

**PENDEKATAN TEMPATAN DALAM MENDEPANI
ISU-ISU PENENTUAN WAKTU SOLAT**

**The Local Approach in Solving Issues Related to Prayer
Times Determination**

Nurul Kausar Nizam*
Mohd Saiful Anwar Mohd Nawawi**
Saadan Man***
Raihana Abdul Wahab****
Nurulhuda Ahmad Zaki*****

ABSTRACT

Basically, the determination of times for the five daily obligatory prayers according to an Islamic astronomy perspective are based on the rotation of the earth around the sun. It is not practical and effective if determination of worship times for the five obligatory prayers, fasting during Ramaḍān and period for hajj are depend on observations of the naked eye

-
- * Postgraduate Student, Department of Fiqh and Usul, University of Malaya, nurulkausarnizam@gmail.com
** Senior Lecturer, Department of Fiqh and Usul, Academy of Islamic Studies, University of Malaya, saifulnawawi@gmail.com
*** Senior Lecturer, Department of Fiqh and Usul, Academy of Islamic Studies, University of Malaya, saadan@um.edu.my
**** Senior Lecturer, Department of Fiqh and Usul, Academy of Islamic Studies, University of Malaya, raihanawahab@um.edu.my
***** Senior Lecturer, Department of Fiqh and Usul, Academy of Islamic Studies, University of Malaya, zafran@um.edu.my

on celestial movements as it is difficult. Nowadays, knowledge of modern calculation advancements by using the scientific trigonometry formula and computerised calculation is more compatible thus rendering it easier to calculate the times for worship. This study aims to identify the related issues and problems in determining prayer times through a local approach. Through a qualitative study, the findings of this paper indicate that local researchers have made several significant contributions in solving related issues such as determining the times of Fajr and Isya and prayer time calculations by using prayer time software, zones, prayer time guidelines in the International Space Station (ISS) and determining prayer times on airplane.

Keywords: *prayer times, determination of times, zone*

PENDAHULUAN

Lafaz perkataan (الصلاة) berasal daripada perkataan (صلا). Jama' bagi perkataan (الصلاة) adalah (صلوات). Dalam Bahasa Melayu, solat lebih dikenali sebagai perbuatan sembahyang.¹ Menurut *Lisān al-'Arab*, perkataan (الصلاة) dapat ditakrifkan sebagai perbuatan rukuk dan sujud.² Di samping itu, ia turut diterjemahkan sebagai doa dan istighfar.³ Ibn al-'Arabi menyatakan bahawa solat adalah rahmat Allah yang diberikan kepada makhluknya yang mana ianya diperolehi menerusi pelaksanaan ibadah solat yang terdiri daripada perbuatan rukuk, sujud, berdiri dan tasbih.⁴ Selain daripada pengertian solat sebagai doa, solat turut diterjemahkan kepada seruan. Ini berdasarkan kepada kitab *Munjib al-Ṭullāb*.⁵

¹ Kamus Dewan, ed. ke-4 (Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka, 2005), 1435.

² Ibn Manzūr, Abu al-Fadl Jamal al-Din Muhammad Ibn Mukarram, *Lisān al-'Arab* (Bayrūt: Dār Ihyā' al-Turāth al-'Arabī, 1999), 14: 464.

³ *Ibid*, 14: 464.

⁴ *Ibid*, 14: 464.

⁵ Lujnah Ta'lif fī Dār al-Tawhīd, *Munjib al-Ṭullāb* (Bayrūt: Dār al-Mashriffa, 1980), 411.

Perkataan solat juga berasal daripada perkataan *al-Ṣillah*. Perkataan ini membawa maksud hubungan iaitu hubungan antara pencipta iaitu Allah dengan makhluknya iaitu manusia. Hubungan ini dapat diteguhkan melalui pelaksanaan ibadah solat.⁶

Dari segi istilah, solat diterjemahkan kepada beberapa perkataan dan perbuatan yang bermula dengan takbiratul ihram dan kemudiannya diakhiri dengan salam.⁷ Di samping dengan pegertian di atas, terdapat penambahan dalam menterjemahkan definisi solat iaitu ibadah yang dimulai dengan niat dan takbir kemudiannya diakhiri dengan salam berserta dengan syarat-syarat tertentu.⁸ Menurut Imam al-Ghazali,⁹ roh solat merujuk kepada rasa khusyuk, ikhlas, takut ketika menunaikan. Khusyuk dalam menunaikan solat menunjukkan seseorang itu solat di dalam waktunya.

Berdasarkan kepada pembahagian definisi di atas, dapat disimpulkan bahawa solat adalah menyerah diri sepenuh hati kepada Allah SWT, menyemai rasa keagungan akan kebesaran dan kekuasaannya Allah dengan rasa khusyuk dan ikhlas pada setiap perkataan dan perbuatan yang dimulai dengan takbir dan disudahi dengan salam. Seterusnya, persoalan utama dalam melaksanakan ibadah solat adalah mengetahui masuknya waktu solat. Ini kerana sekiranya waktu solat telah masuk, maka kewajipan melakukan solat telah bermula. Namun, apabila waktu solat telah berakhir maka bebas kewajipan solat fardu ke atas setiap Muslim. Oleh yang demikian, mengetahui waktu solat merupakan salah satu syarat sah solat yang penting di antara syarat-syarat yang lain.

⁶ Sirāj al-Dīn, ‘Abd Allāh, *al-Ṣalāh fi Islām* (t.t.p: Jāmi‘ah al-Ta‘lim al-Shar‘i, 1971), 19.

⁷ Muṣṭafā al-Khin, Muṣṭafā al-Bughā & ‘Alī al-Sharbaḡī, *al-Fiqh al-Manhajī ‘ala Madhāhib al-Imām al-Shāfi‘ī* (Dimashq: Dār al-Qalam, 2003), 99.

⁸ Al-Ḥanafī, Muhammad Ibrāhim, *Fiqh al-Ṣalah* (Bayrūt: Dār al-Hadīth, t.t), 6.

⁹ Al-Ghazzālī, *Majmūah Rasāil al-Imām al-Ghazālī*, tahqīq: Shams al-Din, Ahmad, “al-ādab fi al-Din” (Bayrūt: Dār al-Kutub al-‘Ilmiyyah, 1998), 5:100.

Dalam penentuan waktu solat, khususnya di dunia negara Mesir yang mempunyai keluasan 1,010,408km persegi¹⁰ dan kepadatan penduduk sebanyak 94,798,827 orang.¹¹ yang hanya menggunakan satu jadual waktu solat di negara tersebut. Begitu juga dengan negara Singapura yang berkeluasan 722 km persegi dan kepadatan penduduk seramai 5,638,700 orang.¹² Negara Singapura turut mempunyai satu jadual waktu solat. Namun begitu, Arab Saudi memiliki keluasan 2,149,690 km persegi dan populasi sebanyak 33,000,000 orang.¹³ Negara ini mempunyai 27 jadual waktu solat. Sementara itu, keluasan bagi Malaysia adalah 330,803 km persegi dan populasi sebanyak 32,000,000 orang.¹⁴ Malaysia mempunyai 50 jadual waktu solat. Penentuan waktu solat ini dilakukan mengikut kepakaran ahli astronomi/falak tempatan dalam memastikan kewajipan masuk dan akhirnya sesuatu waktu yang ditetapkan oleh syarak. Justeru, kajian ini membincangkan bagaimanakah pendekatan tempatan khususnya di Malaysia dalam usaha untuk menyelesaikan isu- isu yang melibatkan kelebaran zon dan zon waktu solat, permulaan waktu Subuh dan Isya, hitungan waktu solat menerusi perisian, serta isu-isu lain yang berkaitan dengan penentuan waktu solat.

SKOP DAN METODOLOGI KAJIAN

Kajian ini merupakan kajian yang bersifat kualitatif. Metode pengumpulan data dilakukan melalui kaedah perpustakaan. Carian dilakukan menerusi pencarian kata kunci seperti “*prayer time*” merujuk kepada waktu solat, “*ṣalah*” merujuk kepada solat, “*twilight*” merujuk kepada senja, “*dawn*” merujuk kepada Subuh dan “*Prayer Time Calculation*” merujuk kepada hitungan waktu solat. Pangkalan data yang digunakan untuk carian berkaitan

¹⁰ World Population Review, “2019 World Population by Country”, Retrieved by 25 Mei 2019, <http://worldpopulationreview.com/>.

¹¹ Encyclopedia Britannica, “Egypt”, Retrieved by 25 Mei 2019, <https://www.britannica.com/place/Egypt>.

¹² Encyclopedia Britannica, “Singapore”, Retrieved by 25 Mei 2019, <https://www.britannica.com/place/Singapore>.

¹³ Encyclopedia Britannica, “Saudi Arabia”, Retrieved by 25 Mei 2019, <https://www.britannica.com/place/Saudi Arabia>.

¹⁴ Encyclopedia Britannica, “Malaysia”, Retrieved by 25 Mei 2019, <https://www.britannica.com/place/Malaysia>.

dengan penentuan waktu solat adalah Science Direct, The SAO/NASA Astrophysics Data System (ADS) dan International Digital Organization for Scientific Information (IDOSI). Terdapat juga pangkalan data lain yang digunakan bagi proses pencarian data berkenaan waktu solat, iaitu menerusi web *Islamic Crescents' Observation Project* (ICOP) dan *Moonsighting* bagi melihat isu-isu penentuan waktu solat di peringkat antarabangsa.

SEJARAH PENENTUAN WAKTU SOLAT DALAM TAMADUN ISLAM

Penentuan waktu solat dapat diketahui berdasarkan kepada pergerakan harian matahari di langit sejak daripada zaman Rasulullah SAW. Tuntutan melaksanakan solat lima waktu haruslah didirikan mengikut had masa tertentu sepertimana yang telah disebutkan dalam hadis berkenaan waktu solat. Pada peringkat ini, pergerakan matahari dapat dilihat menerusi cerapan mata kasar. Sehubungan dengan itu, waktu Zuhur dapat ditentukan apabila gelincirnya matahari di atas garisan meridian langit.¹⁵ Waktu Asar dapat dikenal pasti melalui pemerhatian terhadap panjang bayang matahari,¹⁶ terbenamnya matahari di ufuk Barat bagi waktu Maghrib,¹⁷ Isya' bermula sebaik sahaja hilangnya *shafaq ahmar*¹⁸ dan terbitnya fajar *sādiq* bagi waktu Subuh.¹⁹ Penentuan waktu solat dengan hanya melihat kepada tanda-tanda semesta menimbulkan pelbagai permasalahan.²⁰ Ini kerana faktor seperti awan, pandangan ufuk yang terbatas disebabkan bangunan tinggi

¹⁵ 'Abd al-Halim 'Uwaisy, *Mawsū'at al-Fiqh al-Islāmi al-Ma'aṣir* (Miṣr: Dār al-Wafā', 2004), 1: 259.

¹⁶ Abū Ja'far Aḥmad bin Muḥammad bin Salamāt bin 'Abd Malik, *Mukhtāṣar Ihtilaf al-'Ulama'* (Bayrūt: Dār al-Basha'ir al-Islāmiyah, 1417H), 1:193.

¹⁷ Kamal al-Din Muḥammad bin 'Abd al-Wāḥid al-Suyūsī al-Ma'rūf, *Fath al-Qadir* (Damshiq: Dār al-Fikr, t.t), 1:222.

¹⁸ Abū 'Abd Allāh Muḥammad bin Idris bin al-'Abbās bin 'Uthmān, *al-'Umm* (Qāhīrah: Dār al-Wafā' li Tabā'ah wa al-Nashr wa al-Tawzī', 2001), 2: 164.

¹⁹ Al-Nawawi, Abi Zakariyā Yahya bin Shirafi al-Nawawi al-Damshiqī, *Raudah al-Tālibin* (Bayrūt: Dār al-Kutub al-'Ilmiyyah, 2003), 1: 293.

