

**KAJIAN FIQIH SAINS TERHADAP KECERLANGAN HILAL
SEBAGAI PRASYARAT TERLIHAT HILAL KRITERIA DANJON
DAN KRITERIA DJAMALUDDIN**

Arino Bemi Sado

(Dosen Universitas Islam Negeri Mataram)

bemi756@gmail.com

Abstrak: Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menjelaskan kriteria Danjon dan kriteria Djameluddin untuk kecerlangan sebagai prasyarat terlihatnya hilal dalam penentuan awal bulan hijriah. Dengan menggunakan metode deskriptif komparatif dan pendekatan fiqh sains, tulisan ini menjelaskan tentang kecerlangan sebagai prasyarat terlihat hilal dengan kriteria Danjon dan Djameluddin serta membandingkan antara kedua kriteria tersebut. Perlu dilakukan analisis mendalam mengenai tingkat kecerlangan hilal yang dapat memengaruhi pengamatan hilal pada saat matahari mulai terbenam pada akhir bulan Hijriyah. Danjon telah menganalisis hubungan antara jarak sudut matahari dan bulan (yaitu jarak di langit dalam ukuran sudut pandang yang dinyatakan dalam derajat) serta besarnya lengkungan sabit hilal. Djameluddin mempertimbangkan dua aspek pokok terkait dengan kecerlangan hilal, yaitu aspek fisik hilal dan aspek kontras latar depan di ufuk barat. Aspek fisik hilal dipertimbangkan karena terkait dengan kuat cahayanya, sedangkan aspek kontras latar depan di ufuk barat dipertimbangkan karena terkait dengan cahaya senja yang mengganggu pengamat ketika mengamati hilal. Dari uraian tentang kecerlangan kriteria Danjon dan Djameluddin, penulis menyimpulkan bahwa kriteria Djameluddin merupakan penyempurna dari kriteria Danjon, yakni dengan menambahkan parameter beda tinggi Bulan dan Matahari pada kriterianya, sebagai koreksi terhadap cahaya syafak.

Kata Kunci: *Kecerlangan, Kriteria Danjon, Kriteria Djameluddin*

Abstract: This study explains Danjon and Djameluddin's criteria for brightness as a precondition for the appearance of a new moon in the early determination of the hijri month. By using comparative descriptive method and fiqh approach of science, this paper explains about the brightness as a prerequisite for the visibility of the moon viewed from these two scholars. Danjon, a France astronomer,

has analyzed the relationship between the angular distance of the sun and the moon (i.e. the distance in the sky in the measured viewing angle expressed in the degrees) as well as the magnitude of the hilal crescent arch. Djamaluddin considers two main aspects related to the brightness of the new moon, the physical aspect of the new moon and the aspect of the foreground contrast on the western horizon. The physical aspect of the new moon is considered because it is associated with its strong light, while the foreground contrast aspect in the western horizon is considered because it is associated with the evening light that disturbs the observer when observing the moon. This study argues that Djamaluddin's criterion is a perfect complement to Danjon's criterion. Djamaluddin adds the height difference parameters of the moon and the sun to its criterion as a correction to the light of syafak (twilight)

Keywords: *the brightness, Danjon criteria, Djamaluddin criteria.*

A. Pendahuluan

Kecerlangan hilal merupakan kuatnya cahaya sabit bulan (hilal) terhadap cahaya senjapada saat matahari terbenam. Cahaya sabit bulan pada saat terbenamnya matahari di akhir bulan hijriah sangat lemah bila dibandingkan dengan kecerlangan langit senja. Kecerlangan hilal akan didapatkan apabila adanya kontras yang mencukupi antara cahaya hilal dengan latar depan langit senja. Cahaya sabit bulan akan cerlang apabila kondisi langit redup, sehingga hilal bisa teramati.

Kecerlangan cahaya bulan dengan kecerlangan cahaya matahari harus diperhitungkan secara matang, karena berkaitan dengan ketampakan hilal. Kecerlangan cahaya matahari apabila lebih kuat daripada kecerlangan cahaya bulan, maka berakibat hilal tidak akan terlihat, meskipun menggunakan alat bantu optik. Ini berarti bahwa semakin jauh jarak bulan terhadap matahari, maka cahayanya semakin cerlang, sehingga bulan bisa tampak. Kutner¹ mengatakan bahwa bulan tidak mengeluarkan cahaya sendiri tetapi memantulkan sinar matahari. Ketampakan bulan bergantung pada posisi nisbi bumi, matahari dan bulan.² Ketampakan bulan baru (*new moon*) menjadi sulit teramati, karena cahayanya bergantung pada cahaya yang dipantulkan oleh matahari.

Kecerlangan cahaya merupakan bentuk pengaruh sinar matahari senja terhadap tingkat visibilitas mata ketika mengamati munculnya hilal. Kecerlangan cahaya memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap hasil pengamatan hilal yang dilakukan pada saat matahari mulai terbenam. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu analisis yang menjelaskan keterkaitan antara ketampakan hilal yang

¹Marc L. Kutner, *Astronomy a Physical Perspective*, Second Edition (New York, Cambridge University Press, 2003), 435.

²Baca Forest Ray Moulton, *An Introduction to Astronomy*, (New York, The Macmillan Company, 1916), 190.

ditinjau dari perhitungan terhadap kecerlangan cahayanya, serta analisis mendalam mengenai tingkat kecerlangan cahaya hilal yang dapat mempengaruhi pengamatan kemunculan bulan baru. Bentuk analisis yang dilakukan meliputi berbagai faktor di antaranya lintang dan bujur pengamat, waktu kemunculan hilal, koordinat matahari dan bulan, perubahan *azimuth* bulan dan matahari serta tingkat kecerlangan cahaya (*luminosity*) terhadap kedudukan pengamat.³

Posisi hilal di langit sebenarnya tidak jauh dari lingkungan matahari terbenam, bahkan selalu berada dalam kawasan “cahaya senja” yakni kurang dari 30 derajat dari lokasi matahari terbenam.⁴ Keadaan tersebut sangat memungkinkan untuk pengamatan hilal pada akhir bulan hijriah setelah terjadinya konjungsi. Hilal yang berada di atas ufuk barat ketika matahari terbenam bisa diamati dengan syarat kecerlangan cahaya hilal bisa mengalahkan cahaya senja (cahaya syafak).

