

# Kajian Bermulanya Waktu Fajar

Abdul Halim Abdul Aziz<sup>1</sup>  
Mohd Zulhelmi Mohd Yusof<sup>2</sup>  
Mohamed Noor Muhamad<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Pusat Pengajian Sains Fizik,  
Universiti Sains Malaysia  
Tel: 0164185519 e-mel: [abdul@usm.my](mailto:abdul@usm.my)*

<sup>2</sup>*Jabatan Mufti Negeri Pulau Pinang,  
Tel: 0174927358 e-mel: [zulqu\\_7@yahoo.com](mailto:zulqu_7@yahoo.com)*

<sup>3</sup>*Jabatan Fizik,  
Universiti Teknologi Malaysia  
Tel: 0107662866 e-mel: [mnoorm@utm.my](mailto:mnoorm@utm.my)*

## Abstract

*This paper discusses the astronomy of fajar in determining times of imsak and fajar prayer times for muslim community. There is a significant disparity between past practices and recent studies. Here, the theory behind 'white thread' of fajar sadiq (true dawn) was developed based on a geometrical diagram by Ibn Haitham (965-1040 CE) while an explanation of fajar kazib (false dawn) is discussed based on modern theory. We propose the quantitative brightness of fajar kazib be used to determine the start brightness threshold for fajar prayers. This study characterizes fajar sadiq phenomenon as dependent upon observers' height above sea level. Generally, this is ignored in fajar pray time calculations. We conclude, based on its characteristic and description, that astronomical twilight and fajar sadiq are non-identical phenomena. We also present results on fajar prayer start times on 23-24 Sep 2017 at Tioman Island. Naked eye values were found at solar altitude of  $-16.7 \pm 0.2^\circ$  while sky photometer reading produced a value of  $-17.90 \pm 0.04^\circ$ . The disparity between results are discussed.*

**Keywords:** *Fajar Time, Fajar Calculation, True Dawn, False Dawn, Astronomical Twilight.*

## Abstrak

Kertas ini membicaraan mengenai astronomi fajar bagi menentukan waktu imsak dan waktu solat fajar bagi masyarakat Islam. Terdapat perbezaan ketara di antara amalan silam dan penyelidikan mutakhir. Teori kejadian 'benang putih' fajar sadiq dalam kertas ini dibina di atas rajah geometri Ibn Haitham (965-1040M) sementara kejadian fajar kazib dijelaskan menggunakan teori moden. Kami menyarankan nilai kuantitatif kecerahan fajar kazib digunakan untuk menetapkan kecerahan ambang bagi menyatakan masuk solat fajar. Kajian ini menyifatkan fenomena fajar sadiq sebagai fenomena ufuk yang bergantung kepada ketinggian pencerap dari paras laut. Hal, umumnya, tidak dipedulikan dalam hitungan waktu solat fajar. Kami menyimpulkan bahawa dari sudut sifat dan deskripsinya teja astronomi (*astronomical twilight*) dan fajar sadiq adalah dua fenomena yang tidak serupa. Kami melaporkan hasil kajian ambang waktu fajar pada 23 dan 24 Sep 2017 di Pulau Tioman. Nilai mata kasar diperolehi pada altitud Matahari  $-16.7 \pm 0.2^\circ$  sementara bacaan dari fotometer langit SQM LU-DL

mendapati Matahari pada altitud  $-17.90 \pm 0.04^\circ$ . Perselisihan di antara kedua hasil ini turut dibincangkan.

**Katakunci:** Waktu Fajar, Hitungan Waktu Fajar, Fajar Sadiq, Fajar Kazib, Teja Astronomi.

### Pengenalan

Dalam menyediakan hitungan waktu solat bagi solat fajar terdapat pandangan yang berbeza-beza terhadap kriteria astronomi yang menyatakan mulanya waktu fajar, iaitu waktu yang mewakili kelihatannya fajar sadiq. Julat bezanya tidaklah remeh, iaitu di antara kedudukan Matahari 21 darjah di bawah ufuk hingga ke 16 darjah di bawah ufuk (al-Bakri, 1343H), bahkan lebih lebar jika dirangkumi kajian dekad ini seperti kajian Hassan *et. al.* (2016) yang membawa nilai ke 14 darjah di bawah ufuk. Jika diambil anggaran beza satu darjah mewakili beza 4 minit waktu (bagi kawasan khatulistiwa), maka julat beza ialah di antara 21 darjah ke 14 darjah mewakili beza waktu 28 minit.

Amalan beberapa pertubuhan/negara dunia dinyatakan dalam jadual 1, sementara nilai dari sarjana Islam silam dan amalan silam beberapa buah negara dinyatakan dalam jadual 2 (Dharamshi, 2009).

