

Penentuan Fasa *Tanaffas* dan *Isfar* Fajar Sidik Determining the Tanaffas and Isfar Phases of True Dawn

KASSIM BAHALI
NAZRI MUSLIM

ABSTRAK

Kecerahan atau luminan fajar sidik berubah dari mula muncul sehingga terbit matahari. Semasa fajar mula terbit, keamatan kecerahan fajar adalah sangat rendah. Keamatan kecerahan fajar bertambah secara beransur-ansur sehingga cerah. Keamatan kecerahan fajar bertambah secara berfasa atau berperingkat. Fasa fajar atau subuh di dalam Al-Quran disebut sebagai tanaffas dan isfar dalam surah At-Takwir ayat 18 dan Al-Mudatsir ayat 34 masing-masing. Ayat ini menunjukkan ada dua peringkat atau fasa kecerahan waktu subuh iaitu tanaffas dan isfar. Dua peringkat kecerahan yang berbeza ini menggambarkan ada dua fasa fajar sidik. Kajian ini bertujuan untuk menentukan waktu berlaku dan sudut tunduk Matahari untuk fasa tanaffas dan isfar serta kecerahan kedua-dua fasa tersebut. Kajian dijalankan dengan kaedah cerapan di lapangan melibat beberapa lokasi di Malaysia dan Indonesia. Perkakasan yang digunakan ialah tetingkap benang dan fotometer SQM-LU. Dapatan kajian mendapati tetingkap benang boleh menjadi alat bagi menentukan fasa fajar. Dapatan juga menunjukkan fasa tanaffas apabila benang putih mula kelihatan dan fasa isfar apabila benang hitam mula kelihatan. Fasa tanaffas berlaku pada sudut tunduk matahari -16° hingga -14° dan fasa isfar pada sudut -14° hingga terbit Matahari. Purata kecerahan fasa tanaffas ialah $19.44 \text{ mag arcsec}^{-2}$ dan purata kecerahan fasa isfar ialah $17.55 \text{ mag arcsec}^{-2}$. Implikasi kajian ini dapat memberi penjelasan tentang perkataan tanaffas dan isfar dalam Al-Quran; dan memberi bukti yang menyokong kebenaran al-Quran dari perspektif sains.

Kata kunci: Fajar; Fajar sidik; fasa; kecerahan; tanaffas; isfar; tetingkap benang

ABSTRACT

The brightness or luminance of true dawn changes from when dawn light appears until sunrise. At the start of morning twilight after the night or at break of dawn, the intensity of the brightness is very low. The brightness intensity of dawn increases gradually in phases until it is bright. The phase of dawn or fajr in the Qur'an is mentioned as tanaffas and isfar in surah At-Takwir verse 18 (And the dawn as it breathes away the darkness) and Al-Mudatsir verse 34 (And by the dawn when it shines) respectively. These verses show that there are two types of brightness at dawn relating to tanaffas and isfar. These two different brightness levels show there are two phases of true dawn. This study aims to determine the time and depression angle of the Sun for the tanaffas and isfar phases and the brightness of the phases. This study was carried out by observation method at field locations in Malaysia and Indonesia. The instruments used were a thread window and an SQM-LU photometer. The results show that the tanaffas phase occurs when white thread becomes visible and the isfar phase happens when black thread becomes visible. The tanaffas phase occurs at the depression angle of the sun -16° to -14° and the isfar phase at an angle of -14° until sunrise. The average brightness of tanaffas phase is $19.44 \text{ mag arcsec}^{-2}$ and isfar phase is $17.55 \text{ mag arcsec}^{-2}$. The implication of this study gives the explanation about the words of tanaffas and Isfar in Al-Quran; and provides evidence of the truth of Al-Quran from the scientific perspective.

Keywords: Dawn; True dawn; phases; brightness; tanaffas; isfar; thread window

PENGENALAN

Menurut fikah fajar sidik adalah cahaya matahari yang mendahului yang timbul dari arah timur dan terserak hingga meliputi ufuk dan seterusnya menyebar naik ke langit (Al-Jaziri t.t). Fajar sidik ialah cahaya yang muncul sesudah fajar kizib dan menampakkan rona yang kemerah-merahan. Ia berakhir setelah matahari

muncul perlahan-lahan di ufuk timur (Kassim 2015). Dari sudut astronomi, fajar terjadi akibat penyerakan cahaya oleh atmosfera yang menyelubungi bumi. Penyerakan cahaya ini bergantung kepada sudut tunduk Matahari (Kassim et. al 2019b). Tiada kesan penyerakan cahaya apabila sudut tunduk matahari berada $20^{\circ} \pm 2^{\circ}$ di bawah ufuk (Ilyas 1984).

Fajar sidik adalah penting dalam penentuan waktu solat subuh. Penentuan waktu subuh bergantung kepada sudut tunduk Matahari. Fajar sidik dapat dilihat terbit di ufuk timur apabila Matahari berada pada sudut tertentu di bawah ufuk. Kajian terdahulu berkaitan dengan hitungan waktu solat subuh dapat dilihat di dalam zaman pertengahan tamadun Islam dan di alam Melayu. Bagi hitungan waktu subuh terdapat beberapa nilai sudut yang digunakan oleh tokoh falak Islam seperti dalam King (2004), Baharrudin (2015), dan Arwin (2018).

Ramai tokoh astronomi sejak dari abad ke-9M hingga ke-19M (abad ke-4H hingga ke-13H) telah menggunakan beberapa nilai sudut tunduk matahari bagi menentukan waktu subuh. Nilai sudut yang digunakan dalam kalangan mereka ialah -17° , -18° , -19° , dan -20° . Nilai sudut yang paling kerap ditemui digunakan di dalam literatur oleh tokoh falak ialah -18° dan -19° (King 2004). Di antara tokoh falak pada era pertengahan yang menggunakan sudut -18° bagi hitungan awal waktu subuh dalam karya-karya falak mereka seperti Al-Battani, Abdulrahman As-Sufi, al-Biruni dan Nashiruddin al-Tusi. Sementara tokoh falak alam Melayu menggunakan nilai sudut -18° , -19° dan -20° dalam hitungan waktu subuh. Di antara tokoh falak alam Melayu ialah Syeikh Muhammad Arsyad Al-Banjari, Syeikh Muhammad Ali Abdul Mutalib al-Minangkabawi, Syeikh Hassan Yahya Jambi, dan Syeikh Jamil Jambek. Selain itu terdapat beberapa tokoh falak dari Pattani seperti Syeikh Ahmad bin Muhammad Zain Al-Fatani, Syeikh Abdul Rahman Muhammad Ali al-Fatani dan, Muhammad Salih Kemboja (Nazri & Kassim 2010). Tokoh tersebut juga adalah ulama yang memperlihatkan elemen kemajuan dan pembangunan dalam aspek ilmu pengetahuan di alam Melayu (Adibah et al. 2016). Perkembangan ilmu yang positif ini memberikan impak yang terbaik dalam perkembangan pembangunan modal insan dalam masyarakat (Hasbollah & Ramalinggam 2021).

