

Received: 2026-01-15

Accepted: 2026-02-27

Published: 2026-03-31

ANALISIS PERBANDINGAN KETEPATAN WAKTU ZUHUR DAN ASAR : CERAPAN BAYANG ISTIWA' DAN HITUNGAN FALAK

A Comparative Analysis of the Accuracy of Zuhr and Asr Prayer Times: Observations of the Istiwa' Shadow and Astronomical Calculations

Nurulhuda Ahmad Zaki^{1*} & Ahmad Hanif Mohd Azman²

^{1}Senior Lecturer, Department of Fiqh-Usul and Applied Sciences, Academy of Islamic Studies, Universiti Malaya, 50603, Kuala Lumpur, Malaysia. Email: zafriani@um.edu.my. (Corresponding Author)*

²Final Year Student (Undergraduate), , Department of Fiqh-Usul and Applied Sciences, Academy of Islamic Studies, Universiti Malaya, 50603, Kuala Lumpur, Malaysia. Email: ahanifazman@gmail.com

ABSTRACT

Prayer is an act of worship made obligatory by Islamic law for Muslims and must be performed within its prescribed times. The determination of prayer times is explained through the textual sources of the Qur'an and the Sunnah. Each prayer time has a specific method for determining its commencement. At present, prayer times are determined entirely through calculation methods, without direct observation of the sun's shadow, which represents the original method prescribed by Islamic law. However, to what extent do discrepancies arise when prayer times are verified through

solar observation, and do the prayer-time timetables issued by the Department of Islamic Development Malaysia (JAKIM) correspond to physical observations of the sun's actual position? This study compares the solar-observation method with mathematical formula-based calculations. It employed library research and fieldwork to obtain observational data, particularly the shadow lengths used to determine the times of *Zuhr* and '*Aṣr* through solar observation. The study was conducted at the Surau of the Academy of Islamic Studies, Universiti Malaya, Kuala Lumpur. The findings show that the discrepancy range for *Zuhr* between observation and the JAKIM timetable was 0–2 minutes, while that between calculation and the JAKIM timetable was 1–2 minutes. For '*Aṣr*, the discrepancy range between observation and the JAKIM timetable was 0–2 minutes, whereas that between calculation and the JAKIM timetable was 1–3 minutes. The prayer-time timetable issued by JAKIM is accurate and may be confidently relied upon by Muslims, particularly in Malaysia, in performing their prayers. The observed discrepancies between observation, calculation, and the JAKIM timetable are attributable to differences in the reference coordinates used.

Keywords: Prayer times, *Zuhr*, '*Aṣr*, timetable, observational method

Pendahuluan

Solat merupakan ibadah yang difardukan kepada setiap muslim dan dilaksanakan mengikut waktu-waktu yang telah ditetapkan oleh syarak. Di dalam al-Quran dan hadis Nabi saw telah dijelaskan petunjuk masuknya waktu-waktu solat dan ia berkait rapat dengan fenomena astronomi seperti tergelincir matahari, perubahan panjang bayang, terbenam matahari serta

kemunculan fajar (Ismail et al, 2023). Secara umumnya penentuan waktu solat ini berdasarkan kepada fenomena pergerakan matahari dan perubahan panjang bayang-bayang objek di bumi (Azhari, 2007; Ma'u, 2015). Dalam konteks waktu solat zuhur, ia bermula ketika matahari melintasi meridian samawi tempatan atau dikenali sebagai fasa tergelincir matahari (*ẓawal*). Manakala waktu solat Asar bermula ketika panjang bayang sama panjang dengan sesuatu objek mengikut mazhab Syafie (Zulkifly et al., 2024; Khusaini, 2024; Ma'u, 2025) Penentuan waktu solat pada peringkat awal menggunakan kaedah cerapan berasaskan mata kasar dengan bantuan instrumen tradisional seperti tongkat istiwa' dan jam matahari dalam kalangan penentu waktu solat (*mumtaqit*)(Amirudin et al, 2021).

Namun perkembangan teknologi dan zaman moden memperlihatkan transisi daripada teknik cerapan berasaskan mata kasar kepada penggunaan kaedah hitungan dan aplikasi alat yang lebih canggih serta bersifat digital. Kaedah ini dilihat lebih praktik dan mudah dalam aspek penentuan waktu solat (Noreddine & Nassim, 2025; Anugraha, 2012). Namun peralihan kepada kaedah yang lebih maju tidak terlepas dari aspek ketepatan. Hidayat (2018) menyatakan seringkali berlaku perbezaan paparan jadual waktu solat disebabkan penggunaan koordinat geografi yang berbeza. Fadholi (2022) turut menyatakan walaupun kaedah moden masa kini memiliki tahap ketepatan yang tinggi namun perbezaan algoritma serta penggunaan nilai parameter yang berbeza seperti nilai pembiasan atmosfera, kerendahan ufuk serta ketinggian tempat tinggi boleh menyumbang kepada selisih waktu yang ketara. Siregar (2017) turut menegaskan walaupun berlaku hanya 1° rujukan nilai latitud boleh memberi kesan yang ketara kepada waktu solat. Dalam aspek ibadah, ia memberi kesan kepada kesahan ibadah solat umat Islam kerana melaksanakan solat diluar daripada waktunya.

Berdasarkan sorotan literatur mendapati pelbagai konteks kajian dilaksanakan dalam aspek waktu solat. Sebahagian besar pengkaji cenderung menfokuskan kajian terhadap instrumen tradisional seperti jam matahari seperti kajian oleh Darmawan (2018) dan Amiruddin et al (2021) yang melaksanakan kajian ketepatan jam matahari dalam aspek penentuan waktu solat.

Selain itu terdapat kajian-kajian yang menumpukan kepada aspek hitungan serta perisian digital seperti kajian Rahmadani (2018) dan Taufikurrahman (2023). Manakala terdapat kajian yang menguji ketepatan kaedah penentuan waktu solat namun kebanyakan kajian hanya membandingkan satu kaedah beserta data sekunder tanpa melibatkan cerapan fizikal dan cerapan di lapangan secara serentak (Fadhilah, 2020). Oleh demikian masih terdapat kekurangan dalam aspek kajian bersifat empirikal dan berasaskan perbandingan antara cerapan dan saintifik dalam konteks kajian waktu solat terutama waktu zuhur dan asar. Oleh demikian, kajian ini dilaksanakan untuk menganalisis ketepatan penentuan waktu solat Zuhur dan Asar melalui pendekatan kajian saintifik masa kini iaitu menerusi data cerapan dengan data hitungan.

