

Paradigma Penentuan Awal Waktu Subuh: Tinjauan Fikih dan Ilmu Falak

Reza Akbar^{1*}, Thomas Djamaluddin², Ahmad Izzuddin³, Muhammad Nurkhanif⁴

¹Universitas Sultan Muhammad Syafiuddin Sambas

²Badan Riset dan Inovasi Nasional

^{3,4} UIN Walisongo, Semarang

* Corresponding author's e-mail: rezabimbelaplus@gmail.com

ABSTRACT

Determining the Beginning of Fajr Time is an important issue that requires synergy between scientific and shar'ī approaches. The fajr ṣādiq (true dawn) as the indicator marking the beginning of Fajr time has become the main focus of various astronomical studies and fiqh discussions. However, the criteria for determining Fajr time remain a matter of debate to this day. This study employs a qualitative-descriptive approach through library research to reconstruct the paradigm of dawn observation based on the integration of astronomy (*‘ilm al-falak*) and Islamic jurisprudence (*fiqh*). The findings show that the paradigm for determining the beginning of Fajr time is grounded in identifying the earliest, most accurate, and objective appearance of the fajr ṣādiq. The analogical approach to determining the beginning of the Hijri month reinforces the scientific principle of dawn observation, namely the use of the lowest threshold criterion in identifying the first astronomical phenomenon that signifies a change in time. The application of this principle, as adopted by LF PBNU, reflects a shared paradigm between science and fiqh in affirming the boundaries of worship times both empirically and normatively.

Keywords: paradigm, fajr time, fiqh, *‘ilm al-falak*

ABSTRAK

Penentuan awal waktu Subuh merupakan isu penting yang memerlukan sinergi antara pendekatan ilmiah dan syar'ī. Fajar ṣādiq sebagai penanda dimulainya waktu Subuh menjadi fokus utama dalam berbagai penelitian astronomis dan kajian fikih. Namun, hingga saat ini kriteria waktu Subuh masih dalam perdebatan. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif-deskriptif melalui studi kepustakaan untuk merekonstruksi paradigma observasi fajar berdasarkan integrasi ilmu falak dan fikih. Hasil kajian menunjukkan bahwa paradigma dalam penentuan awal waktu Subuh didasarkan pada kemunculan fajar ṣādiq paling awal, akurat, dan objektif. Pendekatan analogis dengan penentuan awal bulan hijriah memperkuat prinsip ilmiah observasi fajar, yaitu penggunaan kriteria batas terendah dalam menetapkan fenomena astronomis pertama yang menandai perubahan waktu. Penerapan prinsip ini, sebagaimana dilakukan oleh LF PBNU, mencerminkan kesamaan paradigma antara sains dan fikih dalam menegaskan batas waktu ibadah secara empiris dan normatif.

Kata Kunci: paradigma, waktu subuh, fikih, ilmu falak

PENDAHULUAN

Penentuan awal waktu salat merupakan salah satu aspek penting dalam fikih ibadah yang memiliki landasan kuat dalam al-Qur'an dan hadis. Setiap waktu salat ditetapkan berdasarkan fenomena astronomis tertentu, seperti terbenamnya matahari untuk salat Magrib, dan munculnya fajar *ṣādiq* untuk salat Subuh (Jayusman, 2012). Secara teoretis, waktu Subuh dimulai sejak terbitnya fajar *ṣādiq*, yakni ketika cahaya putih horizontal muncul secara horizontal di ufuk timur (Reza et al., 2023a). Adapun intensitas cahaya fajar *kāzib* meningkat secara perlahan seiring waktu, namun tidak pernah mencapai kecerahan seperti fajar *ṣādiq*. Ketika fajar *ṣādiq* terbit, cahaya keduanya saling bertumpang tindih (Setyanto, 2021a). Dengan demikian, penentuan waktu Subuh bukan hanya persoalan ibadah ritual, tetapi juga persoalan ilmiah yang berkaitan erat dengan observasi astronomis.

Namun, dalam praktiknya, perbedaan terhadap batas munculnya fajar *ṣādiq* memunculkan problem akademis dan sosial di tengah masyarakat Muslim. Di Indonesia misalnya, sebagian pihak menilai bahwa jadwal waktu Subuh yang ditetapkan secara resmi oleh Kemenag RI cenderung lebih awal dibandingkan kemunculan fajar *ṣādiq* yang sesungguhnya (Adam, 2020). Perbedaan ini menimbulkan perdebatan antara kalangan ahli fikih, astronom, dan lembaga otoritatif keagamaan (Basthoni, 2022; LF PBN, 2021; Persis, 2018). Fenomena ini menunjukkan adanya ketegangan epistemologis antara penentuan waktu berbasis teks keagamaan dan pendekatan ilmiah berbasis observasi empiris. Bahkan masing-masing pihak mengklaim bahwa hasil observasinya sudah sesuai dengan standar astronomi. Akibatnya, segelintir Masyarakat mempertanyakan kriteria mana yang patut diikuti.

Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk mengkaji perbedaan tersebut. Studi-studi astronomi menunjukkan adanya variasi nilai depresi matahari untuk waktu Subuh di berbagai lokasi, berkisar antara -18° hingga -20° (Basthoni, 2022; Fahmi et al., 2024) dan -11° hingga -17° (Herdiwijaya, 2017). Di sisi lain, studi lain menegaskan pentingnya mempertimbangkan kelayakan Lokasi, terutama Lokasi berpolusi minimal untuk observasi fajar (Reza et al., 2023b). Studi lain perbedaan pendekatan dalam memandang persoalan awal waktu Subuh: antara astronomi dan *ijtihād* menjadi salah satu penyebab perbedaan (Amrulloh, 2011). Namun, masih sedikit kajian yang mengintegrasikan pemahaman fikih dengan temuan astronomi modern dalam satu kerangka analisis yang utuh. Sebagian besar penelitian cenderung menonjolkan aspek teknis astronomi atau aspek normatif keagamaan secara terpisah, sehingga kesenjangan epistemologis antara dua pendekatan tersebut tetap terbuka.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membangun paradigma penentuan awal waktu Subuh yang integratif antara perspektif fikih dan astronomi modern. Pertanyaan utama penelitian ini adalah: Bagaimana rekonstruksi konsep fajar *ṣādiq* dapat dirumuskan secara ilmiah dan syar'i untuk menghasilkan standar penentuan waktu Subuh yang lebih akurat dan diterima secara luas? Kajian ini signifikan karena berupaya menjembatani dua tradisi keilmuan—keagamaan dan sains—dalam satu sintesis epistemologis yang harmonis. Hasil penelitian diharapkan dapat

memperkaya diskursus fikih astronomi Islam kontemporer sekaligus memberikan rekomendasi praktis bagi lembaga keagamaan dalam penyusunan jadwal waktu salat yang lebih valid dan kontekstual.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode studi kepustakaan (library research). Pendekatan ini dipilih karena kajian mengenai penentuan awal waktu Subuh lebih bersifat konseptual, tekstual, dan interpretatif, bukan empiris lapangan. Sumber data utama penelitian ini mencakup al-Qur'an dan hadis, khususnya ayat-ayat dan riwayat yang berkaitan dengan fenomena malam, siang, dan fajar. Selain itu, digunakan pula karya-karya tafsir klasik dan kontemporer, seperti *Tafsir al-Tabarī*, *Tafsir al-Marāghī*, dan *Tafsir as-Sa'dī*, untuk menelusuri makna linguistik dan teologis dari istilah fajar ṣādiq dan fajar kāzib. Data sekunder diperoleh dari berbagai literatur astronomi modern, termasuk penelitian-penelitian Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) serta publikasi ilmiah internasional yang membahas fenomena twilight, cahaya zodiak, dan polusi langit.