²⁰ King, In Synchrony with the Heavens, 201.

menyebabkan bayang-bayang tidak dapat dilihat serta cahaya langit senja dan fajar sadiq sukar kelihatan.

Perkembangan ilmu astronomi mendapat perhatian meluas bermula sejak tamadun dunia iaitu Babylon, Yunani, India dan Cina.²¹ Lokasi bertapaknya tamadun Sumeria dan Babylon di Mesopotamia, merupakan tempat yang sama munculnya tamadun Islam pada kurun ke-9 M sehingga ke-12 M.²² Berikutan daripada pertembungan di antara tamadun luar dan tamadun Islam ini, berlaku transformasi ilmu astronomi. Interaksi tamadun Arab-Islam dengan tamadun luar ini menyebabkan lahirnya ilmuwan Islam seperti al-Khawarizmi, al-Biruni dan Ibn Yunus.²³ Di samping itu, Arab-Islam telah berjaya menguasai penggunaan instrumen astronomi bagi kiraan waktu solat seperti jam matahari,²⁴ astrolab²⁵ dan *rubu' mujjazyab*.²⁶

Kemunculan ilmu pengukuran waktu direkod sekitar abad ke-7 Masihi di Baghdad ekoran daripada penyerapan kepelbagaian ilmu seperti, hitungan astronomi, matematik dan peralatan-

²¹ Baharrudin Zainal, "Peluang-peluang Penyelidikan Kualitatif dalam Ilmu Falak", Seminar Penghayatan Ilmu Falak 2006, Jabatan Mufti Negeri Melaka, The Legacy Hotel, Melaka, 25 November 2006, 2.

²² *Ibid*, 2.

²³ Mohd Koharuddin Mohd Balwi, "Sains dan Teknologi Asia: Hadiah Asia kepada Dunia", *Jurnal Teknologi*, no. 37 (2002), 32.

²⁴ Jam matahari digunakan untuk menentukan waktu solat pada waktu bermusim. Lihat David A. King, "Astronomical Instruments in the Islamic World," dalam Helaine Selin (ed.), *Encyclopaedia of the History of Science, Technology, and Medicine in Non-Western Cultures* (Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997), 87.

²⁵ Astrolab menjadi peralatan kegemaran untuk diguna oleh ahli astronomi zaman pertengahan. Ia berkembang dari tradisi Greek. Lihat David A. King, *World-Maps for Finding the Direction and Distance to Mecca: Innovation and Tradition in Islamic Science* (Leiden: Brill, 1999), 20.

²⁶ Mohd Roslan Mohd Noor, "Kewujudan Sains dan Teknologi di Andalusia", dalam *Baldatun Tayyibah, Model Andalusia, Sejarah Perkembangan dan Pemerintahan Islam di Andalusia: Teladan dan Sempadan*, ed. Mohd Roslan Mohd Noor dan Mohd Zamri Mohamad Shapik (Shah Alam: Persatuan Ulama' Malaysia dan Imtiyaz Multimedia & Publications, 2011), 95.

peralatan yang digunakan daripada tamadun lain. Sikap terbuka pemerintahan di zaman khilafah ‘Abbāsiyah telah menyebabkan kemasukan dan penerimaan variasi kepelbagaian ilmu ke tamadun Arab-Islam ketika itu.²⁷

Khalifah al-Mansūr telah menerima kedatangan ahli politik dari Sind, Pakistan yang membawa bersama ahli astronomi India.²⁸ Implikasinya, bangsa Arab telah mempelajari kaedah kiraan astronomi menggunakan *zij al-Sindhind*.²⁹ *Zij al-Sindhind* adalah karya yang memaparkan parameter dan teknik hitungan dan kemudiannya diterjemahkan oleh Ibrahim al-Fazar dan Ya’qub Ibn al-Tariq.³⁰ Seterusnya, astrolab yang lengkap diperkenalkan oleh Arab Muslim pada abad ke-10.³¹ Dalam hal ini, Mat Rofa menjelaskan astrolab telah dimanfaatkan oleh pihak Sepanyol dan Portugal sebagai panduan dalam usaha mereka menjelajah ke dunia Timur. Dengan penggunaan alat ini, mereka berupaya untuk menentukan saiz bumi dengan lebih tepat daripada yang dilakukan oleh orang Greek sebelumnya.³²

Kemudian, selepas kurun ke-13 Masihi, ilmu matematik astronomi dilihat berkembang pesat sehingga merangkumi bidang astronomi sfera, instrumentasi astronomi dan gnomon, penetapan arah kiblat, penetapan kenampakan anak bulan serta hal-hal yang berkait rapat dengan ibadah umat Islam.³³ Dalam pada itu, individu yang bertanggungjawab ke atas kiraan waktu

²⁷ Mohammad Ilyas, *Astronomy of Islamic Times for the Twenty-First Century* (Kuala Lumpur: A. S. Nordeen, 1999), 5.

²⁸ Glen van Brummelen, *The Mathematics of the Heavens and the Earth: the Early History of Trigonometry* (New Jersey: Princeton University Press, 2009), 135.

²⁹ *Ibid*, 135.

³⁰ Abd. Wahid Jais & Zainab Ishak, “Sumbangan Tamadun Islam dalam Perkembangan Sains dan Teknologi dalam Islam dan Sains” dalam *Pembangunan Tamadun*, Azizan Baharuddin et al. (ed) (Kuala Lumpur: Yayasan Dakwah Islamiah Malaysia, 2010), 5.

³¹ Saliba, *A History of Arabic Astronomy*, 77.

³² Mat Rofa Ismail, *Kerdipan Bintang Melayu di Langit Turki: Jejak Sejarah Hubungan Alam Melayu dan Kerajaan Uthmaniyyah Turki* (Kuala Lumpur: Karya Bestari, 2016).

³³ David A. King, *A Survey of Medieval Islamic Shadow Schemes for Simple Time-Reckoning* (Leiden: Brill, 1990), 196.

solat dikenali sebagai *muwaqqit*. Istilah *muwaqqit* ini telah diguna pakai ketika era Mamluk di Mesir pada kurun ke-13 Masihi. Ahli *muwaqqit* bertindak sebagai ahli astronomi yang mengawal dan menghitung waktu solat. Muazin ditugaskan sebagai individu yang bertanggungjawab melakukan pemerhatian ke atas pergerakan matahari dalam menentukan waktu solat sebelum para *muwaqqit*. Akan tetapi, ekoran daripada pengetahuan saintifik yang dipelopori oleh para *muwaqqit* menyebabkan peralihan tugas daripada muazzin kepada para *muwaqqit* berlaku.³⁴ Bangsa Arab ini tidak menerima bulat ilmu astronomi begitu sahaja. Namun sebaliknya, kajian demi kajian dilakukan sehingga lahirnya cabang-cabang daripada ilmu astronomi itu sendiri seperti penghasilan jam matahari, astrolab dan jadual pengukuran waktu atau lebih dikenali dengan jadual *mīqāt*.³⁵ Di samping itu, Abū al-Rayḥān Muḥammad bin Aḥmad al-Bīrūnī berjaya mengukur bayang-bayang menggunakan rumus trigonometri.

Perkembangan dalam ilmu astronomi ini menunjukkan bahawa waktu solat tidak lagi ditentukan melalui kaedah cerapan. Namun begitu, ianya ditentukan menerusi kaedah hitungan trigonometri serta peralatan astronomi seperti astrolab dan *rubu 'al-mujayyab*. Ini bagi memudahkan dan menjamin kemaslahatan seluruh umat Islam. Walaupun kini kaedah cerapan dalam menentukan setiap waktu solat tidak lagi digunakan namun setiap pelaksanaan kaedah lain masih menjadikan aspek fiqh sebagai tunjang dan landasan utama dalam menggunakan hitungan astronomi moden seperti masa kini.

ISU-ISU PENENTUAN WAKTU SOLAT

Isu waktu Subuh dan Isya'

Para sarjana Islam dan Barat telah melakukan kajian bagi meneliti pergerakan matahari seterusnya mengemukakan teori waktu Subuh dengan sokongan data-data saintifik. Berikutan itu, terdapat 12 sudut ketinggian matahari yang telah dikenal pasti di seluruh

³⁴ King, "The Astronomy of the Mamluks," 73-84

³⁵ Saliba, *A History of Arabic Astronomy*, 62.

dunia.³⁶ Sekitar kurun ke 10, Ibnū Yunus menggunakan altitud 19° bagi waktu Subuh.³⁷ Kemudian, sekitar separuh kurun ke 11, Ibn Mu'ādh mengemukakan bahawa permulaan waktu Subuh adalah pada kedudukan parameter matahari iaitu 18° .³⁸ Manakala bagi waktu Isya' apabila mega merah (*astronomical twilight*) hilang sepenuhnya ketika pusat matahari berada pada kedudukan 18° di bawah ufuk barat.³⁹

Isu penetapan waktu Subuh dan Isya dikatakan sukar dibandingkan dengan waktu Zohor, Asar dan Maghrib. Ini disebabkan faktor apabila matahari sudah terbenam dan bayang-bayang sudah tidak dapat dilihat. Sebagai contoh, di Morocco, azan Subuh dilaungkan sebelum bermulanya fajar *sādiq*.⁴⁰ Manakala di Turki, umat Islam mula berpuasa 40 minit lebih awal daripada waktu yang sepatutnya.⁴¹ Abdulkader M. Abed (2015)⁴² telah melaksanakan 12 cerapan fajar sepanjang tagun 2009/2010. Hasilnya mencadangkan untuk menggunakan parameter matahari 18° di ufuk Timur. Pada masa yang sama, melewati azan pada kadar 5 minit adalah diterima bagi memastikan telah masuknya

³⁶ Nur Nafhatun et al., "Background Theory of Twilight in Isha" and Subh Prayer Times," dalam *Dimensi Penyelidikan Astronomi Islam*, ed. Saadan Man, Mohd Saiful Anwar Mohd Nawawi, Raihana Abdul Wahab dan Nurul Huda Ahmad Zaki (Kuala Lumpur: Jabatan Fiqh dan Usul, Akademi Pengajian Islam, Universiti Malaya, 2013), 25.

³⁷ David A. King, "Ibn Yunus Very Useful Tables for Reckoning Time by the Sun," dalam *Islamic Mathematical Astronomy* (London: Variorum Reprints, 1986), 366.

³⁸ *Ibid*, 367.

³⁹ *Ibid*.

⁴⁰ Muhammed Taqi' al-Dīn al-Hilālī al-Maghribi, Retrieved August 13 2018, "Distinguishing the True Dawn from the False Dawn," terj. Kehlan al-Jubury, from Website SunnahOnline.com, <http://sunnahonline.com/library/fiqh-and-sunnah/732-distinguishing-the-true-dawn-from-the-falsedawn>.

⁴¹ Abdul Aziz Bayindir (2010), Retrieved August 13 2018 "Fasting Prolonged At Least Forty Minutes in Turkey," from Website Islam and Qur'an, <http://www.islamandquran.org/common-mistakes/fastingprolonged-at-least-forty-minutes-in-turkey.html>.

⁴² Abdul Kader M.Abed, "Determining The Beginning Of The True Dawn (al-Fajer al-Sadek) Observationally By The Naked Eye In Jordan," *Jordan Journal of Islamic Studies* 11 (2) (2015), 2.

waktu Subuh. M.A.Semeida dan A.H Hasaan (2018)⁴³ telah melakukan sebanyak 38 cerapan waktu Subuh di Wadi Al Natron, Mesir (30° 30' U, 30°09' T) sekitar tahun 2014 hingga 2015. Hasil menunjukkan bahawa altitud matahari bagi waktu Subuh adalah pada kedudukan 14.57°. Ini menunjukkan nilai yang altitud yang diperolehi berbeza dengan altitud semasa yang diguna pakai di Mesir iaitu 19.5°.