Hasil kajian dijangka memberi kesan positif kepada perkembangan ilmu falak di Malaysia. Selain itu, dapatan kajian ini boleh dijadikan rujukan kepada Institusi Kefatwaan (Jabatan Mufti Negeri-Negeri) untuk menyemak semula takwim solat sedia ada dan menambah baik penyelarasan zon waktu solat agar lebih menepati tuntutan syarak (Razali & Hisham, 2021). Dalam konteks pembina aplikasi digital pula, kajian ini dapat memperlihatkan kepentingan penggunaan parameter yang tepat seperti dibincangkan oleh Rojak dan Fawzi (2024). Dalam konteks yang sama, Noreddine dan Nassim (2025) turut menekankan pembangunan perisian melibatkan waktu solat tidak boleh hanya bersandarkan kepada hitungan semata-mata bahkan wajib selari dengan kedudukan matahari yang tepat. Oleh itu, secara praktiknya, hasil kajian ini mampu meningkatkan keyakinan masyarakat awam dalam pelaksanaan ibadah mereka. Dengan adanya pengesahan menerusi kajian cerapan dan hitungan ini, keraguan yang muncul dikalangan masyarakat awam dapat diminimalkan (Hidayat 2018 ; Muhalling, 2017). Dalam konteks ilmu, kajian ini mampu menyumbang kepada kelestarian kaedah tradisi iaitu cerapan bayang yang mempunyai tahap ketepatan yang tinggi walaupun dalam era digital moden masa kini.

Rajah 1 : Impak Kajian Takwim Waktu Solat



Sorotan Literatur

(a) Konsep Syariah dan Parameter Astronomi Waktu Solat Zuhur dan Asar

Penentuan waktu solat merupakan tuntutan syarak ke atas seluruh umat Islam. Ia bersifat *ta'abbudi* dan terikat dengan pergerakan objek samawi seperti matahari (Ma'u, 2015; Muhalling, 2017). Menurut kaedah fiqh, waktu zuhur bermula apabila matahari tergelincir (Najib et al, 2022 ; Surtahman & Rashid, 2024). Fenomena ini menurut perspektif astronomi ialah waktu ketika matahari berada di zenit, iaitu sudut waktu ketika itu 0° dan bayang-bayang objek mula beralih daric kedudukan barat ke timur (Matu, 2015; Najib et al., 2022). Dalam konteks waktu asar , terdapat perbezaan pandangan mazhab fiqh iaitu antara Mazhab Syafie dan Mazhab Hanafi. Menurut Mazhab Syafie, waktu asar bermula apabila panjang bayang sama panjang dengan bayang objek dan ditambahkan dengan bayang istiwa' (Khuur et al., 2025; Sofyan, 2017, Zulkifly et al., 2024). Namun menurut Mazhab Hanafi, waktu asar bermula ketika panjang bayang objek dua kali ganda tinggi objek tegak (Adi, 2019; Khuur et al., 2025). Di penghujung waktu asar pula, terdapat fasa *isfirar* (matahari menguning) yang menandakan masuknya waktu *javaḥ* atau fasa/waktu dimakruhkan solat sebelum terbenam matahari (Khuur et al., 2025).

(b) Kaedah Tradisional dan Cerapan Fizikal dalam Penentuan Waktu Solat

Penentuan waktu solat menerusi kaedah tradisional sangat bergantung kepada kaedah cerapan menggunakan mata kasar serta penggunaan instrumen fizikal. Antara instrumen asas dan popular digunakan dalam kaedah tradisional ialah jam matahari dan tongkat istiwa'. Kedua-dua instrumen ini digunakan sejak zaman berzaman untuk mengukur bayang matahari (Amirudin, 2024; Darmawan, 2018). Walaupun bersifat tradisional namun kelebihan yang terdapat pada instrumen tradisional ialah mampu verifikasi data kedudukan matahari secara langsung pada waktu sebenar (Fadhilah, 2020). Kajian oleh Rohmah (2017), membuktikan penggunaan *Astrolabe RHI*, iaitu sebuah instrumen klasik yang ditambahbaik dan dimodenkan mampu memberi bacaan panjang bayang waktu zuhur dan asar pada tahap ketelitian yang tinggi (Rohmah, 2017).

Walau bagaimanapun terdapat beberapa literatur menekankan kelemahan kaedah cerapan fizikal. Adi (2019) dan Darmawan (2018) mengenal pasti bahawa faktor cuaca mendung, halangan awan dan halangan fizikal seperti bangunan tinggi yang menghalang ufuk menjadi kekangan utama dalam pelaksanaan cerapan fizikal. Selain itu, Amirudin (2024) menyatakan bahawa faktor manusia seperti ketidaktelitian dan tidak mengambilkira faktor persekitaran boleh menyumbang kepada ralat bacaan antara 2 hingga 6 minit berbanding kaedah hitungan (Amirudin, 2024; Khusaini, 2024). Meskipun instrumen klasik tidak semaju instrumen moden masa kini, namun masih terdapat institusi yang menggunakan instrumen tersebut untuk mengesahkan takwim digital seperti dijelaskan dalam kajian Amirudin (2024) dan Darmawan (2018).

(c) Kaedah Hitungan Falak dan Instrumen Kontemporari

Transisi daripada kaedah cerapan fizikal kepada penggunaan kaedah moden didorong oleh keperluan terhadap ketepatan penentuan waktu dan kemajuan ilmu masa kini (Muhalling, 2017). Kaedah moden masa kini mempraktikkan kaedah hitungan berasaskan formula trigonometri yang kompleks dengan

mengambil kira beberapa parameter dalam hitungan tersebut. Antaranya koordinat lokasi hitungan (latitud, ϕ ; longitud, λ), deklinasi matahari, δ dan *equation of time (e)* (Rahmadani, 2018 & Taufikurrahman, 2023). Rahmadani (2018) menegaskan ketepatan nilai deklinasi matahari yang digunakan dalam formula trigonometri sfera merupakan faktor utama untuk menghasilkan hasil hitungan dengan ketepatan yang tinggi. Menurut Taufikurrahman (2023), faktor lain seperti penggunaan algoritma moden seperti yang digunakan dalam Kalkulator Suria NOAA membolehkan simulasi waktu solat dilakukan dengan lebih efisien dan mempengaruhi hasil hitungan.

Selain itu, perkembangan teknologi masa kini turut menyaksikan penghasilan instrumen moden seperti jam waktu solat berasaskan waktu sebenar (*real time*) yang mampu beroperasi tanpa bergantung kepada jadual waktu solat sedia ada (Noreddine & Nassim, 2025). Selain itu, antara transformasi digital masa kini seperti aplikasi Android dan laman sesawang (*website*) paparan waktu solat merupakan instrumen teknologi masa kini yang memudahkan masyarakat untuk merujuk waktu dengan mudah (Rojak & Fawzi, 2024). Namun kepelbagaian aplikasi digital masa kini memerlukan semakan dan penyelarasan berasaskan kriteria semasa bagi mengelakkan berlaku selisihan waktu, sekaligus menimbulkan kekeliruan dikalangan masyarakat (Rojak & Fawzi).

(d) Penilaian dan Perbandingan Ketepatan Antara Kaedah Tradisional dan Moden

Perbincangan tentang ketepatan antara kaedah tradisional dan moden dalam aspek penentuan waktu solat sering kali tertumpu kepada aspek kebolehpercayaan hasil hitungan. Kajian oleh Zaki et al. (2014) menunjukkan bahawa penggunaan kaedah tradisional menerusi instrumen *rubu' mujayyab* dinilai lebih berhati-hati dan konsisten berbanding kaedah moden masa kini yang menghitung waktu solat berasaskan rujukan zon yang boleh menyumbang ralat sehingga 4 minit pada hari tertentu hitungan (Zaki et al., 2014). Fadhilah (2020) turut menyatakan walaupun hitungan masa kini memberikan data hipotesis yang tepat namun cerapan fizikal tetap berfungsi sebagai mekanisme verifikasi kerana ia berasaskan fenomena objek angkasa yang sebenar di langit.