FASA FAJAR SIDIK

Di antara ciri fajar sidik ialah kecerahan atau luminan cahaya fajar bermula dengan malap kemudian bertambah cerah secara beransur-ansur sehingga terbit matahari. Fajar adalah cahaya yang mula muncul dari dalam keadaan gelap berubah secara beransur kepada keadaan terang (Kassim et al. 2019a). Tempoh fajar sidik bermula dari ia

terbit sehingga tamat ketika terbit matahari. Semasa fajar mula muncul atau terbit, keamatan kecerahan fajar adalah sangat rendah. Keamatan kecerahan fajar bertambah secara beransur-ansur sehingga cerah. Keamatan kecerahan fajar yang bertambah secara berperingkat. Pertambahan kecerahan secara berperingkat dinamakan fasa. Dalam Al-Quran terdapat ayat yang memberi gambaran tentang fasa fajar. Ayat yang berkaitan dengan fasa fajar ialah

Dan demi subuh apabila fajarnya mulai menyingsing (*tanaffas*).
At-Takwir: 18

Dan subuh apabila mulai terang (*asfar*). Al-Mudatsir:34

Hamka dalam tafsirnya Al-Azhar perkataan *tanaffas* dalam ayat 18 dari surah At-Takwir diterjemahkan sebagai *bernafas* (Hamka 1984). Dua ayat ini menunjukkan terdapat dua keadaan kecerahan waktu subuh iaitu *tanaffas* dan *isfar*. Dua peringkat kecerahan yang berbeza ini dinamakan fasa fajar. Kajian ini bertujuan untuk menentukan bilakah berlakunya fasa *tanaffas* dan *isfar* berdasarkan kepada kecerahan fajar. Kajian ini juga bertujuan untuk mengetahui berapakah sudut tunduk matahari yang menyebabkan terjadinya fasa tersebut.

Fajar boleh dicerap dengan mata kasar. Mata sebagai organ yang peka cahaya. Mata adalah satu organ istimewa kurniaan Allah yang boleh menyesuaikan dalam pelbagai keadaan cahaya. Penyesuaian mata ialah kebolehan mata menyesuaikan terhadap aras keamatan cahaya. Pandangan mata dalam gelap atau malam dinamakan pandangan skotoptik (*scotopic*) iaitu kebolehan mata melihat dalam keadaan malap. Sel rod memberi respon dalam malap atau malam, sel kon memberi respon dalam keadaan terang atau siang. Kualiti pandangan malam atau skotopik lebih rendah (terhad) dari pandangan siang disebabkan resolusi berkurangan dengan hal demikian mata hanya boleh membezakan di antara hitam dan putih (Miller, R. E., & Tredici 1992). Resolusi bermaksud kebolehan mata (satu sistem pengimejan) melerai atau membeza dengan jelas (secara terperinci) objek yang dilihat. Sebagai contoh bilangan kelopak satu kuntum bunga tidak dapat ditentukan di dalam keadaan gelap berbanding di dalam terang.

Ketika fajar baru terbit keadaan masih gelap disebabkan keamatan cahaya fajar masih rendah. Pandangan mata dalam keadaan ini adalah pandangan skotopik. Mata hanya dapat membezakan antara hitam dan putih.

Hal ini seperti dijelaskan dalam Al-Quran ayat 187. surah Al-Baqarah yang bermaksud;

Makan dan minumlah sehingga jelas bagimu benang putih dari benang hitam....

Daripada ayat di atas memberi isyarat secara zahir fajar dapat dicam atau dikenal pasti dengan pandangan mata sehingga jelas seperti mana jelas di antara benang putih dengan hitam. Dalam ayat tersebut benang putih disebut dahulu kemudian diikuti dengan benang hitam. Ini memberi isyarat kenampakan benang putih dan hitam secara turutan, benang putih dilihat terlebih dahulu kemudian diikuti dengan benang hitam. Ayat ini juga memberi isyarat pandangan dalam gelap hanya dapat melihat putih dan hitam bersesuaian dengan pandangan skotopik. Justeru kajian ini bertujuan mengukur sejauh mana pandangan skotopik terhadap benang putih dan hitam semasa kemunculan fajar sidik.

Perubahan daripada keadaan terang kepada gelap, mata akan melalui tempoh penyesuaian gelap iaitu mata akan menyesuaikan daripada keadaan kecerahan tinggi kepada kecerahan rendah. Tempoh penyesuaian di antara sel rod dan kon berbeza akibat penggabungan semula fotopigmen bagi mengembalikan sensitiviti retina. Mata mengambil masa di antara 20-30 minit bagi menyesuaikan dari cahaya terang kepada gelap sepenuhnya. Manakala dari gelap kepada terang mata mengambil masa penyesuaian hanya lima minit sahaja.

MEKANISME MATA MELIHAT DALAM GELAP DAN TERANG

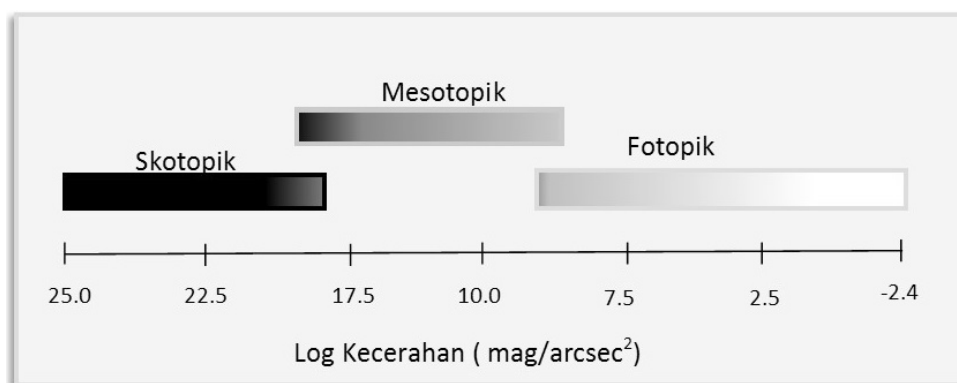
Cahaya masuk ke dalam mata melalui kornea terus ke pupil. Iris menyelaraskan jumlah cahaya yang masuk dengan cara membuka dan menutup. Jika dalam keadaan gelap, iris akan membenarkan supaya lebih banyak cahaya yang masuk. Jika dalam keadaan terang iris akan mengawal supaya lebih sedikit cahaya yang masuk ke dalam mata. Tindakan pupil dikawal oleh otot sfincter pupil yang membuka dan

menutup iris. Di belakang iris terletak kanta yang berfungsi memfokuskan cahaya ke retina. Ketebalan kanta dikawal oleh otot siliari supaya cahaya di fokus ke atas retina. Apabila mata melihat objek dekat otot silia akan mengendur menyebabkan kanta menjadi lebih tebal. Jika mata melihat objek jauh, otot silia akan mengendur dan kanta menjadi lebih nipis dan membolehkan cahaya di fokus ke atas retina.