*Jadual 1. Hitungan waktu fajar oleh beberapa pertubuhan antarabangsa.*

<b>Pertubuhan</b>	<b>Altitud Matahari</b>
Islamic Society of North America (ISNA)	$-17.5^\circ$
Muslim World League (MWL)	$-18.0^\circ$
Umm al-Qura, Makkah	$-19.0^\circ$
Egyptian General Authority of Survey	$-19.5^\circ$

*Jadual 2. Amalan silam oleh ahli falak, dan amalan silam beberapa negara.*

<b>Tokoh</b>	<b>Altitud Matahari</b>
Al-Biruni	$-15^\circ$ ke $-18^\circ$
Al-Qaini	$-17^\circ$
Ibn Yunus, Ibn Shatir, At-Tusi, Mardini	$-19^\circ$
Habash, Muadh, Ibn Haitham	$-18^\circ$
Al-Marrakushi, Makkah, Tunis, Yemen	$-20^\circ$
Al-Moeti	$-19^\circ$
Ibn Riqam	$-19^\circ$
Muwaqit Syria, Morocco, Mesir, Turkey dari abad 15	$-19^\circ$
Chagmini, Barjandi	$-15^\circ$

Hassan *et. al.* (2014) dan al-Mostafa *et. al.* (2005) menjalankan kajian sistematik dalam dekad ini. Hasil kajian mata kasar di pilih dan disenaraikan dalam jadual 3. Jadual 4 senaraikan perbandingan kajian mata kasar dengan fotometer.

Jadual 3. Hasil kajian menggunakan mata kasar oleh Hassan et.al. dan al-Mostafa et. al.

Lokasi Cerapan	Altitud Matahari Mula Fajar	Rujukan
Riyadh (KSA), ufuk gurun	$14.6^\circ \pm 0.3^\circ$	Al-Mostafa et. al. (2005)
Tubruq (Libya), ufuk laut	$13.4^\circ$	Hassan et. al. (2009)
Bahria (Mesir), ufuk gurun	$12.6^\circ \leq \text{altitud} \leq 15^\circ$	Hassan et. al. (2014)
Matrouh (Mesir), ufuk laut	$12.3^\circ \leq \text{altitud} \leq 14.5^\circ$	Hassan et. al. (2014)
Kottamia (Mesir), ufuk gurun	$14.5^\circ \leq \text{altitud} \leq 14.9^\circ$	Hassan et. al. (2014)
Aswan (Mesir), ufuk gurun	$12.5^\circ \leq \text{altitud} \leq 14.0^\circ$	Hassan et. al. (2014)

Jadual 4. Perbandingan cerapan mata kasar dengan alatan fotometer.

Lokasi Cerapan	Altitud Matahari (Mata Kasar)	Altitud Matahari (Fotometer)	Rujukan (Mata Kasar/Fotometer)
Bahria	$12.6^\circ \leq \text{alt} \leq 15^\circ$	$14.0^\circ \leq \text{alt} \leq 15.5^\circ$	Hassan et. al. (2014)/ Issa & Hassan (2008)III
Kottamia	$14.5^\circ \leq \text{alt} \leq 14.9^\circ$	$14.5^\circ$	Hassan et. al. (2014)/Issa et. al. (2010)
Matrouh	$12.3^\circ \leq \text{alt} \leq 14.5^\circ$	$14^\circ \leq \text{alt} \leq 16^\circ$	Hassan et. al. (2014)/ Hassan et. al. (2013)

Satu projek cerapan terbuka, *OpenFajr* atau fajar terbuka, dilancarkan di Birmingham (United Kingdom) pada bulan Disember 2014. Ia menggunakan alatan kamera CCD selangit (*all-sky camera*) yang dipasang di kawasan kurang penduduk (latitud  $52.44^\circ$  U, longitud  $1.95^\circ$  B). Projek berjalan sepanjang tahun 2015. Setiap frame foto dari kamera selangit pada malam tiada Bulan dan cuaca elok kemudiannya disemak oleh pakar syariah dan falak untuk kesepakatan mulanya terbit fajar sadiq. Hasil penyelidikan diterbitkan pada bulan Mei 2016 bersama sebuah takwim berulang khusus untuk waktu fajar (*OpenFajr*, 2016). *OpenFajr* membuat kesimpulan bahawa tiada satu kriteria yang memenuhi syarat fajar untuk sepanjang tahun pada latitud Birmingham ( $52.44^\circ$  U), ia berubah-ubah mengikut musim. Bagi Januari sudut Matahari di bawah ufuk ialah di antara  $12.9^\circ - 13.1^\circ$  sementara pada bulan Jun ialah di antara  $12.3^\circ - 12.9^\circ$ . Jika dihitung purata dari data *OpenFajr*, nilai purata bagi waktu fajar ialah  $-13.4^\circ \pm 0.7$ , sementara nilai paling rendah ialah  $-15.0^\circ$  pada 20 April dan nilai paling tinggi ialah  $-12.3^\circ$  pada 30 Jun. Di lokasi cerapan pada musim panas altitud Matahari tidak lebih rendah dari  $-14^\circ$  untuk sepanjang malam.