Dari aspek geografi, Saad et al. (2022) mendapati bahawa ketepatan waktu solat sangat bergantung kepada data koordinat (latitud, longitud) kerana perbezaan waktu solat semakin ketara pada waktu tertentu dalam setahun terutama bagi kawasan yang jauh dari garisan Khatulistiwa. Penggunaan data koordinat yang tidak tepat memberi kesan ralat yang ketara. Namun Amirudin (2024) dan Khusaini (2024) berpandangan selisih waktu yang terhasil daripada penggunaan instrumen cerapan dan kaedah hitungan dianggap masih diterima selagimana berada dalam julat ihtiyati yang telah ditetapkan pihak berkuasa agama masing-masing. Rumusnya kedua-dua kaedah sama ada kaedah cerapan tradisi atau kaedah moden tidak seharusnya dilihat sebagai berasingan, sebaliknya saling bergantung serta berhubung antara satu sama lain. Hitungan moden masa kini jelas membantu memberi kemudahan dalam penghasilan jadual waktu manakala kaedah cerapan fizikal melalui bayang istiwa' sebagai verifikasi dan bukti empirikal terhadap ketepatan waktu solat sekaligus meningkatkan keyakinan ibadah umat Islam. Jadual 1 di bawah merupakan rumusan matrik sorotan literatur berdasarkan sumber rujukan dalam kajian ini.

Jadual 1 : Matrik Sorotan Literatur

Penulis (tahun)	Objektif kajian	Metodologi	Hasil Kajian	Jurang Kajian
Fadhilah (2020)	Mengkaji ketepatan waktu zuhur dari perspektif hitungan dan cerapan fizikal	Penyelidikan lapangan menggunakan gnomon/ <i>istiwa' aini</i>	Hitungan waktu zuhur selari dengan fenomena <i>zawal</i> , perbezaan waktu sehingga 4 minit antara hasil hitungan dengan azan setempat	Hanya tertumpu kepada kajian waktu zuhur, tiada analisis waktu asar
Amirudin (2024)	Menganalisis metod hitungan dan penggunaan jam istiwa' di	Metod observasi, kualitatif, temubual	Jam <i>istiwa'</i> dikategorikan sebagai hisab hakiki yang relevan, terdapat selisih 1-6 minit antara jam istiwa dan hitungan kontemporari	Bergantung kepada data tetap dalam Kitab Durusul Falakiah; memerlukan verifikasi melalui cerapan bayang matahari secara

	Pondok Fathul Ulum		disebabkan perbezaan kriteria <i>ibhtiyati</i> .	langsung.
Darmawan (2018)	Menganalisis ketepatan jam istima' di Masjid Baitun Nur dalam konteks waktu solat	Observasi, kualitatif, deskriptif perbandingan antara jam <i>istima'</i> dan kaedah kontemporari	Jam <i>istima'</i> sangat tepat jika dikalibrasi setiap 1 hingga 4 hari, ralat purata harian jika tidak dikalibrasi sekitar 13.97 saat.	Kajian menfokuskan transformasi <i>jam istima'</i> kepada jam digital, data cerapan pula terhad kepada satu lokasi cerapan saja
Rahmadani (2018)	Mengkaji rumus/formula hitungan waktu solat dalam aspek parameter dan algoritma yang digunakan	Kajian keperustakaan dan analisis teknikal	Ketepatan hitungan waktu solat bergantung kepada parameter deklinasi matahari, nilai deklinasi yang tepat memberikan ketepatan hitungan waktu solat yang tinggi	Bersifat teoretikal, tidak melibatkan pembuktian menerusi cerapan bayang dan tiada kajian lapangan
Hidayat (2018)	Mengkaji faktor terhadap perbezaan jadual waktu solat di Sumatera Utara	Kajian komparatif terhadap data hitungan waktu solat seperti koordinat, deklinasi dan <i>equation of time</i>	Julat selisih waktu antara 2 hingga 10 minit disebabkan ketidakseragaman koordinat geografi yang digunakan, rujukan data matahari	Kajian ini tidak membandingkan hasil hitungan tersebut dengan cerapan fizikal untuk tujuan verifikasi
Khusaini (2024)	Meneliti penentuan waktu zuhur menggunakan jam matahari	Kajian observasi data lapangan	Jam matahari digunakan secara visual untuk mencerap bayang matahari, berasaskan rujukan Utara sebenar	Fokus kajian hanya pada waktu zuhur, menggunakan satu instrumen klasik saja
Alwi & Amin (2023)	Menguji ketepatan jam matahari berbanding kaedah	Kaedah observasi, analisis secara deskriptif	Terdapat selisih waktu menerusi kaedah hisab dalam kitab <i>Syanariq Al-Anwar</i>	Fokus kajian kepada pengurusan jam untuk masyarakat, kajian saintifik tidak difokuskan

ANALISIS PERBANDINGAN KETEPATAN WAKTU ZUHUR DAN ASAR : CERAPAN
BAYANG ISTIWA' DAN HITUNGAN FALAK

	hitungan merujuk kitab	dan kaedah temubual		
Fadholi (2022)	Membandingkan kaedah dalam kitab <i>al-Khulashah al Wafiyah</i> dengan kaedah hitungan kontemporari masa kini	Analisis kandungan dan kaedah perbandingan	Terdapat selisih waktu (hingga nilai minit) dalam kaedah hisab kitab	Kajian berasaskan teks/kitab, memerlukan verifikasi data cerapan
Surtahman & Rashid (2024)	Mengkaji tempoh waktu istiwa' (rembang) menurut hitungan falak	Kajian perpustakaan dan kaedah hitungan	Tempoh waktu istiwa' sangat singkat (hanya kira-kira 1 minit 4 saat), data ini menyokong ketepatan kaedah moden masa kini serta ketetapan mazhab Syafie.	Fokus kepada tempoh peralihan matahari di meridian; tidak mengkaji ketepatan bayang asar
Adi (2019)	Menentukan waktu zuhur dan asar menerusi kaedah bayang (integrasi antara kaedah fekah dan verifikasi kaedah saintifik)	Kajian keperpustakaan, kajian bersifat deskriptif	Al-Quran menjelaskan ketetapan masuk waktu solat secara deskriptif, manakala sains menjelaskan kaedah tersebut menerusi hitungan	Bersifat integrasi teoretikal, masih memerlukan pembuktian menerusi kaedah cerapan dan hitungan
Zulkifly et al, (2024)	Menganalisis pembahagian waktu solat menurut <i>Kitab Al-Iqna'</i> .	Kajian kualitatif menerusi kajian teks	Menjelaskan fasa waktu (<i>fadhilah</i> , <i>ikhtiar</i> dan sebagainya) berdasarkan panjang bayang objek relatif terhadap tinggi objek.	Kajian teks, memerlukan pembuktian cerapan fizikal