Retina iaitu lapisan terdalam dinding mata merupakan struktur yang nipis dan lut cahaya. Retina mengandungi saraf-saraf cahaya dan pembuluh darah. Lapisan retina yang sensitif pada cahaya ini dikenali sebagai lapisan rod dan kon. Sel kon berfungsi untuk penglihatan terang dan warna. Sel rod pula berperanan untuk penglihatan dalam keadaan malap. Sel rod tidak memberi respons terhadap warna, sebenarnya tiada sel rod sepanjang garis pandangan, melihat suatu objek yang malap dalam gelap, seseorang perlu melihat secara sisi pada sudut 15 dari objek.

Operasi sel rod dan kon bergantung kepada kecerahan dalam medan pandangan (*Field of view*, FOV). Kecerahan bergantung kepada jenis cahaya, contoh kecerahan cahaya bulan berbeza dengan bintang. Pandangan rod dinamakan pandangan skotopik, manakala pandangan kon dinamakan pandangan fotopik (Burton et. al 1992). Rantau di antara kedua kon dan rod dinamakan pandangan mesopik. Kecerahan dan hubungannya dengan pandangan skoptik, fotopik dan mesopik seperti Rajah 1.

Pandangan skotopik dalam julat kecerahan di antara 25.08 mag arcsec⁻² hingga 20.08 mag arcsec⁻² (10⁻⁵ cdm⁻² hingga 10⁻³ cdm⁻²). Pandangan mesopik pula dalam julat kecerahan 20.08 hingga 12.58 mag arcsec² (10⁻³ cdm⁻² hingga 10^{0.5} cdm⁻²) manakala pandangan fotopik atau normal dalam julat luminan 10.08 hingga -2.4 mag/arcsec² (10 cdm⁻² hingga 10⁶ cdm⁻²) (Pinckers et al. 1979). Keadaan langit masih sangat malap semasa fajar mula muncul, pandangan ini di dalam kategori pandangan skotopik.



RAJAH 1. Kecerahan skotopik, mesopik dan fotopik

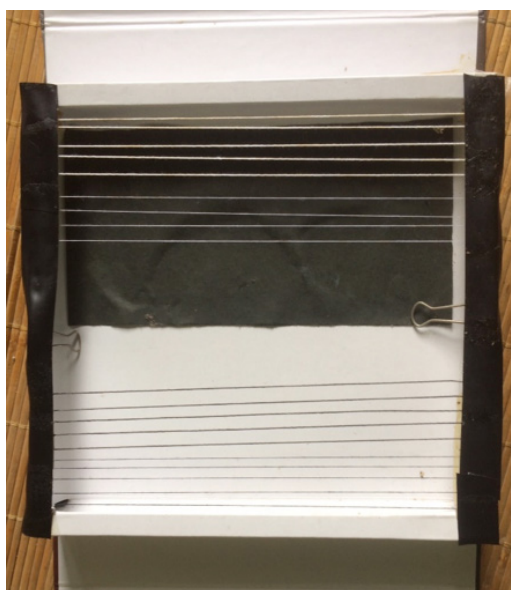
METODOLOGI

TETINGKAP BENANG

Kajian ini bertujuan menentukan waktu dan sudut tunduk matahari bagi fasa *tanaffas* dan *isfar* fajar sidik berdasarkan pencerapan dengan menggunakan tetingkap benang. Kajian ini juga bagi menentukan kecerahan fasa *tanaffas* dan *isfar* dengan menggunakan fotometer SQM-LU. Perubahan keamatan kecerahan cahaya fajar dari malam menjadi terang secara beransur-ansur dengan hal demikian mata tidak dapat membezakan perubahan kecerahan yang kecil terutama dalam pandangan skotopik. Fasa apabila wujud atau dikesan perbezaan kecerahan fajar yang berkesan. Bagi mengesan fasa fajar dengan pandangan mata dalam kajian ini,

digunakan tetingkap benang. Tetingkap benang terdiri dari benang putih dan hitam yang direntang di dalam kotak kertas yang legap.

Tetingkap benang adalah alat sederhana yang direka dari kotak kertas keras bersaiz 20 cm x 20 cm x 3 cm. Alat ini terdiri dari benang putih dan hitam yang direntang di dalam kotak kertas yang legap. Kotak tertutup di setiap sisi dan bawah kotak tetapi terbuka bahagian atas kotak. Bahagian dalam kotak terdiri dari beberapa helai benang biasa yang berwarna hitam dan putih. Setiap helai benang hitam dan putih di ikat dengan tegang secara selari di tengah kotak seperti Gambar 1. Bagi memastikan hanya cahaya fajar sahaja dan tiada cahaya lain yang sampai ke atas tetingkap benang, dilekatkan penghadang di kiri dan kanan tetingkap benang.–



GAMBAR 1. Tetingkap benang

Benang hitam dan putih digunakan dalam kajian ini berdasarkan kepada ayat 187 surah Al-Baqarah dalam Al-Quran. Benang hitam dan putih digunakan agar bersesuaian dengan pandangan skotopik. Dalam pandangan skotopik mata hanya dapat membezakan hitam dan putih. Mata tidak dapat mengenal objek berwarna dalam pandangan skotopik (Kelber et. al 2002). Dalam pandangan skotopik, mata mula dapat melihat apabila kecerahan cahaya berada pada ambang penglihatan. Dalam fasa *tanaffas* pandangan mata tidak dapat mengenali warna. Dengan hal demikian fasa *tanaffas* berlaku dalam pandangan skotopik. Sementara dalam fasa asfar mata mula dapat mengenali warna dan dapat membezakan objek yang dilihat. Dengan hal demikian fasa *isfar* berlaku dalam pandangan fotopik.

METER KUALITI LANGIT (SQM)

Meter kualiti langit, SQM (*Sky Quality Meter*) pula adalah satu instrumen yang digunakan untuk mengukur kecerahan langit malam. SQM dihasilkan oleh syarikat Unihedron di Ontario, Canada. Penggunaan SQM biasa digunakan oleh ahli astronomi amatir dan profesional untuk mengukur kualiti kecerahan langit dan pencemaran cahaya. SQM-LU (Gambar 2) terdiri dari diod silicon, TSL237S dan penapis band, HOYA CM-500 mempunyai respon spektra di antara 320 hingga 720nm yang hampir sama dengan pandangan manusia. Pengukuran kecerahan diukur dengan unit “*magnitude per square arcsecond*”(mag per arcsec²).



