

Solar Transit Observation In The Determination Of Qibla Direction In Malaysia

Cerapan Istiwa' Matahari Dalam Penentuan Arah Kiblat di Malaysia

Nurulhuda Ahmad Zaki^{*}, Mohd Saiful Anwar Nawawi, Raihana Abdul Wahab, Mohammaddin Abdul Niri

Akademi Pengajian Islam, Universiti Malaya, 50603 UM Kuala Lumpur, Malaysia

*Corresponding author: zafran@um.edu.my

Article history: Received 8 September 2017 Received in revised form: 14 September 2018 Accepted: 11 April 2019 Published online: 30 April 2019

Abstract

Qibla is the direction in which Muslims have to follow when performing their prayers. As claimed by the Islamic Shari'a, when performing prayers, the qibla direction must be accurate towards the Kaaba. This claim is not an issue for Muslims living near Mecca but for Muslims living in distant countries from the Mecca, the qibla direction accuracy is a problem that requires immediate settlement decision. Geographically, Malaysia is located 5000 km away from the Mecca, and if the qibla direction deflected for only one degree, it will stray up to 180 km from the Kaaba. The objective of this study is to examine and compare the accuracy of smartphones, theodolites and the istiwa' sticks during the istiwa' a'dzam phenomenon because it is the best method of revision to obtain the accurate qibla direction. In this study, istiwa' a'dzam observations have been conducted at Kuala Lumpur Islamic Center Complex on July 16th 2016 at 5:28 pm. The observation results showed that the direction shown by the theodolite is accurate while the use of smart phones showed a difference up to 2° from the actual direction of the Kaaba (Baitullah).

Keywords: Solar transit, Malaysia, smartphone, theodolite, istiwa' sticks

Abstrak

Kiblat merupakan arah yang perlu dihadapi oleh orang Islam ketika melaksanakan solat. Telah menjadi tuntutan dalam Syariat Islam apabila melaksanakan solat, arah menghadap kiblat hendaklah tepat ke arah Kaabah. Tuntutan ini tidak menjadi permasalahan kepada orang Islam yang tinggal berdekatan dengan Mekah sebaliknya bagi orang Islam yang tinggal di negara-negara yang jauh dari Mekah, isu ketepatan arah kiblat ini menjadi suatu permasalahan yang memerlukan kepada penyelesaian segera. Malaysia dengan kedudukannya kira-kira 5000 km jauh dari Mekah, jika terpesong had arah kiblat satu darjah boleh membawa kepada selisih sebanyak 180 km. Objektif kajian ini dilaksanakan adalah untuk menyemak serta membandingkan ketepatan alat yang digunakan untuk menentukan arah kiblat ketika cerapan matahari istiwa' atas Kaabah iaitu telefon pintar, teodolit dan tongkat istiwa'. Cerapan dilakukan ketika fenomena istiwa' tersebut kerana ia merupakan kaedah semakan terbaik untuk memperoleh ketepatan arah kiblat. Dalam kajian ini, cerapan istiwa' matahari telah dilaksanakan di Kompleks Pusat Islam, Kuala Lumpur pada 16 Julai 2016 pada pukul 5.28 petang. Hasil cerapan menunjukkan arah kiblat yang ditunjukkan oleh teodolit adalah bertepatan dengan tongkat istiwa' manakala penggunaan telefon pintar menunjukkan selisih sehingga 2° dari arah kiblat yang sebenar.

Kata kunci: Matahari transit, Malaysia, telefon pintar, teodolit, tongkat istiwa'

© 2019 Penerbit UTM Press. All rights reserved

1.0 PENDAHULUAN

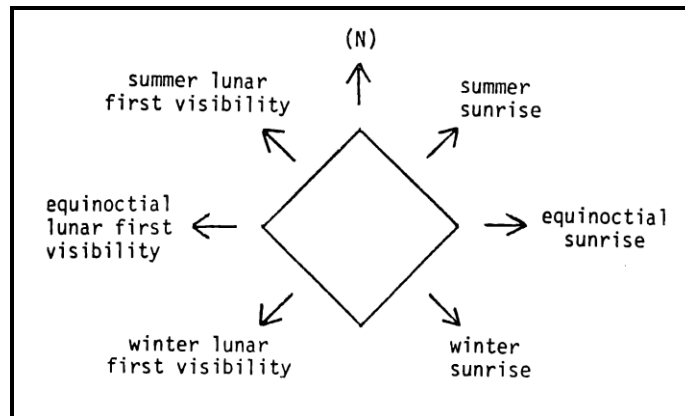
Syariat Islam telah menuntut supaya orang Islam perlu menghadap arah kiblat dalam ibadah tertentu seperti solat, sembelihan binatang, membaca al-Quran, berdoa dan juga untuk pengkebumian jenazah. Menurut Ibnu Rusyd dalam kitabnya *Bidayatul Mujtahid*, Imam Syafie berpendapat bahawa harus tepat menghadap ke arah kiblat dengan usaha yang bersungguh-sungguh (Baharrudin Zainal, 2003). Tuntutan ini tidak menjadi masalah bagi masyarakat Muslim yang tinggal di kawasan serta daerah berhampiran Mekah kerana kedudukan Kaabah dapat ditentukan dengan lebih mudah. Sebaliknya bagi negara yang terletak jauh dari Mekah, penentuan arah kiblat tersebut bukanlah suatu perkara yang mudah lebih-lebih lagi bagi negara-negara yang terletak beribu km dari Mekah (Dana Mackenzie, 2001).

Berdasarkan hitungan astronomi, sekiranya terdapat selisihan sebanyak 1° dari arah kiblat, perbezaan ini akan memberikan nilai had pesongan yang sangat jauh iaitu sehingga 180 km dari arah kiblat yang sebenar. Oleh itu, orang Islam telah berusaha mencari kaedah terbaik untuk menentukan arah kiblat. Pelbagai kaedah telah diperkenalkan bermula daripada kaedah *folk astronomy* hinggalah kepada kaedah yang lebih bersifat saintifik dan moden.

Bonine (1990) menjelaskan antara kaedah terawal untuk menentukan arah kiblat adalah berdasarkan kepada pencerapan menggunakan mata kasar terhadap jasad-jasad samawi seperti fenomena terbit dan terbenam matahari, kedudukan bintang Canopus, serta

arah angin. Manakala menurut Hawkins dan King (1982) kaedah penjaran astronomi terbukti telah digunakan secara meluas oleh kaum Muslim selama berabad-abad untuk mencari dan menentukan arah kiblat serta untuk mengarahkan masjid ke arah Kaabah. Dinding kiblat di beberapa masjid pada zaman pertengahan dibina bertujuan untuk selari dengan salah satu dinding Kaabah. Teori *parallelism* ini dicapai dengan menghadapkan masjid ke arah fenomena cakerawala astronomi yang sama seperti yang akan dihadapi ketika berdiri di depan tembok Kaabah yang sesuai.

Kaedah penjaran astronomi yang juga diistilahkan sebagai “*sacred geography*” ini telah wujud dalam dunia Islam pada zaman pertengahan, yang mana dunia dibahagikan kepada beberapa sektor sekitar Kaabah, dengan setiap sektor akan menghadap bahagian tertentu dari perimeter Kaabah. Hawkins dan King (1982). Rajah 1 di bawah menunjukkan ilustrasi fenomena cakerawala astronomi tertentu yang selari dengan bahagian-bahagian dinding Kaabah menerusi kaedah penjaran astronomi seperti yang diterangkan oleh Hawkins dan King (1982) tersebut.



Rajah 1 Pembahagian dinding-dinding Kaabah berdasarkan fenomena astronomi (King, 2004)

Kaedah pencerapan menggunakan mata kasar serta kaedah penjaran astronomi di atas merupakan salah satu kaedah *folk astronomy*. Namun menurut King (2004), kaedah *folk astronomy* merupakan kaedah yang tidak tepat serta tidak sesuai dilaksanakan serta dipraktikkan di semua negara dan tempat. Selain itu, King (1996) menyatakan terdapat banyak permasalahan dalam kaedah *folk astronomy* seperti halangan awan apabila langit tidak bersih serta pandangan ufuk yang terbatas disebabkan halangan objek tinggi. Ini menyebabkan penentuan arah kiblat sukar dilakukan.

Contoh terdekat kaedah *folk astronomy* yang tidak sesuai dipraktikkan di semua tempat ialah kaedah terbenam matahari. Kaedah ini hanya sesuai diaplikasikan untuk negara-negara yang terletak di latitud 0° (berhampiran garisan khatulistiwa) sahaja. Pada 21 Mac dan 23 September, pergerakan ketara matahari bermula atau terbit tepat di titik Timur (azimut 90°) dan terbenam tepat di titik Barat (azimut 180°). Oleh demikian, pada tarikh-tarikh tersebut, semakan arah kiblat dapat dilakukan dengan tepat untuk negara-negara yang terletak di latitud 0° .