Kecerlangan hilal memang perlu mendapatkan perhatian yang serius, karena sangat berkaitan dengan ketampakan hilal di kaki langit. Ketampakan hilal harus mengikuti kaidah sains yang didukung dengan data-data yang valid serta membutuhkan parameter ketampakannya. Parameter ketampakan hilal (visibilitas hilal) harus menggambarkan batasan minimal agar cahaya hilal bisa mengalahkan cahaya senja, sehingga hilal bisa terlihat oleh mata. Parameter ketampakan hilal yang akan diteliti berdasarkan komparasi antara kriteria Danjon⁵ dan kriteria Djamaluddin.⁶ Kriteria Danjon dan Djamaluddin mempunyai pijakan parameter yang sama, namun berbeda dalam memahami parameter ketampakannya. Hal itu karena ketampakan hilal sangat bergantung pada kondisi kecerlangan hilalnya. Kondisi kecerlangan hilal sangat dipengaruhi oleh umur hilal yang terkait dengan tebal sabit, jarak Bulan dan Matahari, posisi lintang pengamat, ketinggian lokasi pengamat, beda waktu terbenam

³Riswanto dan Yudhiakta Pramudya, 2014, *Analisis Visibilitas Bulan Baru (Hilal) dengan Hisab Melalui Prinsip Kecemerlangan Optik (Luminosity Hilal)*, Yogyakarta, Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng & DIY, 26 April 2014, 132.

⁴Kadir, *Formula Baru Ilmu Falak, Panduan Lengkap dan Praktis Hisab Arah Kiblat, Waktu-Waktu Shalat, Awal Bulan dan Gerhana*, Cetakan I (Jakarta, Amzah, 2012), 199.

⁵A. Danjon “Jeunes et Vieilles Lunes”, *L’Astronomie: Bulletin de la Société Astronomique de France*, Volume 46, 1932,58; Lihat juga “Le Croissant Lunaire”, *L’Astronomie: Bulletin de la Société Astronomique de France*, Volume 50, 1936,64; Amir Hasanzadeh “Study of Danjon Limit in Moon Crescent Sighting”, *Astrophysics and Space Science*, Volume 339, Issue 2, Juni 2012,211; Ilyas, “The Danjon Limit of Lunar Visibility: A Re-Examination”, *The Royal Astronomical Society of Canada*, Volume 77, 1983, 214; Ilyas, “Limb Shortening and The Limiting Elongation for The Lunar Crescent’s Visibility”, *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, Volume 25, 1984, 4210; Fatoohi, “The Danjon Limit of First Visibility of The Lunar Crescent”, *The Observatory*, 118 (April) 1998, 67; Sultan, “First Visibility of The Lunar Crescent: Beyond Danjon’s Limit”, *The Observatory*, Volume 127 Nomor 1 (February), 2007, 2; mengatakan bahwa hilal tidak akan dapat diamati jika jarak sudut minimum (*elongation*) Bulan dan Matahari kurang dari 7 derajat. Lihat juga Zainal (tth: 6).

⁶Menurut Djamaluddin (2011: 20) bahwa kriteria visibilitas hilal (ketampakan hilal) adalah apabila jarak sudut Bulan dan Matahari minimal 6,4 derajat dan beda tinggi Bulan dan Matahari minimal 4 derajat.

Matahari dan Bulan, kontras cahaya latar depan ufuk barat, posisi Matahari di bawah ufuk, serta ketinggian Bulan.

Selama ini kalendar Islam di Indonesia diupayakan lebih dekat dengan hasil rukyatul hilal, namun hal itu tidak mudah. Perlu adanya pembaharuan sehingga kriteria visibilitas hilal bisa menjadi lebih mendekati fenomena realitas visibilitas hilal. Perlunya melakukan pemikirkan untuk mensinergikan ayat-ayat al-Qur'an yang telah memberikan *direction* atau arah, al-Hadis juga telah memberikan landasan operasional dan ilmu pengetahuan tentang hilal akan memberi kesempurnaan tentang hilal, bukan mengkonfrontasikan satu dengan lainnya.⁷ Tulisan ini akan mengkaji tentang kecerlangan sebagai prasyarat terlihatnya hilal kriteria Danjon dan kriteria Djamaluddin dari segi fiqh sains.

B. Hilal (Crescent)

Hilal berasal dari bahasa Arab “هَلٌّ وَأَهْلٌ الْهَلَالُ” yang artinya tampak atau terlihat.⁸ Hilal merupakan Bulan sabit pertama yang teramati di ufuk barat sesaat setelah Matahari terbenam, tampak sebagai goresan garis cahaya yang tipis, dan apabila menggunakan teleskop dengan pemroses citra, hilal tampak sebagai garis cahaya tipis di tepi bulatan Bulan yang mengarah ke Matahari.⁹ Hilal atau Bulan sabit yang dalam astronomi dikenal dengan nama *crescent*, yakni bagian Bulan yang tampak terang dari Bumi sebagai akibat cahaya Matahari yang dipantulkan olehnya pada hari terjadinya ijtimak sesaat setelah Matahari terbenam. Hilal dipakai sebagai tanda pergantian bulan kamariyah. Apabila setelah Matahari terbenam hilal tampak, maka malam itu dan keesokan harinya merupakan tanggal satu bulan berikutnya.¹⁰ Hilal hanya tampak setelah Matahari terbenam (*maghrib*) karena intensitas cahaya hilal sangat tipis dibandingkan dengan cahaya Matahari, sehingga membutuhkan latar depan langit yang redup.

Dalam pandangan astronomi, hilal merupakan bagian dari proses pembentukan dan perubahan sabit Bulan yang kontinu dalam fenomena fase Bulan. Fenomena terbentuknya sabit bulan sangat erat kaitannya dengan geometri kedudukan Bumi,

⁷Vivit Fitriyanti, Penerapan Ilmu Astronomi dalam Upaya Unifikasi Kalender Hijriah di Indonesia, Makalah disampaikan pada AICIS XII di Surabaya pada Tanggal 5-8 November 2012, 2146

⁸Ahmad Warson Munawwir, *Al-Munawwir, Kamus Arab-Indonesia*, Cetakan ke-14 (Surabaya, Pustaka Progressif, 1997), 1514.

⁹Thomas Djamaluddin, *Menggagas Fiqih Astronomi, Telaah Hisab Rukyat dan Pencarian Solusi Perbedaan Hari Raya*, (Bandung, Kaki Langit, 2005), 108. Lihat juga Sakirman, Menelisik Metodologi Hisab-Rukyat di Indonesia, *Hunafa, Jurnal Studia Islamika Volume 8 Nomor 2, Desember 2011*, 347.