Di Malaysia, beberapa kajian berkenaan dengan penentuan waktu Subuh dan Isya' telah dilakukan. Kajian awal telah dilakukan oleh Nazhatulshima, Mohd Zambri, Zainol Abidin dan Mohd Sahar.⁴⁴ Namun, kajian ini tidak berjaya menemui hasil. Kemudian, diteruskan lagi dengan kajian oleh Hardi, Jasni dan Abdul Halim.⁴⁵ Hasil kajian mendapati parameter kedudukan matahari 20° yang digunakan pada masa kini adalah tidak menepati dengan hasil kajian yang dibuat. Seterusnya, mengikut Muhammad Shamim Shukor dan Mohd Zambri Zainuddin (2015)⁴⁶ setelah dibuat perbandingan di antara data-data kecerahan langit di pelbagai tempat di Malaysia dengan data-data yang diperolehi Jabatan Kemajuan Islam Malaysia (JAKIM). Hasilnya juga menunjukkan tiada perbezaan yang ketara di antara hasil data yang dikumpul dengan data waktu solat JAKIM. Norihan Kadir⁴⁷ mengenal pasti altitud matahari di bawah ufuk semasa bermulanya waktu solat Subuh melalui perubahan nilai kecerahan langit untuk

⁴³ M.A.Semeida, A.H.Hassan, "Pseudo Dawn and True Dawn Observations By Naked Eye in Egypt", *Journal of Basic and Applied Sciences* 7 (2018), 287.

⁴⁴ Nazhatulshima Ahmad et al., "Kajian Kecerahan Langit di Ufuk Senja dan Fajar," *Jurnal INSTUN* 1, no. 2 (2007), 51.

⁴⁵ Hardi Mohamad Sadali, Jasni Sulong dan Abdul Halim Abdul Aziz, "Parameter Kedudukan Matahari Bawah Ufuk Bagi Penentuan Waktu Subuh dan Isyak," laman sesawang e-Falak, dicapai 10 Mei 2019, <http://apps.islam.gov.my/efalak/?q=en/artikel-kertas-kerja>.

⁴⁶ Muhammad Shamim Shukor dan Mohd Zambri Zainuddin, "Perbandingan Metodologi Kajian Penentuan Masuknya Fajar Sadiq dan Hilangnya Syafaq Ahmar: Kajian Kecerahan Langit." *Jurnal Falak*, no 1 (2015), 20.

⁴⁷ Norihan Kadir, "Penilaian Semula Parameter Penentuan Awal Waktu Subuh di Malaysia Dari Perspektif Astronomi Islam (Disertasi Sarjana, Universiti Malaya, 2017).

membezakan fajar *kādhīb* dan fajar *sādiq*. Hasil kajian mendapati waktu solat Subuh bermula ketika purata altitud matahari berada pada kedudukan $-18^{\circ} 38'' 20.3'' \pm 0.1^{\circ}$ bagi sudut tuju SQM-LU 10° , $-18^{\circ} 29'' 18.6'' \pm 0.1^{\circ}$ bagi sudut tuju SQM-LU 30° dan $-18^{\circ} 06'' 47'' \pm 0.1^{\circ}$ bagi sudut tuju SQM-LU 50° . Nilai ini berbeza dengan nilai parameter yang digunakan di Malaysia iaitu 20° .

Kajian berkenaan isu parameter matahari bagi menentukan waktu Subuh dan Isya' tidak fokus hanya pada altitud matahari. Akan tetapi, ia perlu melihat kepada variasi aplikasi peralatan dalam mendapatkan parameter matahari. Di Indonesia, Dhani Hendriwijaya (2016)⁴⁸ menggunakan kaedah fotometer bagi mengenal pasti nilai kecerahan langit. Beliau mencadangkan nilai sudut matahari bagi waktu solat Subuh adalah 17° .⁴⁹ Di samping itu, terdapat juga kajian yang menggunakan kaedah fotometri dilaksanakan di Mesir. Hasil menunjukkan altitud matahari bagi waktu Isyak adalah di antara 18° dan 20° dan bagi waktu Subuh adalah di antara 14° dan 16° .⁵⁰ Sementara itu, kajian penggunaan fotometri bagi mengenal pasti parameter matahari pada waktu Subuh dan Isya' diteruskan tetapi dilaksanakan ditempat yang berbeza iaitu di Bahria. Indeks warna dikaji dapat dibahagikan kepada tiga kumpulan iaitu (B-V), (B-R) dan (V-R). Bagi waktu Subuh, graf indeks warna (B-V) menunjukkan nilai positif minimum 8° . Analisis mendapati waktu Subuh berada pada kedudukan $\leq 15^{\circ}$ dan waktu Isya' pada kedudukan $\leq 18^{\circ}$.⁵¹

⁴⁸ Dhani Hendriwijaya, "Sky Brightness and Twilight Measurements at Jogjakarta City, Indonesia", *Journal of Physics (International Symposium on Sun, Earth and Life)* (2016), 5.

⁴⁹ Dhani Hendriwijaya, "Implications of Twilight Sky Brightness Measurements on Fajar Prayer and Young Crescent Observation", 7th International Conference on Physics and Its Applications (2014), 1-7.

⁵⁰ A.H. Hassan, N.Y. Hassanin, Y.A. Abdel-Hadi, I.A. Issa, "Time Verification of Twilight Begin and End at Matrouhof Egypt," *Journal of Astronomy and Astrophysics* 2 (2013), 2.

⁵¹ A.H. Hassan, N.Y. Hassanin, Y.A. Abdel-Hadi, I.A. Issa, "Brightness and Color Variation For Evening And Morning Twilights at Bahria of Egypt IV," *NRIAG Journal of Astronomy and Astrophysics* 3 (2014), 37.

Dalam konteks Malaysia, peringkat permulaan bagi mendapatkan sudut matahari bagi waktu Subuh dan Isya' adalah dengan menggunakan Alat Pengesan Cahaya (APC). Namun, kajian ini tidak berjaya memperolehi data seperti yang dikehendaki. Alat ini didapati kurang bersesuaian bagi memperolehi corak perubahan graf seperti yang dikehendaki.⁵² Kemudian kajian ini diteruskan dengan menggunakan kaedah fotometri langit yang menggunakan *photomultiplier tube* (PMT) sebagai alat pengesan cahaya. Kaedah ini berjaya dengan memberikan hasil melalui penuras hijau (V) menyamai respons mata manusia. Proses analisis ini menunjukkan hasil bahawa waktu Subuh bermula apabila matahari berada $20.3^{\circ} \pm 0.7^{\circ}$ di bawah ufuk. Ini menunjukkan 95% hasil kajian ini telah memenuhi parameter yang digunakan di Malaysia. Hasil analisis menunjukkan waktu Subuh bermula apabila matahari berada $20.3^{\circ} \pm 0.7^{\circ}$ di bawah ufuk.⁵³ Berikutnya, Hardi, Jasni dan Abdul Halim menggunakan Sky Quality Meter (SQM). Dengan menggunakan peralatan ini, parameter matahari yang dikesan bagi waktu fajar berada pada kedudukan $-18.6^{\circ} \pm 0.6^{\circ}$ di bawah ufuk. Manakala cahaya paling awal yang dapat dikesan apabila menggunakan mata kasar adalah pada kedudukan $-16.2^{\circ} \pm 0.5^{\circ}$.⁵⁴ Seterusnya, kajian ini diteruskan oleh Nur Nafhatun (2010).⁵⁵ Peralatan yang digunakan dalam kajian ini masih menggunakan Sky Quality Meter (SQM). Hasilnya menunjukkan purata tahunan sudut junaman cerapan adalah dalam julat $17.3^{\circ} - 19.5^{\circ}$ dan $17.5^{\circ} - 20^{\circ}$ bagi Isyak dan Subuh masing-masing. Jangkamasa berlakunya fajar adalah 70

⁵² Nazhatulshima Ahmad et al., "Kajian Kecerahan Langit di Ufuk Senja dan Fajar", 51.

⁵³ Clarakartini A. Hamid dan Abdul Halim Abdul Aziz, "Penentuan Syarat Mula dan Akhir Senja Astronomi Menggunakan Kaedah Fotometri Langit dalam Menentukan Permulaan Waktu Fajar dan Isyak," dalam *Astronomi: Pelestarian di Malaysia*, ed. Mohd Zubir Mat Jafri, Khiruddin Abdullah, H. S. Lim dan Nasirun Mohd Saleh (Pulau Pinang: Penerbit Universiti Sains Malaysia, 2009), 88.

⁵⁴ Hardi Mohamad Sadali, Jasni Sulong dan Abdul Halim Abdul Aziz, "Parameter Kedudukan Matahari Bawah Ufuk Bagi Penentuan Waktu Subuh dan Isyak," laman sesawang e-Falak.

⁵⁵ Nur Nafhatun, "Sky Brightness at Twilight: Detectors Comparison Between Human Eye and Electronic Devise For Isha & Subh From Islamic and Astronomical Considerations" (Disertasi Sarjana, Universiti Malaya, Kuala Lumpur, 2010), 27.

hingga 80 minit. Di samping itu, terdapat juga kajian Subuh dan Isya' yang dilihat menerusi carta perjalanan kapal terbang yang menggunakan Sky Quality Meter-USB (SQM-LU). Hasil kajian ini menunjukkan jarak zenit matahari bagi bermulanya waktu Isyak ialah antara 106° hingga 108° . Jarak zenit matahari bagi awal waktu Subuh pula ialah antara 107° hingga 110° .

Dalam membincangkan isu penentuan waktu Subuh dan Isya', penyelidikan yang dilakukan memerlukan kepada pemerhatian secara terperinci terhadap pelbagai aspek seperti faktor cahaya dan cuaca di sekitar lokasi cerapan. Ini bagi memastikan data yang diambil tepat dan bebas daripada segala bentuk pencemaran.⁵⁶ Pelarasan jam juga perlulah diselaraskan mengikut waktu piawai.⁵⁷ Di samping itu, pemilihan penggunaan peralatan yang sensitif terhadap corak perubahan cahaya. Alat pengesan cahaya ini juga perlulah berada pada kedudukan 20° , 45° dan 90° ke arah terbitnya matahari.⁵⁸

Hitungan Waktu Solat Menerusi Perisian

Proses pembinaan sesebuah pengaturcaraan komputer memerlukan kepada ketepatan ephemeris yang digunakan terutamanya apabila berkait rapat dengan keperluan ibadah. Antara laman sesawang yang berkaitan dengan almanak adalah Horizon. Data ephemeris yang dipaparkan disediakan oleh NASA Near-Earth Object Program. Keupayaan laman sesawang ini membolehkan ianya boleh diakses pada bila-bila masa mengikut tahun yang dikehendaki. Data yang diperolehi menerusi laman sesawang ini mempunyai ketepatan sebanyak 1 arcsec.⁵⁹ Kajian perbandingan di antara ephemeris

⁵⁶ Norihan Kadir, *Penilaian Semula Parameter Penentuan Awal Waktu Subuh di Malaysia Dari Perspektif Astronomi Islam*, 22.

⁵⁷ Abdul Halim Abdul Aziz, "Fotometri untuk Penyelidikan Fenomena Fajar dan Isya'" (Kertas Kerja Muzakarah Falak 2013, Hotel M.S. Garden, Kuantan, Pahang, 27-29 Ogos 2013)

⁵⁸ Norihan Kadir, Muhammad Hazwan Mustafa, Raihana Abdul Wahab, "Issues on Determination of Accurate Fajr and Dhuha Prayer Times According to Fiqh and Astronomical Perspectives in Malaysia: A Bibliography Study," *Conference Proceedings* (2016), 675-680.