Sebaliknya, negara-negara yang tidak berada di latitud 0° seperti Malaysia, azimut terbenam matahari berubah-ubah sekitar 245° - 295° setiap hari untuk sepanjang tahun. Perubahan azimut terbenam matahari ini adalah disebabkan bumi berputar pada paksinya dari Timur ke Barat pada kecondongan 23.5° dan pada waktu yang sama mengorbit mengelilingi matahari di atas orbitnya yang berbentuk *elipse* (Frost, 1992). Oleh yang demikian, dapat disimpulkan bahawa kaedah tersebut tidak sesuai digunakan di Malaysia kecuali dilakukan penyelarasan nilai sudut arah kiblat mengikut bulan seperti jadual 1 di bawah. Jadual ini memuatkan nilai sudut anggaran arah kiblat yang sebenar dari arah matahari terbenam di Malaysia. Oleh itu penyelarasan ini boleh dijadikan panduan arah kiblat yang lebih tepat di Malaysia. Walaupun selepas penyelarasan ini dilakukan akan tetap berlakunya sedikit ralat, namun masih boleh dijadikan panduan dalam penentuan arah kiblat di Malaysia.

Jadual 1 Anggaran arah kiblat dari arah matahari terbenam di Malaysia

Bulan	Anggaran arah kiblat dari matahari terbenam di Malaysia
Januari	Ke kanan 45°
Februari	Ke kanan 40°
Mac	Ke kanan 25°
April	Ke kanan 15°
Mei	Ke kanan 5°
Jun	Ke kiri 1°
Julai	Ke kanan 1°
Ogos	Ke kanan 5°
September	Ke kanan 15°
Oktober	Ke kanan 30°
November	Ke kanan 40°
Disember	Ke kanan 45°

Sumber: JAKIM (2001)

Permasalahan-permasalahan seperti yang diterangkan sebelum ini telah mendapat perhatian yang serius di kalangan saintis Islam untuk mencari jalan penyelesaian yang terbaik. Maka, tumpuan telah diberikan kepada penyelesaian penentuan arah kiblat yang tepat iaitu melalui kaedah hitungan. Menurut King (2005) penyelesaian terhadap penentuan arah kiblat oleh saintis Islam tersebut telah membawa kepada perkembangan dalam bidang geografi, matematik, dan trigonometri sfera. Antara saintis Islam terawal yang mempopularkan kaedah hitungan ialah al-Battani, iaitu pada akhir abad ke-9 Masihi (Gen Ven Brummelen, 2013).

Selain beliau, muncul ramai lagi saintis Islam yang menghasilkan kaedah-kaedah hitungan yang melibatkan aspek trigonometri sfera dan geografi matematik seperti Abu al-Wafa al-Buzjani (940-947), Ibn al-Haitham (965-1040), al-Biruni (973-1048) dan al-Tusi (1201-1274), Habash al-Hasib (850), al-Nayrizi (897), Ibnu Yunus (985), al-Khalili (1365) dan Ibn al-Shatir (1306-1375) (S. Kamal Abdali, 1997).

Hasil penemuan dalam kaedah hitungan yang diperkenalkan oleh saintis-saintis Islam ini telah membawa kepada perkembangan serta penghasilan pelbagai instrumentasi yang lebih praktikal bagi penentuan arah kiblat. Antara instrumen yang popular digunakan untuk penentuan kiblat ialah kuadran, astrolab dan tongkat istiwa'. Perkembangan dalam aspek penggunaan peralatan ini dilihat telah memberi sumbangan yang amat besar kepada penentuan ibadah umat Islam terutamanya dalam aspek penentuan arah kiblat dan waktu solat.

Sebaliknya, pada masa kini, peralatan yang digunakan bagi menentukan arah kiblat lebih moden dan bersifat saintifik. Antaranya ialah teodolit, kompas dan GPS (*Global Positioning System*). Di Malaysia, jabatan-jabatan mufti negeri merupakan institusi yang bertanggungjawab terhadap isu ketepatan arah kiblat ini dan mereka menggunakan peralatan-peralatan tersebut untuk menentukan arah kiblat di masjid-masjid dan surau-surau, premis-premis, dan tapak bangunan yang bakal dibina.

Walau bagaimanapun, perkembangan teknologi pada masa kini telah menyebabkan terhasilnya pelbagai aplikasi arah kiblat dalam telefon pintar mudah alih. Menurut Mohd Zambri Ibrahim (2010), penggunaan aplikasi arah kiblat dalam telefon pintar mudah alih tersebut lebih mudah serta praktikal untuk digunakan oleh masyarakat Muslim dalam menentukan arah kiblat walaupun mengembara ke seluruh dunia.

Meskipun aplikasi-aplikasi arah kiblat dalam telefon pintar memudahkan umat Islam untuk penentuan arah kiblat, namun terdapat permasalahan yang boleh dibangkitkan iaitu sejauh mana kejituan aplikasi tersebut dalam menentukan arah kiblat. Isu ini diketengahkan kerana aplikasi arah kiblat menggunakan telefon pintar mudah alih terdedah kepada ralat yang dipengaruhi oleh kompas magnetik. Tambahan pula, akhbar Berita Harian (2017) telah melaporkan tentang keraguan terhadap lambakan aplikasi penunjuk arah kiblat yang boleh dimuat turun secara percuma oleh pengguna telefon pintar kerana kebanyakannya tidak menunjukkan arah kiblat secara tepat. Oleh yang demikian, bagi menguji kejituan dan ketepatan aplikasi ini, peluang terbaik untuk menyemaknya ialah ketika fenomena istiwa' matahari di zenit Kaabah.

Ketika fenomena ini berlaku, bayang yang dihasilkan akan menunjukkan arah kiblat yang tepat iaitu menghadap ke Kaabah (Achmed Jaelani, 2012). Menurut perkiraan astronomi dalam Waktu Piawai Malaysia, fenomena istiwa' matahari akan berlaku pada 28 Mei (5.16 petang) dan 16 Julai (5.28 petang) setiap tahun. Maka kedua-dua tarikh tersebut merupakan masa yang terbaik bagi menguji ketepatan dan kejituan aplikasi penentuan arah kiblat yang terdapat pada telefon pintar mudah alih tersebut.

Bagi membuktikan peralatan terbaik dalam penentuan arah kiblat di Malaysia pula, peralatan teodolit juga turut digunakan untuk proses dapatan data dan seterusnya dibandingkan dengan aplikasi arah kiblat dalam telefon pintar. Dalam artikel ini, kami akan menerangkan tentang proses hitungan untuk mendapatkan waktu istiwa' matahari di Malaysia berasaskan kaedah Waktu Lintasan Harian Matahari (WLHM). Peralatan dan metodologi kajian (teknik cerapan dan pengambilan data) yang digunakan dalam kajian ini juga diterangkan. Akhir sekali, perbezaan data antara hasil cerapan menggunakan tongkat istiwa', teodolit dan telefon pintar (aplikasi mudah alih) akan diberikan.

2.0 SOROTAN LITERATUR

Isu penentuan arah kiblat merupakan isu yang sangat penting kerana melibatkan ibadah fardu terutamanya solat. Isu ini telah dibincangkan oleh ramai ahli akademik dan para cendekiawan dalam pelbagai bidang seperti bidang fiqh, astronomi, geografi, matematik, kejuruteraan serta sains dan teknologi. Marwadi telah mengkaji teori geodesi dengan rumus *vinceny* dan membuat rumusan bahawa penggunaan teori geodesi adalah lebih tepat berbanding teori trigonometri sfera yang biasa digunakan dalam perhitungan arah kiblat.

S. Kamal Abdali (1997) dalam kajian beliau telah menghuraikan beberapa kaedah bagi penentuan arah kiblat termasuk *direct solar observation* dan kaedah bayang, namun beliau menegaskan bahawa penentuan arah kiblat yang paling tepat ialah dengan menggunakan kaedah hitungan dengan mengaplikasikan teori trigonometri sfera.

Terdapat juga kajian yang menumpukan kepada aplikasi mudah alih dan peranti yang berkaitan penentuan arah kiblat. W S M Sanjaya et al telah mengemukakan satu peralatan iaitu *Qibla Finder* yang menggunakan teori trigonometri sfera dan modul kompas untuk menentukan arah kiblat. Peranti tersebut dikatakan boleh membuat pembetulan arah kiblat bagi masjid-masjid dan membantu orang buta untuk menghadap arah kiblat melalui sistem pengesan bunyi (*buzzer*) yang akan berbunyi apabila peranti ini menghadap arah kiblat. Ihsan Taufik (2013) juga telah membuat kajian dengan menggunakan metod perhitungan trigonometri sfera, selain menerapkan kaedah posisi matahari untuk membangunkan aplikasi mudah alih iaitu penentu arah kiblat dan waktu solat pada telefon pintar Android dengan memanfaatkan koordinat dari peranti GPS yang terdapat pada telefon pintar.