¹⁰Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, Cetakan I (Yogyakarta, Buana Pustaka, 2005), 30. Lihat juga Saadan Man, dkk, *Tradisi Kecemerlangan Astronomi Islam*, Cetakan I (Kuala Lumpur, Jabatan Fiqh dan Usul Akademi Pengajian Islam Universiti Malaya, 2013), 72; Susiknan Azhari, *Kalender Islam, Ke Arah Integrasi Muhammadiyah-NU*, Cetakan I (Yogyakarta, Museum Astronomi Islam, 2012), 40.

Bulan, dan Matahari. Posisi sains tentang hilal adalah untuk kepentingan operasional dalam melaksanakan syariat tentang penetapan awal bulan kamariah.¹¹ Abdurrazak mengatakan sebagai berikut:

The hilaal is best defined as the first sightable reflected sunlight that is seen as crescent-shaped on the lunar surface following the hidden phase of the moon and observed on the western horizon after sunset at the end of the 29th day of the correctly marked lunar month.¹²

Firman Allah Swt:

فَالِقُ الْإِصْبَاحِ وَجَعَلَ اللَّيْلَ سَكَنًا وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ حُسْبَانًا ذَلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ
الْعَلِيمِ

“Dia menyingsingkan pagi dan menjadikan malam untuk beristirahat, dan (menjadikan) Matahari dan Bulan untuk perhitungan. Itulah ketetapan Allah Yang Maha Perkasa, Maha Mengetahui” (Al-Anam [91 :[1]).¹³

Ibn Abbas menafsirkan *husbān* sebagai perkiraan hari, bulan, dan tahun. Al-Suddi dan Qatadah menyatakan bahwa Matahari dan Bulan bergerak mengikuti system tersendiri yang sangat teratur. Ibn ‘Asyur menafsirkan *husbān* sebagai kinayah yang menunjukkan satu system yang teratur dan tidak tergelincir. Menurutnya *husban* juga boleh digunakan untuk bintang-bintang yang lain, namun cukup menggunakan Matahari dan Bulan untuk perkiraan waktu dan manfaat yang lain. Sedangkan penggunaan kalimat *taqdīr* bagi peredaran Matahari dan Bulan menunjukkan bahwa pengaturan dan ketetapan yang sangat teliti dalam konsep penciptaan alam semesta. Oleh karena itu *taqdīr* dalam al-Qur’an hanya digunakan untuk menunjukkan konsisten hukum alam. Peredaran Matahari dan Bulan sudah ditentukan kadar ketetapan dan beredar secara konsisten pada orbit masing-masing.¹⁴

¹¹Hasna Tuddar Putri, Redefinisi Hilal dalam Perspektif Fikih dan Astronomi, *Al-Ahkam, Jurnal Pemikiran Hukum Islam*, Volume 22 Nomor 1, 2012, 110-111. Lihat juga Muhammad Hadi Bashori, *Pengantar Ilmu Falak, Pedoman Lengkap tentang Teori dan Praktik Hisab Arah Kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan Qamariyah dan Gerhana* (Jakarta, Pustaka Al-Kautsar, 2015), 189.

¹²Abdurrazak Ebrahim, Crescent Observation and The Visibility of The Hilaal, *paper presented at the 3rd Islamic Astronomical Conference (Astronomical Applications In Islamic Shari’ah, Amman, Jordan; October 20th>22nd, 2003*, 2. Lihat juga Philip’s, *Astronomy Encyclopedia, a Comprehensive and Authoritative A-Z Guide to The Universe* (London, Octopus Publishing Group, 2002), 106; Arthur Berry, *A Short History of Astronomy*, (New York, Charles Scribner’s Sons, 1899), 30-31.

¹³Kementrian Agama RI, 2011, *Al-Qur’an dan Terjemahnya*, Jakarta: Dirjend Bimas Islam, Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syari’ah, 188.

¹⁴Saadman, *Dimensi Penyelidikan Astronomi Islam*, (Kuala Lumpur, Jabatan Fiqh dan Usul Akademi Pengajian Islam Universiti Malaya, 2013), 16-17. Lihat juga Abu Muhammad al-Husain ibn Masud Al-Bagawi, *Tafsir al-Bagawi*, al-Mujallad al-Salis, (Riyad, Dar Tayyibah Linnasyr wa al-Tauzi, 1989), 171.

Hilal dengan kata lain dapat dikatakan sebagai penampakan Bulan sabit pertama yang terjadi setelah terjadinya konjungsi sebagai penentu datangnya Bulan baru dalam sistem penanggalan Islam (kalender hijriah).

C. Kecerlangan Langit Latar Depan (*Sky for Ground*)

Kecerlangan hilal merupakan luas bagian piringan Bulan yang bersinar.¹⁵ Kecerlangan hilal (Bulan sabit baru) sangat dipengaruhi oleh cahaya pantulan yang diberikan oleh Matahari kepada Bulan, sehingga kecerlangannya tergantung pada posisi Bulan terhadap Matahari dalam sistem tata surya. Cahaya Bulan berasal dari pantulan sinar Matahari yang dipantulkan oleh Bulan. Hal ini dikarenakan Bulan tidak mempunyai cahaya sendiri. Hal senada dikatakan oleh Moche sebagai berikut:

The Moon shines by reflecting sunlight. Its average visual albedo, the proportion of incident sunlight that the Moon reflects back into space, is only 11 percent. Most of the sunlight that shines onto the airless Moon's surface is absorbed.¹⁶

Allah Swt berfirman di dalam al-Qur'an sebagai berikut:

تَبَارَكَ الَّذِي جَعَلَ فِي السَّمَاءِ بُرُوجًا وَجَعَلَ فِيهَا سِرَاجًا وَقَمَرًا مُنِيرًا

“Maha Suci Allah yang menjadikan di langit gugusan bintang-bintang dan Dia juga menjadikan padanya Matahari dan Bulan yang bersinar” (Al-Furqan [25]: 61).¹⁷

Ibnu Katsir menafsirkan kalimat *burūjan sirājan* sebagai *al-syams al-munīrah*, yakni Matahari yang bercahaya seperti wujud aslinya Matahari. Sedangkan *qamaran munīran* diartikan sebagai bersinar sebagai cahaya terang selain cahaya Matahari.¹⁸ Al-Baghowi dalam kitab tafsirnya juga memaknai *sirāj* dengan *al-Syams*, yakni Matahari, sedangkan *qamaran munīran* diartikan Bulan sebagai pelita (lampu).¹⁹ Perbedaan cahaya Matahari dan Bulan tersebut menunjukkan perbedaan ciri fisik bagi Matahari dan

¹⁵Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik* (Yogyakarta, Buana Pustaka, 2008), 140.

