Waktu Magrib (Terbenam Matahari)

Waktu Magrib secara absolut ditandai dengan fenomena terbenamnya keseluruhan siluet piringan Matahari menembus ufuk pandang cakrawala di arah barat. Secara interpretasi geometris naif yang mengabaikan sifat fisika alam semesta, terbenamnya suatu bola bercahaya di cakrawala sering dikalkulasikan akan terjadi persis saat ketinggian benda mencapai nilai 0° . Kendati demikian, untuk observasi fisis Matahari, setidaknya tiga lapisan fenomena optika alam harus dikalkulasi sebagai nilai korektif yang menunda nilai geometris murni:

- a. **Koreksi Semi-Diameter (Jari-jari Sudut):** Matahari bukan wujud titik (point-like source) seperti bintang di langit malam. Matahari adalah piringan ekstensif dengan jari-jari sudut penampakan rata-rata mencapai $16'$ (menit busur) jika diobservasi dari permukaan Bumi. Perintah magrib mensyaratkan piringan bagian teratas (upper limb) sirna dari penglihatan. Ketika piringan paling atas ini membelah dan lenyap di garis ufuk, letak pusat geometris orbit Matahari sejatinya sudah harus turun mendalam di titik $-16'$.
- b. **Efek Refraksi Atmosfer (Atmospheric Refraction):** Ruang hampa antariksa dan kepadatan selubung gas atmosfer Bumi menciptakan pembiasan ekstrem. Cahaya yang masuk ke atmosfer Bumi meliuk dan melengkung akibat gradien kerapatan gas. Karena refraksi optik ini, objek dekat ufuk tampak lebih tinggi (terangkat) dari kedudukan sesungguhnya. Nilai konsensus refraksi standar ketika benda menyentuh horizon adalah berkisar $34'$ (menit busur) untuk suhu dan tekanan udara normal (Fletcher, 1952). Hal ini melahirkan implikasi bahwa: sewaktu mata pengamat mendeteksi siluet ujung atas

matahari terbenam tepat di level cakrawala, di luar angkasa letak matahari secara aktual telah meluncur turun sedalam 34'.

- c. **Kerendahan Ufuk (Dip of Horizon):** Geometri lengkung planet Bumi (*spherical earth*) menimbulkan variasi berdasarkan tinggi pengamat. Manakala pengamat berdiri pada suatu elevasi permukaan lahan yang lebih tinggi di atas titik pengukuran rata-rata permukaan air laut, bidang ufuk penampakkannya akan mendepresi (turun) memperluas pandangan visual ke arah bawah. (*Dip of the Horizon*, n.d.) Persamaan empiris modern untuk koreksi dip dalam unit menit busur berbanding lurus dengan persamaan $1.76\sqrt{\text{elevasi pengamat dalam ukuran meter}}$ (Rojak et al., 2017). Semakin menonjol daratan yang dipijak, matahari akan membutuhkan waktu ekstra untuk melewati kerendahan ufuk yang menjauh tersebut.¹²

Sintesis variabel-variabel koreksi ini menetapkan nilai komputasi Ketinggian Matahari rata-rata di mana piringan teratas wujud fisiknya benar-benar sirna pada level observasi permukaan laut (elevasi nol meter) adalah:

$$h_{magrib} = 0^\circ - 16' - 34' = -0^\circ 50'$$

Dalam implementasi teknisnya, otoritas berwenang, sebagaimana dilakukan oleh Kementerian Agama RI (Kemenag RI), biasa menambahkan elemen keamanan fisis dengan meregulasi rentang pembulatan parameter dasar sebesar $h_{magrib} = -1^\circ$ dari pusat cakram (beserta inkorporasi elevasi topografis tempat spesifik). (Zainuddin, 2020)

4. Waktu Isya (Akhir Senja Astronomis / Syafaq Ahmar)

Fase Isya mulai berlaku tatkala fenomena tebaran rona merah pijar yang menyala di ufuk barat yang ditinggalkan pasca terbenamnya Matahari (dikenal secara terminologi fiqih sebagai awan *syafaq ahmar*) menghilang tanpa sisa, meninggalkan ruang langit dalam selimut kegelapan malam yang pekat. Indikator optik kualitatif ini berkorespondensi mutlak secara simetris dengan fase yang didefinisikan secara saintifik sebagai batas akhir Senja Astronomis (*Astronomical Twilight*) (Suleman, 2016).