Begitu juga dengan kajian dijalankan oleh Febria, Mohd Zamri dan Norashikin (2010) yang menjurus kepada semakan penggunaan aplikasi dan peranti untuk menentukan arah kiblat yang tepat. Tambahan terdapat satu kajian yang menumpukan kepada analisis perkhidmatan yang disediakan kepada jemaah haji dan umrah dalam aplikasi telefon pintar iaitu kajian oleh Esam Ali Khan et al. (2018). Salah satu perkhidmatan yang dikaji termasuklah dalam aspek arah kiblat yang disediakan untuk memudahkan jemaah haji dan umrah untuk melaksanakan ibadah di luar kota Mekah. Berdasarkan kajian-kajian lepas, dapat disimpulkan bahawa penentuan arah kiblat banyak menggunakan kaedah hitungan dengan mengaplikasikan teori trigonometri sfera. Namun kaedah ini juga telah diterapkan dalam pembinaan peranti dan aplikasi mudah alih telefon pintar untuk penentuan arah kiblat.

Takrifan Kiblat

Kiblat ialah arah dari sesebuah tempat menghadap ke Kaabah di Mekah. Orang Islam wajib menghadap kiblat ketika solat dan disuruh menghadapnya ketika melakukan beberapa amalan seperti doa, membaca al-Quran dan menyembelih binatang. Kewajipan ini bukan sahaja kepada orang Islam di Mekah malah kepada semua umat Islam di dunia. Dalam aspek menghadap arah kiblat, terdapat beberapa perbezaan bagi tiga golongan iaitu yang berada dalam Masjidil Haram, berada luar dari Masjidil Haram iaitu sekitar Mekah dan golongan yang berada jauh serta luar dari kota Mekah. Bagi umat Islam yang berada dalam Masjidil Haram, arah kiblat mereka ialah arah ke binaan Kaabah sendiri. Manakala bagi umat Islam yang tinggal di Mekah atau sekitarnya, maka arah kiblat ialah Masjidil Haram. Sebaliknya bagi umat Islam yang tinggal sangat jauh dari Mekah seperti Malaysia, maka arah menghadap kiblat ialah Mekah. (Achmad Jaelani, et. al, 2012)

“Dan dari mana sahaja engkau keluar (untuk mengerjakan sembahyang, maka hadapkanlah mukamu ke arah Masjidil Haram dan sesungguhnya perintah itu adalah benar dari Tuhanmu dan (ingatlah), Allah tidak sekali-kali lalai akan segala apa yang kamu lakukan”.

(Al-Baqarah: 149)

Jika dilihat daripada perspektif ayat al-Quran dalam surah al-Baqarah ayat 149 di atas, apa yang dapat difahami, maksud arah menghadap ketika melaksanakan solat ialah Masjidil Haram bukannya Kaabah walaupun diketahui bahawa di dalam Masjidil Haram itu sendiri terletak Kaabah. Ini dikuatkan juga dengan istilah yang sama digunakan oleh al-Quran dalam surah al-Baqarah ayat 144 yang turut menyatakan bahawa arah kiblat ialah Masjidil Haram.

Sebaliknya, dalam hadis Rasulullah S.A.W., riwayat Muslim berikut menggunakan perkataan Kaabah sebagai arah menghadap ketika solat. Maksudnya:

“Dari al-Bara’ r.a. katanya ; “Kami telah sembahyang bersama-sama Rasulullah s.a.w. (dengan menghadap) ke Baitul Maqdis selama enam belas bulan atau tujuh belas bulan, kemudian kami diarahkan berqiblatkan ke Kaabah”.

(Riwayat Muslim)

Ini menunjukkan bahawa arah kiblat umat Islam boleh dinyatakan sebagai Masjidil Haram dan juga Kaabah. Ini kerana Kaabah sendiri terletak tengah-tengah Masjidil Haram dan Masjidil Haram sendiri di dalamnya terletak bangunan Kaabah.

Daripada aspek definisi kiblat pula, terdapat beberapa takrif yang diberikan oleh para cendekiawan dan penyelidik dalam bidang ini. Dalam terjemahan tafsir *al-Maraghi*, qiblah sinonim dengan perkataan “*al-wajihah*” yang bererti keadaan arah yang dihadap (Ahmad Mustafa al-Maraghi, 1993). Al-Razi (1938), Ibn al-Haytam (1986) dan Muhyidin Khazin (2004) memberi takrifan kiblat berasaskan kepada pernyataan daripada aspek ilmu astronomi.

Al-Razi (1938) menyatakan, “Arah kiblat ialah titik persilangan antara bulatan ufuk dan bulatan besar yang melepasi ke arah zenit pemerhati dan zenit Mekah. Sudut kiblat pula ialah arka pada bulatan ufuk antara arah kiblat dan meridian kawasan setempat, dan sudut antara arah kiblat dan tempat matahari ekuinoks terbenam iaitu Barat yang merupakan pelengkap bagi sudut kiblat”.

Menurut Ibn al-Haytam pula, “Kiblat ialah suatu arah yang dihadap oleh pemerhati seolah-olah dia menghadap diameter bumi melalui Kaabah. Arah pandangannya, adalah bersatah dengan bulatan besar yang melalui arah zenit pemerhati dan titik yang berserenjang dengan zenit Mekah” (Muhammad al-‘Arabi al-Khattabi, 1986). Muhyiddin Khazim (2004) pula mendefinisikan kiblat sebagai arah atau jarak terdekat sepanjang lingkaran besar (*great circle*) yang melewati Kaabah dengan kota (tempat yang bersangkutan) (Muhyidin Khazim, 2004).

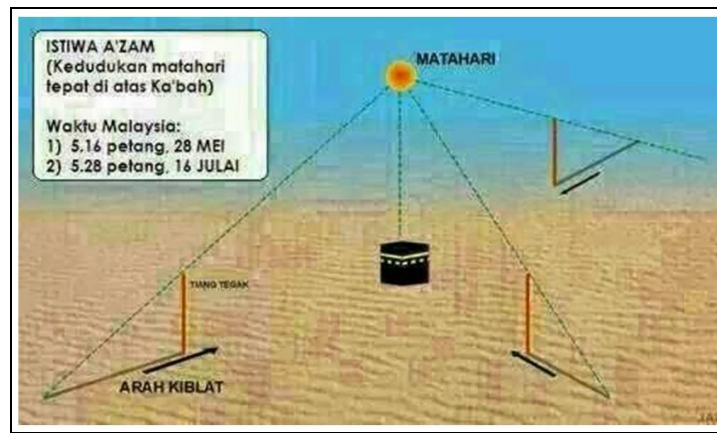
Sebaliknya David A. King memberi takrifan kiblat dari sudut terminologi. Menurut beliau, kiblat adalah arah ke Mekah, iaitu arah yang dihadap oleh orang Islam ketika melaksanakan solat (King, 2005). Takrifan yang hampir serupa turut diberikan oleh al-Imam al-‘Allamah Taqiuddin Abi Bakar bin Mohammad al-Husaini dan Syekh Muhammad b. Abdul Rahman dalam kitab beliau “Fathul Manan ‘ala al-Manzumah” yang mentakrifkan kiblat ialah Kaabah (Ab Rahaman, 2006).

Definisi-definisi yang diberikan oleh para penyelidik di atas membawa maksud bahawa kiblat adalah arah tertentu yang menghadap ke Kaabah yang terletak di Mekah. Oleh yang demikian, wajib bagi setiap orang Islam mengetahui arah tersebut untuk melaksanakan ibadah solat, serta amalan-amalan yang menuntut pelakunya menghadap ke arah kiblat. Umat Islam yang berada jauh dari Mekah pula, hendaklah berusaha dan berjihad dalam mencari arah kiblat yang paling tepat agar ibadah solat yang dilakukan lebih diyakini sah dan diterima Allah S.W.T.

Istiwa’ Matahari Atas Kaabah

Istiwa’ matahari ialah fenomena matahari berada tepat atas bangunan Kaabah. Ketika fenomena istiwa’ terjadi, deklinasi matahari ialah $21^{\circ} 25' 15''$ iaitu bersamaan dengan latitud Mekah iaitu $21^{\circ} 25' 15.6''$ (Dra. Maskufa, 2009). Keadaan ini menyebabkan semua bayang objek yang terhasil di negara berlatitud 0° hingga $\pm 23.5^{\circ}$ di seluruh dunia akan menghadap ke arah Kaabah termasuk Malaysia yang mengalami fenomena tersebut pada sebelah petang lantaran perbezaan masa sebanyak 5 jam (lebih awal) dari Mekah.