GAMBAR 2. SQM-LU

LANGKAH-LANGKAH PENGUMPULAN DATA

1. Beberapa orang sukarelawan pencerap terdiri dari dua hingga lima orang terlibat dalam kajian ini. Pencerap yang terlibat mempunyai pandangan mata yang baik.
2. Cerapan mula dilakukan di antara 20 hingga 30 minit sebelum waktu subuh. Pencerapan dilakukan di tapak yang tidak terdapat sebarang cahaya seperti cahaya bulan, lampu jalan atau pencemaran cahaya dari kawasan yang berdekatan.
3. Ufuk timur di mana matahari terbit dipastikan tidak ada sebarang cahaya seperti rumah api.
4. Ufuk timur dipastikan tidak terdapat awan yang tebal sehingga altitud melebihi dari 8° dari ufuk. Awan yang tebal boleh menghalang cahaya fajar yang malap.
5. Maklumat berkaitan cuaca direkodkan iaitu tutupan awan, tekanan, suhu, kelembapan, dan kecerahan langit.
6. Pencerap memandang ke arah benang dengan memegang bahagian tetingkap benang yang terbuka.

7. Pencerap membelakangkan ufuk sambil memegang tetingkap benang. Kedudukan tetingkap benang diangkat tinggi sedikit dari paras kepala pencerap seperti Gambar 3.
8. Pencerap memerhatikan benang hitam dan putih di tetingkap benang setiap minit.
9. Pencerap merekodkan waktu benang mula dapat dilihat sama ada benang hitam atau putih di dalam Borang Kajian (Lampiran A).
10. Bagi menghitung sudut tunduk matahari boleh dihitung secara anggaran dan ringkas dengan rumus (Tono 2017);

$$D_{\odot} \approx \frac{t_{\odot} - t_f}{4} \tag{1}$$

Di mana;
 D_⊙. Sudut tunduk matahari (°)
 t_⊙. waktu terbit matahari
 t_f. waktu terbit fajar
 Pergerakan matahari ketara mengambil masa purata empat minit bagi satu darjah altitud.

LOKASI DAN TARIKH CERAPAN

Kajian telah dijalankan di beberapa lokasi di Malaysia dan Indonesia di antara tahun 2017 hingga 2018. Beberapa kriteria lokasi telah diambil kira bagi menjalankan kajian ini. Kriteria lokasi tersebut ialah menghadap ufuk timur, tiada sebarang halangan dan tiada gangguan cahaya seperti pencemaran cahaya. Lokasi menghadap timur kerana fajar mula muncul di lokasi Matahari terbit di ufuk timur. Lokasi dipastikan tiada halangan kerana sebarang halangan sama ada binaan, pulau atau kapal boleh menghalang pandangan pencerap terhadap cahaya fajar. Manakala pencemaran cahaya dari cahaya buatan seperti lampu jalan, kediaman atau industri juga boleh mengganggu hasil kajian.

Kajian dijalankan pada tarikh yang tiada kehadiran cahaya bulan kerana cahaya bulan juga boleh mengganggu hasil cerapan. Untuk tujuan itu, kajian dijalankan sebelum bulan purnama atau akhir bulan menurut takwim Hijri. Dalam tempoh kajian hanya tujuh lokasi yang memiliki data yang sesuai untuk dianalisis seperti di Jadual 1. Satu siri cerapan bagi setiap lokasi kecuali lokasi di Pekan, Pahang dengan empat siri cerapan dilakukan pada tarikh yang berbeza. Lokasi kajian tersebut merupakan kawasan kampung yang jauh dari bandar dan tiada gangguan cahaya. Data yang mengandungi banyak gangguan seperti kilat, pembalikan cahaya dari awan, hujan, dan tutupan awan tebal di ufuk disingkirkan.

JADUAL 1. Tarikh dan lokasi cerapan

Bil	Tarikh	Lokasi
1	4 Apr 2017	Kuantan, Pahang
2	3-7 Mei 2017	Pekan, Pahang
3	1-5 Jun 2017	Pekan, Pahang
4	3-7 Julai 2017	Pekan, Pahang
5	24-31 Julai 2017	Pekan, Pahang
6	1-5 Ogos 2017	Dungun, Terengganu
7	23-24 Oktober 2017	Penarik, Terengganu
8	25-28 Oktober 2017	Bachok, Kelantan
9	20-29 Dis. 2017	Acheh, Indonesia
10	27-29 Mac 2018	Sulawesi Indonesia

PENGUMPULAN DATA FASA FAJAR

Kajian dijalankan dengan menggunakan alat tetingkap benang tetingkap benang. Cerapan dimulakan 30 minit sebelum waktu subuh (waktu azan) tempatan mengikut jadual waktu solat yang dikeluarkan oleh pihak berkuasa agama negara Malaysia dan Indonesia. Persekitaran lokasi cerapan dalam keadaan gelap dan terlindung bagi menghindarkan dari gangguan cahaya. Bahagian

tetingkap benang yang terbuka dipegang menghadap fajar. Pencerap membelakangkan fajar sambil memegang tetingkap benang seperti dalam.

Cahaya fajar fasa *tanaffas* sangat malap dengan hal demikian adalah penting memastikan tiada cahaya lain semasa cerapan. Bagi memastikan hanya cahaya fajar sahaja dan tiada cahaya lain yang sampai ke atas tetingkap benang, dilekatkan penghadang di kiri dan kanan tetingkap benang.



GAMBAR 3. Pencerap memerhati tetingskap benang

Pencerap memerhatikan benang hitam dan putih pada tetingskap benang setiap minit. Waktu benang putih dan hitam mula kelihatan direkodkan dalam jadual cerapan. Dapatan kajian mendapati kedua-dua benang hitam dan putih tidak dapat dilihat sebelum waktu subuh. Tetingskap benang kelihatan gelap. Hal ini disebabkan tiada cahaya yang membolehkan benang dapat dilihat. Selepas beberapa minit dari waktu subuh benang putih mula dapat dilihat tetapi benang hitam masih tidak dapat dilihat. Benang putih pada mula kelihatan masih belum begitu jelas, berapa bilangan garis benang belum dapat ditentukan. Setelah beberapa minit, baru dapat ditentukan berapa helai bilangan benang putih.

Benang hitam mula dapat dilihat beberapa minit kemudian selepas benang putih kelihatan. Benang hitam pada mula kelihatan masih belum begitu jelas, berapa helai bilangan benang hitam belum dapat ditentukan seperti benang putih. Sebagai contoh pada 4 April 2017, benang putih mula dapat dilihat pada pukul 6:13 pagi. Beza masa di antara waktu subuh (5:55 pagi) dengan waktu benang putih dapat dilihat ialah 18 minit. Manakala benang hitam mula dapat dilihat pada pukul 6.29 pagi. Beza masa di antara waktu subuh dengan waktu benang hitam mula dapat dilihat ialah 34 minit.