⁵⁹ Ovidiu Vaduvescu, *Observing Near Earth Asteroids With A Small Telescope* (Canada: York University, 2016), 3.

yang diperolehi menerusi Horizon dan PyEphem turut dilakukan.⁶⁰ Hasilnya menunjukkan ephemeris pyEphem menggunakan versi lama iaitu IAU1976/1980 dan efemeris planet VSOP87.⁶¹ Mohammad Afiq Hussin, Mohammad Saupi Che Awang, Othman Zainon⁶² telah membangunkan perisian almanak astronomi UTM ini menggunakan Microsoft Window 7. Analisis perbandingan data program almanak ini kemudiannya dibandingkan dengan data yang dihasilkan oleh perisian Interactive Computer Almanac (Mica) yang diterbitkan oleh United State Naval Observatory (USNO) dan Astropixels.com (Astropixels) yang diterbitkan oleh JPL DE405. Perbandingan jarak hamal antara program almanak Astronomi UTM ini dengan data daripada MICA dan Astropixels berada pada perbezaan kecil iaitu 1". Manakala perbandingan bagi deklinasi matahari antara program almanak Astronomi UTM ini dengan data daripada MICA dan Astropixels adalah 4". Justeru, ini menunjukkan program almanak Astronomi UTM mempunyai keupayaan yang sama dan tepat sepertimana perisian sedia ada iaitu MICA dan Astropixels.

Seterusnya, pembinaan sesebuah perisian perlu melihat kepada rumus hitungan trigonometri yang digunakan. Ini kerana rumus hitungan yang berbeza akan memberikan impak kepada hasil kiraan waktu solat. Mohamoud A. Mohamoud⁶³ menggunakan hitungan trigonometri sfera bagi menghitung waktu solat di lima lokasi iaitu Arab Saudi (Mekah), Somalia (Mogadishu), Djibouti, Ethiopia (Addis Ababa) dan Kenya (Nairobi). Kesemua lokasi ini berada dalam *time zone* (UTC +3) yang sama. Hitungan waktu

⁶⁰ Brett M. Morris, Erik Tollerud, Brigitte Sipocz, "Astroplan: An Open Source Observation Planning Package in Python," *The Astronomical Journal*, (2018) 1-9.

⁶¹ Bretagnon, P. and Francou, G., "Planetary theories in rectangular and spherical variables. VSOP 87 solutions." *Astronomy and Astrophysics*, no. 190. France: EDP Sciences, 1988, 1-8.

⁶² Mohammad Afiq Hussin, Mohammad Saupi Che Awang, Othman Zainon, "Pembangunan Almanak Astronomi E-UTM," dalam *Takwim Hijri: Instrumen & Pencerapan Fenomena Falak* (Pulau Pinang: Universiti Sains Malaysia, 2016), 97-110.

⁶³ Mohamoud A. Mohamoud, "Tracing the Shadow: Mathematical Calculation of Prayer Times Using Spherical Trigonometry", *Middle-East Journal of Scientific Research* 25 (8) (2017): 1650-1663

solat dianalisis menggunakan program MS Excel. Graf bentuk korelasi hitungan waktu solat berdasarkan kedudukan geografi diperolehi dan dianalisis. Hasilnya menunjukkan kedudukan geografi bagi Saudi Arabia (Mekah) berada pada kedudukan longitud dan latitud yang strategik. M. N. Tarabishy⁶⁴ menganalisis sejauh mana kesahihan hitungan waktu solat Khalid Shawkat bagi waktu Isya'. Hasilnya mendapati terdapat kesilapan pada waktu Isya' apabila menggunakan parameter matahari 11^o. Maqsood Alam et al⁶⁵ telah memperbaiki kaedah hitungan sedia ada yang merangkumi deklinasi matahari, *Astronomical Islamic Twilight* (AIT) bagi menghitung waktu solat lima waktu. Perbandingan di antara kaedah hitungan sedia ada dengan inovasi kaedah hitungan yang baru dilakukan menerusi SPSS. Hasil analisis menunjukkan algorithm hitungan yang baru berada dalam julat perbezaan +5 minit atau -5 minit. Sehubungan dengan itu, algorithm ini dicadangkan untuk dibina dalam bentuk aplikasi Java supaya ianya boleh digunakan tanpa internet menerusi telefon pintar. Zakaria Salleh⁶⁶ telah memperkenalkan penggunaan *Global Positioning System*, GPS bagi mendapatkan hitungan waktu solat yang tepat ketika dalam penerbangan. Teknologi GPS ini dapat memberikan waktu solat mengikut lokasi semasa yang dikesan ketika di atas penerbangan. Sistem ini telah dibina diuji kaji di atas penerbangan di sekitar Jordan. Walau bagaimanapun, terdapat perbezaan masa sebanyak satu hingga tiga minit apabila dibandingkan dengan jadual waktu solat. Hossein Aqhighi et al.⁶⁷

⁶⁴ Mohamed Nabeel Tarabishy (2015), Retrieved 20 April 2019, "Evaluation of Kalid Shawkat's Method For Salat Time" from Islamic Crescents' Observation Project (ICOP), http://www.icoproject.org/pdf/tarabishyhigh_2015.pdf

⁶⁵ Maqsood Alam, Rabia Tabassum, Yousra Wassem, "Astronomical Improve Model of Prayer Timing With Error Analysis", Proceeding 12th International Conference on Statistical Sciences, no 26 (Pakistan: Karachi, 2014), 107-120.

⁶⁶ Zakaria Salleh, "Using GPS to Provide Prayer Times Onboard and Airplain While In Motion," *Journal of International Technology and Information Management* 18 no 3 (2009).

⁶⁷ Hossein Aqhighi, Abbas Alimohammadi, Mohammad Sadeghi Ghahereh, "Prayer Times Modeling with GIS: A Case Study for Iran and Its Surrounding," *Journal of Computer Science* 4, no 10 (2008), 807-814.

mencadangkan untuk menggunakan teknologi GIS, *Geographic Information System* dalam menentukan waktu solat. Data waktu solat menerusi teknologi GIS ini dibandingkan dengan kalender waktu solat dari Universiti Tehran. Kajian ini turut merangkumi faktor pemilihan titik sama ada di sebelah Timur, Barat atau di tengah untuk dijadikan titik rujukan bagi hitungan waktu solat.

Ibrahim dan Norashikin⁶⁸ telah membina perisian waktu solat yang dikenali sebagai Mobile Qibla dan Prayer Time menerusi peranti elektronik *Personal Digital Assistant*, PDA. Pembinaan perisian ini menggunakan mikrokontroler PIC yang dilengkapi dengan kompas digital. Peranti ini berkomunikasi dengan PDA menggunakan teknologi *bluetooth* dan seterusnya dapat memaparkan arah kiblat yang tepat. Tambahan lagi, penjelasan secara terperinci bagi pemprosesan penerimaan isyarat menerusi GPS sehingga kepada keupayaan mengesan lokasi semasa dan waktu solat turut diketengahkan. Hasil kajiannya mendapati bahawa terdapat ralat pada kiraan waktu solat yang diperolehi daripada perisian waktu solat apabila dibandingkan dengan hitungan waktu solat yang sebenar. Faridah Azurah Yahaya⁶⁹ pula menjelaskan penggunaan sistem GPS dalam PDA yang dibangunkan dengan menggunakan Microsoft Visual. Net. Hasil kajian menunjukkan sistem ini boleh menentukan waktu solat secara automatik walaupun dalam situasi kenderaan bergerak. Rathiah Hashim et al⁷⁰ dalam kajiannya menyetengahkan keupayaan GPS dalam mengesan masjid yang terdekat bagi pelaksanaan ibadah solat. Sistem ini merupakan kemudahan bagi semua umat Islam terutamanya pelancong yang beragama Islam apabila masuknya waktu solat. Kajian ini turut mencadangkan satu sistem algoritma yang menggunakan GPS yang mana ianya

⁶⁸ M.Z.Ibrahim, Norashikin, *Mobile Qibla and Prayer Time Finder Using External GPS and Digital Compass* (Proceedings of the 9th WSEAS International Conference on Application of Electrical Engineering, 2010), 138-143

⁶⁹ Faridah Azurah Yahya, "Mobile Prayer Time for PDA Application" (Disertasi Sarjana, Universiti Teknikal Malaysia Melaka, 2008), 10.

⁷⁰ Rathiah Hashim et al., "Mosque Tracking on Mobile GPS and Prayer Times Synchronization for Unfamiliar Area," *International Journal of Future Generation Communication and Networking* 2 (Jun 2011), 37-47.

akan memberikan isyarat 15 minit sebelum masuknya waktu solat seterusnya memberikan lokasi masjid terdekat mengikut lokasi pengguna telefon tersebut. Aszaman Misran⁷¹ telah membangunkan perisian waktu solat dan qiblat untuk diaplikasikan *Personel Digital Assistant* (PDA). Perisian yang dibangunkan ini berjaya memastikan waktu solat dalam lingkungan dua minit dan satu minit bagi arah qiblat. Norshahira Sabri, Othman Zainon dan Mohammad Saupi Che Awang⁷² telah mencadangkan hitungan waktu solat menerusi jam waktu solat berdigit. 27 masjid di Pasir Gudang dipilih sebagai kajian kes. Tiga produk jam waktu berdigit iaitu Promas, Propertime dan al-Taqwim digunakan sebagai kajian perbandingan ketepatan. Hasil kajian mendapati setiap produk ini mempunyai perbezaan selisih waktu disebabkan faktor jenis perisian yang digunakan berbeza. Umpamanya, Promas menggunakan perisian *Synchronize*. Manakala Propertime dan al-Taqwim menggunakan perisian DAF04. Justeru, Majlis Mufti Negeri membuat keputusan untuk menggunakan takwim waktu solat dan tidak menggunakan perisian hitungan waktu solat seperti ini. Terdapat juga kajian pembinaan perisian yang menggunakan algorithm Meeus.⁷³ Ini berikutan langkah pengiraannya lebih mudah difahami dan mempunyai ketepatan tinggi.

Isu Kelebaran Zon dan Zon Waktu Solat

Istilah zon merujuk kepada sesebuah kawasan di permukaan bumi yang dibahagikan mengikut titik longitud dan titik latitud tertentu. Manakala zon waktu dapat didefinasikan sebagai satu kawasan di bumi yang menggunakan waktu yang sama atau lebih dikenali sebagai waktu tempatan. Berdasarkan kepada kamus Dewan Bahasa dan Pustaka, zon dapat didefinasikan kepada dua

⁷¹ Aszaman Misran, "Pembangunan Perisian Pengiraan Waktu Solat dan Arah Qiblat Secara Mudah Alih dalam Aplikasi Personal Digital Assistant" (Disertasi Sarjana, Universiti Teknologi Malaysia, 2008).

⁷² Norshahira Sabri, Othman Zainon dan Mohammad Saupi Che Awang, "Ketepatan Jam Waktu Solat Berdigit di Zon Pasir Gudang Johor," dalam *Takwim Hijri: Instrumen & Pencerapan Fenomena Falak Takwim Hijri: Instrumen & Pencerapan Fenomena Falak* (Pulau Pinang: Universiti Sains Malaysia, 2016), 37-51.

⁷³ Meeus, J., *Astronomical Algorithms* (Willmann-Bell Inc. Richmond: Virginia, 1998), 2:52.

bentuk pengertian iaitu pertama satu daripada lima kawasan di permukaan bumi yang berada pada garis lintang dan suhu tertentu⁷⁴. Manakala, kedua zon merujuk kepada satu kawasan atau daerah yang mempunyai sifat atau dibentuk atas tujuan tertentu.⁷⁵

Penetapan zon waktu solat bagi setiap negara adalah mengikut kepakaran negara itu sendiri. Sebagai contoh Emirata Arab Bersatu (UAE) membahagikan waktu solat mengikut 9 bandar utama iaitu Abu Dhabi, AlAin, Sharjah, Umm AlQuwain, Fujairah, Ajman, Ras AlKhaimah, Khorfkan dan Dubai.⁷⁶ Begitu juga dengan Arab Saudi, waktu solat turut ditentukan berdasarkan 13 bandar-bandar utama seperti Riyadh, Tabuk, Mekah, Madinah, Damman, Hail, dan Sakakah.⁷⁷ Mesir pula hanya menggunakan satu zon waktu solat sahaja.⁷⁸ Begitu juga dengan waktu solat di Singapura.⁷⁹ Dalam konteks keluasan Mesir dilihat mempunyai keluasan 1.01 juta km persegi. Berbeza dengan Singapura yang mempunyai keluasan zon yang sangat kecil iaitu 721.5km persegi. Keluasan Singapura yang kecil menunjukkan memadai dan bersesuaian hanya satu zon waktu solat untuk Singapura.