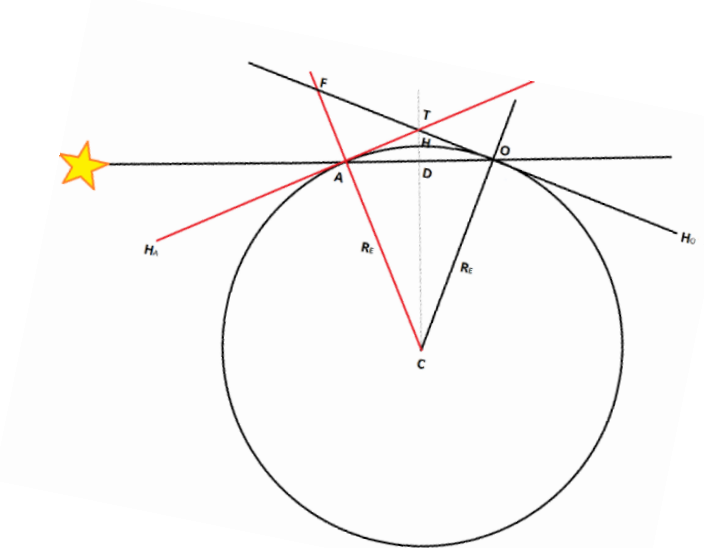
### Teori Kejadian Fajar Sadiq

وَكُلُوا وَاشْرَبُوا حَتَّى يَتَبَيَّنَ لَكُمُ الْخَيْطُ الْأَبْيَضُ مِنَ الْخَيْطِ الْأَسْوَدِ مِنَ الْفَجْرِ

... dan makan minumlah hingga terang bagimu benang putih dari benang hitam, yaitu fajar. (al-Quran 2:187)

Maka, benang putih dari benang hitam itu ialah garisan cahaya awal pada ufuk Timur. Ilmuwan Ibn Haitham (965-1039M) telah menghasilkan sebuah rajah teori kejadian benang putih fajar (Beech, 2010) seperti rajah 1. Jika O adalah kedudukan pencerap, maka sudut A ialah altitud Matahari. Dari rajah ini pencerap O nampak cahaya putih benang fajar itu dari cahaya di

atmosfera atas yang disinari Matahari pada ketinggian HT. Cahaya dari atmosfera atas itu berada jauh ke hadapan pada arah Timur tetapi kelihatan terletak betul-betul di atas ufuk pencerap. Jaraknya membuat sudut OCT di antara zenit pencerap dengan dan zenit lokasi tersebut. Hitungan ketinggian, HT, dan jarak, OH, di kawasan Khatulistiwa (iaitu latitud  $5^{\circ}$  U) pada beberapa sudut Matahari di bawah ufuk ialah seperti dalam jadual 5.



Rajah 1. Lakaran mengikut Ibn Haitham bagi fenomena benang putih fajar. O ialah kedudukan pencerap, C ialah pusat Bumi dan  $R_E$  ialah jejari Bumi. Sudut FOA ialah altitud Matahari. Ufuk pencerap ialah garisan  $H_0F$  sementara cahaya fajar ialah cahaya Matahari yang menyinari udara atmosfera pada ketinggian AF. HT ialah tinggi atmosfera yang menghasilkan garisan fajar pada pencerap di O dari sumbangan semua cahaya dalam satu garis pandang OTF.

Jadual 5. Ketinggian atmosfera atas, HT, yang dicerahi oleh Matahari, kelihatan di ufuk sebagai benang fajar. Jarak, OH, ialah jarak pencerap kepada sinar Matahari yang menerangi atmosfera atas, T.

Altitud Matahari (darjah)	Ketinggian, HT (km)	Jarak, OH (km)
-13	167	1440
-14	194	1551
-15	224	1662
-16	256	1772
-17	290	1883
-18	327	1994
-19	366	2105
-20	407	2326

Ketumpatan atmosfera berubah dengan ketinggian, unit yang sesuai ialah g per cm padu ( $\text{g cm}^{-3}$ ). Jadual 6 memaparkan ketumpatan atmosfera dengan ketinggian menggunakan model

NRLMSISE-00 dari CCMC (*Community Coordinated Modelling Centre*), sebuah pusat pelbagai agensi yang terletak di bawah NASA Goddard Space Flight Centre.

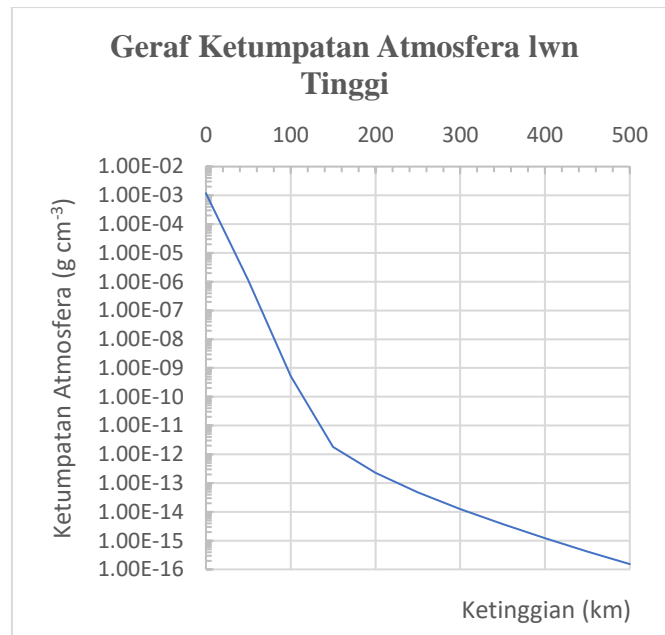
*Jadual 6. Paparan ketumpatan atmosfera mengikut ketinggian menggunakan model NRLMSISE-00.*