DAPATAN DAN ANALISIS

WAKTU BENANG KELIHATAN DAN SUDUT TUNDUK MATAHARI

Jadual 2 menunjukkan hasil cerapan mengikut tarikh dan lokasi cerapan. Beza masa dalam jadual tersebut ialah beza masa di antara waktu subuh dengan waktu benang sama ada putih atau hitam mula kelihatan. Waktu yang direkodkan adalah waktu paling awal benang sama ada benang putih atau hitam mula kelihatan walaupun bilangan benang belum dapat ditentukan. Dari dapatan kajian menunjukkan beza masa bagi benang putih ialah di antara 7 hingga 22 minit. Manakala beza masa bagi benang hitam di antara 13 hingga 37 minit. Beza masa yang berbeza-beza di antara tarikh yang berturutan disebabkan keadaan cuaca di ufuk yang berubah dengan hari yang sebelum atau selepasnya. Perubahan cuaca di ufuk yang lazim mempengaruhi masa kenampakan fajar ialah tompokan awan, wap air dan kabus. Dengan hal demikian dihitung satu nilai purata dari kesemua 40 hari cerapan. Diperoleh purata beza masa bagi benang putih dan benang hitam yang dapat dicerap ialah 14 minit dan 25 minit masing-masing seperti dalam Jadual 2.

Sementara sudut tunduk matahari ketika benang putih dan hitam mula kelihatan dihitung dengan

rumus 1.0. Dapatan menunjukkan bagi benang putih mula kelihatan ketika matahari di bawah ufuk pada sudut di antara -18° hingga -13° . Manakala bagi benang hitam pula apabila matahari berada sudut di antara -17 hingga -9 darjah seperti dalam Jadual 2.

Dari dapatan menunjukkan benang putih dapat dilihat setelah kehadiran cahaya fajar apabila sudut tunduk matahari berada pada sudut -16° di bawah ufuk sementara benang hitam dapat dilihat apabila sudut tunduk matahari berada pada sudut -14° di bawah ufuk.

JADUAL 2. Sudut tunduk dan waktu benang putih dan hitam kelihatan

Tarikh	Lokasi	waktu subuh	Waktu b.Putih kelihatan	Beza masa (minit)	Waktu b. hitam kelihatan	Beza masa (minit)	Sudut b. Putih kelihatan ($^{\circ}$)	Sudut b. Hitam kelihatan ($^{\circ}$)
4/4/17	Kuantan, Pahang	5:55	6:13	18	6:29	34	13.00	9.00
2/5/17	Pekan, Pahang	5:39	5:58	19	6:08	29	14.25	11.75
3/5/17	Pekan Pahang	5:39	5:57	18	6:10	32	14.50	11.25
4/5/17	Pekan, Pahang	5:39	5:53	14	6:11	32	15.25	10.75
5/5/17	Pekan, Pahang	5:39	5:53	14	6:02	23	15.25	13.00
6/5/17	Pekan, Pahang	5:39	5:55	16	6:15	36	14.75	9.75
7/5/17	Pekan, Pahang	5:39	5:50	11	6:04	25	16.00	12.50
1/6/17	Pekan, Pahang	5:39	5:45	06	5:48	09	17.25	16.50
3/6/17	Pekan, Pahang	5:35	5:46	11	6:00	25	17.00	13.50
4/6/17	Pekan, Pahang	5:35	5:45	10	6:00	25	17.25	13.59
5/6/17	Pekan, Pahang	5:35	5:47	12	6:10	35	16.75	11.00
3/7/17	Pekan, Pahang	5:37	5:59	22	6:11	34	15.25	12.25
4/7/17	Pekan, Pahang	5:38	6:00	22	6:12	34	15.00	12.00
5/7/17	Pekan, Pahang	5:39	5:58	19	6:05	26	15.50	13.75
6/7/17	Pekan, Pahang	5:38	5:50	12	6:02	24	17.50	14.50
7/7/17	Pekan, Pahang	5:38	5:54	16	6:10	32	16.50	12.50
24/7/17	Pekan, Pahang	5:44	6:00	16	6:08	24	15.75	13.75
25/7/17	Pekan, Pahang	5:44	5:56	12	6:05	21	16.75	14.50
26/7/17	Pekan, Pahang	5:44	5:56	12	6:06	22	16.75	14.25
31/7/17	Dungun, T'gnu	5:44	5:56	12	6:05	21	16.50	14.25
1/8/17	Dungun, T'gnu	5:44	5:56	12	6:06	22	16.50	14.00
2/8/17	Dungun, T'gnu	5:45	5:56	11	6:06	21	16.50	14.00
5/8/17	Dungun, T'gnu	5:45	5:55	10	6:06	21	16.50	14.00
23/10/17	Penarik, T'ganu	5:23	5:56	33	6:06	43	14.50	12.00
24/10/17	Penarik, T'ganu	5:24	5:56	32	6:00	36	14.50	13.50
25/10/17	Bachok, K'tan	5:25	5:54	29	6:06	41	15.0	12.00
26/10/17	Bachok, K'tan	5:25	5:52	27	5:58	33	15.50	14.00
27/10/17	Bachok, K'tan	5:35	5:52	17	6:06	31	15.50	12.00
28/10/17	Bachok, K'tan	5:40	5:56	16	6:11	31	14.50	10.75
20/12/17	Acheh, Indon	5:20	5:40	20	5:41	21	15.75	15.50
21/12/17	Acheh, Indon	5:21	5:32	11	5:40	19	17.75	15.75
23/12/17	Acheh, Indon	5:21	5:34	13	5:48	27	17.50	14.00
25/12/17	Acheh, Indon	5:22	5:33	11	5:37	15	17.75	16.75
26/12/17	Acheh, Indon	5:23	5:34	11	5:39	16	18.00	16.75
27/12/17	Acheh, Indon	5:23	5:33	10	5:43	20	18.25	15.75
28/12/17	Acheh, Indona	5:25	5:33	08	5:39	14	18.50	17.00
29/12/17	Acheh, Indon	5:25	5:33	:08	5:44	19	18.50	15.75
27/3/18	Sulawesi Indon	4:44	4:51	07	5:01	17	17.50	15.00

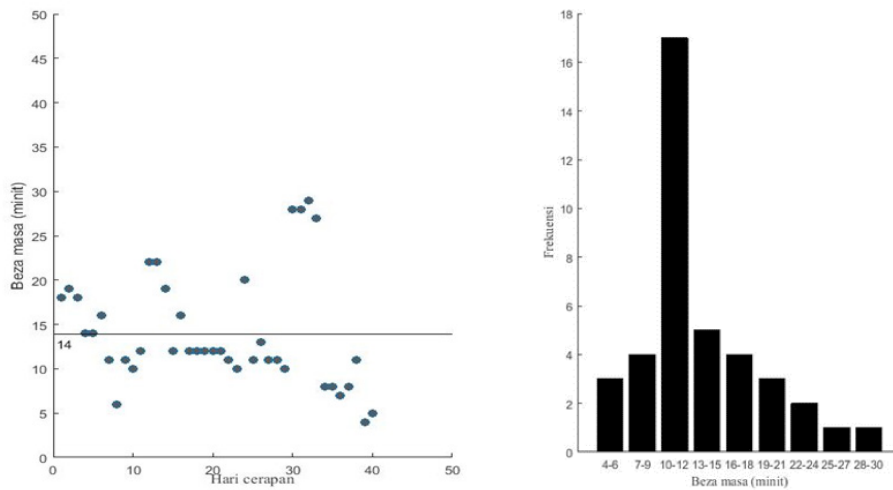
bersambung ...