Di Malaysia, waktu solat ditentukan mengikut titik rujukan yang tertentu bagi sesebuah zon. Kaedah zon ini telah mula

⁷⁴ Dewan Bahasa dan Pustaka, Kamus Pelajar Bahasa Malaysia Edisi Kedua, dicapai 21 Jun 2019, <http://prpm.dbp.gov.my/Cari1?keyword=zon>

⁷⁵ *Ibid.*

⁷⁶ General Authority of Islamic Affairs and Endowments, "Prayer Times", Retrieved by 25 Mei 2019, <https://www.awqaf.gov.ae/en/Pages/PrayerTimes.aspx>.

⁷⁷ Umm al-Qura, "Prayer Times at Riyadh", Retrieved by 25 Mei 2019, <https://www.muslimpro.com/Prayer-times-Riyadh-Saudi-Arabia-108410>.

⁷⁸ General Authority of Survey, "Prayer Times", Retrieved by 25 Mei 2019, <https://www.resourcedata.org/dataset/rgi-egyptian-general-authority-of-survey-geological-and-mining-projects>.

⁷⁹ Majlis Ugama Islam Singapura, "Prayer Timetas For Singapore", Retrieved by 25 Mei 2019, <https://www.muis.gov.sg/-/media/Files/Corporate-Site/Prayer-Timetable-2019.pdf>

diperkenalkan sejak tahun 1995.⁸⁰ Ketentuan bagi setiap titik rujukan bagi sesebuah zon adalah di bawah bidang kuasa pentadbiran jabatan agama setiap negeri di Malaysia dan kepakaran yang terdapat di negeri berkenaan.⁸¹ Ekoran daripada sistem penetapan yang tidak seragam ini menyebabkan zon waktu solat mempunyai sebanyak 168 zon.⁸² Berikutnya, bilangan zon berkurang menjadi 66 zon⁸³ dan seterusnya penurunan 42 zon sahaja⁸⁴ Kini, zon di Malaysia adalah sebanyak 50.⁸⁵

Dalam merujuk kepada zon waktu, satu kawasan di dalam sesebuah zon yang mana menggunakan satu titik mahupun lokasi yang dianggap titik paling barat.⁸⁶ Titik yang dipilih berada pada lokasi paling barat disebabkan fenomena waktu bermula daripada timur ke barat. Titik yang paling barat tidak semestinya paling lewat masuk waktu solat.⁸⁷ Namun begitu, kaedah titik paling barat ini menimbulkan permasalahan pada penentuan akhir waktu

⁸⁰ Mustafa Din Subari dan Mohamad Saupi Che Awang “Waktu Solat Satu Setempat: Satu Pemurnian Kepada Waktu Solat Berasaskan Zon,” *Jurnal Falak* (2015), 43.

⁸¹ Mohammad Saupi Che Awang, Kamaludin Mohd Omar, Mohd Zahib Deraman, “Kaedah Perkiraan dan Pembahagian Zon Waktu Solat di Malaysia,” *Laporan Penyelidikan Jangka Pendek*. Skudai: Penerbit Universiti Teknologi Malaysia, 1997.

⁸² “Jumlah Zon Berbuka Lebih,” *Berita Harian*, 13 Januari 1995.

⁸³ “Jadual Waktu Berbuka dan Imsyak Seluruh Malaysia-66 Zon,” *Berita Harian*, 25 Januari 1996.

⁸⁴ “Perbezaan Masa Berbuka,” *Berita Harian*, 30 Disember 1998.

⁸⁵ Jabatan Kemajuan Islam Malaysia, “Zon Waktu Solat” dicapai 2 Mei 2019, <https://www.e-solat.gov.my/index.php?siteId=24&pageId=43>.

⁸⁶ Abdul Halim Abdul Aziz “Kaedah Panca-Titik dalam Menentukan Waktu Solat Zon”, *Jurnal Falak* (2015), 55.

⁸⁷ Wan Muhammad Ezani (Pegawai Falak dan Sumber Maklumat, Jabatan Mufti Negeri Kelantan), dalam temu bual bersama pengkaji, 12 Mei 2019.

solat⁸⁸, isu pembentukan zon yang ideal⁸⁹ dan perbezaan waktu yang besar disebabkan pertindihan sempadan zon.⁹⁰

Selain daripada kaedah titik paling barat ini, terdapat satu lagi kaedah yang dikenali sebagai kaedah panca titik rujukan. Kaedah ini hanya diaplikasikan di negeri Kedah⁹¹ dan Pulau Pinang.⁹² Kaedah ini melibatkan sebilangan titik yang mengelilingi sesebuah zon. Walau bagaimanapun, titik yang dipilih adalah secara rawak dan tidak hanya tertumpu kepada kawasan berpenduduk.⁹³ Dalam pada itu, titik lokasi yang dipilih bagi sesebuah zon diambil menerusi aplikasi *Google Earth*. *Google Earth* mempunyai ketepatan sebanyak ± 25 meter.⁹⁴ Mohd Paidi Norman⁹⁵ mendapati bahawa kaedah ini dapat memberikan waktu solat yang lebih

⁸⁸ Mohd Paidi Norman, “Penentuan Waktu Solat Berasaskan Zon: Kaedah Titik Paling Barat dan Panca Titik Rujukan: Kajian Kes di Selangor” (Disertasi Sarjana, Universiti Malaya 2013), 111.

⁸⁹ Mohamad Saupi Che Awang, Muhamad Zakuwa Rodzali, “Waktu Solat Berasaskan Zon di Malaysia” (makalah, Seminar Ilmu Falak Sempena Sambutan 20 Tahun Persatuan Falak Syarie Malaysia, Universiti Tenaga Nasional, 2007), 2.

⁹⁰ Abdul Halim Abdul Aziz, “Kajian Terperinci Waktu-Waktu Solat dalam Beberapa Zon di Malaysia” (Persidangan Muzakarah Falak 2011, Hotel Flamingo, Ampang Selangor, 20-22 September 2011).

⁹¹ Abdul Majid Abdul Wahid, *Waktu Ibadat dan Takwim:Kaedah dan Penggunaan Bagi Negeri Kedah Darul Aman* (Kedah:Annasyir Sdn Bhd,t.t), 29.

⁹² Abdul Halim Abdul Aziz “Kaedah Panca-Titik dalam Menentukan Waktu Solat Zon,” 55.

⁹³ Abdul Halim Abdul Aziz (Pensyarah Jabatan Fizik di Universiti Sains Malaysia), dalam temu bual bersama pengkaji, 23 Mac 2018.

⁹⁴ Koh, J. E. Maklumat Google Earth di dalam Pengemaskinian Data Topografi. Persidangan Pengarah-Pengarah Ukur Tahun 2012. Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (Awana Genting Highlands Golf & Country Resort:Pahang, 29 November 2012), 3.

⁹⁵ Mohd Paidi Norman, Mohd Norazri Mohamad Zaini, Mohd Solahuddin Shahrudin, Muaz Mohd Noor and Mohd Yusra Abdullah, “Multiple Reference Point in Determining Zone-based Prayer Time in Selangor,” *Pertanika Journal of Science and Humanities* 25 (2017): 21-28.

tepat berbanding dengan aplikasi kaedah titik paling barat. Hasil kajiannya mendapati bahawa kaedah panca titik rujukan merupakan kaedah terbaik bagi mendapatkan waktu solat di setiap zon dalam negeri Selangor. Di samping itu, hasil kajian Abdul Halim Abdul Aziz menyatakan zon terbaik ialah Pulau Pinang dengan hanya 0.12% peratus waktu mempunyai selisih melebihi dua minit. Hulu Terengganu mencatatkan 20% sementara Kelantan (zon 2) dan Segamat mencatatkan 42% dan 50% masing-masing. Panca titik rujukan dilihat sebagai satu penyelesaian kepada kelemahan yang dilihat pada kaedah hitungan waktu solat menggunakan koordinat tunggal.⁹⁶ Seterusnya, Ramonah Rahmat⁹⁷ telah membangunkan perisian antara muka yang dikenali sebagai e-Zon menggunakan *Microsoft Visual Basic 2008 Express* bagi mengkaji kedudukan titik rujukan zon. Hasil kajian ini menunjukkan bahawa sebanyak 34% daripada titik rujukan adalah dalam keadaan yang baik di mana ianya memenuhi kriteria penentuan titik rujukan zon waktu solat, 46% dalam keadaan sederhana apabila titik rujukan berkedudukan sedikit di sebelah timur sesuatu kawasan dan terdapat penduduk di sebelah barat, dan 20% daripada titik rujukan tersebut adalah dalam keadaan yang kurang baik, seperti berada di laut dan melintasi garis sempadan negara.

Terdapat cadangan untuk menggunakan kaedah waktu solat setempat dalam menentukan waktu solat. Ini kerana kaedah ini memberikan waktu solat mengikut lokasi semasa. Kaedah ini dilihat lebih praktikal dan menghampiri kepada kehendak syarak.⁹⁸

⁹⁶ Abdul Halim Abdul Aziz “Kaedah Panca-Titik dalam Menentukan Waktu Solat Zon,” 55.

⁹⁷ Ramonah Rahmat, “Pembangunan Perisian Antaramuka Bagi Menganalisis Kesesuaian Kedudukan Titik Rujukan Zon Waktu Solat Malaysia” (Disertasi Sarjana, Universiti Teknologi Malaysia, 2015).

⁹⁸ Mustafa Din Subari dan Mohamad Saupi Che Awang “Waktu Solat Satu Setempat: Satu Pemurnian Kepada Waktu Solat Berasaskan Zon,” 43.

Nurul Ashikin Che Daud⁹⁹ telah membuat hitungan waktu solat menggunakan kaedah titik di negeri Johor. Kaedah hitungan waktu solat berdasarkan titik, iaitu hitungan waktu solat yang dihitung menggunakan koordinat longitud dan latitud tempat itu sendiri. Di samping itu, perisian Waktu Solat Malaysia (WSM) telah dibangunkan berdasarkan kriteria hitungan waktu solat JAKIM. Hasil hitungan dan analisis data mendapati selisih masa di dalam zon yang paling maksimum adalah di Zon 2, iaitu di antara Kampung Sedenak dengan Kampung Tengar, dengan perbezaan 5 minit. Kawasan penempatan yang paling padat di sempadan zon adalah di Asahan, yang terletak di antara persempadanan negeri Johor dan Melaka, dengan 13 buah penempatan. Manakala perbezaan waktu solat bagi kawasan-kawasan di zon waktu solat bersebelahan yang paling kritikal ialah 6 minit, iaitu di antara Tanjung Gemok, di Zon 2, Pahang dan Endau, di Zon 2, Johor.