<b>Ketinggian (km)</b>	<b>Ketumpatan (g cm<sup>-3</sup>)</b>
0	$1.18 \times 10^{-03}$
50	$1.14 \times 10^{-06}$
100	$5.19 \times 10^{-10}$
150	$1.81 \times 10^{-12}$
200	$2.26 \times 10^{-13}$
250	$4.75 \times 10^{-14}$
300	$1.26 \times 10^{-14}$
350	$3.77 \times 10^{-15}$
400	$1.22 \times 10^{-15}$
450	$4.20 \times 10^{-16}$
500	$1.53 \times 10^{-16}$

Oleh kerana data ketumpatan atmosfera pada jadual 6 mengalami perubahan beberapa tertib magnitud (iaitu dari  $10^{-3}$  ke  $10^{-16}$ ) maka trend graf lebih jelas dilihat dengan skala  $\log_{10}$  untuk bacaan ketumpatan, seperti dalam rajah 1. Nilai ketumpatan adalah dinamik dan berubah disebabkan berbagai perkara, termasuk perubahan suhu siang-malam, kesan lemparan jisim korona Matahari, cuaca dsbnya. Daripada rajah 2 perubahan ketumpatan atmosfera yang lebih mendadak berlaku pada ketumpatan selepas 150-200 km. Ia juga membawa maksud kekuatan serakan cahaya Matahari oleh atmosfera pada ketinggian itu turut berkurangan. Walau bagaimana pun kesan integrasi kecerahan pada sesuatu garis pandangan (*line of sight*) mengukuhkan kesan kecerahan pada ketinggian itu.

Anggaran dari 2 foto ISS (*International Space Station*) meletakkan kawasan serakan cahaya Matahari yang dapat dikesan oleh alat pengesannya berada di antara 200-250 km di atas permukaan Bumi. Kawasan ini berada dalam zon termosfera dengan ketumpatan atmosfera di antara  $2 \times 10^{-13}$  hingga  $4 \times 10^{-14}$  g cm<sup>-3</sup>. Bagi kawasan berhampiran khatulistiwa ia mewakili pencahayaan oleh Matahari ke atmosfera atas pada kedudukannya di antara  $-16^{\circ}$  hingga  $-14^{\circ}$  (diukur dari lokasi pencerap).

Pencerap fajar sadiq sering dalam dilema menentukan mulanya waktu bagi solat fajar kerana cahaya di ufuk muncul bukan mendadak, tetapi sedikit demi sedikit. Pada tahap kecerahan mana ia dianggap cukup cerah (meyakinkan) untuk dinyatakan masuk waktu solat fajar, dan sekaligus memberi maksud astronomi terhadap waktu imsak. Untuk itu kami ingin mencadangkan kecerahan cahaya fajar kazib (apabila ia kelihatan) sebagai kayu ukur kecerahan waktu imsak dan waktu solat fajar.



Rajah 2 memaparkan graf data pada jadual 6 menggunakan skala  $\log_{10}$  bagi paksi ketumpatan. (Label bagi nilai ketumpatan ditulis menggunakan notasi eksponen).

### Teori Fajar Kazib

Fajar itu ada dua macam. Pertama, fajar yang mengharamkan makan dan menghalalkan shalat. Kedua, fajar yang mengharamkan shalat dan menghalalkan makan.. (HR Ibnu Khuzaimah dan Al-Hakim).

Ibnu Katsir rahimahullah berkata, Abdurrazaq berkata, kami diberitahu oleh Juraij bin Atha, dia berkata, "Aku mendengar Ibnu Abbas berkata, 'Ada dua fajar. Fajar yang cahayanya membentang di langit, tidak mengakibatkan penhalalan dan pengharaman apapun (baik makan maupun minum). Akan tetapi fajar yang terlihat terang di puncak gunung, itu yang mengharamkan minuman (bagi yang berpuasa).' Atha berkata, 'Fajar yang membentang di langit – dan bentangnya itu akan hilang- maka itu tidak diharamkan minuman bagi yang berpuasa tidak juga shalat, tidak terlewatkan haji (masih sah wukuf). Akan tetapi kalau yang menyebar di puncak gunung, diharamkan minuman bagi yang berpuasa dan terlewatkan haji.' Sanadnya shahih sampai ke Ibnu Abbas dan Atha. Begitu juga yang diriwayatkan bukan hanya satu dari kalangan ulama salaf rahimahumullah. (Tafsir Ibnu Katsir, 1/516)

Sabda Rasulullah s.a.w.