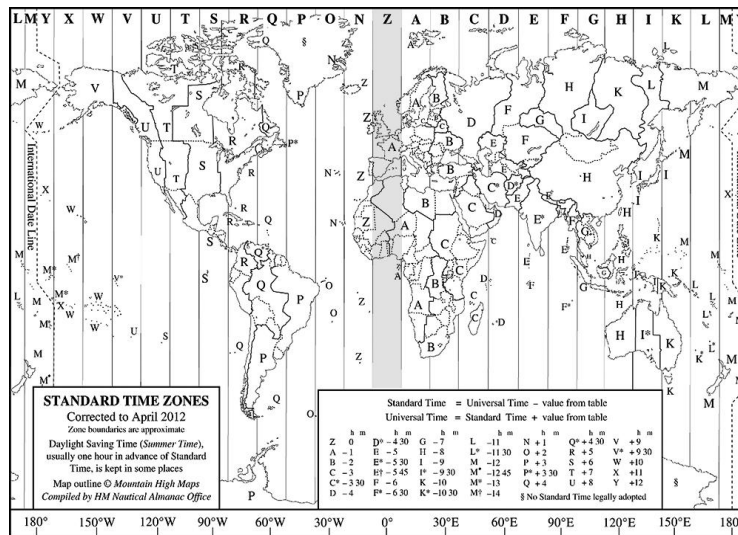
Sebaliknya, negara-negara lain yang terletak di kedudukan lain pula akan mengalami fenomena tersebut pada waktu yang berbeza antara satu sama lain. Jika peristiwa ini berlaku pada siang hari, maka negara tersebut dapat membuat cerapan semakan arah kiblat kerana menerima cahaya matahari dan terdapat bayang matahari yang terbentuk di bumi. Sebaliknya bagi tempat yang menghadapi peristiwa ini pada waktu malam hari atau tidak menerima cahaya matahari seperti negara berlatitud $\pm 23.5^{\circ}$ hingga $\pm 90^{\circ}$, maka negara-negara tersebut tidak dapat mengalami fenomena istiwa’ ini.



Rajah 2 Fenomena Istisna' Matahari Atas Kaabah (Jabatan Mufti Negeri Selangor, 2006)

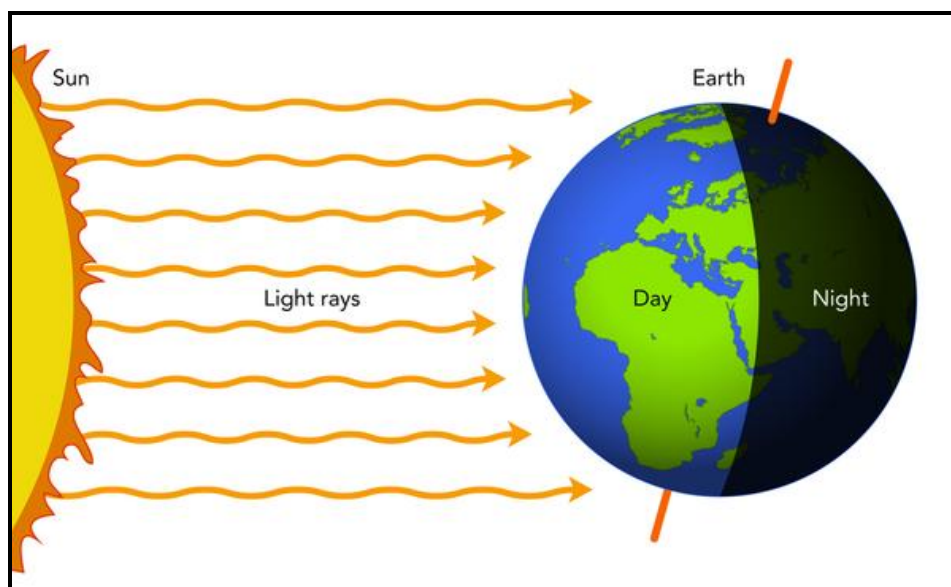
Rajah 2 di atas menunjukkan ilustrasi fenomena istisna' matahari atas kaabah. Ketika berlaku fenomena ini, matahari berada tepat di atas Kaabah. Maka seluruh bayang di muka bumi akan mengadap tepat ke arah Kaabah. Fenomena istisna' matahari tersebut berlaku pada waktu yang berbeza di negara-negara yang berbeza adalah disebabkan oleh dua faktor yang utama iaitu zon waktu @ longitud yang berbeza serta mengambil kira faktor "daylight saving time". Perbezaan masa berlakunya peristiwa istisna' matahari atas Kaabah di negara-negara yang terlibat tersebut dapat dirujuk dalam jadual 2.

Waktu bagi sesebuah negara pada suatu ketika dapat diketahui dengan mengetahui pada longitud mana negara itu berada (R.B Bunnet et al, 1970). Menurut Greenhood, pada tahun 1884, sistem zon waktu telah mula diaplikasikan iaitu dengan membahagikan kawasan bumi kepada 24 zon yang mana setiap zon berbeza 15° longitud dan setiap zon mewakili 1 jam (David Greenhood, 1951). Zon waktu terletak di sekitar garisan meridian mengikut longitud tertentu. Garisan meridian (longitud) adalah garisan sudut (khayalan) pada permukaan bumi dari kutub Utara ke kutub Selatan yang menghubungkan semua lokasi yang berada pada longitud yang sama (Tor Bernhardsen, 2002). Longitud boleh didefinisikan sebagai jarak sudut sesuatu tempat sama ada terletak di sebelah Timur atau sebelah Barat dari Garisan Meridian Utama (Greenwich) iaitu longitud 0° yang terletak di London, Britain. Lawan bagi Garisan Meridian Utama ini ialah Garisan Tarikh Antarabangsa, iaitu pada longitud 180° Barat dan longitud 180° Timur. Longitud 180° Barat dan longitud 180° Timur ini terletak pada garisan yang sama. Pembahagian zon-zon ini jelas dapat dilihat dalam ilustrasi peta zon waktu dunia dalam rajah 3 di bawah.



Rajah 3 Zon Waktu Dunia (<http://www.ominous-valve.com/timezone.jpg>)

Oleh kerana bumi bergerak dari Barat ke Timur, maka meridian Greenwich akan bergerak di bawah matahari selepas sebarang meridian dalam longitud Timur dan sebelum sebarang meridian dalam longitud Barat. Oleh sebab itu, sebarang longitud Barat akan mempunyai waktu tempatan yang lebih lewat dari waktu Greenwich, dan sebarang longitud Timur akan mempunyai waktu tempatan yang lebih awal daripada waktu Greenwich. Kawasan yang terletak di sepanjang longitud 180° Timur akan terlebih dahulu mengalami penambahan hari, iaitu 12 jam lebih awal dari Greenwich, London yang berada pada longitud 0°. Sebaliknya kawasan yang terletak di sepanjang longitud 180° Barat hanya akan mengalami penambahan hari 12 jam lebih lewat dari Greenwich



Rajah 4 Siang dan malam di bumi (<https://brainly.in/question/362317>)

Dalam kajian ini, negara yang terlibat ialah Mekah dan Malaysia. Mekah terletak di longitud 39° Timur, manakala Malaysia pula terletak di longitud 101° Timur. Ini bermakna Malaysia dan Mekah berada di sebelah Timur dari Garisan Greenwich. Oleh kerana setiap jam mewakili 15° , Malaysia akan mengalami siang 8 jam lebih awal dari Greenwich, manakala Mekah akan mengalami siang 5 jam lebih lewat dari Malaysia dan 3 jam lebih awal dari Greenwich. Oleh kerana waktu istiwa' matahari di Mekah pada 16 Julai ialah pada pukul 12:27 p.m., maka di Malaysia waktu berlaku istiwa' matahari ialah kira-kira pukul 5.27 p.m. iaitu 5 jam lebih awal dari Mekah. Sesetengah negara tidak mengalami fenomena matahari istiwa' atas kaabah. Ini kerana ketika berlaku fenomena tersebut, hanya sebahagian negara di dunia ini mengalami siang manakala sebahagian lagi mengalami malam. Ini ditunjukkan dalam rajah 4 di atas, di mana sebahagian bumi mengalami siang manakala sebahagian lagi mengalami malam.

Jadual 2 di bawah pula menunjukkan perbezaan waktu istiwa' yang berlaku di setiap negara yang mengalami fenomena istiwa' tersebut. Waktu mengalami fenomena tersebut berbeza disebabkan oleh faktor perbezaan zon seperti yang dijelaskan sebelum ini.