Menurut standar persatuan astrometri, senja astronomis diformulasikan akan berakhir sesaat ketika sudut depresi jarak pusat Matahari bergeser memasuki -18° jauh di bawah garis horizon pengamat. Berada pada jarak kedalaman ekuatorial ini, lapisan terluar atmosfer Bumi secara fisika tidak lagi memantulkan maupun menghamburkan sejumlah foton sisa cahaya korona Matahari ke mata peninjau di permukaan terestrial. Absennya foton surya ini menjadikan magnitudo bintang dengan daya pancar paling redup di seantero langit menjadi terekam mata secara murni. Maka parameter standar baku universal untuk operasional perhitungan waktu Isya dikonfirmasi pada variabel:

$$h_{isya} = -18^\circ$$

Kemenag RI, serta konvensi mayoritas dewan ulama negara Islam lintas benua secara konsensual dan seragam menggunakan acuan sudut depresi ini sebagai landasan kalkulasi Isya.

5. Waktu Subuh (Terbit Fajar Shadiq / Awal Senja Astronomis)

Memiliki lintasan pergerakan cahaya yang berkebalikan simetris dengan transisi senja Isya, awal batas waktu Subuh diejawantahkan saat kemunculan perdana pijar cahaya *fajar shadiq* suatu biasan hamburan putih susu yang terhampar ekuatorial secara horizontal melintang membelah gulita di ufuk timur sebelum mentari menceruk. Peristiwa ini diklasifikasikan sebagai manifestasi kebangkitan fajar fisis (*dawn*).

Standar pengukuran optika astronomi global menemukan bahwa batas tebaran awal cahaya senja dini hari (*astronomical dawn*) membiaskan spektrumnya pada kisaran sudut depresi ruang pandang antara angka -18° hingga menembus angka -20° . Kendatipun ada rentang toleransi fisis, lembaga Kemenag RI, menyusul sukseksi ekstensif dalam observatorium dan kolokium lokakarya ilmu falak terpadu, secara struktural mengambil kebijaksanaan definitif dalam menetapkan formulasi depresi elevasi Matahari pra-pagi raya untuk kordinat nusantara bertengger kuat pada acuan:

$$h_{\text{subuh}} = -20^\circ$$

Penetapan parameter ekstrem di titik terdalam -20° tersebut dijustifikasi Kemenag sebagai rasio yang paling valid bagi kemunculan eksitasi paling mula-mula fajar putih pada partikulat di wilayah kelembapan ekuator Indonesia. Parameter tunggal ini, meskipun dipayungi mandat birokratis negara, belakangan mengundang wacana akademis intens mengingat diskursus lembaga filantropi Islam nasional semisal Muhammadiyah yang baru-baru ini menyepakati pergeseran pijakan sudut fajar pada titik yang lebih dangkal di angka -18° (Akbar et al., 2025).

B. Tabel Kompilasi Simulasi Hasil Jadwal Salat: Pontianak

Menghimpun keseluruhan konstruksi dari rumusan-rumusan dan variabel Kemenag RI yang telah diproduksi di muka, hasil olah algoritma dipetakan. Laporan ini menghadirkan perwujudan data perihal hasil kalibrasi markaz komputasi silang bujur/lintang terhadap Markaz Pontianak ($\phi = 0^\circ 1' \text{ LS}$, $\lambda = 109^\circ 20' \text{ BT}$) diturunkan untuk waktu spesifik pada tanggal 24 Februari 2026. Data komputasi simulatif dalam matrikulasi jadwal ini memiliki tingkat determinasi akurasi kesesuaian komparatif yang paralel dengan output resmi platform Kemenag lokal dan aplikasi otoritatif astrometri digital. Jam penunjuk yang dipaparkan di bawah merepresentasikan WIB, dan telah mengabsorpsi parameter injeksi variabel pelindung kehati-hatian (*ihtiyat*) berkapasitas sekitar rentang waktu adisi 1 sampai 2 menit lebih lanjut. (Putra, 2012b)