¹⁶Dinah L. Moche, *Astronomy, A Self-Teaching Guide*, Seventh Edition, (New Jersey, John Wiley & Sons Inc, 2009), 272. Lihat juga Peter Grego, *The Moon and How to Observe it*, (London, Springer, 2005), 50; Dinah L Moche, *Astronomy, A Self-Teaching Guide*, Seventh Edition, (New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2009), 274; Forest Ray Moulton, *An Introduction to Astronomy*, (New York, The Macmillan Company, 1916), 204-205; UPT Observatorium Bosscha ITB, *Perjalanan Mengenal Astronomi* (Bandung, Penerbit ITB, 1995), 17.

¹⁷Kementrian Agama RI, *Al-Qur'an...*, 510.

¹⁸Al-Imam Al-Jalil Al-Hafidz Imad Al-Din Abd Al-Fida' Isma'ill ibn Katsir Al-Dimasyqi, *Tafsīr Al-Qur'an Al-'Adhīm*, Jilid 10, (Qahirah, Maktabah Aulad, 2000), 318.

¹⁹Abu Muhammad al-Husain ibn Mas'ud al-Bagawi, *Tafsīr al-Bagawī*, al-Mujallad al-tsalis, (Riyad, Dar Tayyibah Linnasyr wa al-Tauzi, 1411 H), 92.

Bulan, yakni Matahari memiliki cahaya sendiri, sedangkan Bulan hanya memantulkan cahaya Matahari dan tidak memiliki cahaya sendiri.

Cahaya hilal (*nūral-hilāl*) merupakan lebarnya cahaya yang dipantulkan oleh Bulan.²⁰ Cahaya hilal (sabit muda) sangat lemah apabila dibandingkan dengan cahaya senja (cahaya syafak) sebagai akibat pantulan sinar Matahari oleh partikel-partikel atmosfer Bumi pada saat Matahari terbenam. Latar belakang langit yang redup sangat diperlukan pada saat pengamatan hilal di akhir bulan hijriah. Dengan kata lain diperlukan kontras cahaya yang mencukupi agar hilal dapat teramati dengan jelas. Kontras didefinisikan sebagai rasio antara iluminansi (*illuminance*) hilal dengan kecerahan (*brightness*) langit. Dalam banyak kasus, posisi Bulan pasca konjungsi masih sangat dekat dengan Matahari dan ketinggiannya dari horison pun sangat rendah, sehingga kecerahan langit akan sangat mendominasi iluminansi hilal dan pada saat yang sama efek serapan atmosfer semakin kuat di dekat horison turut membuat hilal makin redup (nilai kontras rendah).²¹ Faktor kontras cahaya hilal dengan cahaya syafak sangat menentukan kecerlangan hilal.

Djamaluddin mengatakan bahwa cahaya hilal berasal dari pantulan cahaya Matahari di permukaan Bulan, sedangkan cahaya langit senja berasal dari pantulan cahaya Matahari oleh partikel-partikel di atmosfer Bumi.²² Kecerlangan cahaya hilal akan semakin berkurang dengan semakin dekatnya hilal dengan Matahari, namun sebaliknya bahwa kecerlangan hilal akan semakin kuat apabila posisi hilal semakin jauh dengan Matahari. Hal itu disebabkan karena adanya gangguan cahaya syafak atau cahaya senja sebagai akibat dari hamburan cahaya Matahari oleh atmosfer di ufuk (horizon) pada saat Matahari terbenam. Dalam hal ini Abdurrahman Ozlem mengatakan sebagai berikut:

For any object with sufficient size to be visible in the sky, there must be sufficient contrast between the object and the surrounding background [1]. Contrast is

²⁰Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak...*, 140. Satuan ukur yang digunakan oleh ahli hisab tempo dulu adalah *uṣbu'* (اصبع/jari) yang sebenarnya merupakan rangkaian bilangan dengan huruf jumali, yaitu ا (alif) = 1, ص (ṣād) = 90, ب (ba') = 2, dan ع ('ain) = 70, sehingga kata "uṣbu'" adalah $1 + 90 + 2 + 70 = 163$ atau $0^{\circ} 2' 43''$. Nurul hilal ketika fase Bulan purnama adalah 12 uṣbu', artinya $12 \times 0^{\circ} 2' 43'' = 0^{\circ} 32' 36''$ (Khazin, 2008: 140).

²¹Rahayu Ningsih, dkk, Faktor-Faktor Kecerlangan Langit Senja dan Pengaruhnya terhadap Nilai Minimum Parameter-Parameter Fisis Visibilitas Hilal (*Contribution of Some Factors to The Sky Twilight Brightness and Their Influences on Minimum Value of The Physical Parameters of The Lunar Crescent Visibility*), *Prosiding Seminar Nasional Sains Atmosfer dan Antariksa 2014 (SNSAA 2014) yang dilaksanakan oleh LAPAN di Bandung pada tanggal 25 November 2014*, 141. Lihat juga Rolf Krauss, Babylonian Crescent Observation and Ptolemaic-Roman Lunar Dates, *PalArch's Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology*, 9 (5) (2012), 2; JAR Caldwell, Moonset Lag with Arc of Light Predicts Crescent Visibility, *mnassa Volume 70 Nos 11 dan 12, December 2011*, 224.