Zaki et al., (2014)	Membandingkan ketepatan antara kaedah tradisional miqat dan kaedah moden dalam penentuan waktu solat	Kaedah perbandingan data	Kaedah tradisional dinilai lebih berhati-hati dan konsisten dalam penentuan waktu solat berbanding kaedah moden berasaskan konsep zon	Fokus kepada rubu' mujayyab, memerlukan pembuktian kajian cerapan secara empirikal
---------------------	--	--------------------------	---	--

Metodologi Kajian

Kajian ini menggunakan kaedah penyelidikan secara kuantitatif, melalui reka bentuk penyelidikan berbentuk kajian perpustakaan dan kajian lapangan. Analisis data adalah menggunakan metod perbandingan untuk menganalisis tahap ketepatan waktu zuhur dan asar menerusi perbandingan dengan beberapa data iaitu cerapan bayang matahari, kaedah hitungan serta daripada takwim Jabatan Kemajuan Islam Malaysia, JAKIM. Lokasi kajian yang dipilih ialah kawasan lapang di hadapan Surau Akademi Pengajian Islam Universiti Malaya, APIUM, Kuala Lumpur.

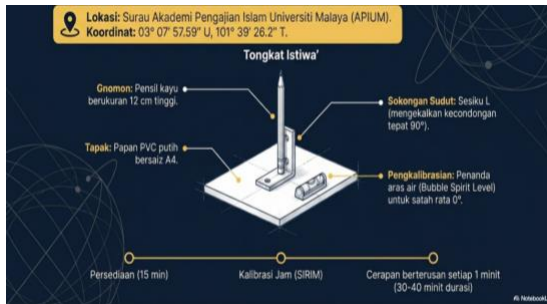
Rajah 2 : Koordinat Setempat dalam Zon Kuala Lumpur



Lokasi ini dipilih sebagai tapak cerapan setelah mengambil kira beberapa faktor persekitaran yang boleh mempengaruhi data, seperti kawasan yang lapang, mendatar serta tiada halangan observasi iaitu bebas halangan fizikal ketika mencerap langit. Koordinat lokasi kajian pula disemak menggunakan *Google Map* dan disemak menggunakan peranti GPS untuk tujuan keselarian paparan data iaitu koordinat latitud $03^{\circ} 07' 57.59''$ U dan longitud $101^{\circ} 39' 26.2''$ T . Sebagaimana dibincangkan oleh Saad et al., (2022), rujukan koordinat lokasi sangat penting kerana mempengaruhi ketepatan hitungan waktu solat sepanjang tahun. Selain itu, parameter kajian ini menfokuskan kepada pergerakan matahari ketara serta perubahan panjang bayang dalam tempoh dua bulan iaitu Mac dan April 2024.

Kajian ini menggunakan instrumen tongkat istiwa' buatan sendiri menggunakan papan PVC putih bersaiz A4 sebagai tapak. Manakala sebatang pensil kayu berukuran 12 cm tinggi yang berperanan sebagai *gnomon* untuk mengukur bayang. Sesiku L digunakan untuk menyokong pensil kayu tegak 90° maka sesiku L manakala penanda aras air (*Buble Spirit Level*) digunakan untuk memastikan alat dalam keadaan rata. Kajian ini juga menggunakan kompas dan GPS untuk menentukan arah utara benar (*true north*) selain verifikasi arah utara dilaksanakan menggunakan petunjuk bacaan azimut bayang. Ketika bacaan data diambil, jam yang dirujuk adalah jam yang telah diselaraskan dengan jam SIRIM Malaysia. Almanak Falak Syarie 2024 terbitan Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM) dan e-Portal JAKIM turut dirujuk sebagai rujukan kepada maklumat yang diperlukan dalam kajian ini terutama data efemeris matahari serta jadual waktu solat JAKIM mengikut zon Kuala Lumpur.

Rajah 3 : Visual Pembangunan 'Tongkat Istiwa'



Prosedur Pengumpulan Data

(a) Cerapan Bayang Istiwa' di Lapangan

Masa persediaan sebelum cerapan data sebenar dilaksanakan ialah 15 hingga 20 minit. Ini termasuk memeriksa keadaan cuaca dan memastikan jam yang dirujuk selaras dengan jam SIRIM Malaysia. Dalam tempoh tersebut, tongkat istiwa' didirikan di kawasan rata dan semakan menggunakan *Buble Spirit Level* bagi memastikan tongkat istiwa' berada 0° pada permukaan cerapan. Pengkaji telah melaksanakan *pilot test* dalam tempoh seminggu bagi persediaan semasa cerapan sebenar dapat dilaksanakan dengan lancar. Sebarang kemungkinan semasa cerapan telah diambilkira berdasarkan pengalaman *pilot test* yang dilaksanakan.

Semasa cerapan sebenar dilaksanakan, panjang bayang matahari diukur secara berterusan dalam tempoh setiap 1 minit selama tempoh 30 hingga 40 minit. Pengukuran ini dibuat bagi setiap sesi bayang zuhur dan asar. Bagi waktu zuhur, cerapan dilaksanakan 15 minit sebelum dan selepas waktu istiwa' berlaku. Manakala bagi waktu asar, cerapan dibuat 15 minit sebelum dan selepas waktu anggaran asar mengikut takwim waktu solat JAKIM. Setiap bacaan bayang zuhur dan asar direkodkan secara sistematik ke dalam borang yang disediakan (*Google Form*). Maklumat yang dicatat dan direkodkan ialah tarikh, keadaan cuaca ketika cerapan, bacaan panjang bayang bagi setiap 1 minit serta rekod bergambar data yang dicerap.

(b) *Data Hitungan*

Data hitungan waktu solat merupakan penanda aras (*benchmark*) yang dihitung bagi lokasi dan tarikh cerapan sebenar. Tujuan data hitungan dilaksanakan untuk membandingkan dengan data cerapan sebenar. Rumus yang digunakan untuk hitungan ialah formula trigonometri sfera yang standard digunakan di Malaysia. Asasnya hitungan waktu zuhur = Waktu Istiwa' + 1 minit 4 saat manakala waktu asar = Waktu Istiwa' + sudut waktu asar. Rumus hitungan pula adalah seperti berikut:

$$i) \quad \text{Waktu istiswa':} \quad \frac{24 \text{ jam} - \frac{\lambda}{15} - GHA_1}{GHA_2 - GHA_1} \times 24j \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$ii) \quad \text{Deklinasi asar:} \quad \delta_A = \delta_1 + \frac{16j}{24j} (\delta_2 - \delta_1) \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$iii) \quad \text{Jarak zenit asar:} \quad \tan^{-1} [1 + \tan |(\phi_t - \delta_A)|] \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$iv) \quad \text{Sudut waktu asar} \quad \cos t_A = \dots\dots\dots (4)$$

$$: \quad \left[\frac{\cos Z_A - \sin \delta \sin \Phi}{\cos \delta \cos \Phi} \right]$$