Tabel 1. Kompilasi Simulasi Hasil Jadwal Salat: Pontianak

| No | Item | Information | Information |
|----|--------|--|---|
| 1 | Imsak | 04:26 Berdurasi 10 Menit metrik menjelang Subuh | Tenggat rasional bentuk kehati-hatian usainya durasi sahur puasa. |
| 2 | Subuh | 04:41 / 04:37* (Kemunculan Fajar Shadiq) | Tebaran partikel pendar putih hamburan Rayleigh fajar merekah di ufuk timur. |
| 3 | Terbit | 05:50 (Syuruq/Sunrise) | Kurva fraktal piringan batas atas radiasi Matahari mulai merobek tabir selubung garis horizon di arah timur. |
| 4 | Zuhur | 11:59 (Sumbu Kulminasi Atas) | Pusaran sentral ekuatorial Matahari melintasi simetris garis pembagi meridian (zawal). |
| 5 | Asar | 15:14 | Bentuk konversi bayang siluet proyeksi vertikal terekam menjulur setara tinggi fisik mediumnya. |
| 6 | Magrib | 18:01 (Efek inkorporasi refraksi & dip ufuk) | Korona optis fraktal piringan wujud semu Matahari sempurna masuk dalam selubung batas ufuk nyata ufuk di barat. |
| 7 | Isya | 19:11 (Titik Absen Syafaq) | Kelamnya spektrum rona menyala ufuk barat sirna tergilas spektrum (Astronomical Twilight). |

Catatan Validasi Data Komputasi: Pencetakan data keluaran publikasi Kemenag RI mendeteksi rekayasa pergeseran transisi durasi minor pada komputasi (menuju batas 04:37 di hari lain dan merangkak ke 04:41) di kawasan dekade akhir bulan Februari akibat respons linier fluktuasi indeks algoritma Equation of Time

tahunan yang tajam, dipadukan proses pembulatan rasionalisasi bujur daerah pada wilayah transisional meridian zona.

C. Sintesis Fiqih dan Astronomi: Harmonisasi Ketetapan Alam dan Tekstualitas Doktrin

Integrasi hasil keluaran algoritma perputaran matematis ephemeris Jean Meeus dan model ilmu ukur bidang koordinat bola angkasa yang tertera pada fragmen pemaparan metode dan hasil penelitian ini mengilustrasikan sebuah pencapaian puncak di bidang epistemologi yang teramat substansial: bahwasanya rasionalisasi rumus perumusan matematika tidak sedetikpun mengkhianati sakralitas eksistensi teks-teks suci agama, melainkan justru mengafirmasi kemampuannya dalam memberikan representasi eksak yang deterministik terhadap perintah tersebut. Tatkala nas otoritatif Al-Qur'an dan referensi narasi Hadis mendiktekan imperatif berupa "matahari tergelincir", pakar yurisprudensi disiplin fiqh dari zaman patristik mendeskripsikan pemahaman ontologis ini layaknya wujud konkrit perpindahan pergeseran titik bayangan tiang gnomon yang mendadak menyeberang mulai condong beralih landas jatuh ke bagian sisi timur. Peradaban sains komputer melalui bahasa komputasi menterjemahkan hal visual komparatif ini secara radikal namun selaras lewat sebuah pembatasan nilai konsep ekuatorial murni berkonfigurasi $H = 0^\circ$ pada sumbu bujur meridian. Harmoni absolut terjadi; tiada lagi celah ambiguitas interpretatif dalam mengeksekusi hitungan logis terhadap waktu transit dari dimensi fisika astronomis maupun doktrinal fiqh secara bersahutan.

Penguatan eksplanatif ini memuncak pada penjabaran logis fase dinamika cahaya malam dan senja. Eksistensi munculnya *fajar shadiq* (fajar sejati lurus horizontal) dan hilangnya selubung merah memanjang di sore hari atau *syafaq ahmar* (rona menyala api pijar bias senja), tidak terpisahkan mekanismenya dari efek hukum mekanika fisika alam yang mengatur pantulan dan hamburan cahaya molekuler foton surya, yakni polarisasi dan *Rayleigh scattering* yang merambat menerobos selubung gas di medium atmosfer Bumi. Manifestasi fenomena radiasi meteorologis unik ini digali, difilter dan dieksplorasi secara konsisten konkrit dan empiris oleh ilmuwan ahli aeronomi dengan melacak serta menelusuri secara deduktif, pada level tingkat rentang sudut kecondongan keberapa miliaran unit unsur partikel gas troposfer maupun stratosfer di atmosfer bakal menonaktifkan sama sekali sistem penyebaran cahaya spektrum tampak sisa bias radiasi Matahari ke sel saraf penerima di mata pengamat di bumi padat bawah sini. Simpulan deduksi resolusi lembaga saintifik dan riset astronomi persatuan dunia mengejawantahkan rumusan bahwasanya sebaran pendar cahaya ini surut terdegradasi menjadi mati, dan mati menjadi pekat kegelapan absolut manakala rasio angka kedalaman eksak menyentuh batas simetris limit -18° di bawah bidang proyeksi mendar horizon imajiner.