²²Djamaluddin, Antara Limit Astronomis dan Harapan Teleskop Rukyat Tantangan Rukyatul Hilal 1 Syawal 1416 H, <http://luk.staff.ugm.ac.id/kmi/isnet/Djamal/rukya.html>, diakses tanggal 28 Januari 2017. Lihat juga Odeh, "New Criterion For Lunar Crescent Visibility", *Experimental Astronomy*, Volume 18, 2006, 63; JK. Fotheringham, "The Visibility of the Lunar Crescent", *The Observatory*, Volume 44 Oktober 1921, 310.

defined as the ratio of the object's (Moon's in this case) illumination to the sky's brightness[2]. So the brightness of the Moon must be a certain level higher than the sky brightness at that azimuth and elevation.²³

Hilal sebagai obyek yang dekat dengan Matahari selama prosesnya memperoleh pantulan cahaya Matahari. Banyaknya cahaya yang dipantulkan disebut kecerlangan cahaya (*luminosity*). Kecerlangan cahaya hilal yang ditangkap mata akan dipengaruhi oleh cahaya Matahari yang mulai meredup. Selain itu kala rotasi Bumi yang lebih cepat menjadikan hilal sulit teramati.²⁴

Kecerlangan hilal akan menyebabkan hilal menjadi tampak (*visible*) oleh pengamat di Bumi. Ketampakan hilal pada akhir bulan hijriah menjadi cerlang, maka membutuhkan parameter ketampakan hilal, yaitu lebar sabit hilal, umur hilal, serta jarak sudut Bulan dan Matahari (*elongasi*).²⁵ Parameter tersebut akan menghasilkan kontras antara kecerlangan Bulan dengan kecerlangan latar depan ufuk barat, sehingga hilal akan mudah diamati dengan jelas.

D. Ketampakan Hilal (*Crescent Visibility*)

Fenomena visibilitas hilal secara alamiah merupakan sabit Bulan yang dihasilkan oleh geometri atau kedudukan Bumi, Bulan dan Matahari.²⁶ Awal bulan dalam kalender hijriah ditentukan oleh ketampakan sabit Bulan (hilal) setelah terjadinya konjungsi (*ijtimak*), yakni saat Matahari dan Bulan berada pada bujur ekliptika yang sama.

Awal Bulan dalam kalender Islam ditentukan dengan visibilitas hilal (ketampakan hilal). Tradisi umat Islam dalam beberapa abad mengamati hilal memperkuat keyakinan bahwa hilal merupakan fisik obyek langit yang dapat dilihat sesuai dengan kemampuan mata manusia. Ketampakan hilal terjadi setelah terjadinya konjungsi sebagai penanda masuknya bulan baru (*new month*). Ketampakan hilal bisa diperoleh melalui ruyyat yang dilakukan menggunakan mata telanjang maupun menggunakan alat bantu teleskop saat Matahari terbenam, karena intensitas cahaya hilal sangat redup dibanding dengan cahaya Matahari dan ukurannya juga sangat tipis.

²³Abdurrahman Ozlem, A Simplified Crescent Visibility Criterion, diakses tanggal 4 April 2017. Lihat juga AE Roy and D Clarke, *Astronomy, Principles and Practice*, (Bristol and Philadelphia, Institute of Physics Publishing, tth), 4.

²⁴Riswanto dan Yudhiakta Pramudya, Analisis Visibilitas Bulan Baru (Hilal) dengan Hisab Melalui Prinsip Kecemerlangan Optik (*Luminosity Hilal*), Yogyakarta: Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng & DIY, 26 April 2014, 133.

²⁵Hasil wawancara dengan Kepala LAPAN (Thomas Djamiluddin) di Kantor LAPAN Jakarta pada tanggal 28 Januari 2016.

²⁶Moedji Raharto, Kalendar Islam: Sebuah Kebutuhan dan Harapan, *Prosiding Seminar Nasional Hilal 2009*, Observatorium Bosscha FMIPA ITB, Lembang Jawa Barat 19 Desember 2009, 59.

Ketampakan Bulan sebenarnya bergantung pada azimut Bulan pada saat Matahari terbenam.²⁷ Ketampakan hilal (visibilitas hilal) merupakan masalah yang sulit, karena melibatkan perhitungan orbital, hamburan cahaya Matahari, hamburan atmosfer, dan fisiologi visual.²⁸ Keadaan cakrawala yang bersih dari gangguan-gangguan kondisi alam sangat sulit dihindari, sehingga untuk mengatasinya diperlukan suatu kriteria visibilitas hilal (ketampakan hilal) yang ilmiah dan akurat dengan memperhatikan kondisi alam yang ada guna mendapatkan kriteria visibilitas hilal (ketampakan hilal) yang disepakati dan bisa menjadi pedoman bagi para ahli ilmu falak dari semua golongan dalam menentukan awal bulan hijriah tanpa adanya perbedaan pemahaman fisis hilal di antara mereka.

Ketampakan hilal (visibilitas hilal) merupakan perbedaan perbesaran antara kelebihan cahaya yang diterima oleh suatu objek terhadap latar belakang langit.²⁹ Ketampakan hilal (visibilitas hilal) sangat dipengaruhi oleh dua hal pokok yaitu: (a) kuat cahaya hilal; dan (b) cahaya syafak (cahaya senja). Kuat cahaya hilal ditentukan oleh lebar sabit hilal. Cahaya syafak adalah pengganggu ketampakan hilal akibat hamburan cahaya Matahari yang dipantulkan oleh atmosfer Bumi ketika Matahari terbenam. Mengingat adanya pengaruh kuat cahaya hilal dan cahaya syafak guna terlihatnya hilal di kaki langit, maka diperlukan parameter visibilitas hilal, yakni rasio kontras cahaya supaya hilal bisa diamati seperti yang dikemukakan oleh Schaefer sebagai berikut:

One of the most important parameters for determining the visibility of an object is the contrast ratio. The contrast ratio is the ratio of the perceived brightness excess towards the object to the perceived brightness of the background. For the crescent Moon, the contrast ratio will be the surface brightness of the Moon divided by the brightness of the surrounding sky. The results from the previous paragraph show that, in practice, the use of optical aid does not change either the perceived surface brightnesses or the contrast ratio.³⁰

²⁷Jan P. Hogendijk, Three Islamic Lunar Crescent Visibility Tables, *Journal for The History of Astronomy Volume 19 Nomor 1 Februari 1988*, 30. Lihat juga Muhammad Shahid Qureshi, Computational Astronomy and The Earliest Visibility of Lunar Crescent, *In charge & Assistant Professor Institute of Space & Planetary Astrophysics University of Karachi, 2005*, 10.

²⁸Bradley E Schaefer, Lunar Crescent Visibility, *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society, Volume 37, December 1996*, 759. Lihat juga Bradley E. Schaefer, Visibility of The Lunar Crescent, *Royal Astronomical Society, Volume 29, 1988*, 511. Lihat juga David A King, Ibn Yunus on Lunar Crescent Visibility, *Journal for The History of Astronomy, Volume 19 Nomor 3, August 1988*, 155; A. Gunawan Admiranto, *Menjelajahi Bintang Galaksi dan Alam Semesta*, Cetakan II (Yogyakarta, Penerbit Kanisius, 2000), 12; Morison, *Introduction to Astronomy and Cosmology* (United Kingdom, A John Wiley and Sons, Ltd., Publication, 2008), 100.