Jadual 2 Waktu istiwa' matahari di negara-negara terlibat menurut perkiraan astronomi

Negara	28 Mei	16 Julai
Afghanistan	13 : 48	13 : 57
Bangladesh	15 : 18	15 : 27
Bosnia	11 : 18*	11 : 27*
Burma	15 : 18	15 : 27
Canada, Montreal	15 : 18*	05 : 27*
Mesir	11 : 18	11 : 27
Perancis	11 : 18*	11 : 27*
Jerman	11 : 18	11 : 27
India	14 : 48	14 : 57
Indonesia, Jakarta	16 : 18	16 : 27
Iran	13 : 48*	13 : 57*
Malaysia	17 : 18	17 : 27
Pakistan	14 : 18	14 : 27
Palestin	12 : 18*	12 : 27*
Afrika Selatan	11 : 18	11 : 27
United Kingdom	10 : 18*	10 : 27*

*masa yang ditunjukkan adalah mengambil kira "Daylight Saving Time" tempatan sebagai mana berlaku di negara-negara tersebut

Faktor kedua yang menyebabkan fenomena istiwa' matahari berlaku pada waktu yang berbeza di negara-negara yang berbeza ialah disebabkan oleh faktor *daylight saving time*. Konsep *daylight saving time* diasaskan oleh Benjamin Franklin ini melibatkan negara-

negara berlatitud tinggi sahaja. Pada asalnya ia bertujuan untuk menggunakan tempoh siang dengan sebaik mungkin. Kaedah ini adalah dengan cara menganjukkan masa ke hadapan (awal satu jam) pada musim bunga dan mengundurkannya semula pada musim luruh. Ini kerana pada musim bunga dan musim panas, waktu siang di kawasan yang berlatitud tinggi akan lebih lama daripada tempoh malamnya.

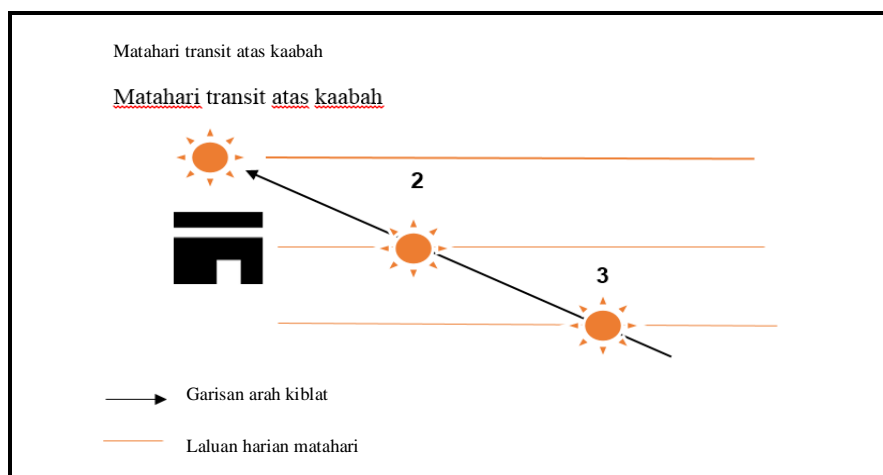
Sebaliknya pada musim luruh dan musim sejuk, waktu siang lebih pendek dari waktu malam kerana matahari terbit lewat dan terbenam lebih awal. *Daylight saving time* ini akan bermula pada hari Ahad terakhir pada bulan April dan berakhir pada hari Ahad terakhir bulan Oktober pada setiap tahun. Oleh kerana istiswa' matahari di zenit Kaabah berlaku dalam tempoh masa pengaplikasian *daylight saving time* ini iaitu pada 28 Mei dan 16 Julai, maka negara-negara yang terlibat perlu mengambil kira faktor *daylight saving time* ini yang menyebabkan perbezaan masa antara sesebuah negara terjadi.

3.0 TEKNIK CERAPAN DAN DAPATAN DATA

Konsep Hitungan Waktu Istiswa' Matahari: Kaedah Waktu Lintasan Matahari

Waktu lintasan harian matahari (WLHM) ialah lintasan matahari harian di atas garisan kiblat yang berlaku hampir setiap hari di meridian samawi tempatan. (Baharrudin, 2003) Menerusi WLHM, hitungan dapat dijalankan untuk mengira waktu dalam piawai Malaysia ketika terjadinya peristiwa matahari melintasi tepat atas Kaabah. Selain itu, kelebihan lain WLHM ialah kaedah ini dapat digunakan untuk mengira waktu matahari melintasi garis bayang arah kiblat setiap hari di Malaysia. Maka dapat disimpulkan, menerusi WLHM, umat Islam dapat menyemak arah kiblat dengan tepat menerusi kaedah bayang bukan sahaja ketika istiswa' matahari yang berlaku hanya dua kali setahun, malah semakan tersebut dapat dilakukan hampir setiap hari sepanjang tahun di Malaysia.

Kedudukan matahari berubah setiap hari disebabkan matahari sentiasa beredar atas meridian samawi tempatan. Perubahan kedudukan tersebut memberi kesan kepada perubahan arah bayang di atas permukaan bumi. Arah bayang pada waktu pagi menunjukkan ke arah Barat, sebaliknya ia semakin berubah ke arah Timur apabila berubahnya kedudukan matahari ke arah yang bertentangan (setelah matahari melintasi meridian tempatan). Dalam satu waktu setiap hari, arah bayang yang ditunjukkan tersebut merupakan arah kiblat yang tepat. Ini terjadi kerana matahari ketika itu berada di atas garisan kiblat.



Rajah 5 Ilustrasi kedudukan matahari atas garisan kiblat

Rajah 5 di atas menunjukkan ilustrasi kedudukan-kedudukan matahari yang berbeza setiap hari atas garisan kiblat. Ketika matahari di kedudukan 1, matahari berada tepat atas Kaabah. Maka ketika ini berlaku peristiwa istiswa' a'dzam matahari yang memberi kesan kepada arah bayang objek di seluruh dunia menghadap ke arah Kaabah. Pada kedudukan 2 dan 3 pula, matahari berada tepat atas garisan kiblat. Maka ketika ini juga arah bayang objek di seluruh dunia menghadap ke arah Kaabah seperti mana ketika kedudukan matahari 1. Maka berdasarkan konsep inilah, semakan arah kiblat dapat dilakukan setiap hari dengan syarat dapat diketahui waktu yang tepat untuk membuat semakan. Waktu tersebut dapat dihitung menggunakan kaedah WLHM.

Waktu ketika arah bayang menunjukkan arah kiblat adalah berbeza setiap hari di lokasi yang berbeza. Dalam aspek hitungan astronomi, jika dapat diketahui sudut jam matahari yang memberikan nilai sudut arah kiblat maka waktu fenomena bayang matahari menunjukkan azimut kiblat dapat dikira waktunya (Baharrudin, 2003). Kaedah hitungan waktu untuk semakan arah kiblat ditunjukkan menerusi kaedah di bawah :

1. Pertama, nilai deklinasi dan Sudut Waktu Greenwich diambil daripada Almanak Falak Syarie 2016. Lihat jadual 3.

Jadual 3 Nilai deklinasi matahari

Tarikh	Deklinasi	Sudut Waktu Greenwich
15 Julai 2016	21° 32' 10''	3 jam 54 minit 4 saat
16 Julai 2016	21° 22' 34''	3 jam 53 minit 58 saat

Sumber: Almanak Falak Syarie Malaysia 2016

2. Dengan menggunakan syarat $|\delta| < (90^\circ - \theta)$, kami dapat menyamak sama ada matahari akan berada pada garis arah kiblat @ atas Kaabah. Hasil hitungan menunjukkan $|\delta| < (90^\circ - \theta)$, maka lintasan harian matahari berlaku dan boleh dihitung waktunya. Prosedur semakan ini berdasarkan kiraan berikut:

Hitungan waktu istiwa'

$$\begin{aligned}
 \text{GHA istiwa}' &: \\
 &= \text{LHA} - \lambda \\
 &= 24j - (101^\circ 40' \div 15j) \\
 &= 24j - 6j 46m 43.98s \\
 &= (\text{GHA istiwa}' - \text{GHA1}) / (\text{GHA2} - \text{GHA1}) \times 24 \text{ jam} \\
 &= (17j 13m 16.02s - 3j 54m 4s) / (27j 53m 58s - 3j 54m 4s) \times 24 \text{ jam} \\
 &= 13 \text{ jam } 19 \text{ minit } 15.35 \text{ saat}
 \end{aligned}$$

Hitung sudut arah kiblat dari Utara, θ

$$\begin{aligned}
 \tan \theta &= \sin \Delta \lambda / \tan \theta m \cos \theta t - \sin \theta t \cos \Delta \lambda \\
 \Delta \lambda &= 101^\circ 40' 59.7'' - 39^\circ 49' 29.1'' \\
 &= 61^\circ 51' 30.6'' \\
 \tan \theta &= [\sin (61^\circ 51' 30.6'')] / [\tan (21^\circ 25' 5.6'') \cos (3.1483576) - \sin (05^\circ 20') \cos (61^\circ 51' 30.6'')] \\
 \theta &= \tan^{-1} (2.410417884) \\
 &= 67.46810853
 \end{aligned}$$

Hitung sudut istiwa' matahari, δ

$$\begin{aligned}
 \Delta &= \delta \Delta \delta \\
 \Delta \delta &= (12j / 24j) \times [(21^\circ 22' 34'') - (21^\circ 32' 10'')] \\
 &= -0^\circ 4' 48'' \\
 \delta &= 21^\circ 32' 10'' + (-0^\circ 4' 48'') \\
 \delta &= 21^\circ 27' 22''
 \end{aligned}$$

Semak syarat $|\delta| < (90^\circ - \theta)$

$$\begin{aligned}
 (90^\circ - \theta) &= 90^\circ - 3.1483576^\circ \text{U} \\
 &= 86.8516424^\circ \\
 \delta &= 21^\circ 27' 22''
 \end{aligned}$$

Maka $|\delta| < (90^\circ - \theta)$, lintasan harian matahari berlaku dan boleh dihitung waktunya.