... sambungan

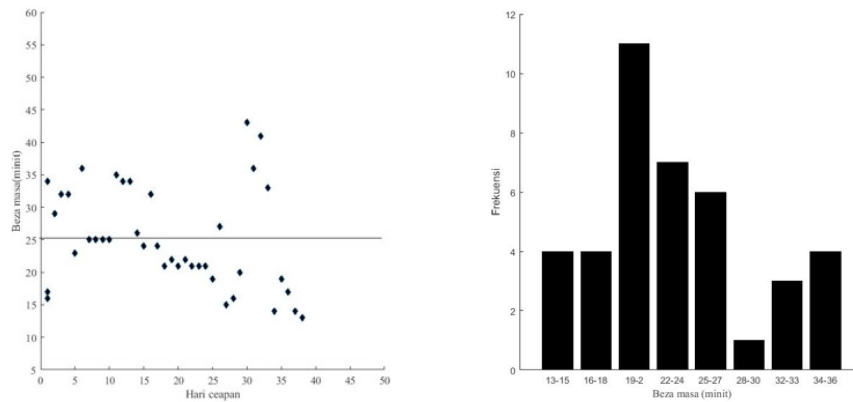
28/3/18	Sulawesi Indon	4:47	4:55	08	5:01	14	16.50	15.00	
29/3/18	Sulawesi Indon	4:47	4:54	07	5:00	13	16.75	15.25	
				purata		14	25	16.21	13.57

Rajah 2 menunjukkan taburan beza masa di antara waktu subuh dengan waktu benang putih mula kelihatan dan frekuensi beza masa sepanjang tempoh kajian. Taburan beza waktu di antara nilai minima 7 minit dan maksima 22 minit dan purata beza masa

adalah 14 minit. Dari histogram menunjukkan beza masa di antara 10 sehingga 12 minit adalah frekuensi tertinggi dengan 17 kekerapan. Manakala frekuensi paling rendah ialah beza masa 29 sehingga 30 minit dengan 1 kekerapan.



RAJAH 2. Taburan beza waktu (kiri) dan frekuensi beza masa (kanan) bagi benang putih



RAJAH 3. Taburan beza masa (kiri) dan frekuensi beza masa bagi benang hitam (kanan)

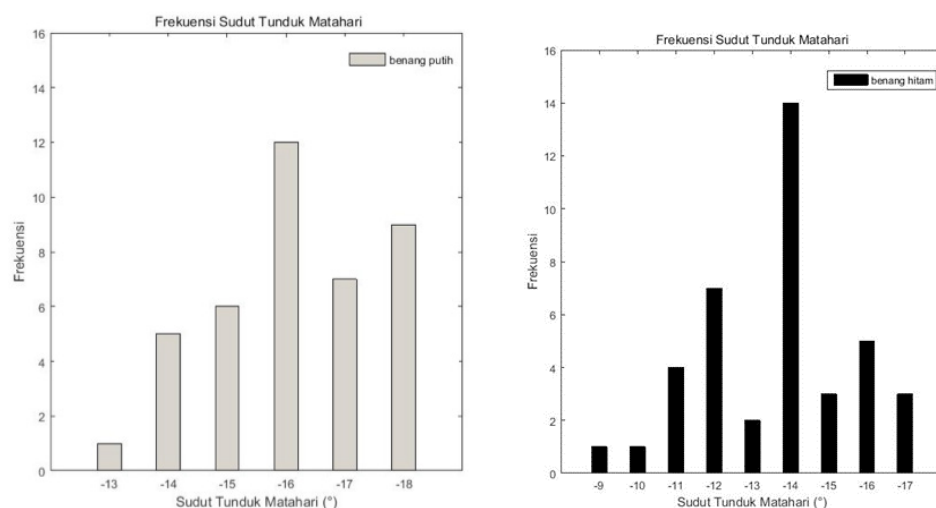
Rajah 3 menunjukkan taburan beza masa di antara waktu subuh dengan waktu benang hitam mula kelihatan dan frekuensi beza masa sepanjang tempoh kajian. Taburan beza waktu di antara nilai minima 13 minit dan maksima 36 minit dan purata beza masa adalah 25 minit. Dari histogram menunjukkan beza masa di antara 19 sehingga 20 minit adalah frekuensi tertinggi dengan 11 kekerapan.

Manakala frekuensi paling rendah ialah beza masa 29 sehingga 30 minit dengan 1 kekerapan.

Rajah 4 menunjukkan frekuensi sudut tunduk Matahari untuk benang putih dan hitam sepanjang tempoh kajian. Dari histogram benang putih menunjukkan sudut tunduk Matahari -16° adalah frekuensi tertinggi dengan 12 kekerapan. Manakala frekuensi sudut tunduk Matahari paling rendah ialah

-13° dengan 1 kekerapan. Sementara histogram benang hitam menunjukkan frekuensi tertinggi untuk sudut tunduk Matahari adalah -14° dengan 14

kekerapan. Manakala frekuensi paling rendah ialah -9° dengan 1 kekerapan.



RAJAH 4. Frekuensi sudut tunduk matahari bagi benang putih dan hitam

KECERAHAN FASA *TANAFFAS* DAN *ISFAR*

Jadual 3 menunjukkan kecerahan fajar ketika benang putih dan hitam mula dapat dilihat. Kecerahan fajar diukur dengan fotometer SQM-LU. Nilai kecerahan fajar ketika benang putih mula boleh dilihat di antara 17.76 mag arcsec⁻² hingga 20.30 mag arcsec⁻². Dapatan menunjukkan purata kecerahan fajar ketika benang putih dapat dilihat ialah 19.44 mag arcsec⁻² dan purata kecerahan fajar ketika benang hitam boleh dilihat ialah 17.55 mag arcsec⁻². Nilai kecerahan fajar ketika benang hitam mula dapat dilihat di antara 19.83 mag arcsec⁻² sehingga 15.94 mag arcsec⁻². Nilai kecerahan fajar ketika benang hitam boleh dilihat lebih rendah berbanding dengan benang putih. Hal ini menggambarkan ketika benang hitam mula boleh dilihat, langit lebih cerah.

Keamatan kecerahan cahaya fajar sidik ketika mula muncul masih rendah belum membolehkan benang putih dapat dilihat. Sebagai contoh pada 7 Julai 2017, kecerahan fajar ketika terbit (5.38 pagi) adalah 20.15 mag arcsec⁻² (lihat Jadual 3) dan kecerahan fajar ketika benang putih kelihatan (5.54 pagi) adalah 19.99 mag arcsec⁻². Nilai kecerahan fajar pukul 5.54 pagi lebih tinggi dari pukul 5.38 pagi membolehkan benang putih dapat dilihat. Daripada dapatan kajian ini menunjukkan benang putih dapat dilihat lebih dahulu daripada benang hitam (lihat Jadual 2).