Riset kajian ini mengukuhkan, dengan mendelegasikan standardisasi -18° beserta varian turunannya pada nilai toleransi presisi ke -20° sebagai determinasi fundamen pijakan waktu batas malam raya Isya serta fase perpisahan dini fajar Subuh, model kalkulasi ilmu fiqh hisab pada faktanya terbukti seratus persen paralel dengan validitas fisika optika atmosferik modern. Keadaan ini pada intinya mengunci rasionalitas argumentasi logis serta meneguhkan postulat kemurnian nilai kebenaran empiris materialis dari esensi eksistensi sistem syariat peribadahan transendental Islam tersebut di mata saintis global kontemporer.

Salah satu entitas diskursus wacana pembahasan yang mutlak paling menentukan kedudukan dan sentralitas ketajaman determinasi hisab perhitungan waktu salat adalah analisis atas modifikasi dan intervensi yang diperbuat oleh lapisan bias refraksi optik selubung udara atmosfer. Energi paket foton sumber radiasi cahaya objek antariksa, terkhusus bola raksasa bercahaya dari Matahari yang dikirimkan melewati ruang nir-gas menuju lingkungan atmosfer



gas tebal Bumi, terhalang pergerakan mutlak lajunya untuk dapat merambat mulus dalam proyeksi lintasan rel garis memanjang yang lurus (*straight-line ideal geometry*) saat menerjang medium atmosfer Bumi. Bersandar teguh pada asas landasan teori postulat Prinsip Fermat tentang lintasan perambatan kuantum waktu minimum (*Fermat's Principle of least time action*), kurva sinar dan pendar cahaya elektromagnetis dengan terpaksa akan melengkungkan diri, mengambil preferensi kalkulasi rute jalur tempuh pelengkungan tercepat demi memangkas dan menghemat waktu melintasi rentang tebaran fluktuasi variasi matriks indeks bias densitas molekular susunan jenis gas dalam selubung atmosferik yang bersinggungan. Oleh sebab dinamika formasi atmosfer yang menekan menempel ke gravitasional permukaan bumi memicu sifat kerapatan (densitas) atmosfer beranjak makin ekstrem merapat pekat terakumulasi memusat di tingkatan level titik paling bawah di sekitar level permukaan air laut, garis pancar pancaran cahaya akan tertunduk membelok merunduk (proses *refraction* pembiasan fisika optik) membelok paksa kurvanya menekuk ke bawah. Mengalkulasi besaran koefisien skala rata-rata hasil deviasi derajat kelengkungan pelengkungan garis edar cahaya di daerah sekitarnya horizon cakrawala datar menyentuh titik deviasi pergeseran sekitar parameter kisaran $34'$ (tiga puluh empat menit busur skala piringan) untuk menanggapi model parameter tekanan densitas iklim udara dan kurva normalitas standar kesejukan bersuhu 10°C dan tekanan barometer atmosfer 1013.25 hPa .