Analisis data dilakukan dengan menggunakan pendekatan analisis isi (content analysis) dan analisis komparatif. Analisis isi digunakan untuk menafsirkan makna tekstual dari nash-nash syar'i dan tafsir, sementara analisis komparatif digunakan untuk membandingkan perspektif fikih klasik dengan temuan astronomi modern terkait waktu munculnya fajar ṣādiq. Tahapan analisis meliputi reduksi data yaitu proses pemilahan dan penyederhanaan data. Selanjutnya dilakukan klasifikasi tema, interpretasi makna teologis dan astronomis, serta sintesis konseptual untuk membentuk paradigma penentuan awal waktu Subuh yang integratif antara syariat dan sains. Validitas data diperkuat melalui triangulasi sumber, yakni membandingkan hasil kajian tafsir, literatur astronomi, dan hasil penelitian observasional. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan pemahaman komprehensif terhadap batas waktu Subuh secara ilmiah dan syar'i.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Malam dan Siang Syar'i

Alquran menunjukkan perhatian yang mendalam terhadap fenomena pergantian siang dan malam sebagai manifestasi kekuasaan Allah yang patut direnungi oleh manusia. Fenomena ini tidak hanya diposisikan sebagai peristiwa astronomis semata, melainkan juga sebagai instrumen ilahiah yang mengandung dimensi syariat dan spiritual dalam kehidupan manusia. Dalam Q.S. Āli 'Imrān/3: 190 dan Q.S. al-Nūr/24: 44, pergantian malam dan siang disebut sebagai tanda-tanda (*āyāt*) bagi mereka yang menggunakan akal dan hati (Sam'ānī, 1997, p. 4131). Salah satu implikasi *syar'i* dari transisi waktu ini tampak jelas dalam penentuan awal waktu Subuh, yang secara konseptual berkaitan erat dengan munculnya fajar sebagai bagian dari pergantian malam dan siang.

Dalam Alquran, penyebutan siang (*al-nahār*) dan malam (*al-lail*) sering muncul dengan beberapa bentuk. Kata "malam" dan "siang" muncul, baik sendiri-sendiri maupun berpasangan. Kedua kata ini disebutkan di 30 Surat

yang tersebar di 41 ayat (Barmawi & Muhammad, 2023, p. 359). Kata “malam” dapat muncul dalam bentuk “*lailah*” atau “*lail*” sebagaimana dimaktubkan dalam Q.S. Al-Baqarah/2: 187 berikut.

أَحَلَّ لَكُمْ لَيْلَةَ الصِّيَامِ الرَّفَثُ إِلَى نِسَائِكُمْ ۖ هُنَّ لِيَابِسٌ لَكُمْ وَأَنْتُمْ لِيَابِسٌ ۖ هُنَّ عَلِمَ اللَّهُ أَنَّكُمْ كُنْتُمْ تَخْتَانُونَ أَنْفُسَكُمْ فَتَابَ عَلَيْكُمْ وَعَفَا عَنْكُمْ ۚ فَالَّذِينَ بَشَرُوا هُنَّ وَأَنْتُمْ عَمِفُونَ ۚ وَأَنْتُمْ عَمِفُونَ ۚ فِي الْمَسْجِدِ ۚ تِلْكَ حُدُودُ اللَّهِ فَلَا تَقْرُبُوهَا ۚ كَذَلِكَ يُبَيِّنُ اللَّهُ لِنَاسٍ لِّلنَّاسِ لَعَلَّهُمْ يَتَّقُونَ

“Dihalalkan bagimu pada malam puasa bercampur dengan istrimu. Mereka adalah pakaian bagimu dan kamu adalah pakaian bagi mereka. Allah mengetahui bahwa kamu tidak dapat menahan dirimu sendiri, tetapi Dia menerima tobatmu dan memaafkanmu. Maka, sekarang campurilah mereka dan carilah apa yang telah ditetapkan Allah bagimu. Makan dan minumlah hingga jelas bagimu (perbedaan) antara benang putih dan benang hitam, yaitu fajar. Kemudian, sempurnakanlah puasa sampai (datang) malam. Akan tetapi, jangan campuri mereka ketika kamu (dalam keadaan) beriktikaf di masjid. Itulah batas-batas (ketentuan) Allah. Maka, janganlah kamu mendekatinya. Demikianlah Allah menerangkan ayat-ayat-Nya kepada manusia agar mereka bertakwa” (LPMQ, 2022 Al-Baqarah: 187)

Dalam ayat lain, Allah berfirman:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ

“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi serta pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal” (Q.S. Āli ‘Imrān/3: 190) (LPMQ, 2022 Āli ‘Imrān: 190).

Secara bahasa, kata “*ikhtilāf*” berarti perbedaan atau perselisihan (Team, 2025, *Ikhtilāf*). Penggunaannya misalnya untuk menyatakan perbedaan pendapat, perbedaan mazhab, perbedaan warna, dan lain-lain (Muslim, 2024 *Ikhtilāf*). Kalimat “*ikhtilāf al-lail wa al-nahār*” dalam ayat ini diinterpretasikan berbeda-beda di kalangan mufasir. Pertama, *ikhtilāf* dimaknai sebagai “pergantian” semakna dengan “*ta‘āqub*” yang berarti rangkaian, urutan, suksesi, pertukaran, dan perputaran (Ṭabari, 2003; Team, 2025 *Ta‘āqub*). Dalam konteks ayat tersebut, ia bermakna datangnya salah satu dari dua waktu (malam atau siang) diikuti oleh berakhirnya waktu yang lainnya (ad-Dimashqī, 1996). Kedua, “*ikhtilāf*” dimaknai sebagai “perbedaan” yang mengacu pada perbedaan durasi antara siang dan malam, salah satunya berdurasi pendek dan lainnya lebih lama (al-Baghdādī, n.d., pp. 260–261). Ayat ini terbuka untuk dua bentuk interpretasi: pertama, malam dan siang memiliki batas yang tegas; kedua, adanya perbedaan durasi antara keduanya.

Siang memiliki dua makna: makna berdasarkan kebiasaan (*‘urfī*) dan makna berdasarkan syariat (*syar‘ī*). Secara *‘urfī*, siang dimulai dari terbit Matahari hingga terbenam. Sedangkan secara *syar‘ī*, siang dimulai dari terbit fajar *ṣādiq* hingga terbenam Matahari (al-Barkatī, 2003, p. 233; Bahasa, 2024, Title Siang). Fajar (*al-fajr*) bukan bagian malam, sebagaimana dinyatakan “*Al-fajr lā yaṭlu‘ min lailah illā ba‘da an yaqtamil lailuh*” yang

artinya “fajar tidak akan terbit dari suatu malam kecuali setelah malam itu sempurna (berakhir sepenuhnya) (Muslim, 2024 Al-Fajr). Dalam siklus harian, kebalikan (*mutaḍāḍ*) dari siang adalah malam (Abadis, n.d.). Malam juga memiliki dua makna: makna ‘*urfī*’ dan makna *syar‘ī*. Menurut ‘*urfī*’, malam diartikan dengan “waktu setelah Matahari terbenam hingga terbit”. Sedangkan secara *syar‘ī*, malam dimulai dari terbenamnya Matahari yang berakhir saat terbitnya fajar *ṣādiq* (Bahasa, 2024, Title Malam; ‘Uṣaimīn, 2001, p. 115). Berdasarkan perspektif syariat, siang dimulai sejak munculnya fajar *ṣādiq* hingga terbenam Matahari, sedangkan malam dimulai sejak terbenamnya Matahari dan berakhir saat munculnya fajar *ṣādiq*.

Selama siang dan malam, terdapat waktu-waktu salat. Waktu Zuhur dimulai setelah Matahari tergelincir dari tengah langit (*zawāl*) dan berakhir ketika bayangan suatu benda sama panjangnya dengan benda itu sendiri, tidak termasuk bayangan saat *zawāl*.¹ Setelah itu, masuk waktu Asar yang dimulai ketika berakhir waktu Zuhur yaitu saat bayangan benda melebihi panjang aslinya, tidak termasuk bayangan saat *zawāl*, berlangsung hingga terbenamnya Matahari. Waktu Magrib dimulai ketika seluruh bulatan Matahari telah tenggelam di balik ufuk dan berakhir saat cahaya merah (*syafaq aḥmar*) di langit barat menghilang. Setelah itu, masuklah waktu Isya yang berlangsung dari hilangnya *syafaq* hingga terbitnya fajar *ṣādiq*. Adapun waktu Subuh dimulai dengan terbitnya fajar *ṣādiq* yang berakhir ketika Matahari terbit (al-Jazīrī, 2003, pp. 167–168).