GHA : Greenwich Hour Angle

δ : deklinasi

ZA = zenit asar

Φ : latitud tempat

λ : longitud tempat

t_A : sudut waktu Asar

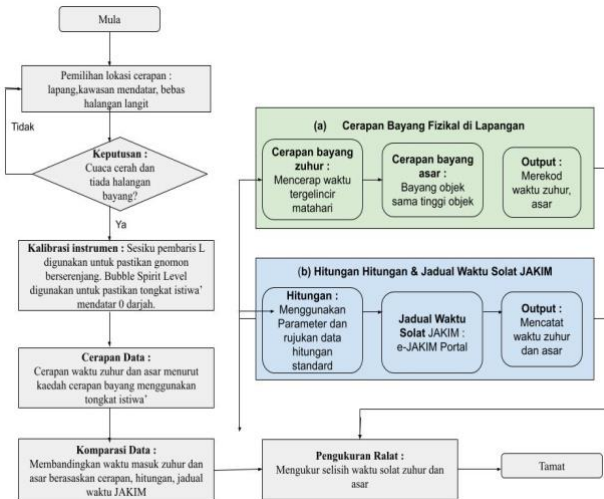
**Nilai GHA & δ dirujuk menerusi data almanak falak syarie JUPEM.*

(c) Analisis Data

Data yang dikumpulkan dianalisis menggunakan kaedah statistik deskriptif untuk mengukur tahap ketepatan waktu solat zuhur dan asar berdasarkan perbandingan data cerapan dengan takwim solat JAKIM dan hitungan. Beberapa aspek disusun dalam konteks analisis data seperti dijelaskan di bawah :

- Pengukuran selisih waktu : Perbezaan waktu (ralat) dalam unit minit atau saat diukur dan dengan cara membandingkan antara hasil cerapan sebenar, hitungan menggunakan rumus trigonometri sfera dan jadual takwim JAKIM.
- Penilaian ralat : Selisih masa yang terhasil dianalisis dan dinilai berdasarkan konsep ihtiyati, iaitu tempoh “keselamatan” yang diamalkan oleh pihak berkuasa agama
- Persembahan data : Hasil analisis data akan dipaparkan dalam bentuk jadual selisihan data dan graf korelasi data bagi memudahkan proses visualisasi trend perbezaan dan ketepatan waktu solat di lokasi kajian.

Carta 1 : Carta Alir Metodologi Cerapan dan Pengukuran Data



Analisis Data dan Perbincangan

Bab ini membincangkan hasil kajian lapangan yang dijalankan di lokasi Surau Akademi Pengajian Islam Universiti Malaya, Kuala Lumpur. Data primer yang diperolehi daripada cerapan fizikal menggunakan tongkat istiwa' sepanjang bulan Mac dan April 2024 disusun, dianalisis dan dibandingkan secara komparatif dengan Takwim Waktu Solat Rasmi Jabatan Kemajuan Islam (JAKIM) serta hitungan falak kontemporari. Bagi menganalisis tahap ketepatan, data cerapan fizikal digabungkan bersama data takwim rasmi JAKIM dan data hitungan untuk melihat dan mendapatkan sejauh mana nilai selisih masa yang berlaku terhadap masuk waktu zuhur dan asar di Kuala Lumpur. Daripada keseluruhan 18 sesi cerapan di lapangan, hanya 15 data waktu zuhur dan 11 data waktu asar diperolehi sepenuhnya. Manakala hari lain cerapan terdapat halangan awan tebal, cuaca mendung menyebabkan tiada bayang terbentuk serta ketiadaan bayang yang jelas terhasil menyebabkan data tidak diperolehi. Penemuan ini selaras dengan perbincangan Adi (2019) dan Darmawan (2018) yang menyatakan faktor persekitaran dan keadaan langit merupakan cabaran utama dalam kaedah cerapan fizikal.

Jadual 2 : Matriks Perbandingan Emperikal Waktu Istiwa' dan Awal Waktu Zuhur

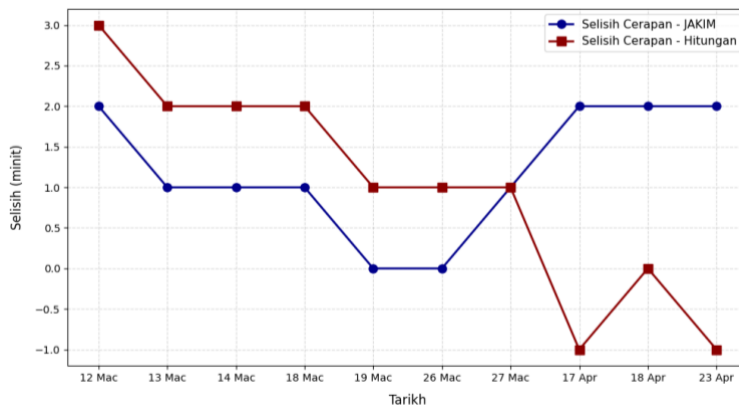
Bil	Tahun	Waktu istiwa' (Cerapan)	Waktu zuhur (Cera- pan)	Panj ang baya ng istiw a' (cm)	Panjan g bayang zuhur (cm)	Waktu solat JAKIM	Selisih waktu cerapan - waktu solat JAKIM	Waktu solat hitungan	Selisih waktu cerapan- hitungan
1	12/3	13:21	13:27	1.30	1.35	13:25	+2	13:24	+3
2	13/3	13:21	13:26	1.20	1.25	13:25	+1	13:24	+2
3	14/3	13:21	13:25	1.15	1.20	13:24	+1	13:23	+2
4	18/3	13:20	13:24	0.80	0.85	13:23	+1	13:22	+2
5	19/3	13:20	13:23	0.70	0.75	13:23	0	13:22	+1
6	26/3	13:17	13:21	0.10	0.20	13:21	0	13:20	+1
7	27/3	13:17	13:21	0.10	0.20	13:20	+1	13:20	+1
8	17/4	13:11	13:15	1.55	1.60	13:13	+2	13:16	-1

9	18/4	13:10	13:15	1.65	1.70	13:13	+2	13:15	0
10	23/4	13:10	13:13	2.00	2.05	13:11	+2	13:14	-1

+positif bermakna waktu cerapan melebihi minit takwim atau hitungan

-negatif bermakna waktu cerapan kurang minit daripada takwim atau hitungan

Graf 1 : Perbandingan Selisih Waktu Zuhur (Mac - April 2024)