²⁹Riswanto dan Yudhiakta Pramudya, Analisis Visibilitas Bulan Baru (Hilal) dengan Hisab Melalui Prinsip Kecemerlangan Optik (*Luminosity Hilal*), Yogyakarta: Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng & DIY, 26 April 2014, 133.

³⁰Bradley E. Schaefer, "Length of The Lunar Crescent", *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society, Volume 32 September 1991*, 275.

Ilyas juga mengatakan sebagai berikut:

Very early, it was recognized that after lunar conjunction (with the Sun), the new Moon needs to grow to some extent before the crescent can be seen. This minimum requirement for earliest visibility has been represented in simpler astronomical terms such as Moonset lag from sunset or Moon's age at sunset. In comprehensive forms, the criteria relate the relative positional parameters of the suns and the moon (with reference to an observer) to the optical observational requirements for the human eye. The latter involve considerations such as the light intensity of the illuminated fraction of the lunar surface facing the observer, brightness of the evening sky, contrast requirements of the eye, atmospheric refraction, etc.³¹

Menurut Ilyas, bahwa persyaratan minimum visibilitas hilal adalah diwakili oleh umur Bulan, posisi Matahari dan Bulan, intensitas cahaya, kecerahan langit malam, kontras mata, pembiasan atmosfer, dan lain-lain.

Salah satu parameter yang paling penting untuk menentukan visibilitas obyek adalah rasio kontras. Parameter rasio kontras cahaya sangat penting menurut Schaefer karena rasio kontras cahaya akan membagi antara kecerahan permukaan Bulan dengan kecerahan langit di sekitarnya, sehingga visibilitas obyek (dalam hal ini adalah visibilitas hilal) akan didapatkan. Schaefer di samping menjadikan rasio kontras sebagai visibilitas obyek, juga menjadikan ukuran nyata sebagai visibilitas obyek untuk pengamatan mata telanjang, yakni sebagai berikut:

Another important parameter for determining the visibility of an object is the apparent size. For naked eye observations, the width of the cusps is unresolved whereas with a telescope the cusps may appear wider and resolved.³²

Dengan demikian kriteria ketampakan hilal (kriteria visibilitas hilal) harus ditentukan berdasarkan kriteria kuat cahaya hilal harus lebih kuat dari gangguan cahaya syafak (cahaya senja). Dengan kata lain bahwa rasio kontras cahaya hilal dengan cahaya syafak harus didapatkan supaya hilal cerlang.

E. Kontras Hilal terhadap Latar Belakang Langit dan Kedudukan Pengamat

Hilal adalah bulan sabit pertama yang teramati sesudah Matahari terbenam sebagai penanda datangnya awal bulan baru dalam kalender hijriyah. Penentuan

³¹Mohammad Ilyas, "Lunar Crescent Visibility Criterion and Islamic Calendar", *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, Volume 35, (3) 1994, 425-461.

³²Bradley E. Schaefer, "Length of The Lunar...", 275.

awal bulan hijriyah sangat tergantung pada penampakan hilal (visibilitas hilal) yang nampak pertama kali setelah terjadinya ijtimak (konjungsi). Ketampakan hilal juga sangat tergantung pada kecerlangan hilal pada saat terbenamnya Matahari pada akhir bulan hijriyah. Kecerlangan hilal sangat bergantung pada redupnya cahaya senja atau latar belakang langit di samping harus ada parameternya, seperti lebar sabit hilal, umur hilal, maupun elongasi Bulan-Matahari.

Kedudukan hilal bagi umat Islam memang sangat penting, karena sebagai penentu datangnya awal bulan baru dalam kalender hijriyah dalam rangka untuk kepentingan ibadah umat Islam, seperti puasa, haji, maupun shalat. Sebagaimana dijelaskan dalam al-Qur'an maupun hadis sebagai berikut:

وَسَخَّرَ لَكُمُ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ وَالنُّجُومَ مُسَخَّرَاتٍ بِأَمْرِهِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ

Artinya: dan Dia menundukkan malam dan siang, Matahari dan Bulan untukmu. Dan bintang-bintang itu ditundukkan (untukmu) dengan perintah-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memahami (nya) (QS. Al-Nahl [16]: 12).³³

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ يُولِجُ اللَّيْلَ فِي النَّهَارِ وَيُولِجُ النَّهَارَ فِي اللَّيْلِ وَسَخَّرَ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ كُلٌّ يَجْرِي إِلَىٰ أَجَلٍ مُّسَمًّى وَأَنَّ اللَّهَ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ

Artinya: tidakkah kamu memperhatikan, bahwa sesungguhnya Allah memasukkan malam ke dalam siang dan memasukkan siang ke dalam malam dan Dia tundukkan matahari dan bulan masing-masing berjalan sampai kepada waktu yang ditentukan, dan sesungguhnya Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan (QS. Luqman [31]: 29).³⁴

يَسْأَلُونَكَ عَنِ الْأَهْلِةِ قُلْ هِيَ مَوَاقِيتُ لِلنَّاسِ وَالْحَجِّ

Artinya: mereka bertanya kepadamu tentang bulan sabit. Katakanlah: Bulan sabit itu adalah tanda-tanda waktu bagi manusia dan (bagi ibadah) haji (QS. Al-Baqarah [2]: 189).³⁵

³³Kementrian Agama RI, *Al-Qur'an...*, 365.

³⁴Kementrian Agama RI, *Al-Qur'an...*, 584.

³⁵Kementrian Agama RI, *Al-Qur'an...*, 136.

وَالْقَمَرَ قَدَرْنَا مَنْزِلَ حَتَّىٰ عَادَ كَالْعُرْجُونِ الْقَدِيمِ

Artinya: dan telah Kami tetapkan bagi Bulan manzilah-manzilah, sehingga (setelah dia sampai manzilah yang terakhir) kembalilah dia sebagai bentuk tandan yang tua (QS. Yasin [36]: 39).³⁶

Pada ayat 12 surat al-Nahl dan ayat 29 surat Luqman dijelaskan bahwa seluruh benda-benda langit beredar pada orbitnya mengikuti perhitungan waktu yang sangat akurat yang telah ditentukan oleh penciptanya yaitu Allah Swt., sedangkan dalam ayat 39 surat Yasin kata “manzilah-manzilah” berarti *moon phase*, yakni fase-fase Bulan, yaitu posisi Bulan pada garis edarnya yang terlihat dari bumi selalu berubah, yaitu dari hilal, *first quarter*, *full moon*, *second quarter*, lalu kembali lagi ke hilal.