Pada tarikh tersebut, semasa fasa *tanaffas* langit masih gelap dan bintang masih dapat dilihat manakala dalam fasa *isfar* cahaya fajar berwarna kemerahan semakin jelas, langit lebih cerah, bintang yang dapat dilihat semakin berkurangan dan ufuk juga sudah dapat dilihat seperti dalam Gambar 4.



GAMBAR 4. Fasa *tanaffas* (atas) dan fasa *isfar* (bawah)

JADUAL 3. Kecerahan langit ketika benang hitam dan putih kelihatan

Bil	Tarikh	Lokasi	Benang putih: Kecerahan langit (mag arcsec ⁻²)	Benang Hitam: Kecerahan langit (mag arcsec ⁻²)
1	24/10/17	Penarik	19.19	17.08
2	25/10/17	Bachok	19.54	16.07
3	4/4/17	Kuantan	18.56	16.07
4	2/5/17	Pekan	19.19	16.79
5	3/5/17	Pekan	18.34	17.07
6	4/5/17	Pekan	19.66	17.08
7	5/5/17	Pekan	18.21	17.00
8	6/5/17	Pekan	19.45	16.71
9	7/5/17	Pekan	19.45	17.35
10	1/6/17	Pekan	17.77	16.54
11	3/6/17	Pekan	18.11	17.55
12	4/6/17	Pekan	18.01	17.06
13	5/6/17	Pekan	18.32	17.31
14	3/7/17	Pekan	19.89	18.07
15	4/7/17	Pekan	18.59	18.44
16	5/7/17	Pekan	18.55	16.08
17	6/7/17	Pekan	18.78	17.01
18	7/7/17	Pekan	19.99	16.73
19	24/7/17	Pekan	20.21	17.96

bersambung ...

... sambungan

20	25/7/17	Pekan	20.053	17.89
21	26/7/17	Pekan	18.79	17.89
22	31/7/17	Dungun	20.24	17.99
23	1/8/17	Dungun	20.27	17.99
24	2/8/17	Dungun	20.31	17.89
25	5/8/17	Dungun	20.15	18.39
26	20/12/17	Acheh	19.94	19.59
27	21/12/17	Acheh	19.73	19.64
28	23/12/17	Acheh	20.09	17.16
29	25/12/17	Acheh	19.17	17.16
30	26/12/17	Acheh	19.47	17.06
31	27/12/17	Acheh	20.26	19.83
32	24/10/17	Acheh	20.30	17.89
33	25/10/17	Acheh	19.60	18.63
34	26/10/17	Acheh	19.47	17.06
35	27/10/17	Acheh	19.94	16.87
36	28/12/17	Acheh	19.88	17.94
37	29/12/17	Acheh	20.17	18.97
38	27/3/18	Sulawesi Selatan	20.09	15.94
39	28/3/18	Sulawesi Selatan	19.88	17.15
40	29/3/18	Sulawesi Selatan	20.05	18.57
		Purata	19.44	17.55
		minima	17.77	15.94
		Maksima	20.31	19.83

Dapatan kajian mendapati julat kecerahan fajar ketika benang putih mula kelihatan dalam julat pandangan skotopik. Kecerahan pandangan skotopik ialah di antara 22.58 mag arcsec⁻² sehingga 20.08 mag arcsec⁻². Manakala kecerahan fajar ketika benang hitam mula dapat dilihat di antara 19.83 mag arcsec⁻² sehingga 15.94 mag arcsec⁻². Julat ini berada di dalam julat pandangan mesotopik (20.08 mag arcsec⁻² hingga 13.36 mag arcsec⁻²). Ini bermakna benang hitam boleh dilihat dalam pandangan mesotopik iaitu di antara pandangan skotopik dengan photopik. Julat kecerahan pandangan photopik ialah di antara 10 mag arcsec⁻² sehingga 10⁶ mag arcsec⁻² (Pinckers et al. 1979).

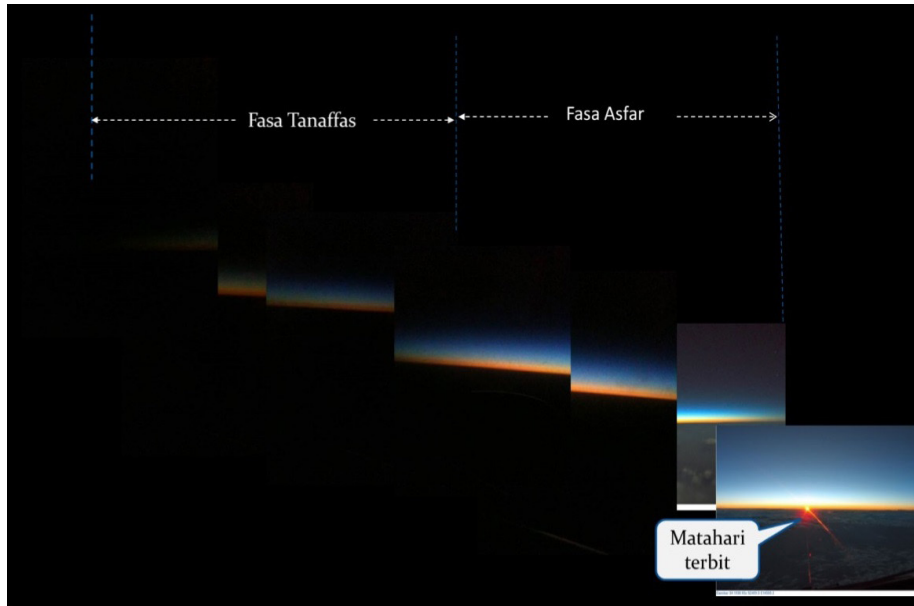
Gambar 5 menunjukkan foto-foto fajar di susun secara berturutan bermula dari fajar terbit sehingga matahari terbit. Gambar ini menunjukkan julat kecerahan fasa *tanaffas* bermula dari terbit fajar sehingga fajar mulai cerah. Manakala julat fajar *isfar* bermula dari fajar mula cerah sehingga terbit

matahari. Dalam fasa *tanaffas*, cahaya fajar sangat malap ketika fajar mula terbit dan beransur-ansur cerah manakala bagi fasa *isfar*, keamatan cahaya fajar bertambah cerah sehingga matahari terbit.

Dapatan kajian ini menunjukkan benang putih dan hitam boleh menjadi alat bagi menentukan waktu mula fajar boleh dilihat. Benang putih lebih dahulu dapat dilihat dari benang hitam dalam keadaan hanya kehadiran cahaya fajar sahaja di akhir malam. Dapatan ini bertepatan dengan maksud ayat 187 surah Al-Baqarah dalam Al-Quran "... sehingga jelas bagi mu benang putih dari benang hitam iaitu fajar.". Dari dapatan kajian ini menunjukkan ayat al-Quran ini mengandungi fakta saintifik iaitu pandangan mata manusia ketika terbit fajar adalah pandangan skotopik. Pandangan skotopik hanya dapat mengenali objek putih dan hitam. Dengan hal demikian dapat difahami mengapa benang putih disebut dahulu kemudian benang hitam di dalam ayat al-Quran tersebut.