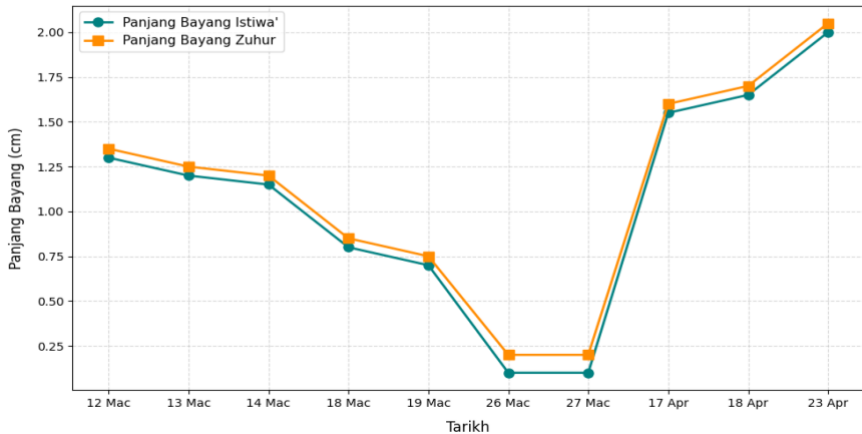
Jadual 2 di atas menunjukkan matriks perbandingan emperikal waktu istiwa' dan awal waktu zuhur. Data yang dikumpulkan dan direkodkan dalam Jadual tersebut termasuklah waktu istiwa' yang dicerap, waktu zuhur yang dicerap, panjang bayang istiwa' (cm), panjang bayang zuhur (cm), waktu solat JAKIM, waktu solat hasil hitungan dan waktu selisih yang terhasil antara waktu solat JAKIM, hitungan dengan waktu zuhur yang dicerap. Graf 1 di atas merumuskan dapatan perbezaan waktu yang terhasil tersebut. Berdasarkan Graf 1 mendapati waktu tergelincir matahari yang diperolehi menerusi cerapan fizikal mempunyai tahap keselarasan yang tinggi apabila dibandingkan dengan takwim waktu solat JAKIM iaitu dalam julat 0 hingga +2 minit.

Daripada Graf 1 mendapati 8 paparan waktu zuhur hasil cerapan menunjukkan masuk waktu lebih lewat antara 1 hingga 2 minit berbanding waktu zuhur dari takwim solat JAKIM, manakala 2 tarikh lagi adalah sama. Hasil perbandingan waktu zuhur hasil cerapan dengan hitungan mendapati

ANALISIS PERBANDINGAN KETEPATAN WAKTU ZUHUR DAN ASAR : CERAPAN
BAYANG ISTIWA' DAN HITUNGAN FALAK

julat perbezaan adalah antara -1 hingga +3 minit. Daripada data perbandingan tersebut, 7 data waktu zuhur hasil cerapan lebih lewat antara 1 hingga 3 minit berbanding data hitungan, manakala 2 lagi tarikh iaitu 17/4/2026 dan 23/4/2026 menunjukkan data cerapan waktu zuhur lebih lewat masuk berbanding cerapan.

Graf 2 : Perbandingan Panjang Bayang Istiwa' dan Zuhur (Mac-April 2024)



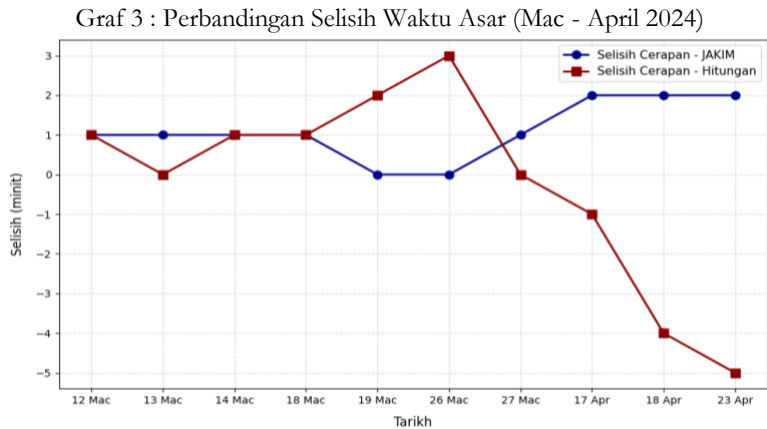
Berdasarkan Graf 2 di atas menunjukkan ukuran panjang bayang istiwa' dan panjang bayang zuhur mempamirkan corak perubahan fizikal yang selari dengan fenomena astronomi sebenar. Merujuk kepada rekod cerapan sepanjang Mac-April 2026 mencatatkan panjang bayang zuhur sentiasa lebih panjang dengan kadar perubahan sebanyak 0.05 hingga 0.1 cm.

Sepanjang tempoh cerapan, panjang bayang menunjukkan semakin pendek dan minimum pada 26 dan 27 Mac 2024. Ini kerana berlaku perubahan deklinasi matahari dari arah selatan ke utara pada tarikh tersebut. Seterusnya trend peningkatan panjang bayang berlaku dan konsisten selepas tarikh 27 Mac 2024 kerana matahari berada semakin dekat dengan latitud Kuala Lumpur, menyebabkan panjang semakin panjang.

Jadual 3 : Matriks Perbandingan Emperikal Waktu Istiwa’ dan Awal Waktu Asar

Bil	Tahun	Waktu istiwa’ (Cerapan)	Waktu asar (Cerapan)	Formula Teoretikal Syaf’i (12.0 cm + Bayang Istiwa’)	Panjang Bayang Asar Dicerap (cm)	Waktu Takwi m JAKI M (Asar)	Selisi h Mas a (Min it)	Hitunga n Formul a Trigono metri Sfera	Selisih Masa (Minit)
1	12/3	16:34	1.30	13.30 cm	13.30	16:33	+1	16 :33	+1
2	13/3	16:33	1.20	13.20 cm	13.20	16:32	+1	16 :33	0
3	14/3	16:29	0.80	12.80 cm	12.90	16:28	+1	16 :28	+1
4	18/3	16:28	0.70	12.70 cm	12.80	16:27	+1	16 :27	+1
5	19/3	16:21	0.10	12.10 cm	12.10	16:21	0	16 :19	+2
6	26/3	16:21	0.05	12.05 cm	12.10	16:21	0	16 :18	+3
7	27/3	16:26	1.55	13.55 cm	13.60	16:25	+1	16 :26	0
8	17/4	16:26	1.65	13.65 cm	13.70	16:24	+2	16 :27	-1
9	18/4	16:24	2.00	14.00 cm	14.00	16:22	+2	16 :28	-4
10	23/4	16:23	2.10	14.10 cm	14.10	16:21	+2	16 :28	-5

+positif bermakna waktu cerapan melebihi minit takwim atau hitungan
-negatif bermakna waktu cerapan kurang minit daripada takwim atau hitungan



Jadual 3 di atas menunjukkan Matriks Perbandingan Emperikal Waktu Istiwa’ dan Awal Waktu Asar. Data yang dikumpulkan dan direkodkan dalam Jadual

tersebut termasuklah waktu istiwa' yang dicerap, waktu zuhur yang dicerap, Formula Teoretikal Syafi'i ($12.0 \text{ cm} + \text{Bayang Istiwa'}$), panjang bayang asar yang dicerap, waktu solat JAKIM, waktu solat hasil hitungan dan waktu selisih yang terhasil antara waktu solat JAKIM, hitungan dengan waktu asar yang dicerap. Graf 3 di atas merumuskan dapatan perbezaan waktu yang terhasil tersebut. Daripada Graf 3 mendapati perbandingan antara masuk waktu asar berdasarkan cerapan dengan takwim menunjukkan perbezaan antara 0 hingga 2 minit.