Di dalam al-Qur’an, bulan sabit (*crescent*) selain disebut dengan istilah *ahillah* (QS. 2: 189) juga disebut ‘*urjūn al-qadīm*’ (tandan tua; QS. 36:39). *Ahillah* dan ‘*urjūn al-qadīm*’ berbeda posisi dan waktu kemunculannya. Hilal (dengan bentuk jamaknya *ahillah*) menandai awal bulan dan muncul setelah maghrib di ufuk barat. Sebaliknya, ‘*urjūn al-qadīm*’ menandai akhir bulan dan muncul menjelang subuh di langit timur. Pertemuan antara *ahillah* dan ‘*urjūn al-qadīm*’ adalah konjungsi atau ijtima.³⁷ Ijtima’ atau Bulan baru (*new moon*) adalah peristiwa segaris atau sebidangnya pusat Bulan dan pusat Matahari dari pusat Bumi. Dalam astronomi pada saat demikian, Bulan dan Matahari memiliki bujur ekliptika atau bujur astronomi yang sama. Posisi demikian ditandai dengan fraksi iluminasi (presentasi penampakan cahaya hilal terhadap cahaya Bulan penuh) minimum.³⁸

Secara teoritis waktu hilal adalah sesaat setelah terjadi ijtima’ atau konjungsi. Dengan kata lain bahwa munculnya hilal setelah menghilang di akhir bulan menjadi pertanda dimulainya bulan baru. Musonnif³⁹ mengatakan bahwa ketika sudah

³⁶Kementrian Agama RI, *Al-Qur’an...*, 629.

³⁷Purwanto, 2009, Purnama: Parameter Baru Penentuan Awal Bulan Qamariyah, Lembang: *Prosiding Seminar Nasional Hilal*, 33. Lihat juga Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, (Yogyakarta, Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Gajah Mada, 2012), 112; Nur Aris, Tulu’ Al-Hilal, Rekonstruksi Konsep Dasar Hilal, *Al-Ahkam Jurnal Pemikiran Hukum Islam*, Volume 24 Nomor 2 Oktober 2014, 264.

³⁸Vivit Fitriyanti, Penerapan Ilmu Astronomi dalam Upaya Unifikasi Kalender Hijriyah di Indonesia, Makalah disampaikan pada AICIS XII di Surabaya Tanggal 5-8 November 2012, 2138. Lihat juga Marc L. Kutner, *Astronomy a Physical Perspective*, Second Edition (New York, Cambridge University Press, 2003), 435; Abdali, “On The Crescent’s Visibility”, *Courtesy Al-Ittihad*, Volume 16, 1979, 3; Al-Bermani & Al-Baghdadi, *New Moon Dates and Coordinates*, *Iraqi Journal of science*, Volume 52 Nomor 2, 2011, 239; Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, Second Edition, (Virginia, Willmann-Bell, Inc, 1991, 349; Bayong Tjasyono HK, *Ilmu Kebumihan dan Antariksa*, Cetakan V, (Bandung, PT Remaja Rosdakarya, 2015), 35; Muchtar Salimi, *Visibilitas Hilal Minimum: Studi Komparatif antara Kriteria Depag RI dan Astronomi*, *Jurnal Penelitian Humaniora*, Volume 6 Nomor 1 Tahun 2005, 5; Hannu Karttunen, et. al, *Fundamental Astronomy*, 5th Edition, (New York, Springer Berlin Heidelberg, 2007), 135.

³⁹Ahmad Musonnif, 2011, *Ilmu Falak, Metode Hisab Awal Waktu Shalat, Arah Kiblat, Hisab Urfi dan Hisab Hakiki Awal Bulan*, Cet. I, (Yogyakarta, Penerbit Teras), 135. Lihat juga Sulaiman Rasjid, *Fiqh Islam*, (Bandung, Sinar Baru Algensindo, 1994), 22.

diketahui saat terjadinya ijtima' akhir bulan, maka bisa diperkirakan secara kasar ketinggian hilal pada saat Matahari terbenam pada tanggal 29 bulan hijriyah.

Umat Islam perlu menyepakati definisi fisik hilal dalam perspektif sains dan syari'ah. Dalam perspektif astronomi, hilal dipahami merupakan sabit Bulan dengan ukuran tertentu sehingga bisa dikenali oleh mata manusia. Fisik hilal merupakan bagian dari fase Bulan, dan Bulan merupakan satu-satunya satelit alam planet Bumi. Eksistensi Bulan sebagai satelit alam planet Bumi sudah relatif sangat lama kemungkinan bersamaan atau sedikit lebih muda dari eksistensi Bumi bergantung teori pembentukan Bulan.⁴⁰Oleh karena itu kajian ilmu falak harus sejajar dengan astronomi dalam obyek dan ruang lingkungannya. Dengan demikian ilmu falak merupakan pintu masuk untuk memahami dimensi alam semesta yang lebih luas.

Dalam hadis juga disebutkan sebagai berikut:

حَدَّثَنَا عَبْدُ اللَّهِ بْنُ مَسْلَمَةَ عَنْ مَالِكٍ عَنْ نَافِعٍ عَنْ عَبْدِ اللَّهِ بْنِ عُمَرَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُمَا أَنَّ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ ذَكَرَ رَمَضَانَ فَقَالَ لَا تَصُومُوا حَتَّى تَرَوْا الْهِلَالَ وَلَا تُفْطِرُوا حَتَّى تَرَوْهُ فَإِنْ غَمَّ عَلَيْكُمْ فَاقْدُرُوا لَهُ

Artinya:Telah mengabarkan Abdullah ibn Maslamah, dari Malik, dari Nafi', dari Abdilllah ibn Umar r.a.: sesungguhnya Rasulullah Saw. sedang membicarakan Ramadhan, maka beliau bersabda: "Janganlah kalian (kamu semua) memulai shaum, sehingga kamu sudah melihat hilal, dan janganlah kamu berbuka (mengakhiri shaum Ramadhan) sehingga kamu telah melihatnya (hilal). Dan jika (pandanganmu) terhalang, maka perhitungkanlah".⁴¹