الفجر فجران: فأما الفجر الذي يكون كذنب السرحان فلا يحل الصلاة و لا يحرم الطعام و أما الفجر الذي يذهب مستطيلا في الأفق فإنه يحل الصلاة و يحرم الطعام.

Fajar itu ada dua: (a) Adapun fajar yang seperti ekor serigala (yakni fajar kazib yang arahnya tegak meninggi), maka saat itu tidak boleh solat (subuh) dan dibolehkan makan. (b) Adapun fajar yang bentuknya memanjang datar di ufuk (yakni fajar sadiq), maka saat itu dibolehkan solat (subuh) dan diharamkan makan (bagi yang berpuasa). (HR. Hakim dan yang lainnya, disahihkan oleh Albani).

Fajar kazib dipercayai terbit dari mekanisma yang berlainan daripada fajar sadiq. Fajar sadiq ialah fenomena atmosfera Bumi sementara fajar kazib adalah fenomena luar Bumi. Ia dikaitkan dengan cahaya zodiak, cahaya yang datang dari satah ekliptik, iaitu satah orbit planet-planet. Ia merupakan cahaya pantulan dari habuk yang bertaburan dalam ruang di antara planet. Bagi hemisfera Utara cahaya zodiak ketara pada musim luruh sebelum waktu fajar sementara pada musim bunga ia ketara selepas waktu isya.

Oleh itu fajar kazib tidak sentiasa mengiringi fajar sadiq. Fajar kazib mempunyai ciri kecerahan yang tetap. Sparrow & Ney (1973) telah menjalankan cerapan 4 tahun melalui satelit OSO-5 (*Orbiting Solar Observatory-5*) dan mendapati kecerahan cahaya zodiak ini tidak berubah dengan masa. Bagi pencerap di Bumi perubahan yang nampak pada kecerahan fajar kazib timbul dari kesan tempatan seperti atmosfera. Disebabkan ini, cahaya fajar kazib sesuai dijadikan sebagai cahaya rujukan bagi menilai waktu bermulanya fajar sadiq.

Oleh kerana cahaya fajar kazib dapat dilihat dan dikenalpasti, maka cahaya fajar sadiq hendaklah paling kurang sama cerah dengan cahaya fajar kazib, atau melebihinya sehingga cahaya fajar sadiq menenggelamkan cahaya fajar kazib. Soalan yang boleh ditanya di sini ialah samada penentuan terbit fajar sadiq untuk memulakan puasa adalah lebih ketat dan rapi berbanding fajar sadiq untuk solat fajar, terutamanya bagi mazhab Shafie.

Apakah kaitannya perkara ini dengan waktu imsak? Jika cahaya fajar sadiq belum kelihatan langsung bagaimana seseorang yang tiada alatan seperti sebuah jam dapat mengetahui sudah tiba waktu imsak untuk berhenti makan dan minum. Hal ini mengisyaratkan bahawa pada waktu imsak itu sudah wujud sedikit cahaya malap fajar sadiq, melambangkan ia mengambil syarat yang lebih awal (longgar) berbanding dengan syarat kecerahan fajar sadiq untuk mula solat fajar.

Waktu imsak (dan tempohnya sehingga mula waktu fajar) boleh dilihat sebagai langkah mendapatkan kepastian untuk menunaikan solat fajar. Ia membawa implikasi bahawa waktu fajar bukanlah waktu terawal kelihatan sinar fajar tetapi waktu sinar fajar yang lebih ketara atau lebih pasti. Di sini kami cenderung mengambil tahap kecerahan cahaya fajar sadiq hendaklah melebihi kecerahan cahaya fajar kazib, jika ia kelihatan.

Jika fajar kazib tidak kelihatan, nilai kuantitatif kecerahan fajar kazib semasa ia kelihatan dapat diukur dan dijadikan kayu pengukur kuantitatif kecerahan yang perlu dicapai oleh cahaya fajar sadiq untuk menandakan masuk waktu solat fajar. Hal ini membantu menghalusi syarat astronomi (sudut altitud pusat Matahari) bagi permulaan waktu solat fajar.

### **Perbincangan Teori Fajar**

Kajian *OpenFajr* di Birmingham menyimpulkan tiada satu kriteria bagi waktu fajar. Ia terdedah kepada perbezaan musim, ada musim Matahari tidak terbenam lebih dari 14° di bawah ufuk sepanjang malam. Mereka menerbitkan takwim waktu fajar berdasarkan hasil cerapan (dengan kamera CCD selangit).

Fenomena fajar sadiq ialah fenomena ufuk. Jika seseorang berada pada kawasan tinggi dia dapat melihat ufuk yang lebih dalam. Kami mencadangkan hitungan waktu fajar harus mengambil kira kesan ketinggian pencerap. Amalan semasa tidak mengambil kira kesan ketinggian dalam hitungan waktu solat fajar.