Manakala perbandingan dengan data hitungan menunjukkan kadar yang ketara berbeza antara -5 hingga +3 minit. Perbezaan waktu yang ditunjukkan antara waktu asar hasil cerapan dengan takwim waktu solat JAKIM memaparkan masuk waktu yang lebih lewat bagi data cerapan untuk keseluruhan tarikh. Berdasarkan graf juga, hanya 5 data menunjukkan masuk waktu asar hasil cerapan lebih lewat berbanding hitungan, manakala 2 lagi data adalah sama iaitu tarikh 13/3/2026 dan 27/3/2026. Sebaliknya 3 tarikh lain iaitu 17/4, 18/4 dan 23/4/2026 memaparkan masuk waktu asar lebih awal sebanyak 1, 4 dan 5 minit masing-masing berbanding hitungan.

Daripada data yang dikumpulkan, secara umumnya data cerapan waktu zuhur dan asar mempamerkan nilai yang lebih lewat masuk waktu solat berbanding takwim solat dan hitungan. Data ini menunjukkan bahawa faktor persekitaran dan cuaca merupakan faktor utama dalam keberkesanan cerapan fizikal di lapangan. Cuaca yang mendung dan terhalang awan menyebabkan bayang tidak kelihatan atau tidak jelas kelihatan. Sekaligus bayang yang tidak jelas (tidak tajam) akan memberi kesan ketika pengukuran panjang bayang dilakukan oleh pengkaji. Dari sudut prosedur dan ketelitian semasa mengambil bacaan, pengkaji telah melaksanakan *pilot test* selama seminggu bagi memastikan kelancaran sesi cerapan dan mengurangkan potensi ralat. Namun faktor ketelitian manusia ketika mengambil bacaan tetap menyumbang kepada ralat bacaan. Beberapa prosedur dan langkah diambil bagi mengurangkan ralat tersebut seperti membuat persediaan awal selama 15 hingga 20 minit sebelum cerapan, selain melakukan penyelarasan jam SIRIM, dan melakukan kalibrasi alat.

Berdasarkan kajian ini mendapati kriteria masuk waktu zuhur dan asar adalah selari menurut perspektif syarak. Ini dibuktikan menerusi data cerapan fizikal yang dilihat konsisten dengan penerangan masuknya waktu zuhur dan asar seperti dijelaskan dalam al-Quran dan hadis Nabi SAW. Bagi waktu zuhur, panjang bayang istiwa' yang terhasil daripada bayang gnomon kelihatan semakin memanjang ke arah timur merupakan fenomena tergelincir matahari yang menandakan masuknya waktu zuhur (Najib et al., 2022; Surtahman & Rashid, 2024). Perbezaan data cerapan dengan takwim JAKIM dalam tempoh antara 0 hingga 2 minit juga membuktikan takwim yang dikeluarkan oleh JAKIM adalah tepat. Dalam konteks waktu asar, data emperikal yang ditunjukkan memenuhi kriteria masuknya waktu asar menurut mazhab syafie. Walaupun terdapat sedikit perbezaan minit antara cerapan fizikal dan hitungan trigonometri sfera namun ia masih dalam julat ihtiyati bagi kebanyakan data cerapan, manakala perbezaan sehingga 5 minit mengambil kira faktor ralat yang terjadi ketika cerapan dilaksanakan seperti faktor manusia dan faktor cuaca. Secara keseluruhan, kajian ini merumuskan bahawa kaedah cerapan tradisional dan hitungan moden tidak wajar dipisahkan sebaliknya saling melengkapi untuk tujuan pengesahan waktu solat (Amirudin, 2024). Penggunaan tongkat istiwa' terbukti sebagai instrumen yang tepat untuk menverifikasikan data hitungan dan takwim yang dikeluarkan oleh JAKIM.

Kesimpulan

Kajian ini mencapai objektif kajian iaitu untuk menganalisis tahap ketepatan penentuan waktu zuhur dan asar menerusi pendekatan saintifik iaitu menerusi data cerapan fizikal di lapangan dan data hitungan menerusi rumus falak kontemporari masa kini. Melalui kajian ini, perbandingan antara kaedah tradisional dan moden dilaksanakan untuk menggambarkan kadar ketepatan dan kesahan waktu solat di Malaysia khususnya zuhur dan asar. Hasil analisis turut menunjukkan takwim solat yang dikeluarkan oleh JAKIM mempunyai tahap keselarasan yang tinggi apabila dibandingkan dengan data cerapan bayang fizikal matahari. Waktu zuhur hanya menunjukkan julat selisihan tidak melebihi 2 minit, Begitu juga waktu asar dengan julat selisihan yang kecil

kecuali pada beberapa tarikh cerapan ketika bayang matahari semakin memanjang apabila deklinasi matahari berubah dari selatan ke utara. Namun ini mengambilkira faktor ralat manusia dan faktor cuaca mempengaruhi ralat bacaan. Implikasi daripada dapatan data ini memberi kesan dan sumbangan yang positif dalam meningkatkan keyakinan masyarakat awam dan membuktikan kesahan ibadah solat berpandukan kepada takwim rasmi solat yang dikeluarkan masa kini. Kajian ini turut membuktikan hitungan moden yang digunakan masa kini juga tepat namun pengesahan menggunakan kaedah asal iaitu kaedah cerapan fizikal mampu membuktikan ketepatan hitungan. Akhir sekali dicadangkan agar pihak berkuasa agama seperti Institusi Kefatwaan disarankan untuk terus melaksanakan kajian cerapan fizikal bagi menyemak dan menambahbaik konsep zon yang diaplikasikan masa kini, yang jelas masih belum selesai isu dan permasalahannya. Dalam konteks aplikasi waktu solat pula disarankan agar parameter astronomi serta kaedah hitungan yang digunakan perlu disemak agar selari dengan kaedah yang digunakan masa kini. Ini dapat memastikan aplikasi waktu solat yang dirujuk oleh masyarakat adalah tepat dan tidak terdedah kepada ralat yang tinggi yang boleh mempengaruhi kesahan ibadah umat Islam.

Bibliografi

- Abdul Niri, M., Ahmad Zaki, N., & Mohd Nor, M. L. H. (2023). Analisis komputasional aplikasi Sun Compass dalam penentuan arah kiblat Muslim. *Jurnal Fiqh*, 20(1), 1–32.
- Adi, W. (2019). *Penentuan waktu salat Dzuhur dan Ashar dengan bayang-bayang (Studi integratif fikih dan sains)* [Skripsi, Institut Agama Islam Negeri Metro].
- Alwi, A. I., & Amin, M. Z. (2023). Uji akurasi jam bencet dalam menentukan awal waktu salat Zuhur di Masjid Al-Muttaqin Desa Tanjunganyar Kecamatan Gajah Kabupaten Demak. *Al-Afaq: Jurnal Ilmu Falak Dan Astronomi*, 5(2), 129–141.