B. Fajrān

Kata “subuh” berasal dari bahasa Arab “*ṣubḥ*”. Kata ini memiliki bentuk jamak “*aṣbāḥ*”. Dalam *Lisān al-‘Arab*, dinyatakan bahwa “*ṣubḥ*” berarti permulaan dari waktu siang (*‘auwal al-nahār*), bersinonim dengan “*fajr*” (Manẓūr, 1998, p. 191). Dalam *Mu‘jam al-‘Arab*, dinyatakan bahwa “*inbalaja al-ṣubḥ* bermakna *ṣahara auwalu ḍau’ al-ṣabāḥ*” yang berarti “tampak cahaya pertama dari pagi hari” (Muslim, 2024ṣubḥ). Dalam KBBI, “subuh” ialah “waktu antara terbit fajar dan menjelang terbit Matahari”(Bahasa, 2024, Title Subuh). Secara leksikal, *ṣubḥ* (subuh) dapat berarti, cahaya pertama di pagi hari, atau waktu antara munculnya fajar hingga sebelum Matahari terbit. Tampak bahwa kata “subuh” memiliki pengertian yang beragam.

Secara *syar‘ī*, datangnya subuh² memiliki implikasi ibadah yaitu masuknya waktu salat Subuh bagi umat Islam. Waktu Subuh dimulai dari terbitnya fajar *ṣādiq*, yaitu cahaya Matahari yang lebih awal dan muncul dari arah timur, lalu menyebar hingga memenuhi ufuk. Waktu subuh berlangsung hingga terbitnya Matahari. Sifat fajar *ṣādiq* sebagai penanda awal salat Subuh telah dinyatakan oleh Nabi. Beliau memberikan panduan bahwa fajar *ṣādiq* tampak melintang/membentang (*mu’taraḍ*) bukan tegak

¹ *Al-zawāl* (zawal) adalah permulaan Bergeraknya Matahari ke arah barat setelah mencapai puncak ketinggian di tengah-tengah langit. Lihat (Murtajamah, 2025 Al-Zawāl).

² “Waktu subuh” mengacu pada waktu astronomis, bukan waktu salat Subuh. Untuk membedakannya dari nama salat, penulisan yang sesuai dengan Ejaan Yang Disempurnakan (EYD) “Waktu subuh” untuk waktu astronomis dan Waktu Subuh” untuk waktu salat Subuh. Namun, keduanya tidak dapat dipisahkan karena masuknya waktu subuh menandakan masuknya waktu Subuh.

vertikal atau membujur (*mustaṭīl*) (Nisaburiy, 1955). Waktu Subuh dimulai saat munculnya fajar *ṣādiq* dan berakhir saat terbitnya Matahari.

Fajar *ṣādiq* (*true dawn*) termasuk jenis *twilight* (Djamaluddin, 2018). *Twilight* merupakan fenomena langit sebelum Matahari terbit atau setelah Matahari terbenam, di mana atmosfer sebagian diterangi oleh Matahari sehingga tidak sepenuhnya gelap dan sepenuhnya terang. (US Department of Commerce, n.d.) Saat melewati atmosfer Bumi, sinar Matahari dilemahkan (*attenuated*) dan dihamburkan (*scattered*) oleh partikel-partikel gas dan uap air (Rozenberg, 1966, p. 126). Fajar *ṣādiq* dalam sudut pandang fase-fase *twilight* merujuk pada awal fase *astronomical twilight* (Kamani, 2010). Fajar *ṣādiq* ditandai dengan cahaya yang muncul akibat hamburan sinar Matahari oleh atmosfer Bumi yang menandai awal dari fase *astronomical twilight*.

Fajar *kāzib* dalam astronomi dinamakan *zodiacal light* atau cahaya zodiak. Cahaya ini juga dinamakan fajar palsu (*false dawn*). Cahaya zodiak adalah cahaya redup dan tersebar yang terlihat di langit malam, disebabkan oleh hamburan cahaya Matahari oleh partikel debu antarplanet (*interplanetary dust particles/IDPs*) yang sangat halus di bidang tata surya. Debu ini diduga berasal dari tumbukan antarasteroid (*asteroid collisions*), tumbukan komet dengan objek (*comet collisions*), dan berbagai jenis tumbukan lainnya dalam tata surya yang sebagian besar terkonsentrasi di bidang ekliptika sebagaimana diilustrasikan dalam gambar 1. Itulah sebabnya cahaya zodiak sejajar dengan jalur Matahari, Bulan, dan planet-planet. (Learn the Sky, 2020) Cahaya zodiak muncul pada area yang sama dengan konstelasi zodiak. Cahaya zodiak adalah cahaya redup akibat hamburan cahaya Matahari oleh debu antarplanet di sepanjang ekliptika.



Gambar 1 Ilustrasi cahaya zodiac (Horálek & Zodet, 2016).

Gambar 1 memperlihatkan cahaya zodiak pada bidang ekliptika. Cahaya ini paling jelas terlihat sesaat setelah Matahari terbenam atau sebelum Matahari terbit, terutama di langit yang gelap dan cerah, jauh dari polusi cahaya. Sulit untuk melihatnya pada bulan-bulan tertentu ketika pita zodiak berada lebih dekat ke cakrawala sehingga waktu terbaik untuk melihatnya adalah sekitar *equinox*—musim semi (malam hari) dan musim gugur (dini hari)—ketika ekliptika membentuk sudut yang curam terhadap cakrawala. Cahaya ini paling mudah diamati dari wilayah tropis karena dapat muncul sepanjang tahun. Sedangkan di lintang tinggi, cahaya ini mudah diamati pada awal musim semi dan akhir musim gugur (Learn the Sky, 2020). Cahaya

zodiak paling jelas terlihat di sekitar *equinox*, terutama di langit gelap dan cerah, dengan peluang terbaik di wilayah tropis sepanjang tahun.

Cahaya bulan yang terang dapat membuat cahaya zodiak sulit terlihat karena redupnya fenomena tersebut dibandingkan dengan sinar Bulan (Byrd, 2024). Oleh karena itu, waktu terbaik untuk mengamati cahaya zodiak adalah pada saat bulan baru (*new moon*) dan fase kuartier terakhir (*third quarter*) (*Learn the Sky*, 2020). Keberadaannya bisa sulit diamati jika ada gangguan dari cahaya bulan, planet yang terang, polusi cahaya buatan, atau jika cahaya ini bertumpang tindih dengan cahaya dari galaksi Bima Sakti (*Robert Quimby*, 2021). Cahaya zodiak paling mudah diamati saat bulan baru atau kuartier terakhir, tanpa gangguan cahaya bulan, planet terang, atau polusi cahaya.



Gambar 2. Cahaya zodiak (fajar *kâzib*)(Horálek & Zodet, 2016)



Gambar 3. Cahaya zodiak (fajar *kâzib*) diamati di Observatorium Nasional Timau 2022 (Setyanto, 2024a, 2024b)



Gambar 4. Fajar *kâzib* dan fajar *šâdiq* yang tumpang tindih diamati di Observatorium Nasional Timau 2022 (Djamaluddin, 2022; Fahmi et al., 2024; Setyanto, 2024a)

Cahaya zodiak tampak sebagai pendaran cahaya putih yang membentang dari ufuk sepanjang ekliptika, dengan ketinggian mencapai 60° di atas horizon sebagaimana disajikan pada gambar 2 dan gambar 3. Nabi menggambarkanannya seperti ekor serigala³, sementara para astronom menyebutnya berbentuk segitiga, piramida, atau kerucut cahaya (Basthoni et al., 2023; Fahmi et al., 2024). Fenomena ini terjadi di luar atmosfer Bumi akibat hamburan cahaya Matahari oleh debu antarplanet antara orbit Bumi dan Mars. Cahaya zodiak mulai tampak saat Matahari berada sekitar 50° di bawah ufuk, dengan kecerahan yang meningkat seiring ketinggiannya sehingga dapat menyebabkan kekeliruan dalam mengenali warna putih di ufuk sebagai fajar *ṣādiq*. Hal ini disebabkan kemunculan fajar *ṣādiq* dapat saja terjadi ketika cahaya zodiak masih ada sehingga terjadi tumpang tindih (*overlap*) sebagaimana pada gambar 4 (Setyanto, 2024a) Ini berpotensi menimbulkan kekeliruan dalam mengenali fajar.

Berbeda dengan *twilight*, cahaya zodiak bukan fenomena atmosferik, melainkan berasal dari pantulan sinar Matahari oleh partikel debu antarplanet di luar atmosfer Bumi. Cahaya ini tampak seperti piramida samar yang muncul di langit tepat sebelum fajar sejati menerangi langit atau sebelum kegelapan malam tiba, dengan kecerahan sebanding dengan Bima Sakti, tetapi lebih samar dan tanpa rona kemerahan karena tidak melalui proses hamburan di atmosfer (Byrd, 2024; Setyanto, 2024a). Dengan demikian, perbedaan mendasar antara fajar *kāzib* dan fajar *ṣādiq* terletak pada asal-usulnya: fajar *ṣādiq* dihasilkan oleh interaksi sinar Matahari dengan atmosfer Bumi, sedangkan fajar *kāzib* berasal dari pantulan debu antarplanet di bidang ekliptika Tata Surya.