3. Seterusnya sudut waktu matahari, Q yang sepadan dengan sudut arah kiblat dari Utara, θ dihitung.

$$\begin{aligned}
 \tan P &= 1 / (\sin \theta t \cdot \tan \theta), \cos (Q-P) = (\tan \delta \cos P) / \tan \theta t \\
 \tan P &= 1 / (\sin 3.1483576^\circ \tan 67.46810853) \\
 P &= \tan^{-1} (7.553788406) \\
 &= 82.45881136^\circ \\
 \cos (Q - P) &= (\tan 21^\circ 27' 22'' \cos 82.45881136^\circ) / (\tan 3.1483576^\circ) \\
 (Q - P) &= \cos^{-1} (0.937745223) \\
 &= 20^\circ 19' 25.39'' \\
 Q &= - (Q - P) + P \\
 &= [- (20^\circ 19' 25.39'') + 82.45881136^\circ] / 15 \\
 &= 4 \text{ jam } 8 \text{ min } 31 \text{ saat}
 \end{aligned}$$

4. Waktu Lintasan Harian Matahari, WLHM = waktu istiwa' + Q
- $$\begin{aligned}
 \text{WLHM} &= \text{waktu istiwa}' + Q \\
 &= 17 \text{ jam } 13 \text{ min } 16 \text{ saat} + 4 \text{ jam } 8 \text{ min } 31 \text{ saat} \\
 &= 17 \text{ jam } 27 \text{ min } 01 \text{ saat} \\
 &= 5.27 \text{ petang (waktu matahari istiwa' pada 16 Julai)}
 \end{aligned}$$

■4.0 METODOLOGI

Pada 16 Julai 2016, kami dengan kerjasama Jabatan Mufti Negeri Selangor telah melakukan cerapan matahari (istiwa' a'dzam) di Perkarangan Kompleks Pusat Islam, Kuala Lumpur. Lokasi ini dipilih kerana memiliki pandangan langit yang cerah serta kawasan yang luas dan rata. Oleh yang demikian, tiada halangan fizikal yang akan terjadi ketika proses cerapan matahari dijalankan. Objektif kajian ini dijalankan adalah untuk membandingkan arah kiblat yang dicerap menggunakan tongkat istiswa' ketika matahari transit atas Kaabah dari lokasi ini dengan dua kaedah moden iaitu cerapan menggunakan teodolit dan aplikasi kiblat mudah alih yang dimuat turun ke dalam telefon pintar. Aplikasi kiblat yang dimuat turun serta digunakan untuk tujuan cerapan ini ialah Easy-Qibla. Tiga peralatan digunakan untuk membandingkan nilai azimut kiblat iaitu tongkat istiswa', teodolit dan telefon pintar.

Teknik Cerapan Menggunakan Tongkat Istiswa'

Tongkat istiswa' sepanjang 1 meter dipacakkan ditengah-tengah lokasi cerapan iaitu kawasan lapang yang mendatar serta menerima cahaya matahari secara terus. Tongkat istiswa' ini dipastikan terpacak tegak 90° (berserenjang) dengan permukaan tanah. Jam digital pula digunakan untuk rujukan masa ketika berlakunya istiswa' a'dzam. Jam tersebut telah dipastikan tepat merujuk kepada waktu *The Malaysia Standard Time* (SIRIM).

Ketika jam digital menunjukkan tepat jam 5.27 petang, bayang tongkat yang terhasil mengarah ke arah Timur (ini kerana matahari berada di sebelah Barat meridian tempatan). Satu garisan lurus ditanda atas bayang yang terhasil dari tongkat tersebut. Daripada bayang tersebut, arah bayang ke Barat merupakan arah kiblat sebenar yang tepat. Arah bayang tersebut ditanda untuk diambil nilai bacaan azimut arah kiblat. Nilai bacaan azimut kiblat dikira menggunakan jangka sudut digital (*digital protector*). Arah bayang tongkat istiswa' yang terhasil telah ditanda dan ditunjukkan dalam rajah 6 di bawah.

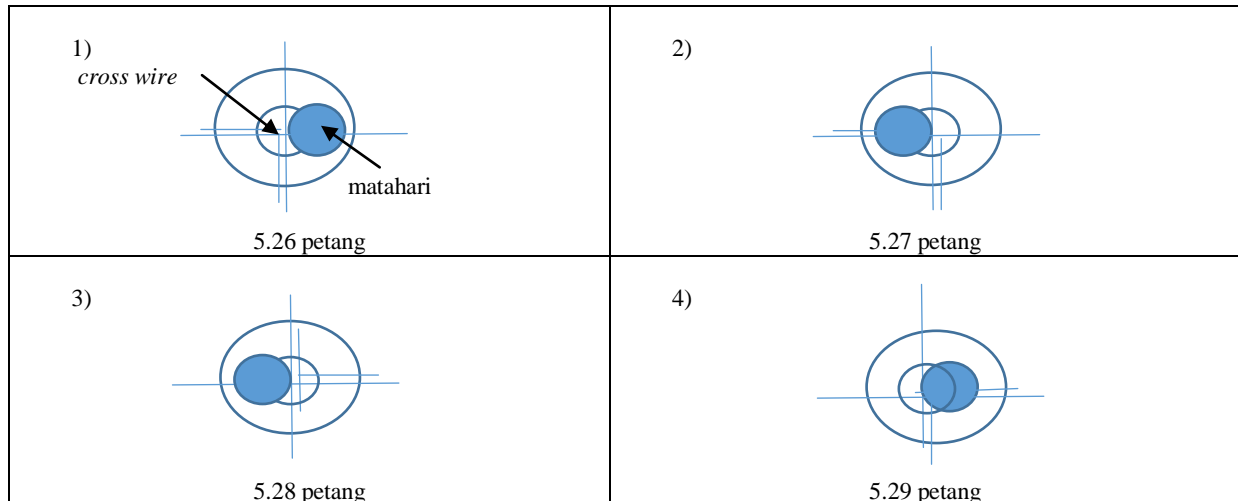


Rajah 6 Arah bayang yang terhasil dari tongkat istiswa' ditanda ketika cerapan matahari istiswa' (data bayang arah kiblat yang ditanda diambil oleh penyelidik sendiri bersama para pelajar Astronomi Islam Universiti Malaya yang terlibat dalam cerapan istiswa' ini pada 16 Julai 2016 di Perkarangan Kompleks Pusat Islam, Kuala Lumpur)

Teknik Cerapan Menggunakan Teodolit

Peralatan teodolit digunakan untuk mencerap arah kiblat ketika transit matahari atas Kaabah berdasarkan nilai yang dihitung. Teodolit yang digunakan merupakan model Topcon GTS 230N dengan ketepatan sebanyak $1'$ (Siti Tatmainul, 2017). Prosedur cerapan matahari menggunakan teodolit model Topcon GTS 230N ini adalah berdasarkan kepada panduan seperti yang diterangkan dalam *Survey Regulations 1976 Appendix V*. Sebelum proses cerapan dilakukan, beberapa praktikal cerapan matahari telah dilakukan sebagai persediaan supaya data matahari yang dicerap adalah tepat.

Dalam cerapan ini, kaedah yang digunakan untuk dapatan data ialah dengan cara mengambil data pada empat kedudukan matahari iaitu pada ketika kedudukan piring matahari menyentuh penyilang teodolit di bahagian kiri dan kanan *cross wire*, sebelum dan selepas istiswa' berlaku. Seterusnya data-data tersebut dipuratakan untuk mendapatkan bacaan azimut kiblat dari arah utara ketika pusat matahari tegak atas meridian tempatan. Rajah 7 menunjukkan kedudukan matahari (ditunjukkan oleh bulatan berwarna biru) yang dicerap pada masa yang berlainan. Setiap cerapan tersebut mengambil perbezaan masa selama 1 minit



Rajah 7 Cerapan semasa matahari istiswa' atas Kaabah

Bulatan biru : Kedudukan matahari
4 garisan ditengah-tengah bulatan : *cross wire* teodolit

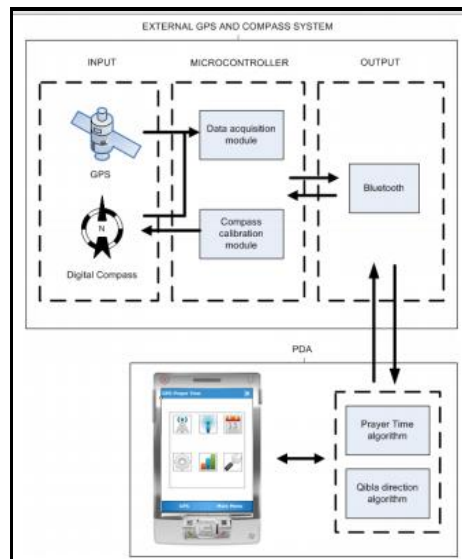
Data nilai sudut menegak dan melintang diambil dan dipuratakan. Hasil purata kedua-dua sudut ini memberi nilai kedudukan pusat matahari. Pada kedudukan *circle* teodolit di sebelah kiri, piring kiri matahari diposisikan berada tepat di kedudukan menegak garis penyilang satah silang dengan keadaan ufuk garis penyilang membahagi dua kedudukan tersebut. Nilai data menegak dan menyilang diambil.