- Amirudin, A. M. (2024). *Analisis metode hisab kontemporer terhadap jam istiswa (Studi penentuan awal waktu salat di Pondok Pesantren Fathul Ulum Kediri)* [Skripsi, Institut Agama Islam Negeri Ponorogo].
- Amirudin, A. M., Junaidi, A., & Ponorogo, I. (2021). Analisis metode hisab kontemporer terhadap jam istiswa (Studi penentuan awal waktu salat di Fathul Ulum Kediri). *Antologi Hukum*, 1(2), 97–116.
- Arifin, Z., Na'imah, F. U., Rahman, A. S., & Hendri. (2024). Tinjauan astronomi tentang pembagian waktu Asar dalam kitab Fath al-Qarib. *Al-'Adalah: Jurnal Syariah dan Hukum Islam*, 9(1), 39–58.
- Azhari, S. (2007). *Ilmu falak perjumpaan khazanah Muslim dan sains moderen*. Suara Muhammadiyah.
- Darmawan. (2018). *Metode jam istiswa untuk menentukan awal waktu salat (Studi kasus Masjid Baitun Nur Tedunan-Wedung-Demak)* [Skripsi, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang].
- Fadhilah, L. N. (2020). Akurasi awal waktu Zuhur perspektif hisab dan rukyat. *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, 6(1), 60–74.
- Fadhli, A. (2022). Differences in salat time recording: Analytical method of Kitab al-Khulashah al-Wafiyyah and contemporary. *Justicia Islamica: Jurnal Kajian Hukum dan Sosial*, 19(2), 331–350.
- Hidayat, M. (2018). Penyebab perbedaan hasil perhitungan jadwal waktu solat di Sumatera Utara. *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, 4(2), 204–218.
- Ismail, N. A., Hassan, S. A., Hanapi, M. S., Wan Khairuldin, W. M. K. F., & Umar, R. (2025). Pelarasan waktu solat untuk lokasi beraltitud tinggi: Analisis berpacukan data. *Islamiyyat*, 47(1), 107–124.
- Jayusman. (2019). Akurasi nilai waktu ihtiyath dalam perhitungan awal waktu salat. *ASAS: Jurnal Hukum Dan Ekonomi Islam*, 11(1), 78–93.

- Khusaini, M. (2024). *Penentuan awal waktu salat Zuhur dengan jam bencet Masjid Agung Kauman Kota Pekalongan* [Skripsi, Institut Agama Islam Negeri Pekalongan].
- Khuur, A. Z. N., Iqbal, M. M., & Naim, A. A. U. (2025). Telaah fikih dan astronomi terhadap akhir waktu salat Asar: Studi kritis tentang isfira sebagai penanda masuknya fase jawaz. *Jurnal Al Tarmasi*, 3(1), 21–27.
- Ma'u, D. H. (2015). Waktu shalat: Pemaknaan syar'i ke dalam kaidah astronomi. *Istinbath: Jurnal Hukum Islam*, 14(2), 269–285.
- Muhalling, R. (2017). Waktu shalat. *Jurnal Al-Adl*, 10(1).
- Najib, M., Ni'am, M. I., & Oktarini, D. (2022). Konsep awal waktu salat. *MIYAH: Jurnal Studi Islam*, 18(2), 342–367.
- Noreddine, M., & Nassim, M. K. A. (2025). Design of a real-time prayer clock using geographic coordinates. *International Journal of Reconfigurable and Embedded Systems (IJRES)*, 14(3), 834–842.
- Nurussaadah, A., Niam, M. I., & Sudirman. (2024). The accuracy of approximate solar coordinates US Naval Observatory in prayer time calculations. *Al-Afaq: Jurnal Ilmu Falak Dan Astronomi*, 6(2), 183–199.
- Rahmadani, D. (2018). Telaah rumus perhitungan waktu solat: Tinjauan parameter dan algoritma. *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-Ilmu Berkaitan*, 4(2), 172–186.
- Razali, A. A., & Hisham, A. I. I. (2021). Penilaian semula kaedah yang digunakan dalam penentuan zon waktu solat di Pahang. *International Journal of Humanities, Technology and Civilization (IJHTC)*, 6(S1), 11–15.
- Rohmah, N. (2017). *Penentuan awal waktu salat Zuhur dan Asar berdasarkan panjang bayangan (Studi analisis penggunaan astrolabe RHI)* [Skripsi, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang].

- Rojak, E. A., & Fawzi, R. (2024). The normative basis of Islamic astronomy for the transformation of prayer schedules to digital and its accuracy. *El-Ussrah: Jurnal Hukum Keluarga*, 7(2), 602–622.
- Saad, D. J., Abdulla, F. M., & Saleh, A. H. (2022). Improving the accuracy of prayer times and calculating their change with geographical latitudes during the year 2021 AD. *Iraqi Journal of Science*, 63(9), 4090–4101.
- Saifulloh, M., Anam, A. S., Ikrom, J., Solikin, A., & Rofiuddin, A. A. (2026). Comparative prayer time computation: Nailul Watar, Ephemeris, and Istiwa Method. *ASTROISLAMICA: Journal of Islamic Astronomy*, 5(1), 31–48.
- Sartika, S., Salam, H., Mansyur, F., & Nurhidaya, M. (2025). Revitalizing traditional astronomical instruments: Developing a local dial model for accurate prayer time determination. *Al-Hilal: Journal of Islamic Astronomy*, 7(2), 241–252.
- Siregar, M. I. (2017). Reevaluasi kriteria perhitungan awal waktu salat di Indonesia. *Jurnal At-Ta'fikir*, 10(1), 38–63.
- Sofyan, M. S. (2017). *Studi komparasi penentuan waktu Asar dalam Mazhab Hanafi dan Syafi'i* [Tesis, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang].
- Surtahman, N. A. B., & Rashid, Z. B. A. N. (2024). Penentuan waktu rembang menurut hitungan falak dan hukum solat padanya. *Journal of Fatwa and Falak Selangor (JUFFAS)*, 1(1), 86–104.
- Taufikurrahman, A. (2023). Simulasi perhitungan awal waktu salat berdasarkan NOAA Solar Calculator menggunakan spreadsheet. *Al-Afaq: Jurnal Ilmu Falak dan Astronomi*, 5(1), 101–108.
- Wadzifah, N. (2012). *Studi analisis metode bisab awal waktu salat Ahmad Ghozali dalam Irsyad al-Murid* [Skripsi, IAIN Walisongo Semarang].
- Zaki, N. A., Zainuddin, M. Z., Ali, A. K., et al. (2014). Comparing the accuracy of the modern and traditional calculation methods in the

ANALISIS PERBANDINGAN KETEPATAN WAKTU ZUHUR DAN ASAR : CERAPAN
BAYANG ISTIWA' DAN HITUNGAN FALAK

determination of prayer times in Malaysia. *Online Journal of Research in Islamic Studies*, 1(2), 32–44.

Zulkifly, M. Z. R. M., Hisham, A. I. I., & Sulaiman, M. B. (2024). Pembahagian waktu solat menurut Kitab Al-Iqna' Fi Hal Al-Alfaz Abi Shuja'. *International Journal of Humanities, Technology and Civilization (IJHTC)*, 9(2), 146–152.