C. Pengamatan Fajar Ideal: Perspektif Astonomi dan Ilmu Falak

Permasalahan polusi langit (*sky pollution*) memegang peranan mendasar dalam pengamatan astronomi. Penyebab langsung dari fenomena ini dapat dibedakan menjadi dua faktor utama, yakni faktor alami dan faktor buatan. Dalam hal faktor alami, kecerahan langit (*sky brightness*), sumbernya berasal dari cahaya benda-benda langit seperti Bulan, planet, komet, galaksi, dan bintang. Sementara itu, faktor buatan berkaitan dengan aktivitas manusia dalam arti luas, seperti polusi cahaya akibat lampu jalan dan polusi udara yang disebabkan oleh partikel aerosol (Shukla et al., 2024). Lokasi dan kondisi ideal untuk pengamatan fajar *ṣādiq* dilakukan di daerah gelap tanpa polusi cahaya, baik buatan maupun alami. Dengan pengamatan di lokasi dan kondisi yang ideal, hasil pengamatan fajar yang ideal dapat diperoleh. Lokasi yang memiliki langit gelap menyebabkan ketampakan fajar teridentifikasi lebih awal daripada lokasi yang agak gelap, terang atau agak terang. Kecerlangan langit malam yang disarankan untuk pengamatan fajar minimal 21 mpsas.⁴ Hal itu karena daerah yang gelap memberikan kontras yang baik untuk pengamatan.

³ Di dalam hadis, Nabi tidak secara eksplisit menyatakan cahaya ini sebagai cahaya zodiak, tidak pula menyebutnya sebagai fajar *kāzib*. Penamaan fajar *kāzib* merupakan syarah atas petunjuk Nabi atas fajar yang bentuknya seperti ekor serigala.

⁴ Mpsas merupakan *magnitudes per square arc second*. Lihat (Basthoni, 2022, p. 98)

Skala Bortle adalah sistem klasifikasi yang dikembangkan oleh John E. Bortle untuk menilai kegelapan langit malam (*night sky brightness*) secara visual berdasarkan pengaruh polusi cahaya terhadap pengamatan astronomi. Kelas 1 mewakili kondisi langit paling ideal dan alami, langit benar-benar gelap, objek seperti galaksi M33 mudah terlihat dengan mata telanjang, dan bayangan dari jalur Bima Sakti dapat teramati. Kelas 2 masih termasuk langit gelap sejati, dengan Bima Sakti sangat terstruktur dan *zodiacal light* terlihat jelas. Kelas 3 menunjukkan langit pedesaan yang masih cukup baik, tetapi terdapat sedikit cahaya terang di cakrawala. Pada Kelas 4, transisi pedesaan-ke-suburban, struktur Bima Sakti mulai memudar dan cahaya langit dari kota terlihat jelas di cakrawala. Kelas 5 menggambarkan langit suburban dengan Bima Sakti hampir hilang, dan Kelas 6 menunjukkan langit suburban terang di mana Bima Sakti hanya sedikit terlihat di atas kepala. Kelas 7 adalah transisi kota-suburban, langit berwarna putih keabu-abuan, Bima Sakti hampir tidak terlihat, dan objek langit redup tampak sangat lemah. Kelas 8 mencerminkan langit kota yang penuh cahaya, hanya objek terang seperti Bulan dan beberapa planet yang masih bisa dinikmati. Kelas 9 menggambarkan langit dalam kota besar, sepenuhnya terang, di mana hampir semua bintang dan rasi bintang menjadi tidak tampak, dan pengamatan astronomi sangat terbatas. (Bortle, 2006)

John E. Bortle menegaskan bahwa pengamatan astronomi yang ideal hanya dapat dicapai di bawah langit yang benar-benar gelap, karena langit gelap merupakan prasyarat utama untuk melihat detail halus dari objek-objek redup seperti galaksi, nebula, dan komet. Ia mengkritik kecenderungan banyak pengamat yang keliru menganggap lokasi semi-pedesaan dengan magnitudo bintang terbatas sebagai tempat yang sangat gelap, padahal kenyataannya langit tersebut hanya tergolong sedang. Tanpa pengalaman langsung terhadap langit yang benar-benar bebas dari polusi cahaya, penilaian atas kualitas langit cenderung subjektif dan menyesatkan. (Bortle, 2006) Oleh karena itu, Bortle menyusun skala sembilan tingkat sebagai standar objektif yang menggarisbawahi bahwa pengamatan astronomi mencapai potensinya yang maksimal hanya bila dilakukan di bawah langit kelas 1 atau 2 yang sangat ideal.

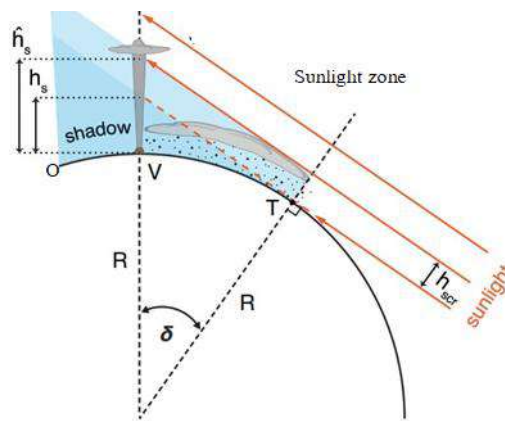
Secara kuantitatif, kondisi langit malam yang ideal untuk observasi awal waktu Subuh ditentukan berdasarkan tingkat kegelapan langit yang diukur menggunakan satuan mpsas dengan alat SQM. Semakin gelap langit malam, semakin minim polusi cahaya sehingga cahaya fajar pertama dapat terdeteksi dengan lebih akurat. Dalam penelitian Damanhuri dkk yang menggunakan data LAPAN sejak tahun 2019, kualitas langit dikorelasikan dengan titik belok yaitu saat awal kemunculan cahaya fajar. Hasilnya menunjukkan bahwa pada level malam di bawah 20,35 mpsas masih terdapat korelasi yang berarti antara kualitas langit dan titik belok, yang menandakan pengaruh signifikan dari kualitas langit terhadap waktu deteksi fajar. Sebaliknya, ketika level malam mencapai 20,35 mpsas atau lebih, korelasi tersebut hilang, menandakan bahwa kualitas langit tidak lagi memengaruhi hasil pengamatan fajar secara signifikan. Kondisi langit yang ideal untuk observasi waktu Subuh adalah langit dengan tingkat kegelapan minimal 20,35 mpsas

karena pada kondisi ini data pengamatan dianggap bebas dari bias kualitas langit.

Menurut Toni Flanders, dalam konteks pengamatan objek-objek langit dalam (*deep-sky*) seperti galaksi, nebula, dan gugus bintang, kondisi langit malam dengan tingkat kegelapan sekitar SQM 21,7 mpsas merupakan ambang di mana kualitas pengamatan tidak lagi dipengaruhi secara signifikan oleh tingkat kegelapan langit itu sendiri. Pada level ini, langit sudah sangat gelap sehingga hampir seluruh polusi cahaya buatan tersingkir, memungkinkan detail halus seperti lengan spiral galaksi atau bayangan kabut antarbintang terlihat dengan lebih jelas. Flanders menegaskan bahwa pada titik ini, peningkatan lebih lanjut dalam nilai SQM tidak memberikan keuntungan berarti bagi pengamatan, dan kualitas observasi justru lebih ditentukan oleh faktor-faktor atmosferik seperti transparansi udara dan kestabilan langit.(Flanders, 2024) Oleh karena itu, SQM 21,7 dianggap sebagai batas praktis ideal untuk pengamatan *deep-sky*, di mana langit tidak lagi menjadi faktor pembatas utama.