Mohamad Saupi Che Awang¹⁰⁰ pula menggunakan kaedah isotime bagi menentukan zon waktu di Malaysia. Berdasarkan kaedah ini, terdapat beberapa buah zon di beberapa negeri mempunyai saiz yang besar. Hasil penyelidikan beliau mendapati terdapat perbezaan sehingga 4 minit bagi zon 1, negeri Selangor di antara kawasan Timur dan Barat. Manakala bagi zon 2, perbezaan yang diperolehi adalah 5 minit. Ini secara langsung menunjukkan perbezaan waktu tersebut telah menyalahi konsep zon waktu 2 minit sepertimana yang telah ditetapkan oleh Jabatan Kemajuan Islam Malaysia (JAKIM). Nurul Ashikin Che Daud¹⁰¹ turut menggunakan kaedah isotime bagi melihat perbezaan waktu di

⁹⁹ Nurul Ashikin Che Daud, "Implikasi Penentuan Waktu Solat dengan Kaedah Titik Berbanding dengan Kaedah Zon Bagi Negeri Johor" (Disertasi Sarjana, Universiti Teknologi Malaysia, 2016).

¹⁰⁰ Mohamad Saupi Che Awang, "Penambahbaikan Zon-zon Waktu Solat di Malaysia Menggunakan Kaedah Isotime" (Mesyuarat Penyelarasan Zon-zon Waktu Solat Seluruh Malaysia, 4-6 Disember 2012).

¹⁰¹ Nurul Ashikin Che Daud, *Penambahbaikan Zon-Zon Waktu Solat di Malaysia Menggunakan Kaedah Isotime* (Latihan Ilmiah, Universiti Teknologi Malaysia, 2012).

Malaysia. Hasil analisis mendapati kebanyakan zon waktu solat di Malaysia termasuk negeri Sabah dan Sarawak menghasilkan perbezaan masa melebihi 2 minit. Sebagai contoh Zon 4, Sarawak yang menghasilkan beza masa sebanyak 13 minit. Seterusnya, kajian ini mencadangkan jumlah zon 2 minit yang baru bagi seluruh negeri di Malaysia. Jumlah zon waktu solat yang dicadangkan adalah sebanyak 76 zon, bagi menggantikan 55 zon yang sedang diterimapakai pada ketika itu. Mohd Khubaib Piramli¹⁰² mencadangkan penambahan sebanyak 9 zon di Semenanjung Malaysia. Pada ketika itu, zon di Malaysia adalah sebanyak 49. Cadangan ini timbul hasil daripada analisis menggunakan perisian Surfer 8 berpandukan kaedah isotime dan kaedah pepenjuru.

Dalam kajian penentuan waktu solat, ralat-ralat hitungan seperti deklinasi matahari, jarak zenit matahari, latitud dan longitud setesen rujukan serta ketinggian stesen rujukan perlu dititikberatkan kerana faktor-faktor ini mempengaruhi waktu solat. Di samping itu, penetapan dasar waktu ihtiyati perlu diambil disebabkan faktor penetapan waktu ihtiyati ini berbeza mengikut jabatan mufti setiap negeri.¹⁰³ Sebagai contoh, di Negeri Sembilan waktu ihtiyati yang dibenarkan adalah dua minit.¹⁰⁴ Terdapat situasi yang memerlukan kepada penentuan waktu solat pada kedalaman yang maksimum seperti anggota Tentera Laut Diraja Malaysia (TLDM) yang berkhidmat di dasar laut menggunakan kapal selam. Situasi ini menimbulkan kesulitan dan kesukaran disebabkan oleh cahaya matahari yang terlindung. Sehubungan dengan itu, kaedah ijthad boleh digunakan sebagai satu usaha untuk mengetahui waktu solat. Sa'adan Man¹⁰⁵ mencadangkan

¹⁰² Mohd Khubaib Piramli, "Zon-Zon Waktu Solat Seragam dan Sistematis Bagi Semenanjung Malaysia" (Disertasi Sarjana, Universiti Teknologi Malaysia, 2008).

¹⁰³ Mohamad Saupi Che Awang, "Analisis Ralat Perhitungan Waktu Solat", *Geoinformation Science Journal* 1, no. 1 (2005), 21-27.

¹⁰⁴ Mohd. Rashidi Isa (Penolong Mufti Bahagian Falak dan Sumber Maklumat, Jabatan Mufti Negeri Sembilan), dalam temu bual bersama pengkaji, 22 Mei 2019.

¹⁰⁵ Saadan Man, "Kesan Kedalaman Dari Aspek Syariah Terhadap Penentuan Waktu Solat" (Muzakarah Falak 2013, M.S Garden Hotel, Kuantan, 27-29 Ogos 2013).

ijtihad yang dilakukan adalah dengan merujuk kepada waktu solat koordinat yang sama di permukaan bumi. Waktu solat yang digunakan perlulah merujuk kepada lokasi di permukaan bumi yang berdekatan dengan lokasi kapal selam. Ijtihad ini dilakukan dengan mengambil kira masyaqqah (kesukaran) yang dialami untuk mengetahui kedudukan matahari, lantas mengaplikasikan kaedah *al-masyaqqah tajlibu al-taysir* (kesukaran membawa kesenangan) dan *al-nadir yulhaqu bi al-ghalib* (perkara yang jarang berlaku dimasukkan ke dalam hukum biasa). Dalam masalah ini, sekiranya individu tersebut tidak dapat menentukan waktu solatnya secara yakin, maka kesulitan tersebut perlu dihilangkan dan diganti dengan waktu yang terdekat dengannya iaitu waktu solat di permukaan bumi.

Dalam konteks isu kelebaran zon waktu solat, penyelidik-penyelidik telah berusaha untuk menetapkan waktu solat dalam waktunya setepat yang mungkin. Namun begitu, perlu dilihat dari aspek pengurusan bidang kuasa hal ehwal agama negeri masing-masing yang mementingkan kepada kemaslahatan umum.

Isu-Isu Lain dalam Penentuan Waktu Solat

Mohamed Nabeel Tarabishy¹⁰⁶ membincangkan isu waktu solat dan berpuasa bagi kawasan berlatitud tinggi di kawasan kutub utara dan selatan. Permasalahan ini timbul bagi negara yang mengalami waktu siang yang panjang atau pendek. Hasil perbincangan menunjukkan mereka yang berada di kawasan ini perlulah mengikut waktu solat tempatan dan menggunakan parameter 45°. Awdah Muhammad Shawkat¹⁰⁷ menyatakan bahawa fenomena terbit terbenam matahari bagi menentukan waktu solat dapat dilihat di kawasan negara khatulistiwa. Namun, semakin jauh sesuatu kawasan daripada khatulistiwa sama ada di

¹⁰⁶ Mohamed Nabeel Tarabishy, "Salat/Fasting Timen In Northern Region", Retrieved by 10 Mei 2019, http://www.icoproject.org/pdf/tarabishyhigh_2014.pdf.

¹⁰⁷ 'Awdah, Muhammad Shawkat, "Taqdīr Mau'idī Ṣolāh al-Fajr wa al-'Ishā' inda Ikhtilāf al-'Alāmāt al-Falakkiyah fi al- Mintoqah mā bayn Khoṭī 'Ardh 48.6°48.6° wa 66.6°66.6°" (Kertas Kerja Ijtima' Lajnah al-Majma' al-Fiqhi/Rabīthah al-'ālam al- Islāmī di Bruxelles pada 21-22 Mei 2009)

bahagian utara atau selatan, fenomena terbit terbenam matahari akan terganggu sehingga tidak dapat dilihat beberapa hari. Ini menyebabkan kesukaran dalam menentukan waktu subuh dan Isya apabila matahari terbenam di bawah ufuk tetapi terbit semula sebelum mencapai sudut waktu yang ditetapkan iaitu 18° Isya dan 20° Subuh. Di samping itu, kajian yang dilakukan oleh Muhammad Shaukat Odeh¹⁰⁸ menunjukkan terdapat selisih waktu yang besar pada kalender waktu solat rasmi bagi beberapa negeri disebabkan tidak mematuhi prosedur dalam menentukan kesahihan waktu solat yang dikeluarkan. Tambahan lagi, isu untuk mengabungkan waktu Isya dan Maghrib turut berlaku di Leeds ketika musim panas.¹⁰⁹ Pada ketika itu, waktu siang adalah lebih panjang daripada malam. Situasi ini lebih jelas apabila waktu Isya mempunyai tempoh anggaran 3 jam sebelum bermulanya waktu Subuh. Pendekatan yang terbaik adalah menggunakan rukhsah dengan mengabungkan solat Maghrib dan Isya sepertimana musafir.

Isu bagi penentuan waktu solat bagi kawasan berlatitud tinggi turut menjadi perbincangan di Malaysia. Noor Hidayah Mohd Zulkifli, Saadan Man dan Mohd Zambri Zainuddin¹¹⁰ mengetengahkan isu penentuan waktu solat bagi kawasan latitud tinggi dengan mengambil kira hujah menurut ayat-ayat al-Quran. Selain daripada isu penentuan waktu solat latitud tinggi, terdapat juga permasalahan timbul bagi menentukan waktu solat di ISS. Penentuan waktu solat di ISS tidak mengambil kira pergerakan matahari atas tempoh siang dan malam di sana adalah setiap 90 minit Namun begitu, ia mengguna pakai waktu

¹⁰⁸ Muhammad Shaukat Odeh, "How to Ensure the Accuracy of Salat Times in the Calenders", Retrieved by 22 Mei 2019, http://www.icoproject.org/pdf/2012_Salat_Observation.pdf

¹⁰⁹ Leeds, Grand Mosque, "Fatwa on Combining Maghreb and Isya", Retrieved by 11 Mei 2019, [http:// Fatwa-on-combining-maghreb-and-isha.%20leedspdf.pdf](http://Fatwa-on-combining-maghreb-and-isha.%20leedspdf.pdf)

¹¹⁰ Noor Hidayah Mohd Zulkifli, Sa'adan Man, Mohd Zambri Zainuddin, *Isu Waktu Solat Latitud Tinggi:Kajian Berdasarkan Ayat al-Quran yang Berkaitan Waktu Solat* (Seminar Wahyu Asas Tamadun SWAT 2011di Universiti Sains Islam Malaysia, 21-22 September 2011), 5.

solat tempat angkasawan berlepas.¹¹¹ Dalam medium penentuan waktu solat ketika di atas penerbangan Azmi Awang Md Isa, Zahriladha Zakaria, Fauzi Mohd Johar dan Ahmad Faisal Othman¹¹² mencadangkan untuk membangunkan aplikasi GUI ke dalam perisian bagi menentukan waktu solat semasa di atas penerbangan. Seterusnya, Noor Hidayah Mohd Zulkifli (2013)¹¹³ telah membuat kajian waktu solat di atas penerbangan dengan memfokuskan kajian terhadap penentuan waktu solat Subuh dan Isya'sahaja. Hasil kajian, menunjukkan jarak zenit matahari bagi bermulanya waktu Isyak ialah antara 106° hingga 108°. Jarak zenit matahari bagi awal waktu Subuh pula ialah antara 107° hingga 110°. Terdapat juga pembangunan perisian yang dikenali sebagai Mymuwaqqit¹¹⁴ ketika penerbangan. Perisian ini dibangunkan oleh Persatuan Falak Syar'i Malaysia (PFSM). Sebanyak 20 penerbangan yang meliputi hemisfera utara dan hemisfera selatan telah disertai oleh para penyelidik yang terdiri daripada PFSM. 25 set data lagi diperolehi daripada juruterbang, Malaysia Airlines (Mas). Jadual waktu solat diperolehi dengan memasukkan maklumat pesawat (no pesawat) dan tarikh penerbangan. Pilihan waktu solat mengikut jam tempat berlepas, destinasi atau UTC turut dipaparkan. Waktu solat yang berkaitan dalam penerbangan akan ditunjukkan iaitu bermula daripada pergerakan di atas peta.

¹¹¹ Jabatan Kemajuan Islam Malaysia, "Garis Panduan Pelaksanaan Ibadah di International Space Station, Retrieved by 20 May 2019, <http://www.islam.gov.my/images/garis-panduan/Garis-Panduan-Pelaksanaan-Ibadah-Di-ISS.pdf>.