Fajar sadiq adalah fenomena atmosfera. Ketumpatan atmosfera berubah-ubah. Apabila atmosfera mengandungi lebih jisim di kawasan termosfera maka kawasan itu akan dicahayakan lebih tinggi oleh Matahari. Maka, fajar sadiq akan kelihatan lebih awal (bermaksud pada altitud Matahari yang lebih rendah).

Oleh kerana terdapat variasi demikian, awal waktu fajar perlu ditetapkan pada tahap cahaya yang betul-betul ketara kepada mata manusia. Untuk menilai perkara ini beberapa kajian telah dijalankan di Bachok, Pulau Redang dan Pulau Tioman. Kami telah menolak data dari Bachok dan Pulau Redang pada tarikh-tarikh ia diambil atas sebab kaki langit Timur berawan tebal, maka disini dilaporkan hanya hasil kajian di Pulau Tioman sahaja kerana langitnya pada ketika cerapan 2 hari adalah baik (tidak berawan tebal di ufuk). Fajar kazib tidak kelihatan (dan tidak dijangka kelihatan) pada tarikh cerapan.

## **Laporan Kajian di Pulau Tioman**

### **1. Kajian Menggunakan Alatan SQM**

Kajian di Pulau Tioman (latitud  $2.7955^{\circ}$  U, longitud  $104.2030^{\circ}$ T) dijalankan pada 23-24 Sep 2017 ketika pagi yang tiada gangguan cahaya Bulan. Kajian dijalankan menggunakan fotometer SQM LU-DL keluaran syarikat Unihedron (USA) yang dipasang menghala kepada arah terbitnya Matahari. Fotometer dipasang dengan alat peneduh bagi menghalang cahaya dari tepi mengganggu bacaan, dan didongakkan sedikit ke atas dari ufuk sebanyak kira-kira  $5^{\circ}$ . Bacaan diambil setiap satu minit. Data fotometer pada 23 Sep dipaparkan secara grafik pada rajah 3. Bacaan fotometer pada 24 hb Sep mengalami gangguan alat fotometer yang menyebabkan ia kurang stabil.

Pada rajah 4 dilakarkan juga satu garis lurus tebal sebagai nilai kecerahan purata semasa langit masih gelap, iaitu pada altitud Matahari tidak kurang dari  $-18^{\circ}$ . Dari ini di cari sisihan piawai dan 2 garis lurus halus di atas dan di bawah garis purata dilakarkan bagi menandakan julat  $2\sigma$  dari nilai purata. Lengkuk cahaya yang menurun (akibat langit bertambah cerah) perlu melepasi garis  $2\sigma$  untuk memberi 95% keyakinan bahawa cahaya fajar telah dikesan.

Maka, disimpulkan bahawa nilai altitud Matahari bagi permulaan fajar sadiq menggunakan alatan fotometer SQM pada 23 Sep 2017 di Pantai Pulau Tioman ialah  $-17.90 \pm 0.04^{\circ}$ . Nilai ini menyumbang kepada pengkalan data cerapan fajar sadiq melalui kaedah fotometri relatif (*relative photometry*). Dalam kaedah fotometri relatif memadai kita hanya perhatikan bentuk lengkung perubahan bacaan fotometer sahaja, tanpa perlu kalibrasi atau perbandingan dengan sumber cahaya piawai.

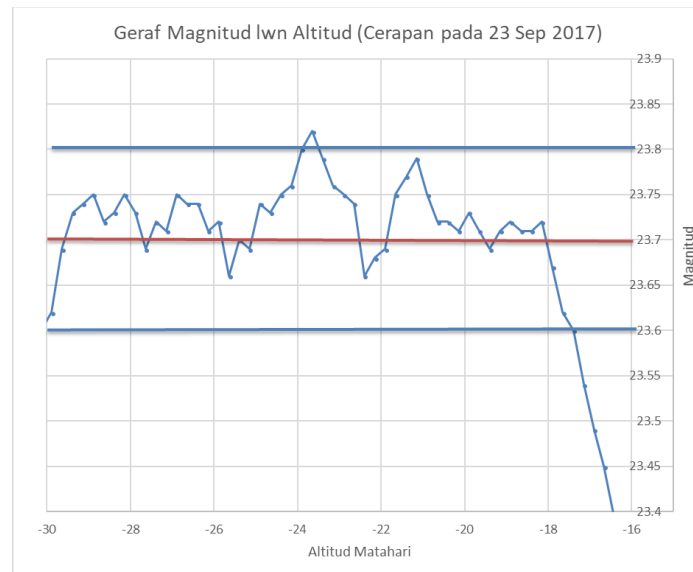
### **2. Kajian Dengan Mata Kasar**

Kajian dijalankan pada tarikh yang sama (23-24 Sep 2017) di Pulau Tioman. Keadaan langit adalah telus, Bima Sakti jelas kelihatan beserta bintang-bintang. Cerapan ialah pada arah Matahari terbit dari ufuk laut. Terdapat jalur awan mengufuk yang tidak lebih dari  $5^{\circ}$  lebar. Malam tiada Bulan di langit, cuma terdapat gangguan cahaya kecil dari bot nelayan.