Adanya gangguan atmosfer uap air, aerosol, asap, dan debu di atmosfer menyebabkan transparansi atmosfer terganggu.⁵ Transparansi atmosfer adalah ukuran keburaman (*opacity*) atau tingkat kejernihan (*transparency*) atmosfer. Kelembapan dan kadar uap air menurunkan transparansi, demikian pula asap atau jenis polutan lainnya. Fenomena ini tidak jauh berbeda dengan polusi cahaya, karena polusi cahaya dapat mengaburkan detail samar (*fainter details*) dalam objek astronomis. Bahkan, buruknya transparansi memperburuk polusi cahaya. Dalam kondisi transparansi atmosfer yang buruk, hanya objek yang terang yang tampak jelas, itu pun sudah cukup tinggi dari horizon. Transparansi atmosfer cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya ketinggian (*altitude*), karena pengamatan dilakukan melalui lapisan udara yang lebih tipis. Transparansi tinggi (atmosfer jernih) tercapai jika kelembapan rendah, aerosol dan polusi minim, dan tidak mengalami kabut yang dipicu polutan. Misalnya, Hasil penelitian Dhani Herdiwijaya yang menyatakan terlambatnya fajar teridentifikasi diakibatkan cahaya Matahari yang terserap oleh partikel polutan di atmosfer rendah. Faktor-faktor ini secara keseluruhan menentukan objek astronomi mudah terlihat.(Jr., 2017) Untuk memahami persoalan ini, disajikan kasus erupsi La Soufrière yang memengaruhi fenomena *twilight*.

⁵ Gangguan ini dinamakan turbiditas atmosfer (*atmospheric turbidity*) adalah keadaan di mana atmosfer menjadi keruh akibat partikel-partikel padat atau cair seperti debu, asap, aerosol, dan uap air. Ini mengurangi kejernihan langit dan menghamburkan cahaya Matahari atau bintang, sehingga memengaruhi transparansi. Tingkat turbiditas atmosfer dipengaruhi oleh kondisi cuaca lokal serta karakteristik iklim di suatu wilayah. Arah dan pola angin dominan yang berperan dalam membawa uap air maupun partikel aerosol dari sumber yang jauh memiliki kontribusi signifikan terhadap fluktuasi turbiditas atmosfer secara musiman. Lihat (Rapti, 2000).



Gambar 5. Geometri *twilight* (Horváth et al., 2022).

Gambar 5 menunjukkan bahwa pada sudut depresi Matahari δ , sinar yang bersinggungan dengan permukaan di titik T membentuk bayangan geometris dengan ketinggian h_s di lokasi Gunung La Soufrière (titik V).⁶ Sinar-sinar yang berada di bawah penghalang dengan ketinggian h_{scr} mengalami pelemahan yang sangat kuat oleh molekul udara, kabut, awan meteorologis dan awan vulkanik, yang menyebabkan dasar lapisan hamburan naik. Kondisi ini meningkatkan tinggi bayangan yang tampak atau bayangan efektif (h_s').⁷ Dalam hal ini, Bumi diasumsikan berbentuk bola dengan jari-jari R , dan pengaruh refraksi atmosfer diabaikan (Horváth et al., 2022, p. 8). Kehadiran partikel atmosfer seperti kabut dan awan menyebabkan naiknya dasar lapisan hamburan cahaya sehingga meningkatkan tinggi bayangan efektif yang terbentuk pada sudut depresi Matahari tertentu.

Uraian di atas dapat menjelaskan mengapa ketampakan fajar *ṣādiq* bervariasi antara satu hari pengamatan dengan pengamatan lain pada hari yang berbeda, bahkan di satu lokasi yang sama. Pada saat Matahari berada di bawah ufuk dengan sudut depresi δ , cahayanya masih dapat mencapai *sunlight zone*, yaitu zona atmosfer yang menerima cahaya Matahari secara langsung. Cahaya ini tidak sampai ke permukaan Bumi secara langsung, melainkan menyinggung atmosfer di titik tangensial T. Dalam kondisi pengamatan ideal, cahaya melewati T sehingga mengalami kontak langsung dengan atmosfer cukup rendah setinggi h_s dari titik V. Cahaya ini kemudian

⁶ Titik tangensial T adalah titik pada atmosfer tempat sinar Matahari menyentuh atau bersinggungan (tangen) secara tepat dengan permukaan lengkung Bumi. Pada titik inilah sinar Matahari membentuk batas bayangan geometris. Sinar yang melintas di bawah titik ini tidak mencapai pengamat karena terhalang oleh lengkungan Bumi atau teredam oleh atmosfer. Titik ini menjadi kunci dalam menentukan awal terbentuknya bayangan di atmosfer. Lihat (Horváth et al., 2022, p. 8; Rozenberg, 1966, p. 126)

⁷ Dalam konteks gambar 4, h_s menggambarkan ketinggian bayangan geometris, yaitu batas teoritis antara wilayah yang masih menerima cahaya Matahari langsung dan wilayah bayangan, dihitung berdasarkan lintasan sinar Matahari yang bersinggungan dengan permukaan Bumi (di titik T). Namun, ketika atmosfer mengalami gangguan seperti kabut, awan, atau abu vulkanik, sinar Matahari yang melintas secara tangensial di bawah ketinggian tertentu (h_{scr}) akan mengalami peredaman kuat. Akibatnya, cahaya hanya dapat tersebar dari lapisan atmosfer yang lebih tinggi, sehingga batas nyata tempat cahaya tampak oleh pengamat bergeser naik menjadi h_s' , yaitu bayangan efektif. Lihat (Horváth et al., 2022, pp. 8–9)

dihamburkan oleh partikel-partikel di atmosfer. Hamburan inilah yang secara kasatmata tampak sebagai cahaya fajar. Menurut Hendro Setyanto, cahaya ini kian bertambah terang seiring waktu (Setyanto, 2021b).

Apabila terjadi gangguan atmosfer seperti abu vulkanik, awan, mendung, atau hujan setebal h_{scr} , sinar Matahari yang seharusnya menembus atmosfer rendah menjadi terhalang. Akibatnya, terjadi peningkatan tinggi bayangan geometris di V, yang dalam gambar 2.8 ditunjukkan dengan pergeseran dari h_s ke h_s' . Ini berarti lapisan atmosfer yang lebih rendah kehilangan kontak langsung dengan cahaya Matahari. Dalam kondisi ini, hanya lapisan atmosfer atas yang mampu menerima dan menghamburkan cahaya. Namun, hamburan dari atmosfer atas tidak cukup kuat untuk segera menerangi atmosfer bawah. Akibatnya, kemunculan cahaya fajar bagi pengamat tertunda karena dibutuhkan waktu dan kondisi tertentu hingga cahaya dari lapisan atas menyebar dan tampak dari permukaan Bumi.

Seeing merupakan ukuran kualitas ketajaman citra astronomis yang dipengaruhi oleh turbulensi atmosfer, yaitu gerakan tidak teratur massa udara yang menyebabkan citra bintang tampak bergetar atau kabur saat diamati. Kualitas *seeing* umumnya lebih baik di wilayah datar karena aliran udara bergerak lebih mulus tanpa banyak hambatan geografis, menciptakan aliran udara yang stabil. Sebaliknya, di daerah pegunungan, aliran udara terganggu oleh kontur tanah yang tidak rata, menghasilkan turbulensi sehingga menurunkan kualitas *seeing*. Selain itu, setelah terjadinya badai atau pergerakan *front* cuaca, meskipun transparansi atmosfer meningkat akibat udara yang lebih bersih, turbulensi residual justru memperburuk *seeing*. Oleh karena itu, pemilihan lokasi observatorium mempertimbangkan keseimbangan antara transparansi dan *seeing* demi memperoleh kondisi pengamatan yang optimal (Jr., 2017).

Berdasarkan teori pengamatan astronomi, observasi fajar didasarkan pada kondisi pengamatan yang ideal karena:

1. Menurut John E. Bortle, pengamatan astronomi yang akurat dan bermakna hanya dapat dilakukan di bawah langit yang benar-benar gelap dan objektif (Bortle, 2006).
2. Menurut data LAPAN yang dianalisis oleh Damanhuri dkk, kegelapan langit dengan kondisi ideal (minimal 20,35 mpsas) mendukung teridentifikasinya fajar lebih awal secara konsisten (Damanhuri & Solikin, 2022). Kegelapan langit dengan kondisi ideal berkaitan dengan pertimbangan pemilihan lokasi pengamatan.
3. Dalam praktik observasi astronomi, turbulensi atmosfer, turbiditas atmosfer, dan polusi langit (*sky pollution*), baik cahaya alami dan buatan merupakan gangguan pengamatan (Basthoni, 2022; Bortle, 2006; Herdiwijaya, 2017; Jr., 2017; Shukla et al., 2024).