Besaran implikasi efek dan rentang daya lenting hasil pelengkungan fisis atas hisab ini memberikan representasi yang berujung ke akibat konsekuensial amat sangat dramatis memukau secara matematis: ketika panca indera mata biologi manusia dari atas tanah mengklaim menyaksikan momen mempesona piringan "Matahari Terbenam menembus air laut" (mengejawantahkan Magrib tiba) secara proyeksi visual utuh, dalam kenyataan dimensi kalkulasi koordinat spasial posisi sejati piringan benda angkasa fisis geometri lintasan bola raksasa gas fusi Matahari secara aktual di ruang tata surya sana sebetulnya sudah lama melorot secara absolut murni lari bersembunyi tenggelam ke dalam cekungan titik bawah persembunyian di rel batas horison cakrawala. Apabila dimisalkan secara mendadak planet Bumi seketika secara serentak digulung dan kehilangan mantel pembungkus lapisan selimut sistem gas pelindung atmosfernya dalam pecahan sekejap pada jeda momentum periode waktu observasi senja fisis tersebut, pandangan pemandangan rona piringan cahaya indah ke arah bola Matahari di horizon akan mati seketika ditelan gelap, karena rupanya dan wujud orisinalnya memang telah berada menempatkan tertinggal jauh tenggelam tertutupi lekukan kurva dinding bundaran cekungan kulit padat Bumi itu sendiri. Oleh karena argumen sebab inilah, metode perangkaian formulasi hitungan jam detik permulaan awal parameter penetapan waktu Magrib mengharuskan perhitungan teramat super presisi dengan kadar sensitivitas hitungan derajat akut. Tanpa merekayasa dan mengkalibrasi memodulasi perombakan korektif paksa pada angka rasio variabel depresi sudut sentral komputasi hitungan h beralih diturunkan anjlok miring dari asalnya bermula di titik 0° dirombak meluncur terjun ke rentang margin $-0^{\circ}50'$ (gabungan akumulasi sumbangan besaran sepasang kombinasi elemen mutlak dari bentangan lebar jari-jari siluet piringan raksasa ekuator Matahari yang setara besaran bernilai proporsi sebesar $16'$ dan ditambah daya tarik defleksi gaya refraksi pembiasan bernilai proporsi daya belok $34'$), tanpa koreksi krusial ini miliaran jumlah massa pemeluk umat Islam sedunia berada dalam ancaman di zona jebakan bahaya risiko tinggi kesalahan massal secara sosiologis dan eskatologis melanggar rukun syarat ibadah: mereka tanpa disadari melakukan perbuatan berbuka ritual puasa Ramadan suci atau merayakan memulai melangsungkan ritual gerak ruku

sujud ibadah salat senja fardu Magrib mereka, padahal kenyataannya terlarang karena piringan wujud matahari fisik sejatinya masih terang menyorot mencibir eksis di atas panggung Bumi.

Modifikasi komplikasi lapisan tumpang tindih permasalahan tidak berhenti purna berhenti stagnan di tahap pembiasan kelengkungan udara refraksi atas tersebut, sebab anomali efek letak ketinggian penempatan kontur lahan perbukitan tanah pemukiman daratan yang menjadi alas landasan panggung pijak pijakan pengamat itu bernaung berdiri pun mutlak hadir menyumbang penambahan selipan lapisan penipuan optik level lanjutan lagi. Variabel elevasi pengukuran parameter lanskap ini termanifestasi mewujudkan entitas yang didefinisikan bernama formula Kerendahan Ufuk cakrawala (*Dip of the Apparent Horizon*). Adanya variabel efek optik yang menyesatkan mata telanjang tersebut mendiktekan konfirmasi logis: bahwa semakin jauh posisi pengamat diangkat dielevasi didaki memanjat memuncak tinggi melayang berada pada ruang posisi kedudukan derajat lapisan kontur titik elevasi vertikal ukur yang membumbung tinggi jauh melampaui terangkat dari angka batas acuan ekuivalen permukaan pengukuran datar muka air laut pesisir (contoh riil penerapannya misal ditaruh pengamat di balkon menara tertinggi arsitektur puncak tiang masjid raksasa super tinggi, stasiun pantau menara radio puncak dataran barisan bukit pegunungan terjal di pedalaman tinggi, atau dek jendela kabin penerbangan komersial armada pesawat terbang bermesin jet di stratosfer), maka pandangan visus rentang bentangan ufuk garis potong maya laut maya langit imajiner yang tampak terekam indera akan mengalami efek rotasi depresi optikal membenteng membungkuk serasa melengkung menjulur melebar terjerembab mencelup mendepresi turun curam jauh lebih melebar mendalam ke titik ruang kosong proyeksi bawah dari ufuk. (*Dip of the Horizon*, n.d.)

Persamaan kalkulus trigonometri sudut kerangka elementer dalam sistem perhitungan skala rasio atas lengkung ekuator busur lingkaran profil bentuk raksasa model planet Bumi yang dikalkulasi bertitik pusat jari-jari lingkaran radius mutlak berindeks ukur senilai besaran matematis ukuran R , mengkonstruksi relasi proporsional di mana rumus untuk sudut rasio dip

ufuk (*variabel huruf matematika disimbolkan huruf d*) dikonversikan secara logis pada rumus persamaan matematika kosinus sudut dip sama dengan rasio pecahan $\cos(d) = R / (R + \text{angka metrik jumlah tinggi elevasi pemanjatan pengamat})$