Dengan menggunakan skru pergerakan perlahan, kedudukan penyilang dibawa ke sebelah kanan dengan keadaan piring kanan matahari diposisikan pada kedudukan tegak garis penyilang. Ketika ini kedudukan teodolit dipusingkan 180°. Nilai data menegak dan menyilang diambil. Seterusnya prosedur cerapan di atas diulang dengan mengambil bacaan pada kedudukan *circle* teodolit di sebelah kanan pula pada pukul 5.27 dan 5.28 petang. Nilai purata bacaan sudut menegak dan melintang merupakan waktu ketika teodolit berada tepat di pusat matahari.

Teknik Cerapan Menggunakan Telefon Pintar

Aplikasi arah kiblat yang digunakan dalam semakan cerapan ini ialah *easy qibla 3 in 1* yang dapat dimuat turun dalam aplikasi android dengan mudah. *Easy qibla 3 in 1* ini dipilih berdasarkan *ranking* yang tinggi dalam pemilihan pengguna di samping ia merupakan salah satu aplikasi arah kiblat yang diiktiraf di Malaysia. Telefon pintar yang digunakan pula ialah jenama Oppo Model A33F yang dilengkapi dengan *Global Positioning System* (GPS) dan kompas magnetik. Menurut Mohd Zamri, kedua-dua lengkapan GPS dan kompas magnetic ini membolehkan telefon pintar menunjukkan arah kiblat dengan mudah ketika berada dalam keadaan statik atau dinamik.

Algoritma pembinaan sistem aplikasi arah kiblat dalam telefon pintar ditunjukkan dalam rajah 8 di bawah. Sistem aplikasi arah kiblat dalam telefon pintar memiliki tiga bahagian iaitu input, *microcontroller*, dan output untuk memproses data arah kiblat. Bahagian input dilengkapi dengan GPS dan kompas magnetik yang memberikan data arah dan lokasi yang dihitung dari utara magnetik dalam unit darjah (°). Data-data tersebut seterusnya diproses dalam *microcontroller*. Manakala bahagian output memiliki alat *bluetooth* yang berperanan menghantar maklumat kepada sistem PDA. Paparan data arah kiblat kemudiannya akan dipaparkan pada PDA berdasarkan maklumat latitud dan longitud tempat tersebut. (Mohd Zambri Ibrahim, 2010).



Rajah 8 Ilustrasi sistem pembinaan aplikasi arah kiblat dalam telefon pintar (Mohd Zambri, 2010)

Kaedah dapatan data menerusi telefon pintar ditunjukkan dalam rajah 8 di bawah. Ketika istiswa' matahari berlaku, arah bayang kiblat yang ditunjukkan oleh tongkat istiswa' ditanda di atas sehelai kertas. Seterusnya telefon pintar Oppo model A33F diletakkan atas kertas yang sama berdasarkan arah yang ditunjukkan oleh kompas magnetik pada telefon pintar tersebut. Arah kiblat yang ditunjukkan oleh telefon pintar tersebut dibandingkan dengan arah kiblat yang ditanda di atas kertas. Nilai azimut arah kiblat yang diperolehi dari telefon pintar tersebut direkodkan.



Rajah 9 Kaedah dapatan data arah kiblat menggunakan telefon pintar (data bayang arah kiblat yang ditanda diambil oleh penyelidik sendiri bersama para pelajar Astronomi Islam Universiti Malaya yang terlibat dalam cerapan istiswa' ini pada 16 Julai 2016 di Perkarangan Kompleks Pusat Islam, Kuala Lumpur)

■ 5.0 HASIL DAN PERBINCANGAN

Kaedah yang tepat menjamin bacaan arah kiblat yang tepat. Dalam hal ini, kaedah terbaik yang dicadangkan ialah kaedah cerapan istiswa' matahari atas Kaabah. Kaedah ini tepat kerana ketika istiswa', arah bayang matahari adalah tepat menghadap Kaabah. Kaedah ini amat sesuai digunakan untuk kedudukan negara-negara yang jauh daripada Mekah. Menerusi kaedah cerapan bayang istiswa' ini, nilai sudut arah kiblat dapat di baca dengan mudah.

Arah bayang hanya perlu ditanda, seterusnya arah bayang tersebut diukur menggunakan *protector digital* yang memaparkan nilai azimut kiblat hingga nilai arka saat. Walaupun kaedah ini tepat, namun semakan cerapan matahari tersebut hanya dapat dijalankan 2 kali setahun. Hal ini juga bergantung kepada keadaan cuaca pada waktu cerapan dilakukan. Antara alternatif yang dicadangkan ialah dengan mengaplikasikan penggunaan kaedah Waktu Lintasan Harian Matahari (WLHM) yang mampu menyelesaikan masalah tersebut. Ini kerana menerusi WLHM, cerapan bayang matahari yang menunjukkan arah kiblat dapat disemak hampir setiap hari.

Jadual 3 menunjukkan secara umum tarikh yang membolehkan kita menyemak bayang arah kiblat di Kuala Lumpur. Waktu tersebut adalah hasil daripada proses hitungan menggunakan kaedah WLHM. Daripada jadual ini dapat disimpulkan semakan arah kiblat yang tepat dapat dilakukan hampir setiap hari melainkan pada hari tertentu cerapan tidak dapat dilakukan kerana bayang matahari terlalu pendek atau keadaan matahari melintasi arah kiblat berlaku pada waktu malam. (Baharrudin, 2003).

Jadual 4 pula menunjukkan nilai azimut arah kiblat di Perkarangan Kompleks Pusat Islam Kuala Lumpur yang diperolehi menerusi penggunaan instrumen tradisional tongkat istiswa' dengan bantuan jangka sudut digital (*digital protector*) untuk paparan bacaan nilai azimut kiblat. Jadual yang sama juga memaparkan nilai bacaan azimut kiblat yang diperolehi hasil cerapan matahari menggunakan teodolit dan telefon pintar.

Daripada jadual, kadar perbezaan bacaan antara teodolit dan tongkat istiswa' yang ditunjukkan hanyalah sebanyak $0^{\circ} 2' 17''$. Terdapat beberapa faktor berkemungkinan besar menyumbang kepada perbezaan nilai bacaan azimut kiblat tersebut. Antara faktor-faktor tersebut adalah faktor pembiasan matahari di langit, ralat instrumen, ketepatan pengukuran semasa proses cerapan dilakukan, dan juga ralat masa. Oleh yang demikian, faktor-faktor yang mempengaruhi ketepatan tersebut perlu diambil kira semasa cerapan dilakukan. Kajian yang lebih mendalam terhadap parameter-parameter tersebut boleh membawa kepada penambahbaikan terhadap nilai bacaan yang diperolehi.

Dalam jadual yang sama, kadar perbezaan bacaan nilai azimut antara telefon pintar dan tongkat istiswa' ialah $2^{\circ} 1' 00''$. Kadar perbezaan ini sangat ketara besar yang mana ralat sebanyak 2° boleh membawa kepada pesongan arah kiblat sebanyak 360 km dari arah Kaabah di Mekah. Terdapat banyak faktor yang menyumbang kepada perbezaan nilai azimut arah kiblat dalam penggunaan telefon pintar tersebut. Antara faktor-faktor tersebut ialah sejauh mana tahap pengujian ketepatan terhadap aplikasi arah kiblat dalam telefon pintar tersebut, faktor tarikan magnet terhadap kompas, ralat peralatan, *paparan global positioning system* (GPS) tidak tepat serta ralat masa. Oleh itu, faktor-faktor ini perlu diambil kira semasa bacaan data dilakukan.

6.0 KESIMPULAN

Kesimpulannya, hasil daripada kajian ini menunjukkan instrumen terbaik untuk menentukan arah kiblat umat Islam ialah tongkat istiswa' dan teodolit dengan kadar perbezaan bacaan yang sangat sedikit iaitu dalam nilai arka minit sahaja. Justeru itu, kami sangat yakin bahawa arah kiblat yang dihadapi ketika melaksanakan solat adalah diyakini tepat kerana di Malaysia penentuan dan semakan arah kiblat dilakukan dengan menggunakan peralatan teodolit.