Gangguan pengamatan dalam praktik observasi astronomi adalah segala bentuk kondisi atau faktor eksternal yang menghambat kualitas dan akurasi hasil pengamatan terhadap objek-objek langit. Gangguan ini mencakup turbulensi atmosfer yang menyebabkan ketidakstabilan citra (*seeing*), turbiditas atmosfer yang mengurangi kejernihan langit akibat partikel atau

uap air di udara, serta polusi langit (*sky pollution*) baik yang bersumber dari cahaya alami seperti cahaya bulan dan bintang terang maupun dari cahaya buatan seperti lampu jalan dan pencahayaan perkotaan. Gangguan-gangguan ini dapat menurunkan validitas observasi. Gangguan pengamatan adalah hal yang tidak dapat dihindarkan dalam pengamatan astronomi (Alawiya, Balkis Sifara, 2023, p. 72; Paz et al., 2023; Shukla et al., 2024, p. 1).

Bila dilihat konteks ayat Alquran yang secara eksplisit menyatakan “terbitnya fajar” atau matlak fajar, kondisi ideal dalam pengamatan fajar relevan dengan tafsir Q.S. Al-Qadr/97. Dalam tafsir Ibn Kaṣīr, surat ini menceritakan malam yang dinamakan malam lailatulqadar, yaitu salah satu malam di bulan Ramadan yang penuh kemuliaan. Menurutny, ciri-ciri malam tersebut adalah suasana yang tenang, tidak panas dan tidak dingin, serta pada pagi harinya Matahari terbit dalam keadaan lemah dan berwarna kemerahan. Malam itu berakhir dengan terbitnya fajar (Kaṣīr, 2000, pp. 406–414). Dengan demikian, kondisi tenang dan keadaan udara (cuaca) yang digambarkan oleh tafsir ayat tersebut dapat dijadikan dasar normatif bagi pentingnya pengamatan fajar dilakukan dalam kondisi yang ideal.

D. Paradigma Observasi Fajar

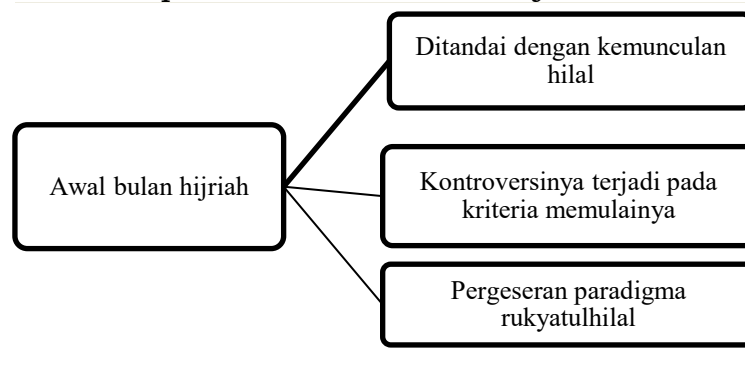
Berbagai penelitian berupaya menemukan fajar yang paling awal dan seakurat mungkin. Hal ini mendorong lahirnya berbagai metode dalam penelitian, mulai dari teknik pengambilan data hingga analisis. Formula koreksi polusi cahaya fajar yang diajukan oleh Basthoni memunculkan gagasan bahwa observasi fajar mesti di lokasi ideal.⁸ Demikian juga penelitian Damanhuri dan Solikin yang merekomendasikan kelayakan lokasi penelitian fajar ideal dengan SQM, minimal pada kecerlangan langit 20,35 mpsas. (Damanhuri & Solikin, 2022, p. 8) Penelitian Kemenag RI di lokasi minim polusi juga dalam rangka menemukan fajar yang paling awal (Djamaluddin, 2018; Kemenag RI, 2022). Hasil penelitian Herdiwijaya yang menyimpulkan awal Subuh -17° secara implisit merupakan upaya menemukan fajar yang muncul paling awal.⁹ Teknologi *image processing* membuktikan adanya ketampakan fajar, padahal tidak terdeteksi dengan mata telanjang (Djawahir & Cahyono, 2012). Penelitian awal waktu Subuh umumnya berfokus pada pencarian kemunculan fajar yang paling awal, akurat, dan objektif.

Untuk memperkuat argumentasi di atas, langkah analogi dapat dilakukan yaitu menganalogikan persoalan awal bulan hijriah ke dalam persoalan awal waktu subuh. Persoalan awal bulan hijriah dan awal waktu subuh merupakan dua hal yang berbeda. Awal bulan berkaitan dengan kemunculan hilal. Sedangkan awal waktu subuh ditandai dengan kemunculan

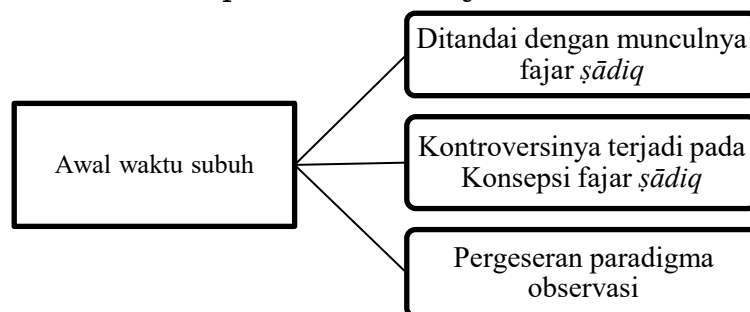
⁸ Menurut Basthoni, lokasi ideal untuk pengamatan fajar *ṣādiq* adalah pada kondisi kecerlangan langit 21 mpsas atau lebih tinggi. Lihat (Basthoni, 2022; M. Basthoni, personal communication, Mei 2025)

⁹ Nilai dip fajar (titik belok kurva SQM) yang diperoleh Dhani Herdiwijaya beragam yaitu -11°, -15°, dan -17° di empat lokasi yang berbeda. Penelitiannya menetapkan bahwa awal waktu Subuh terjadi pada -17°. Dip fajar yang muncul cukup tinggi (-11° dan -15°) dipandang tidak ideal akibat malam semu karena polusi udara. Lihat (Herdiwijaya, 2017, p. 62)

fajar *ṣādiq*. Namun, antara keduanya masih memiliki beberapa kemiripan. Untuk melihat kemiripan antara persoalan awal bulan hijriah dan awal waktu subuh, disajikan melalui diagram berikut dari hasil reduksi¹⁰ berbagai konsep dan teori dalam persoalan awal bulan hijriah dan awal waktu Subuh.



Gambar 6. Reduksi konsep awal bulan hijriah ke dalam unit-unit bahasa



Gambar 7. Reduksi konsep awal Subuh ke dalam unit-unit bahasa

Gambar 2.9 dan gambar 2.10 berturut-turut menunjukkan skema berbagai konsep dan teori dalam persoalan awal bulan hijriah dan awal waktu subuh yang telah direduksi. Berdasarkan kedua skema itu, dapat ditegaskan bahwa terdapat beberapa kesamaan dan perbedaan antara persoalan awal bulan hijriah dan awal waktu subuh. Kesamaan yang paling relevan adalah pergeseran paradigma untuk menemukan penanda waktu dengan akurat dan objektif.

Analogi telah digunakan LF PBNU dalam proses penentuan kriteria waktu Subuh. Dalam surat edaran Nomor 017/LF-PBNU/IV/2021 dinyatakan bahwa:

Di dalam 37 data tersebut terdapat 8 data yang memiliki nilai titik belok lebih kecil dari negatif 20°. Maka bila berpijak pada prinsip persamaan batas dengan nilai terendah seperti diadopsi dalam pembentukan kriteria visibilitas hilal, cukup rasional bahwa titik belok terendah dari seluruh data adalah -21°. Maka dari sudut pandang ilmu falak, titik belok ini adalah fajar *ṣādiq* yang disimpulkan dari kajian fikih sebagai telah munculnya cahaya samar minimal di titik azimuth tempat Matahari

¹⁰ Reduksi berarti pemotongan. Dalam pembelajaran dikenal dengan reduksi didaktik yaitu mengurangi tingkat kesulitan materi pengajaran baik dengan cara materi dibuat sesederhana mungkin sehingga lebih mudah dipelajari. Lihat (Bahasa, 2024, Title Reduksi; Prajayanti et al., 2016)

akan terbit, mengacu pada pendapat ar-Razi, az-Zamakhshari dan lain-lain (LF PBNU, 2021, p. 6).