Kajian melibatkan 3 orang pencerap yang mencatat waktu fajar sendirian. Pada 23 Sep 2017, dua pencerap mencatat fajar bermula pada 5:48 pagi dan seorang menyatakan pada 5:50 pagi. Pada 24 Sep 2017, seorang mencatat pada 5:45 pagi, seorang pada 5:48 pagi dan seorang lagi



pada 5:49 pagi. Nilai altitud Matahari dihitung (berdasarkan lokasi serta waktu). Hasilnya dipaparkan pada jadual 7.



Rajah 4 menunjukkan variasi kecerahan langit sebelum, semasa dan selepas terkesannya cahaya fajar sadiq. Ia direkod secara berterusan dengan selang masa satu minit. Bacaan diambil dengan menghala alat fotometer SQM ke arah ufuk Timur.

Jadual 7, memaparkan altitud Matahari mulanya waktu fajar dari cerapan mata kasar

Tarikh	Waktu	Altitud
23-Sep-17	5:48 pagi	-16° 54'
	5:50 pagi	-16° 24'
24-Sep-17	5:45 pagi	-16° 35'
	5:48 pagi	-16° 50'
	5:49 pagi	-16° 35'
Nilai Purata		-16° 40' atau $-16.7^{\circ} \pm 0.2^{\circ}$

Cerapan ini mendapati nilai purata kedudukan Matahari ketika mata mengesan terbitnya fajar sadiq ialah  $16.7^{\circ} \pm 0.2^{\circ}$ . Hasil ini konsisten dengan cerapan mata kasar terdahulu oleh Hardi (2011) yang melaporkan purata dari 7 hari cerapan, iaitu  $16.3^{\circ} \pm 0.6$ . Dari 7 hari cerapan beliau mendapati permulaan waktu fajar adalah di antara  $-17^{\circ}$  hingga  $-15^{\circ}$  bergantung kepada keadaan atmosfera. Dalam banyak situasi awan di ufuk mengubah persepsi cahaya fajar sadiq.

## Perbincangan

### 1. Apakah Fajar Sadiq itu Teja Astronomi (Astronomical Twilight)?

Teja astronomi merupakan permulaan kemunculan Matahari yang dapat dikesan oleh alat pengesan. Ia tidak tetap, tetapi berada dalam julat altitud Matahari di antara  $-12^{\circ}$  dan  $-18^{\circ}$ . Ia melambangkan keadaan langit yang sudah berada dalam pengaruh cahaya Matahari yang sangat sedikit tetapi masih gelap. Fajar astronomi (*astronomical dawn*) merujuk kepada altitud pusat Matahari mencapai nilai  $-18^{\circ}$ .

Umumnya teja astronomi merujuk kepada kecerahan langit atas secara pukal. Alatan fotometer yang mengukur kecerahan langit dihalakan kepada bahagian yang lebih atas dari ufuk.

Fenomena fajar sadiq ialah fenomena ufuk yang khusus, melibatkan nampaknya kecerahan yang bermula ibarat benang cahaya putih yang tersebar di sepanjang garisan ufuk Timur. Dari sudut deskripsi ini ia berbeza dengan deskripsi teja astronomi. Teja astronomi dipercayai tidak dipengaruhi oleh ketinggian pencerap kerana ia merupakan serakan cahaya oleh atmosfera yang berada di atas pencerap, sementara fajar sadiq ialah fenomena ufuk yang cahayanya berasal dari kawasan yang terletak jauh ke Timur pencerap (rajah 1) yang capaiannya bergantung kepada ketinggian pencerap. Diatas sebab ini kami berpendapat ia dipengaruhi oleh ketinggian pencerap. Namun, pendapat ini merupakan pendapat teoretis yang memerlukan pengesanan dari data cerapan yang rapi.

## **2. Bacaan Fotometer dan Pandangan Mata Kasar**

Mata manusia adalah kompleks dan mempunyai variasi ketara di antara seorang dengan seorang yang lain sementara alatan seperti fotometer adalah lebih konsisten. Kajian di Tioman dan lain-lain (contohnya Hardi, 2010, Hassan *et. al.*, 2013, 2014) membuktikan terdapat perbezaan di antara mata kasar dan fotometer dalam mengesan mulanya cahaya langit berubah. Laporan bacaan fotometer adalah lebih konsisten dengan nilai teja astronomi iaitu  $-18^\circ$ . Namun, kajian Nafhatun (2008) bagi fenomena isya dan fajar menggunakan bacaan fotometer SQM telah melebarkan julat awal waktu fajar kepada  $-20.0^\circ$  hingga  $-17.5^\circ$ . Dapat disimpulkan bacaan fotometer seperti SQM menunjukkan nilai altitud Matahari yang konsisten lebih rendah dari penilaian mata kasar.