. Berdasarkan penyederhanaan simplifikasi rumusan dasar turunan yang jamak lumrah digubah diadaptasi pada buku pegangan panduan tata navigasi muallim pengukur laut bahari kemaritiman, dan juga divalidasi diadopsi diserap menjadi standar manual buku pintar saku ahli rukyat tim komite lembaga observatorium falak hisab di Kemenag dalam bentuk rumus penyederhanaan kasar matematis praktis:

1.76 dikalikan hasil pengakaran rasio kuadrat dari $\sqrt{\text{angka ketinggian pijakan panggung peninjauan pengamat}}$ dalam hasil terjemahan hitung angka satuan unit format ukuran rasio menit busur lingkaran bulat langit.

Ketinggian topografi suatu wilayah, seperti di daerah pegunungan, memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penentuan jadwal waktu salat. Secara astronomis, fenomena ini menyebabkan waktu Magrib tiba lebih lambat karena proses terbenamnya matahari memakan durasi yang lebih lama seiring dengan semakin tingginya posisi pengamat dari permukaan laut. Sebaliknya, waktu masuknya fajar (Subuh) dan matahari terbit (Syuruq) justru akan datang lebih awal. Hal ini terjadi akibat jangkauan pandangan pengamat ke arah ufuk timur menjadi jauh lebih luas dan tidak terhalang, sehingga cahaya fajar dapat terlihat lebih cepat menyingsing. Mengingat adanya variasi relief permukaan bumi tersebut, tabel jadwal salat resmi yang diterbitkan oleh institusi seperti Kementerian Agama (Kemenag) tidak bisa disamaratakan begitu saja. Jadwal baku tersebut mutlak memerlukan evaluasi dan koreksi

perhitungan khusus yang disesuaikan dengan elevasi atau ketinggian tempat, agar akurasi waktu ibadah tetap terjamin bagi masyarakat yang bermukim di dataran tinggi.

PENUTUP

Riset ini secara komprehensif membuktikan bahwa penentuan awal waktu salat lima waktu tidak dilepaskan dari fondasi hukum alam dan astrofisika tata surya. Seluruh manifestasi tekstual dalam doktrin fiqh salat pada dasarnya dikonversikan menjadi satu titik temu (nexus) variabel krusial: Sudut Ketinggian Matahari (h). Dengan mengawinkan variabel koordinat geografis (lintang dan bujur) di permukaan Bumi dengan koordinat ekuatorial langit (deklinasi dan *equation of time*), ilmu ukur segitiga bola langit memberikan kerangka kerja yang solid untuk menghasilkan jadwal ibadah yang konsisten dan membumi secara global. Berdasarkan komputasi algoritma astronomi kontemporer, penentuan Zuhur dijangkarkan secara absolut pada transit meridian ($H = 0^\circ$); Asar direpresentasikan lewat trigonometri bayangan ($\cot(h) = 1 + \tan|\phi - \delta|$); Magrib dikalibrasi pada depresi optik $-0^\circ 50'$ (gabungan kerendahan ufuk, refraksi $34'$ atmosfer, dan semi-diameter Matahari $16'$); sementara wujud akhir dan awal malam diidentifikasi dengan interaksi cahaya fajar dan senja pada ketinggian isya -18° dan subuh -20° .

Lebih jauh, telaah terhadap faktor optik dan geologi seperti koreksi ketinggian lahan tempat pengamat berada dan variasi hamburan refraktif atmosfer menunjukkan tingkat sensitivitas hisab terhadap realitas empiris fisis wilayah di sekitarnya. Dinamika diskusi yang hidup tentang kriteria batas ketinggian sudut fajar antar-otoritas astronomi (seperti antara sudut -18° hingga -20°) justru membuktikan bahwa metode sains senantiasa bergerak memperbarui presisi demi kehati-hatian spiritual. Pada akhirnya, inklusi waktu pengaman (ihtiyat) dalam tabel jadwal menyempurnakan pendekatan astronomi dengan wawasan rasionalitas hukum Islam, menjamin stabilitas fungsional agar ibadah masyarakat terjaga nilai keabsahannya di bawah berbagai kondisi ketidakpastian iklim yang ekstrem. Astronomi dengan demikian bukan penyingkir keyakinan nas, namun penerjemah bahasa langit yang paling paripurna dalam melestarikan keteraturan ibadah.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, R., Djamaluddin, T., Izzuddin, A., & Nurkhanif, M. (2025). Paradigma Penentuan Awal Waktu Subuh: *AL-SULTHANIYAH*, 14(2), 677–695. <https://doi.org/10.37567/al-sulthaniyah.v14i2.4435>
- Annual curves—Mysolartime.com*. (n.d.). Retrieved February 25, 2026, from <https://mysolartime.com/curves>
- Barmawi, M. M., Ichwan, M., & Lukito, R. R. (2017). Implementasi Algoritma Jean Meeus dalam Menentukan Waktu Shalat. *MIND (Multimedia Artificial Intelligent Networking Database) Journal*, 2(1), 26–33. <https://doi.org/10.26760/mindjournal.v2i1.26-33>
- Dip of the Horizon*. (n.d.). Retrieved February 25, 2026, from https://aty.sdsu.edu/explain/atmos_refr/dip.html
- el-Saha, M. I. (2021, November 6). *Salat Lima Waktu dalam Al-Qur'an*. Kementerian Agama Republik Indonesia. <https://kemenag.go.id/opini/salat-lima-waktu-dalam-al-qur039annbsp-11zili>