¹¹² Azmi Awang Md Isa, Zahriladha Zakaria, Fauzi Mohd Johar & Ahmad Faisal Othman "In-Flight Prayer Times and Qiblat Direction – A Preliminary Study" (Kertas Kerja 2006 International RF and Microwave Conference Proceedings di Putrajaya pada 12-14 September 2006).

¹¹³ Noor Hidayah Mohd Zulkifli, "Sky Quality Meter-USB (SQM-LU): Kajian Bagi Carta Perjalanan Kapal Terbang Malaysia Airlines (MAS)" (Disertasi Sarjana, Akademi Pengajian Islam, Universiti Malaya, Kuala Lumpur, 2013).

¹¹⁴ Mymuwaqqit, "Kajian dalam Penerbangan," dicapai pada 27 Mei 2019, <http://www.mymuwaqqit.com/maklumat/#kajian>.

KESIMPULAN

Pemahaman terhadap penentuan waktu solat telah disebut jelas secara qati' di dalam al-Quran mahupun hadis. Umpamanya, dalam isu penentuan waktu solat syarak menuntut kesaksian iaitu pemerhatian menggunakan mata kasar terhadap pergerakan matahari bukan menggunakan hisab. Namun demikian, pemerhatian terhadap pergerakan harian matahari ini dilihat sebagai satu kaedah yang rumit disebabkan faktor langit yang tidak bersih dan berawan serta ufuk yang terbatas. Ini menimbulkan kesukaran bagi mendapatkan panjang bayang serta cahaya langit bagi menentukan waktu solat. Justeru, perkiraan waktu bagi pelaksanaan ibadat dilakukan dengan hitungan moden.

Seiring dengan itu, perkembangan dalam isu-isu berkaitan waktu solat dikupas mengikut kearifan tempatan bagi sesebuah negara tersebut. Setiap kearifan tempatan ini mempunyai potensi dalam menyelesaikan permasalahan dalam isu yang berkait rapat dengan waktu solat. Justeru, penyelidikan secara mendalam terhadap pelaksanaan kaedah penentuan waktu solat dengan mengambil kira matlamat utama iaitu mengutamakan kebaikan (*maṣlahah*) dan mengelak keburukan (*mafsadah*) perlu dititik berat bagi mengisi kelompangan yang berkaitan.

RUJUKAN

- 'Awdah, Muhammad Shawkat, "Taqdīr Mau'idī Ṣolāh al-Fajr wa al-'Ishā' inda Ikhṭilāf al-'Alāmāt al-Falakkiyah fi al-Mintaqah mā bayn Khotī 'Ardh $48.6^{\circ}48.6^{\circ}$ wa $66.6^{\circ}66.6^{\circ}$ " (Kertas Kerja Ijtima' Lajnah al-Majma' al-Fiqhi/Rabīthah al-'ālam al-Islāmī di Bruxelles pada 21-22 Mei 2009)
- A. Awang Md. Isa, Z. Zakaria, F. Mohd Johar & A. F. Othman (2006) "In-Flight Prayer Times and Qiblat Direction – A Preliminary Study", (Kertas Kerja 2006 International RF and Microwave Conference Proceedings di Putrajaya pada 12-14 September 2006).
- A.H. Hassan, N.Y. Hassanin, Y.A. Abdel-Hadi, I.A. Issa, "Time Verification of Twilight Begin and End at Matrouh of Egypt," *Journal of Astronomy and Astrophysics* 2 (2013), 2.

- A.H. Hassan, N.Y. Hassanin, Y.A. Abdel-Hadi, I.A. Issa, Brightness and Color Variation For Evening And Morning Twilights at Bahria of Egypt IV, *NRIAG Journal of Astronomy and Astrophysics* 3 (2014), 37.
- ‘Abd Halim ‘Uwaisy, *Mawsū‘at al-Fiqh al-Islāmi al-Ma‘āshir* (Miṣr: Dār al-Wafā’, 2004), 1:259.
- Abd. Wahid Jais & Zainab Ishak, “Sumbangan Tamadun Islam dalam Perkembangan Sains dan Teknologi dalam Islam dan Sains” dalam Pembangunan Tamadun, Azizan Baharuddin et al. (ed) (Kuala Lumpur: Yayasan Dakwah Islamiah Malaysia, 2010), 5.
- Abdul Aziz Bayindir (2010), Retrieved August 13 2018 “Fasting Prolonged At Least Forty Minutes in Turkey,” from Website Islam and Qur’an, <http://www.islamandquran.org/common-mistakes/fastingprolonged-at-least-forty-minutes-in-turkey.html>.
- Abdul Halim Abdul Aziz (Pensyarah Jabatan Fizik di Universiti Sains Malaysia), dalam temu bual bersama pengkaji, 23 Mac 2018.
- Abdul Halim Abdul Aziz, “Fotometri untuk Penyelidikan Fenomena Fajar dan Isya” (Kertas Kerja Muzakarah Falak 2013, Hotel M.S. Garden, Kuantan, Pahang, 27-29 Ogos 2013)
- Abdul Halim Abdul Aziz. “Kaedah Panca-Titik dalam Menentukan Waktu Solat Zon,” *Jurnal Falak* (2015), 55.
- Abdul Halim bin Abdul Aziz, “Kajian Terperinci Waktu-Waktu Solat dalam Beberapa Zon di Malaysia” (Persidangan Muzakarah Falak 2011, Hotel Flamingo, Ampang Selangor, 20-22 September 2011).
- Abdul Kader M. Abed, “Determining The Beginning Of The True Dawn (al-Fajer al-Sadek) Observationally By The Naked Eye In Jordan”, *Jordan Journal of Islamic Studies* 11 (2) (2015), 2.
- Abdul Majid Abdul Wahid, *Waktu Ibadat dan Takwim:Kaedah dan Penggunaan Bagi Negeri Kedah Darul Aman* (Kedah: Annasyir Sdn Bhd,t.t), 29.

- Abū ‘Abd Allāh Muḥammad bin Idris bin al-‘Abbās bin ‘Uthmān, *al-‘Umm* (Qāhirah: Dār al-Wafā’ li Tabā’ah wa al-Nashr wa al-Tawzī‘, 2001), 2:164.
- Abū Ja‘far Aḥmad bin Muḥammad bin Salamah bin ‘Abd Malik, *Mukhtāṣar Iḥtilāf al-‘Ulama’* (Bayrūt: Dār al-Basha’ir al-Islāmiyah, 1417H), 1:193.
- Al-Ghazzālī, *Majmūah Rasāil al-Imām al-Ghazālī*, tahqiq: Shams al-Din, Ahmad, “al-ādab fi al-Din” (Bayrūt: Dār al-Kutub al-‘Ilmiyyah, 1998), 5:100.
- Al-Ḥanafī, Muḥammad Ibrāhīm, *Fiqh al-Ṣalah* (Bayrūt: Dār al-Ḥadīth, t.t), 6.
- Al-Nawawi, Abi Zakariyā Yahya bin Shirafī al-Nawawi al-Damshiqī, *Raudah al-Tālibin* (Bayrūt: Dār al-Kutub al-‘Ilmiyyah, 2003), 1: 293.
- Aszaman Misran. Pembangunan Perisian Pengiraan Waktu Solat dan Arah Qiblat Secara Mudah Alih dalam Aplikasi Personal Digital Asistant. Disertasi Sarjana, Universiti Teknologi Malaysia, 2008.
- Baharrudin Zainal, “Peluang-peluang Penyelidikan Kualitatif dalam Ilmu Falak”, Seminar Penghayatan Ilmu Falak 2006, Jabatan Mufti Negeri Melaka, The Legacy Hotel, Melaka, 25 November 2006, 2.
- Bretagnon, P. and Francou, G., “Planetary theories in rectangular and spherical variables. VSOP 87 solutions.” *Astronomy and Astrophysics*, no. 190. France: EDP Sciences, 1988, 1-8.
- Brett M. Morris, Erik Tollerud, Brigitte Sipocz (2018) “Astroplan: An Open Source Observation Planning Package in Python,” *The Astronomical Journal*, 1-9.
- Clarakartini A. Hamid dan Abdul Halim Abdul Aziz, “Penentuan Syarat Mula dan Akhir Senja Astronomi Menggunakan Kaedah Fotometri Langit dalam Menentukan Permulaan Waktu Fajar dan Isyak,” dalam *Astronomi: Pelestarian di Malaysia*, ed. Mohd Zubir Mat Jafri, Khiruddin Abdullah, H. S. Lim dan Nasirun Mohd Saleh (Pulau Pinang: Penerbit Universiti Sains Malaysia, 2009), 88.

- David A. King, "Ibn Yunus Very Useful Tables for Reckoning Time by the Sun," dalam *Islamic Mathematical Astronomy* (London: Variorum Reprints, 1986), 366.
- David A. King, *A Survey of Medieval Islamic Shadow Schemes for Simple Time-Reckoning* (Leiden: Brill, 1990), 196.
- David A. King, *World-Maps for Finding the Direction and Distance to Mecca: Innovation and Tradition in Islamic Science* (Leiden: Brill, 1999), 20
- Dewan Bahasa dan Pustaka, *Kamus Pelajar Bahasa Malaysia Edisi Kedua* (Kuala Lumpur: DBP, 2008).
- Dhani Hendriwijaya, "Implications of Twilight Sky Brightness Measurements on Fajar Prayer and Young Crescent Observation", 7th International Conference on Physics and Its Applications (2014), 1-7.
- Dhani Hendriwijaya, "Sky Brightness and Twilight Measurements at Jogjakarta City, Indonesia", *Journal of Physics (International Symposium on Sun, Earth and Life)* (2016), 5.
- Encyclopedia Britannica, "Egypt", Retrieved by 25 Mei 2019, <https://www.britannica.com/place/Egypt>.
- Encyclopedia Britannica, "Malaysia", Retrieved by 25 Mei 2019, <https://www.britannica.com/place/Malaysia>.
- Encyclopedia Britannica, "Saudi Arabia", Retrieved by 25 Mei 2019, <https://www.britannica.com/place/Saudi Arabia>.
- Encyclopedia Britannica, "Singapore", Retrieved by 25 Mei 2019, <https://www.britannica.com/place/Singapore>.
- Faridah Azurah Yahya. *Mobile Prayer Time for PDA Application*. Disertasi, Universiti Teknikal Malaysia Melaka, 2008.
- General Authority of Islamic Affairs and Endowments, "Prayer Times", Retrieved by 25 Mei 2019, <https://www.awqaf.gov.ae/en/Pages/PrayerTimes.aspx>.
- General Authority of Survey, "Prayer Times", Retrieved by 25 Mei 2019, <https://www.resourcedata.org/dataset/rgi-egyptian-general-authority-of-survey-geological-and-mining-projects>.

- Glen van Brummelen, *The Mathematics of the Heavens and the Earth: the Early History of Trigonometry* (New Jersey: Princeton University Press, 2009).
- Hardi Mohamad Sadali, Jasni Sulong dan Abdul Halim Abdul Aziz, “Parameter Kedudukan Matahari Bawah Ufuk Bagi Penentuan Waktu Subuh dan Isyak,” laman sesawang e-Falak, dicapai 10 Mei 2019, <http://apps.islam.gov.my/efalak/?q=en/artikel-kertas-kerja>.
- Hossein Aqhiqhi, Abbas Alimohammadi, Mohammad Sadeghi Ghahereh, “Prayer Times Modeling with GIS: A Case Study for Iran and Its Surrounding”, *Journal of Computer Science* 4, no 10 (2008), 807-814.
- Ibn Manẓūr, Abu al-Fadl Jamal al-Din Muhammad Ibn Mukarram, *Lisān al-‘Arab* (Bayrūt: Dār Ihyā’ al-Turāth al-‘Arabī, 1999), 14: 464.
- Jabatan Kemajuan Islam Malaysia, “Garis Panduan Pelaksanaan Ibadah di International Space Station, Retrieved by 20 May 2019, <http://www.islam.gov.my/images/garis-panduan/Garis-Panduan-Pelaksanaan-Ibadah-Di-ISS.pdf>.
- Jabatan Kemajuan Islam Malaysia, “Zon Waktu Solat” dicapai 2 Mei 2019, <https://www.e-solat.gov.my/index.php?siteId=24&pageId=43>.
- Kamal al-Din Muḥammad bin ‘Abd al-Wāḥid al-Suyūsi al-Ma’rūf, *Fath al-Qadir* (Damshiq: Dār al-Fikr,t,t),1:222.
- Koh, J. E. Maklumat Google Earth di dalam Pengemaskinian Data Topografi. Persidangan Pengarah-Pengarah Ukur Tahun 2012. Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (Awana Genting Highlands Golf & Country Resort:Pahang, 29 November 2012), 3.
- Lujnah Ta’lif fī Dār al-Tawḥid, *Munjab al-Ṭullāb* (Bayrūt: Dār al-Mashriffa, 1980).
- M. A. Semeida, A. H. Hassan, “Pseudo Dawn and True Dawn Observations By Naked Eye in Egypt”, *Journal of Basic and Applied Sciences* 7 (2018), 287.