Dari pernyataan di atas, LF PBNU menggunakan prinsip kesamaan “batas nilai terendah dalam pembentukan kriteria” dalam persoalan visibilitas hilal dan awal waktu Subuh.

Bila ditelusuri lebih lanjut, *ḥarf ḥattā* dalam ayat "*Salāmun hiya ḥattā maṭla‘il-fajr*" (QS. Al-Qadr: 5), memiliki makna serupa dengan *ilā* (hingga) yang menunjukkan bahwa terbitnya fajar terjadi pada suatu batas. Ditambah lagi, kata "*maṭla*" juga memiliki makna “sesuatu yang paling awal”. Makna ini mendukung sintesis bahwa fajar yang menjadi acuan dalam memulai waktu Subuh merupakan fajar yang paling awal.

Berdasarkan kajian terhadap praktik observasi fajar saat ini dan kesamaan pergeseran paradigma dalam penentuan awal bulan (rukyatulhilal) dan penentuan awal waktu subuh, dapat ditegaskan bahwa paradigma dalam penentuan awal waktu subuh didasarkan pada pencarian kemunculan fajar *ṣādiq* yang paling awal, akurat, dan objektif. Fajar *ṣādiq* merupakan indikator astronomis dimulainya waktu subuh sehingga kesalahan dalam mengidentifikasinya akan berdampak langsung terhadap keabsahan ibadah. Dengan demikian, dapat ditegaskan bahwa penentuan awal waktu subuh didasarkan pada pencarian kemunculan fajar *ṣādiq* pertama.

PENUTUP

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa paradigma observasi fajar dalam penelitian waktu Subuh berfokus pada upaya menemukan kemunculan fajar *ṣādiq* yang paling awal, akurat, dan objektif. Berbagai penelitian menunjukkan pentingnya lokasi pengamatan yang ideal dan minim polusi cahaya guna memperoleh hasil yang valid secara astronomis. Paradigma ini sejalan dengan makna implisit dari malam lailatulqadar sebagaimana diterangkan dalam tafsir Q.S. al-Qadr/97 yang menggambarkan kondisi cuaca ideal sehingga menjadi petunjuk kuat untuk menentukan kemunculan fajar *ṣādiq* yang paling awal. Analogi dengan persoalan penentuan awal bulan hijriah memperkuat prinsip ilmiah dalam observasi fajar, yakni penggunaan kriteria batas terendah sebagai dasar penentuan fenomena awal fajar *ṣādiq*. Pendekatan analogi ini, sebagaimana diterapkan oleh LF PBNU, menunjukkan adanya kesamaan paradigma dalam upaya mencapai ketepatan penanda waktu berbasis data empiris dan argumentasi fikih.

DAFTAR PUSTAKA

- Abadis. (n.d.). *Ma'nī dar dīkshenari-ye Ābādīs*. Retrieved May 26, 2025, from <https://abadis.ir/fatofa/%D9%86%D9%87%D8%A7%D8%B1/>
- ad-Dimashqī, A. M. 'Izz ad-D. 'Abd al-'Azīz ibn 'Abd as-S. ibn A. al-Qāsim ibn al-Ḥasan as-Sulamī. (1996). *Tafsīr al-Qur'ān* (1st ed., Vol. 1). Dār Ibn Ḥazm. <https://shamela.ws/book/5638/223>
- Adam, A. (2020). Muhammadiyah Koreksi Waktu Subuh dari -20 ke -18 Derajat. *Cahaya Islam Berkemajuan*. <https://muhammadiyah.or.id/muhammadiyah-koreksi-waktu-subuh-dari-20-ke-18-derajat/>
- al-Baghdādī, A. al-Ḥasan 'Alī ibn M. ibn M. ibn Ḥabīb al-Baṣrī. (n.d.). *Tafsīr al-Māwardī: An-Nukat wa al-'Uyūn* (A.-S. ibn 'Abd al-M. ibn 'Abd ar-Raḥīm, Ed.; Vol. 5). Dār al-Kutub al-'Ilmiyyah. Retrieved May 27, 2025, from <https://shamela.ws/book/8346/3546>
- al-Barkatī, M. 'Amīm al-Iḥsān al-Mujaddidī. (2003). *At-Ta'rīfāt al-Fiqhiyyah*. Dār al-Kutub al-'Ilmiyyah. <https://shamela.ws/book/13939/227>
- al-Jazīrī, 'Abd ar-Raḥmān ibn Muḥammad 'Awad. (2003). *Al-Fiqh 'alā al-Mazāhib al-Arba'ah* (2nd ed., Vol. 1). Dār al-Kutub al-'Ilmiyyah.
- Alawiya, Balkis Sifara. (2023). *Efek Polusi Cahaya dalam Pengamatan Hilal di Indonesia: Analisis Kriteria Kecelakaan Langit Menurut Nur Nafhatun Md Shariff* [Tesis Magister, UIN Walisongo]. <https://eprints.walisongo.ac.id/id/eprint/24697/>
- Amrulloh, M. A. (2011). PENENTUAN AWAL WAKTU SHALAT SUBUH MENURUT KEMENTERIAN AGAMA DAN ALIRAN SALAFI. *Jurisdiction: Jurnal Hukum Dan Syariah*, 0. <https://doi.org/10.18860/j.v0i0.2165>
- Bahasa, B. P. dan P. (2024). KBBI Daring (Online) © 2012-2024 versi 2.9. In *Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI)* (3rd ed.). Kemendikbud. <https://kbbi.web.id/>
- Barmawi, M., & Muhammad, M. (2023). The Concept Of The Night And The Day In The Quran: A Comparative Interpretation Study. *JURNAL HURRIAH: Jurnal Evaluasi Pendidikan Dan Penelitian*, 4(3), Article 3. <https://doi.org/10.56806/jh.v4i3.153>
- Basthoni, M. (2022). *Efek polusi cahaya terhadap penentuan awal waktu subuh di Indonesia—Walisongo Repository* [Universitas Islam Negeri Walisongo]. <https://eprints.walisongo.ac.id/id/eprint/19165/>
- Basthoni, M. (2025, Mei). *Respon NU dalam Kontroversi Waktu Subuh* [Langsung Tatap Muka].
- Basthoni, M., Djamaluddin, T., & Izzuddin, A. (2023). Light pollution disturbance in detecting zodiacal light and twilight. *AIP Conference Proceedings*, 2941(1), 040007. <https://doi.org/10.1063/5.0181476>
- Bortle, J. E. (2006, July 18). Gauging Light Pollution: The Bortle Dark-Sky Scale. *Sky and Telescope*. <https://skyandtelescope.org/astronomy-resources/light-pollution-and-astronomy-the-bortle-dark-sky-scale/>
- Byrd, D. (2024, August 30). *Zodiacal light: Start watching for it now*. <https://earthsky.org/astronomy-essentials/everything-you-need-to-know-zodiacal-light-or-false-dawn/>