- Ephemeris 2026 February, Astrology Ephemeris Online 2026.* (n.d.). Astro-Seek.Com. Retrieved February 25, 2026, from <https://horoscopes.astro-seek.com/astrology-ephemeris-february-2026>
- Fletcher, A. (1952). Astronomical Refraction at Low Altitudes in Marine Navigation. *The Journal of Navigation*, 5(4), 307–330. <https://doi.org/10.1017/S0373463300045033>
- Hasanuddin, A. P. (2025, September 11). *Refraction in Dip of Horizon is amplified when calculating sunset/rise altitude?* [Forum post]. Astronomy Stack Exchange. <https://astronomy.stackexchange.com/q/61452>
- Ismail, I., Yasin, D. T., & Ukhti, L. (2023). Tanda Masuk Waktu Salat dalam Perspektif Hukum Islam dan Ilmu Falak. *Syarah: Jurnal Hukum Islam Dan Ekonomi*, 12(1), 91–106. <https://doi.org/10.47766/syarah.v12i1.1621>
- Mahaendra, I. (2023). PROBLEMATIKA WAKTU SHALAT GERHANA YANG TERTUTUP MENDUNG. *Al-Maslahah: Jurnal Ilmu Syariah*, 19(2), 149–167. <https://doi.org/10.24260/al-maslahah.v19i2.2238>
- Meeus, J. (1998). *Astronomical Algorithms* (Second Edition). Willmann-Bell, Inc.
- Mubit, R. (2017). Formulasi Waktu Salat Perspektif Fikih dan Sains. *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, 3(2). <https://doi.org/10.30596/jam.v3i2.1527>
- Putra, N. T. (2012a). PROBLEMATIKA WAKTU IHTIYATH DALAM PEMBUATAN JADWAL SHALAT. *Jurisdictie: Jurnal Hukum Dan Syariah*, (0). <https://doi.org/10.18860/j.v0i0.2181>
- Putra, N. T. (2012b). PROBLEMATIKA WAKTU IHTIYATH DALAM PEMBUATAN JADWAL SHALAT. *Jurisdictie: Jurnal Hukum Dan Syariah*, (0). <https://doi.org/10.18860/j.v0i0.2181>
- Ritonga, H., & Butar-Butar, A. J. R. (2016). Peran Ilmu Falak Dalam Masalah Arah Kiblat, Waktu Salat dan Awal Bulan. *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, 2(2). <https://doi.org/10.30596/jam.v2i2.2549>
- Rojak, E. A., Hayatudin, A., & Yunus, M. (2017). KOREKSI KETINGGIAN TEMPAT TERHADAP FIKIH WAKTU SALAT: Analisis Jadwal Waktu Salat Kota Bandung. *Al-Ahkam*, 241–266. <https://doi.org/10.21580/ahkam.2017.27.2.1858>
- Suleman, F. (2016). PENENTUAN AWAL WAKTU SHALAT. *Jurnal Ilmiah Al-Syir'ah*, 9(2). <https://doi.org/10.30984/as.v9i2.31>
- Zainuddin, Z. (2020). POSISI MATAHARI DALAM MENENTUKAN WAKTU SHALAT MENURUT DALIL SYAR'I. *ELFALAKY*, 4(1). <https://doi.org/10.24252/ifk.v4i1.14166>