- M.Z.Ibrahim, Norashikin, *Mobile Qibla and Prayer Time Finder Using External GPS and Digital Compass* (Proceedings of the 9th WSEAS International Conference on Application of Electrical Engineering, 2010), 138-143
- Majlis Ugama Islam Singapura, "Prayer Timetas For Singapore", Retrieved by 25 Mei 2019, <https://www.muis.gov.sg/-/media/Files/Corporate-Site/Prayer-Timetable-2019.pdf>
- Maqsood Alam, Rabia Tabassum, Yousra Wassem, "Astronomical Improve Model of Prayer Timing With Error Analysis", Proceeding 12th International Conference on Statistical Sciences, no 26 (Pakistan: Karachi, 2014), 107-120.
- Mat Rofa Ismail, *Kerdipan Bintang Melayu di Langit Turki: Jejak Sejarah Hubungan Alam Melayu dan Kerajaan Uthmaniyyah Turki* (Kuala Lumpur: Karya Bestari, 2016).
- Meeus, J., *Astronomical Algorithms* (Willmann-Bell Inc. Richmond: Virginia, 1998), 2: 52.
- Mohamad Saupi Che Awang, "Analisis Ralat Perhitungan Waktu Solat", *Geoinformation Science Journal* 1, no. 1 (2005), 21-27.
- Mohamad Saupi Che Awang, "Penambahbaikan Zon-zon Waktu Solat di Malaysia Menggunakan Kaedah Isotime" (Mesyuarat Penyelarasan Zon-zon Waktu Solat Seluruh Malaysia, 4-6 Disember 2012).
- Mohamad Saupi Che Awang, Muhamad Zakuwa Rodzali, "Waktu Solat Berasaskan Zon di Malaysia" (makalah, Seminar Ilmu Falak Sempena Sambutan 20 Tahun Persatuan Falak Syarie Malaysia, Universiti Tenaga Nasional, 2007), 2.
- Mohamed Nabeel Tarabishy, Retrieved 20 April 2019, "Evaluation of Kalid Shawkat's Method For Salat Time" from Islamic Crescents' Observation Project (ICOP), http://www.icoproject.org/pdf/tarabishyhigh_2015.pdf
- Mohammad Afiq Hussin, Mohammad Saupi Che Awang, Othman Zainon, "Pembangunan Almanak Astronomi E-UTM," dalam *Takwim Hijri: Instrumen & Pencerapan Fenomena Falak* (Pulau Pinang: Universiti Sains Malaysia, 2016), 97-110.

- Mohammad Ilyas, *Astronomy of Islamic Times for the Twenty-First Century* (Kuala Lumpur: A. S. Nordeen, 1999), 5.
- Mohammad Saupi Che Awang, Kamaludin Mohd Omar, Mohd Zahib Deraman, “Kaedah Perkiraan dan Pembahagian Zon Waktu Solat di Malaysia,” *Laporan Penyelidikan Jangka Pendek*. Skudai: Penerbit Universiti Teknologi Malaysia, 1997.
- Mohamoud A. Mohamoud, “Tracing the Shadow: Mathematical Calculation of Prayer Times Using Spherical Trigonometry”, *Middle-East Journal of Scientific Research* 25 no 8 (2017), 1650-1663.
- Mohd Khubaib Piramli. *Zon-Zon Waktu Solat Seragam dan Sistematik Bagi Semenanjung Malaysia*. Disertasi Sarjana, Universiti Teknologi Malaysia, 2008.
- Mohd Koharuddin Mohd Balwi, “Sains dan Teknologi Asia: Hadiah Asia kepada Dunia”, *Jurnal Teknologi*, no. 37 (2002), 32.
- Mohd Paidi Norman, Mohd Norazri Mohamad Zaini, Mohd Solahuddin Shahrudin, Muaz Mohd Noor and Mohd Yusra Abdullah, “Multiple Reference Point in Determining Zone-based Prayer Time in Selangor”, *Pertanika Journal of Science and Humanities*, 25 (2017), 21-28.
- Mohd Paidi Norman. *Penentuan Waktu Solat Berasaskan Zon: Kaedah Titik Paling Barat dan Panca Titik Rujukan*. Kajian Kes di Selangor. Disertasi Sarjana, Universiti Malaya 2013.
- Mohd Roslan Mohd Noor, “Kewujudan Sains dan Teknologi di Andalusia”, dalam *Baldatun Tayyibah, Model Andalusia, Sejarah Perkembangan dan Pemerintahan Islam di Andalusia: Teladan dan Sempadan*, ed. Mohd Roslan Mohd Noor dan Mohd Zamri Mohamad Shapik, Shah Alam: Persatuan Ulama’ Malaysia dan Imtiyaz Multimedia & Publications, 2011, 95.
- Mohd. Rashidi Isa (Penolong Mufti Bahagian Falak dan Sumber Maklumat, Jabatan Mufti Negeri Sembilan), dalam temu bual bersama pengkaji, 22 Mei 2019.

- Muhammad Shamim Shukor dan Mohd Zambri Zainuddin, "Perbandingan Metodologi Kajian Penentuan Masuknya Fajar Sadiq dan Hilangnya Syafaq Ahmar: Kajian Kecerahan Langit." *Jurnal Falak*, no 1 (2015), 20.
- Muhammed Taqi'l-Dīn al-Hilālī al-Maghribī, Retrieved August 13 2018, "Distinguishing the True Dawn from the False Dawn," terj. Kehlan al-Jubury, from Website SunnahOnline.com, <http://sunnahonline.com/library/fiqh-and-sunnah/732-distinguishing-the-true-dawn-from-the-falsedawn>.
- Muṣṭafā al-Khin, Muṣṭafā al-Bughā & 'Alī al-Sharbajī, *al-Fiqh al-Manhajī 'ala Madhāhib al-Imām al-Shāfi'ī* (Dimashq: Dār al-Qalam, 2003). Nazhatulshima Ahmad et al., "Kajian Kecerahan Langit di Ufuk Senja dan Fajar", *Jurnal INSTUN* 1, no. 2 (2007), 51.
- Mustafā Din Subari dan Mohamad Saupi Che Awang "Waktu Solat Satu Setempat: Satu Pemurnian Kepada Waktu Solat Berasaskan Zon," *Jurnal Falak* (2015), 43.
- Noor Hidayah Mohd Zulkifli, "Sky Quality Meter-USB (SQM-LU): Kajian Bagi Carta Perjalanan Kapal Terbang Malaysia Airlines (MAS)" (Disertasi Sarjana, Akademi Pengajian Islam, Universiti Malaya, Kuala Lumpur, 2013).
- Noor Hidayah Mohd Zulkifli, Sa'adan Man, Mohd Zambri Zainuddin, *Isu Waktu Solat Latitud Tinggi: Kajian Berdasarkan Ayat al-Quran yang Berkaitan Waktu Solat* (Seminar Wahyu Asas Tamadun SWAT 2011 di Universiti Sains Islam Malaysia, 21-22 September 2011), 5.
- Norihan Kadir, Muhammad Hazwan Mustafa, Raihana Abdul Wahab, "Issues on Determination of Accurate Fajr and Dhuha Prayer Times According to Fiqh and Astronomical Perspectives in Malaysia: A Bibliography Study," *Conference Proceedings* (2016), 675-680.
- Norihan Kadir. Penilaian Semula Parameter Penentuan Awal Waktu Subuh di Malaysia dari Perspektif Astronomi Islam. Disertasi Sarjana, Universiti Malaya, 2017.

- Norshahira Sabri, Othman Zainon dan Mohammad Saupi Che Awang, “Ketepatan Jam Waktu Solat Berdigit di Zon Pasir Gudang Johor,” dalam *Takwim Hijri: Instrumen & Pencerapan Fenomena Falak* (Pulau Pinang: Universiti Sains Malaysia, 2016), 37-51.
- Nur Nafhatun et al., “Background Theory of Twilight in Isha” and Subh Prayer Times,” dalam *Dimensi Penyelidikan Astronomi Islam*, ed. Saadan Man, Mohd Saiful Anwar Mohd Nawawi, Raihana Abdul Wahab dan Nurul Huda Ahmad Zaki (Kuala Lumpur: Jabatan Fiqh dan Usul, Akademi Pengajian Islam, Universiti Malaya, 2013), 25.
- Nur Nafhatun, “Sky Brightness at Twilight: Detectors Comparison Between Human Eye and Electronic Device For Isha & Subh From Islamic and Astronomical Considerations” (Disertasi Sarjana, Universiti Malaya, Kuala Lumpur, 2010).
- Nurul Ashikin Che Daud, Implikasi Penentuan Waktu Solat Dengan Kaedah Titik Berbanding Dengan Kaedah Zon Bagi Negeri Johor. Disertasi Sarjana, Universiti Teknologi Malaysia, 2016.
- Nurul Ashikin Che Daud. Penambahbaikan Zon-Zon Waktu Solat di Malaysia Menggunakan Kaedah Isotime. Latihan Ilmiah, Universiti Teknologi Malaysia, 2012.
- Ovidiu Vaduvescu, *Observing Near Earth Asteroids With A Small Telescope* (Canada: York University, 2016).
- Ramonah Rahmat, Pembangunan Perisian Antaramuka Bagi Menganalisis Kesesuaian Kedudukan Titik Rujukan Zon Waktu Solat Malaysia. Disertasi Sarjana, Universiti Teknologi Malaysia, 2015.
- Rathiah Hashim et al. “Mosque Tracking on Mobile GPS and Prayer Times Synchronization for Unfamiliar Area,” *International Journal of Future Generation Communication and Networking* 2 (Jun 2011), 37-47.
- Saadman Man, “Kesan Kedalaman Dari Aspek Syariah Terhadap Penentuan Waktu Solat” (Muzakarah Falak 2013, M.S Garden Hotel, Kuantan, 27-29 Ogos 2013)
- Sirāj al-Din, ‘Abd Allāh, *al-Ṣalāh fi Islām* (t.t.p: Jāmi’ah al-Ta’lim al-Shar‘ī, 1971), 19.

Umm al-Qura, "Prayer Times at Riyadh", Retrieved by 25 Mei 2019, <https://www.muslimpro.com/Prayer-times-Riyadh-Saudi-Arabia-108410>.

Wan Muhammad Ezani (Pegawai Falak dan Sumber Maklumat, Jabatan Mufti Negeri Kelantan), dalam temu bual bersama pengkaji, 12 Mei 2019.

World Population Review, "2019 World Population by Country", Retrieved by 25 Mei 2019, <http://worldpopulationreview.com/>.

Zakaria Salleh, "Using GPS to Provide Prayer Times Onboard and Airplane While In Motion," *Journal of International Technology and Information Management* 18 no. 3 (2009).