Namun demikian, penentuan arah kiblat menggunakan teodolit ini biasanya dilakukan di masjid, surau, dan premis-premis yang membuat permohonan rasmi kepada jabatan mufti negeri masing-masing. Dalam aspek kegunaan awam, teodolit tidak sesuai digunakan kerana harganya yang mahal, memerlukan pengetahuan ilmu astronomi untuk mengukur kiblat disamping peralatan ini berat serta tidak praktikal digunakan oleh masyarakat awam. Sebaliknya telefon pintar adalah alat yang sentiasa bersama masyarakat awam. Oleh demikian, ia digunakan secara meluas oleh masyarakat awam pada masa kini ketika melancong, mengembara, melakukan aktiviti di kawasan-kawasan terpencil seperti hutan dan sebagainya.

Ini menunjukkan masyarakat awam lebih gemar menggunakan aplikasi arah kiblat atau kompas magnetik yang terdapat dalam telefon pintar kerana mudah untuk menentukan kiblat walau di mana jua mereka berada. Oleh yang demikian, penambahbaikan dan semakan semula terhadap aplikasi kiblat yang digunakan dalam telefon pintar perlu dilakukan semula. Ini kerana kadar ralat dalam aplikasi kiblat tersebut menunjukkan kadar selisih yang tinggi. Selain itu, semakan kiblat yang tepat bukan sahaja dapat dilakukan ketika istiswa' matahari, sebaliknya dapat disemak setiap hari menerusi kaedah WLHM. Oleh itu, arah kiblat dapat ditentukan dengan tepat untuk panduan dan kegunaan masyarakat di Malaysia.

Jadual 4 Waktu Cerapan Matahari Untuk Semakan Arah Kiblat Menerusi Kaedah WLHM*.

Tarikh	Waktu terjadi WLHM
7 Januari hingga 7 Jun	7 pagi hingga 7 malam
8 Jun hingga 6 Julai	Tidak terjadi WLHM
7 Julai hingga 7 September	7 pagi hingga 7 malam

Waktu semakan bagi lokasi Kuala Lumpur ($\theta = 3^{\circ} 9'$, $\alpha = 101^{\circ} 39'$)

Jadual 5 Cerapan Azimut Kiblat Pada 16 Julai 2016

Cerapan Kiblat menggunakan Tongkat Istiswa'	Cerapan Kiblat menggunakan alat moden	
	Teodolit	Telefon Pintar
$292^{\circ} 10' 00''$	$292^{\circ} 08' 11''$	$290^{\circ} 9' 14''$
Perbezaan	$0^{\circ} 2' 17''$	$2^{\circ} 1' 00''$

Rujukan

- Abdali, Kamal. S. (1997). The Correct Qibla. PDF version in <http://www.patriot.net/users/abdali/ftp/qibla.pdf> (diakses pada 20 Januari 2018)
- Ab Rahaman Hussain. (2006). Kepentingan Arah Kiblat dalam Kehidupan Umat Islam. Dalam Konvensyen Falak Selangor 2006 Seminar Isu-isu Qiblat Kontemporari. 15-16 Julai 2006 di Pusat konvensyen Kolej Universiti Islam Antarabangsa Selangor (KUIS), Jabatan Mufti Negeri Selangor: Selangor.
- Al-Khattabi, Muhammad al-'Arabi. (1986). 'Ilm al-Mawaqit: 'Usulih wa Manahijuhu (In Arabic). LC #89-968009. T.T. T.T.T.
- Al-Maraghi, Ahmad Mustafa. (1993). Terjemahan Tafsir al-Maraghi, Juz II. Semarang: Toha Putera.
- Al-Razi, Fakhr al-Din. (1938). Tasir al-Kabir (In Arabic), Vol. 8, 1st Edition. Cairo: Matba'at al-Bahiyat al-Masriyyah.
- Achmad Jaelani, Anisah Budiwati, Encep Abdul Rojak, Faqih Baidhowi, Mahya Laila, Muhammad Manan Ma'nawi, Robi'atul Aslamiyah, Siti Muslifah, Siti Tatmainul Qulub & Sri Hidayati (2012). *Hisab Rukyat Menghadap Kiblat (Fiqh, Aplikasi Praktis, Fatwa dan Software)*. H. Ahmad Izzuddin (ed.). Semarang: PT. Pustaka Rizki Putra.
- Baharrudin Zainal. (2003). Ilmu Falak, Teori, Praktik dan Hitungan. Kuala Terengganu: Kolej Ugama Sultan Zainal Abidin.
- Berita Harian. (2017). Penunjuk Arah Kiblat Tersasar. <https://www.bharian.com.my/node/287409> (diakses pada 8 Mac 2018)
- David Greenhood. (1951). *Down To Earth: Mapping For Everybody*. New York: Holiday House.
- Dra. Maskufa. (2009). Ilmu Falaq. Jakarta: Gaung Persada.
- H. Karttunen, P. Kroger, H. Oja, M. Poutaneau & K.J. Donner (1993). *Fundamental Astronomy*. Springer-Verlag : German.
- Hawkins, G. S. & King, D. A. (1982). On the Orientation of the Ka'ba. <http://adsabs.harvard.edu/full/1982JHA....13..102H> (diakses pada 20 Januari 2018)
- Jaelani, Achmad, et. al. (2012). *Hisab Rukyat Menghadap Kiblat (Fiqh, Aplikasi Praktis, Fatwa dan Software)*. Semarang: Pustaka Rizki Putra.
- Jabatan Mufti Negeri Selangor. (2006). *Konvensyen Falak Selangor 2006 Seminar Isu-Isu Qiblat Kontemporari*. Selangor : Jabatan Mufti Negeri Selangor.
- Jabatan Mufti Selangor. (2017) <http://www.muftiselangor.gov.my/pengurusan/bahagian/bahagian-falak> (diakses pada 23 Ogos 2017)
- Khan, Esam Ali & Shambour, Mohd Khaled Yousef. (2018). An Analytical Study of Mobile Applications for Hajj and Umrah Services. *Applied Computing and Informatics Journal*, 14(1), 37-47.
- King, D. A. (2004). In Synchrony With The Heavens: Studies in Astronomical Timekeeping and Instrumentation in Medieval Islamic Civilization. Boston: Brill.
- King, D. A. (2005). Al-Khalili (14th Century). In *Encyclopaedia of Islamic Science and Scientists*. Volume 1 (A – H), eds. M. Zaki Kirmani & N.K. Singh, 539-540. India: Global Vision Publishing House.
- King, D. A. (1996). *Astronomy and Islamic Society: Qibla, Gnomics and Timekeeping*. Encyclopedia of The History of Arabic Science, Astronomy-Theoretical and Applied, ed. Roshdi Rashed, New York: Routledge.
- Mackenzie, Dana. (2001). A Sine on The Road to Mecca. Published by Sigma Xi, The Scientific Research Society, 89(3), 217–218.
- Marwadi. (2014). Aplikasi Teori Geodesi Dalam Perhitungan Arah Kiblat. PDF version in <http://ejournal.iainpurwokerto.ac.id/index.php/almanahij/article/view/416> (diakses pada 20 Ogos 2017)
- Michael E. Bonine. (1990). The Sacred Direction and City Structure: A Preliminary Analysis of the Islamic Cities of Morocco. *Muqarnas*, 7, 50-72.
- Mohd Zamri Ibrahim & Norashikin. (2010). Mobile Qibla and Prayer Time Finder using External GPS and Digital Compass. Proceeding of the 9th WSEAS, International Conference on Applications of Electrical Engineering Mac 23-25, 2010, Penang, Malaysia.
- Muhyiddin Khazim. (2004). Ilmu Falak dan Teori dan Praktik, Bab IV Arah Kiblat: Pengertian Arah Kiblat. Indonesia: Yogyakarta.
- Qulub, Siti Tatmainul. (2017). Ilmu Falak Dari Sejarah Ke Teori Dan Aplikasi. Depok: Rajawali Pers.
- Raharto, Moedji & Arifin, Dede Jaenal. (2011). Telaah Penentuan Arah Kiblat dengan Perhitungan Trigonometri Bola dan Bayang-Bayang Gnomon Oleh Matahari. PDF version in <https://media.neliti.com/media/publications/79316-ID-telaah-penentuan-arrah-kiblat-dengan-perh.pdf>, (diakses pada 16 Mei 2016)
- Taufik, Ichsan & Ramdhani, Arli. (2013). Aplikasi Penentu Arah Kiblat Dan Waktu Shalat Menggunakan Global Positioning System (GPS) Berbasis Android Dengan Menerapkan Perhitungan Spherical Trigonometri Dan Posisi Matahari. Proceeding from JBPTITBPP Mac 22 2014, Bandung, Indonesia, ISBN: 978-602-17488-0-0
- Van Brummelen, Glen. (2013). Seeking the Divine on Earth: The Direction of Prayer in Islam. *Math Horizon*, 21(1), 15-17.
- W S M Sanjaya et al. (2017). Qibla Finder and Sholat Times Based on Digital Compass, GPS and Microprocessor. PDF version in <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/288/1/012149/pdf> (diakses pada 23 Ogos 2017)