- Damanhuri, A., & Solikin, A. (2022). *Batas Kualitas Langit yang Ideal untuk Lokasi Observasi Awal Waktu Subuh*. 8(1), 1–10. <https://doi.org/10.30596/jam.v8i1.9355>
- Djamaluddin, T. (2018, April 30). Penentuan Waktu Shubuh: Pengamatan dan Pengukuran Fajar di Labuan Bajo. *Dokumentasi T. Djamaluddin: Berbagi ilmu untuk pencerahan dan inspirasi*. <https://tdjamaluddin.wordpress.com/2018/04/30/penentuan-waktu-shubuh-pengamatan-dan-pengukuran-fajar-di-labuan-bajo/>
- Djamaluddin, T. (2022, August 4). Lagi, Pengamatan di Timau Membuktikan Jadwal Shalat Shubuh Sudah Benar. *Dokumentasi T. Djamaluddin: Berbagi Ilmu untuk Pencerahan dan Inspirasi*. <https://tdjamaluddin.com/2022/08/04/lagi-pengamatan-di-timau-membuktikan-jadwal-shalat-shubuh-sudah-benar/>
- Djawahir, & Cahyono, B. K. (2012). *Laporan Akhir Penelitian Identifikasi Posisi Matahari saat Terbit Fajar Shadiq* (pp. 1–39). Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. https://www.researchgate.net/publication/357875579_Identifikasi_Posisi_Matahari_Saat_Terbit_Fajar_Shadiq
- Fahmi, I., Djamaluddin, T., Izzuddin, A., Basthoni, M., Setyanto, H., Kusumaatmaja, Z. Z., & Aufar, A. Z. (2024). Zodiacal light and astronomical twilight measurement at Timau Nasional Observatory site. *AIP Conference Proceedings*, 3074(1), 070003. <https://doi.org/10.1063/5.0211329>
- Flanders, T. (2024, February 6). *Rating Skies by SQM - Deep Sky Observing*. Cloudy Nights. <https://www.cloudynights.com/topic/909945-rating-skies-by-sqm/>
- Herdiwijaya, D. (2017). Waktu Subuh: Tinjauan Pengamatan Astronomi. *Tarjih: Jurnal Tarjih dan Pengembangan Pemikiran Islam*, 14(1), Article 1.
- Horálek, P., & Zodet, H. (Directors). (2016, March 4). *European Southern Observatory (ESO)* [Video recording]. https://www.youtube.com/watch?v=eoFn_YLqFpQ&t=14s
- Horváth, Á., Carr, J. L., Wu, D. L., Bruckert, J., Hoshyaripour, G. A., & Buehler, S. A. (2022). Measurement report: Plume heights of the April 2021 La Soufrière eruptions from GOES-17 side views and GOES-16–MODIS stereo views. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 22(18), 12311–12330.
- Jayusman, J. (2012). Urgensi Ihtiyath dalam Perhitungan Awal Waktu Salat. *AL-'ADALAH*, 10(1), Article 1. <https://doi.org/10.24042/adalah.v10i1.269>
- Jr., R. S. W. (2017, Desember). Seeing Vs Transparency: What's the Difference? *Sky and Telescope*. <https://skyandtelescope.org/astronomy-blogs/imaging-foundations-richard-wright/seeing-vs-transparency-difference>
- Kamani, M. H. (2010, November 2). *Times of Salah* [Ppt]. <https://www.slideshare.net/slideshow/times-of-salah/5637687#10>
- Kašīr, I. al-D. A. al-F. I. ibn 'Umar ibn. (2000). *Tafsīr al-Qur'ān al-'Aẓīm* (M. as-S. M. Rasyād Muḥammad as-Sayyid, M. F. al-'Ajmāwī, 'Alī Aḥmad 'Abd

- al-Bāqī, & Ḥasan ‘Abbās Quṭb, Eds.; 1st ed., Vols. 1–15). Mu’assasah Qurṭubah. <https://shamela.ws/book/1509>
- Kemenag RI. (2022, Agustus). *Pengukuran Fajar di Timau Konfirmasi Kebenaran Jadwal Salat Subuh Kemenag*. <https://kemenag.go.id>. <https://kemenag.go.id/opini/pengukuran-fajar-di-timau-konfirmasi-kebenaran-jadwal-salat-subuh-kemenag-zd3jl7>
- Learn the Sky*. (2020, March 26). [Online (youtube)]. <https://www.youtube.com/watch?v=N8G3nM6gIXo&t=303s>
- LF PBNU. (2021, April 20). *Surat Nomor 017/LF-PBNU/IV/2021 Perihal Hasil Kajian Awal Waktu Subuh di Indonesia* [Nomor 017/LF-PBNU/IV/2021]. <https://nuponorogo.or.id/wp-content/uploads/2021/04/17.-Pandangan-NU-tentang-kriteria-awal-waktu-Subuh-1.pdf>
- LPMQ. (2022). *Qur’an Kemenag*. Lajnah Pentashihan mushaf Al-Qur’an. <https://quran.kemenag.go.id/>
- Manzūr, I. (1998). Lisān al-‘Arab. In *Ḥarf aṣ-Ṣād – Ṣubḥ* (Vol. 8). Islām Web. <https://www.islamweb.net/ar/library/content/122/4517/صباح>
- Murtajamah, M. al-Mustalaḥat wa al-Qawāmis al-Islāmiyah al-. (2025). [Ensiklopedi]. Ensiklopedi Istilah-Istilah Islami Yang Diterjemahkan. <https://terminologyenc.com>
- Muslim, R. (2024). *Mu’jam Al-‘Arab (Android)*. Ristek Muslim.
- Nisaburiy, A. A.-H. M. ibn A.-H. A.-Q. (1955). *Shahih Muslim* (A. Baqiy, Ed.; Vol. 2). Mathba’ah ‘Isa Al-babiy Al-halabiy wa Syarakah. <https://shamela.ws/book/1727/2473>
- Paz, J. P., Archibald, K., & Dalgleish, H. (2023). Access to an Unpolluted Night Sky. *EASST Review*, 42(2), 2023.
- Persis. (2018, January 11). *Kontroversi Awal Waktu Shalat Shubuh*. Portal Persatuan Islam (PERSIS). <https://persis.or.id/index.php/news/read/kontroversi-awal-waktu-shalat-shubuh>
- Prajayanti, S. S. R., Hidayat, T., & Rahmat, A. (2016). Didactical Reduction of Teaching Materials of Spermatophytes To Make Easier on Information Processing and To Reduce Mental Effort of Senior High School Student. *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, and Learning*, 12(1), Article 1.
- Rapti, A. S. (2000). Atmospheric Transparency, Atmospheric Turbidity and Climatic Parameters. *Solar Energy*, 69(2), 99–111.
- Reza, A. L., Farah, L. A., Nafi’ah, M., Musyarrofa, M., Indayati, W., & Solikin, A. (2023a). Fajar Shadiq Sebagai Penanda Awal Waktu Shalat Shubuh. *Azimuth: Journal of Islamic Astronomy*, 4(2), 117–134. <https://doi.org/10.15642/azimuth.v4i2.2226>
- Reza, A. L., Farah, L. A., Nafi’ah, M., Musyarrofa, M., Indayati, W., & Solikin, A. (2023b). Fajar Shadiq Sebagai Penanda Awal Waktu Shalat Shubuh. *Azimuth: Journal of Islamic Astronomy*, 4(2), 117–134. <https://doi.org/10.15642/azimuth.v4i2.2226>
- Robert Quimby. (2021, Desember). [Video recording]. <https://www.youtube.com/watch?v=L8-ioK0bVJs>

- Rozenberg, G. V. (1966). *Twilight: A Study in Atmospheric Optics* (R. B. Rodman, Trans.). Plenum Press.
- Sam'ānī, A. al-M. M. ibn M. ibn 'Abd al-Jabbār al-Marwazī. (1997). *Tafsīr al-Sam'ānī* (Y. ibn Ibrāhīm & G. ibn 'Abbās ibn Ghunaym, Eds.; 1st ed.). Dār al-Waṭan. <https://shamela.ws/book/8320>
- Setyanto, H. (2021a, April 21). *Tentang Cahaya Fajar dan Awal Waktu Shubuh*. NU Online. <https://www.nu.or.id/opini/tentang-cahaya-fajar-dan-awal-waktu-shubuh-NOfeA>
- Setyanto, H. (2021b, April 21). *Tentang Cahaya Fajar dan Awal Waktu Subuh Sumber*. <https://www.nu.or.id/opini/tentang-cahaya-fajar-dan-awal-waktu-shubuh-NOfeA>
- Setyanto, H. (2024a, March 16). *Dua Fajar (1)*. <https://www.facebook.com/hsetyanto>
- Setyanto, H. (2024b, June 6). *Dua Fajar*. Diskusi Konsep Fajar Shadiq, Imaah Noong.
- Shukla, A., Gupta, A., Kushwaha, A., & Raghaw, S. S. (2024, June 15). Indian Institute of Technology Kharagpur. https://www.researchgate.net/publication/381458619_A_REVIEW_ON_CHALLENGES_TO_NIGHT_SKY_OBSERVATIONS
- Ṭabarī, A. J. M. ibn J. al-. (2003). *Jāmi' al-Bayān 'an Ta'wīl Āy al-Qur'ān*. Dār at-Tarbiyah wa at-Turāth.
- Team, A. (2025). *Al-Ma'ānī: Li Kulli Rasm Ma'nā* [Dictionary Entry]. <https://www.almaany.com>
- US Department of Commerce, N. (n.d.). *Definitions of Twilight*. NOAA's National Weather Service. Retrieved May 25, 2025, from <https://www.weather.gov/fsd/twilight>
- 'Uṣaimīn, M. ibn Ṣāliḥ ibn M. al-. (2001). *Al-Syarḥ al-Mumti' 'alā Zād al-Mustaqni'* (Vol. 2). Dar Ibn al-Jawzī.