Implikasi kajian ini dapat menyumbang ilmu dalam memahami *tanaffas*, *isfar* dan ayat 187 surat Al-Baqarah di atas, dan juga membuktikan tentang kebenaran kandungan Al-Quran dari perspektif

sains. Kajian lanjut dicadangkan dilakukan terhadap fajar kizib dengan kaedah cerapan menggunakan tetingkap benang seperti yang dilakukan terhadap fajar sidik.



Gambar 5: Fasa *tanaffas* dan *isfar*

KESIMPULAN

Fajar sidik terdiri dari fasa *tanaffas* dan fasa *isfar*. Fasa *tanaffas* berlaku dalam pandangan skotopik iaitu pandangan yang mengenal hitam dan putih. Benang putih dapat dicam lebih awal dari benang hitam. Manakala fasa *isfar* berlaku dalam pandangan mesotopik dengan mata mula boleh mengenal warna dan membezakan objek yang dilihat. Walau bagaimanapun terdapat pertindihan di antara fasa *tanffas* dan *isfar* tidak ada sempadan yang jelas di antara kedua fasa tersebut. Fasa *tanaffas* apabila benang putih mula dapat dilihat, bermula apabila matahari berada di antara sudut tunduk matahari -16° hingga -14° . Manakala fasa *isfar* apabila benang hitam mula dapat dilihat, apabila matahari berada di antara sudut -14° hingga terbit matahari. Purata kecerahan langit ketika benang putih mula dilihat ialah $19.44 \text{ mag arcsec}^{-2}$ dan purata kecerahan langit ketika benang hitam mula dilihat ialah $17.55 \text{ mag arcsec}^{-2}$.

RUJUKAN

Al-Quran Al-Karim & Tafsir Pimpinan Ar-Rahman kepada pengertian Al-Quran. 1992. Kuala Lumpur: Darul Fikir.
Al-Quran Al-Karim & Terjemahan Lafziyyah (Perkata). 2012. Shah Alam: Yayasan Restu.

Adibah Sulaiman, Ezad Azraai Jamsari, dan Nurliyana Mohd Talib. 2016. Konsep Ilmu menurut Perspektif Syed Sheikh Ahmad al-Hadi. *Islamiyyat* 38(2) 2016: 93 - 102
 Al-Jaziri, A. R. bin M. "Audh. (t.t.). *Kitab Al-Fiqh 'Ala Al-Mazahib Al-Arba'ah*. Kaherah: Daraban Jazam.
 Arwin Juli Rakhmadi, B. B. 2018. *Fajar & Syafak Dalam Kesarjanaan Astronom Muslim dan Ulama Nusantara*. Yogyakarta: LKiS.
 Baharrudin Zainal. 2015. Penggunaan Sudut Kedalaman Matahari Bagi Waktu Isyak dan Subuh Bersumberkan Naskah Falak Negeri Kelantan. *Munaqasyah Ilmiah Falak* 2015. Kota Baharu, Kelantan: 7-9 Disember.
 Burton, Kerri B.; Cynthia Owsley; Michale E. Sloane. 1992. Aging and Neural Spatial Contrast Sensitivity: Photopic Vision. *Vision Research*. 33 (7): 939-949
 Hamka, P. D. 1984. *Tafsir Al-Azhar Juzu' 29-30*. Surabaya: Yayasan Latimoong.
 Hasbollah Mat Saad & Ramalinggam Rajamanickam. 2021. *Maqasid Memelihara Akal (Hifz al-'Aql) dan Hubungannya dengan Falsafah Pendidikan Kebangsaan*. *Islamiyyat* 43(Isu Khas) 2021: 93 - 104
 Kelber, Almut; Balkenius, Anna; Warrant, Eric J. 2002. Scotopic colour vision in nocturnal hawkmoths. *Nature*. 419 (6910): 922-925.
 Ilyas, M. 1984. A Modern Guide to Astronomical Calculation of Islamic Calendar, Times & Qibla. Kuala Lumpur: Berita Publishing Sdn. Bhd.
 Kassim Bahali. 2015. Fajar Membelah Malam. *Dewan Kosmik*. Disember: 6-9.
 Kassim Bahali. 2019. Penilaian Semula Sudut Tunduk Fajar di Alam Melayu. Tesis Doktor Falsafah, Universiti Kebangsaan Malaysia.

- Kassim Bahali, Abdul Latif Samian, Nazri Muslim & Nurul Shazana Abd Hamid. 2018a. Measuring the Sun Depression Angle of Dawn with a DSLR Camera. *Sains Malaysiana* 47(11): 2877–2885
- Kassim Bahali, Abdul Latif Samian, Nazri Muslim & Nurul Shazana Abd Hamid. 2019a. Measuring luminance and Sun Depression Angle of Dawn. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology* 10(2): 1136–1150.
- Kassim Bahali, Abdul Latif Samian, Nazri Muslim & Nurul Shazana Abd Hamid. 2019b. Penilaian Semula Hitungan Waktu Subuh di Alam Melayu. *International Journal of the Malay World and Civilisation* 7(2): 37–48.
- King, D. A. 2004. In Synchrony with the Heavens. Studies in Astronomical Timekeeping and Instrumentation in Medieval Islamic Civilization. Volume One. The Call of the Muezzin. Leiden: Brill.
- Miller, R. E., & Tredici, T. J. 1992. *Night Vision Manual for Flight Surgeon*. Texas: Armstrong Laboratory.
- Nazri Muslim & Kassim Bahali. 2010. Kompleks Falak Al-Khawarizmi: Peranan dan Sumbangannya dalam Menyebarkan Ilmu Falak Dalam Alam Melayu. Dlm. Abdul Latif Samian, Nazri Muslim, Haron, Zainal, & Zarina Othman. *Prosiding Persidangan Antarabangsa Sains & Teknologi di Alam Melayu*, hlm 238-252. Bangi: Penerbit UKM.
- Pinckers, J. P., Vivianne, S., Guy, V. & G. 1979. *Congenital and acquired color vision Defects*. New York; London: Grune & Stratton.
- The Meaning of The Glorious Qur'an (Pickthall)*. 1977. Mecca: Muslim World League
- Tono Saksono. 2017. *Evaluasi Awal Waktu Subuh & Isya*. Jakarta. UHAMKA Press & LPP Aika UHAMKA.

PENGARANG

Dr. Kassim Bahali
Felo Tamu
Institut Alam dan Tamadun Melayu
Universiti Kebangsaan Malaysia
43000 UKM Bangi
Selangor
Malaysia
kassimhb@gmail.com

Nazri Muslim
Pusat Pengajian Citra dan Institut Kajian Etnik
Universiti Kebangsaan Malaysia
nazrim@ukm.edu.my