Mata manusia merupakan alat pengesan yang istimewa, ia mampu menyesuaikan sambutannya kepada cahaya dengan julat kecerahan yang jauh lebih besar berbanding alatan rekaan. Mata manusia mampu mengesan satu foton (unit terkecil) cahaya. Ia juga dapat mengesan kecerahan terang benderang cahaya Matahari di tengah hari. Ini merupakan julat sambutan yang luas, bagi membolehkan julat seluas ini sambutannya kepada kecerahan tidak mengikut skala linear, bahkan mengikut skala log, seperti juga organ-organ deria lain dalam tubuh manusia.

Alat fotometer, seperti SQM, direka khusus untuk mengesan julat yang lebih sempit, iaitu cahaya malap sahaja. Maka bagi mengukur kegelapan fotometer umumnya lebih mampu mengesan perubahan kecerahan berbanding dengan mata manusia, kerana di dalam julat yang terhad itu ia beroperasi dengan skala linear. Tambahan pula kepekaannya ditala kepada julat cahaya malap tersebut. Di atas sebab-sebab ini alat fotometer mengesan perubahan kecerahan langit lebih awal dari mata manusia.

## **Penutup**

Kajian mata kasar bermulanya waktu solat fajar di pantai Timur Pulau Tioman menunjukkan nilai altitud Matahari perlu berada pada nilai  $16.7^\circ \pm 0.2^\circ$ . Kajian yang sama menggunakan fotometer langit SQM mendapati nilainya ialah  $-17.90 \pm 0.04^\circ$ .

Fajar sadiq adalah fenomena ufuk yang berbeza dengan teja astronomi (*astronomical twilight*). Oleh kerana ia fenomena ufuk kami berpendapat kesan ketinggian perlu diambil kira dalam menentukan mula waktu solat fajar. Kajian khusus perlu dijalankan bagi mensahkan pendapat ini.

Beberapa kajian telah menunjukkan terdapat perbezaan di antara cerapan menggunakan alatan seperti SQM dan cerapan mata kasar. Kami berpendapat hal ini disebabkan perbezaan kekuatan sambutan alatan berbanding dengan mata kasar pada perubahan kecerahan langit yang masih malap.

Cahaya fajar sadiq tidak muncul secara tiba-tiba, satu skala penentu tahap kecerahan perlu ditetapkan bagi menyatakan bermulanya waktu imsak dan waktu solat fajar. Kami mencadangkan masuk waktu solat fajar ialah apabila kecerahan cahaya fajar sadiq menjadi sama dengan cahaya fajar kazib (apabila ia dapat dikesan).

Dari pendekatan astronomi, waktu imsak boleh difahami sebagai saat sebaik sahaja cahaya pertama fajar (yang masih malap dan masih ragu) mula kelihatan. Keyakinan terhadapnya meningkat dengan peningkatan kecerahan, iaitu dengan berlalunya masa yang membawa meningkatnya altitud Matahari. Apabila kecerahan cahaya ini menyamai kecerahan cahaya fajar kazib bermulalah waktu solat fajar.

## Rujukan

1. Beech, M. (2010), *Atmospheric Height by Twilight Glow*, JRASC, 147
2. Hassan, A. H., Yasser A. Abdel-Hadi, Rahoma, U. A., Issa, I. A., 2009, *Naked eye estimates of Morning Prayer at Tubruq of Libya*, SEAC Alexandria.
3. Hassan, A. H., Yasser A. Abdel-Hadi, Issa, I. A., Hassanin, N. Y., 2014, *Naked eye observations of morning twilight at different sites in Egypt*, NRIAG J Astron Geophy, 23-26.
4. Hardi, S., (2011) Tesis Sarjana, Universiti Sains Malaysia, ms 194
5. Issa, I. A. & Hassan, A. H., 2008 III, *Eye criteria and times of end and begin of twilights*, NRIAG J Astron. Astrophy., Special Issue, 413-423.
6. Issa, I. A., Hassan, N. Y., Hassan, A. H., Abdel-Hadi, Y. A., 2010, *Atmospheric transparency, twilight brightness and color indices at Kottamia of Egypt*, NRIAG J Astron Astrophy Special Issue, 379-398.
7. Al Mostafa, Z.A., Kurdi, A.S., Al Marmash, A.S., Kurdi, M.N., Akhathlan, S.T., Al Kharge, M.S., Al Ganaam, A.G., Al Saleh, S.O., 2005, *Studying of Twilight Project (First part)*, Abdul-Aziz city of the science and technology. Institute of Research Astronomy and Geophysics, Saudi Arabia.
8. Nafhatun, N., M., S., 2008, Tesis Sarjana, Universiti Malaya, ms iii.
9. Sparrow & Ney, 1973, *Temporal Constancy of Zodiacal Light*, Science, V181, Issue 4098, pp. 438-440