حَدَّثَنَا آدَمُ حَدَّثَنَا شُعْبَةُ حَدَّثَنَا مُحَمَّدُ بْنُ زِيَادٍ قَالَ سَمِعْتُ أَبَا هُرَيْرَةَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ يَقُولُ قَالَ النَّبِيُّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ أَوْ قَالَ قَالَ أَبُو الْقَاسِمِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ صُومُوا لِرُؤُوسِهِ وَأَفْطِرُوا لِرُؤُوسِهِ فَإِنْ غُبِيَ (غَبِيَ-أُغْمِيَ-غَمَّ) عَلَيْكُمْ فَأَكْمِلُوا عِدَّةَ شَعْبَانَ ثَلَاثِينَ

Artinya:telah mengabarkan Adam, mengabarkan kepada kami Syu'bah: mengabarkan kepada kami Muhammad ibn Ziyad, dia berkata: saya mendengar Abu Hurairah r.a.

⁴⁰Observatorium Bosscha ITB, 2010, *Prosiding Seminar Nasional Hilal 2009, Mencari Solusi Kriteria Visibilitas Hilal dan Penyatuan Kalender Islam dalam Perspektif Sains dan syari'ah*, Bandung: Kelompok Keilmuan Astronomi dan Observatorium Bosscha FMIPA-ITB, 50.

⁴¹Al-Imam Al-Hafiz Abi 'Abd Al-Lah Muhammad Isma'il Al-Bukhari, *Shahih al-Bukhari*, (Riyadh, Bait al-Ifkar al-Dauliyah Lilnasyr wa al-Tauzi, 1997), 362.

berkata, Nabi Saw. atau Abul-Qasim Saw. (nama panggilan akrab Rasulullah saw) bersabda: “Berpuasalah (laksanakan ibadah shaum) kalian (kamu semua) bila telah melihat hilal dan ber-futhur-lah (mengakhiri shaum) jika kamu telah melihatnya (hilal). Jika terhalang (penglihatanmu terhadap hilal, karena mendung atau hujan, misalnya) maka sempurnakanlah hitungan (hari bulan) Sya’ban tiga puluh hari”.⁴²

حَدَّثَنَا يَحْيَى بْنُ يَحْيَى قَالَ: قَرَأْتُ عَلَى مَالِكٍ عَنْ نَافِعٍ عَنِ ابْنِ عُمَرَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ عَنِ النَّبِيِّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: أَنَّهُ ذَكَرَ رَمَضَانَ فَقَالَ: لَا تَصُومُوا حَتَّى تَرَوْا الْهَيْلَالَ وَلَا تُفْطِرُوا حَتَّى تَرَوْهُ فَإِنْ أُغْمِيَ عَلَيْكُمْ فَاقْدِرُوا لَهُ

Artinya:telah mengabarkan kepada kami Yahya bin Yahya, dia berkata saya bacakan kepada Malik, dari Nafi’, dari Ibn Umar r.a. dari Nabi Saw. sesungguhnya beliau membicarakan tentang ramadhan, lalu beliau bersabda: “Jangan kalian (kamu semua memulai) berpuasa (masuk tanggalawalRamadhan) sehingga kamu melihat hilal, dan janganlah kalian mengakhiri puasa (masuk tanggal awalSyawal) sehingga kamu melihatnya (hilal lagi). Jika kamu terhalang maka perhitungkanlah”.⁴³

حَدَّثَنَا يَحْيَى بْنُ يَحْيَى: أَخْبَرَنَا إِبْرَاهِيمُ بْنُ سَعْدٍ عَنِ ابْنِ شِهَابٍ عَنْ سَعِيدِ بْنِ الْمُسَيَّبِ عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ قَالَ: قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: إِذَا رَأَيْتُمُ الْهَيْلَالَ فَصُومُوا وَإِذَا رَأَيْتُمُوهُ فَافْطِرُوا فَإِنْ غَمَّ عَلَيْكُمْ فَصُومُوا ثَلَاثِينَ يَوْمًا

Artinya:Ibrahim ibn Sa’id, dari Ibn Syihab, dari Sa’id ibn Al-Musayyab, dari Abu Hurairah r.a. dia berkata, Rasulullah Saw. bersabda: “Jika kalian telah melihat hilal maka berpuasalah (masuk awalRamadhan), dan jika kalian melihatnya lagi maka berbukalah (mengakhiri puasa, masuk 1Syawal).Jika kamu terhalang (karena mendung atau hujan) maka laksanakan puasamu tiga puluh hari (disempurnakan 30 hari)”.⁴⁴

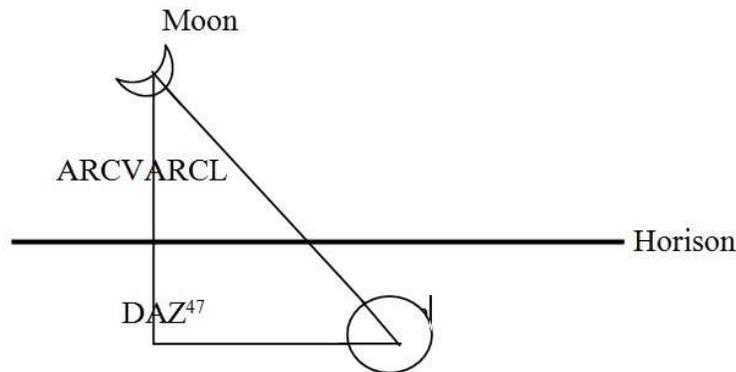
Berdasarkan hadis-hadis di atas, dijelaskan bahwa ketika kita melihat hilal di akhir bulan Sya’ban, maka kita diwajibkan puasa, dan jika kita melihat hilal di akhir Ramadhan, maka akhirilah puasa. Kalimat “melihat hilal” atau “crescent sighting” itu sangat terkait dengan kecerlangan hilal, artinya hilal bisa cerlang apabila posisi

⁴²Al-Bukhari, *Ṣaḥih al-Bukhari*..., 362

⁴³Al-Imam al-Hafiz Abd al-Hasan Muslim ibn al-Hajjaj ibn Muslim al-Qusyairi al-Nisaburi, *Ṣaḥih Muslim* (Riyadh, Bait al-Ifkar al-Dauliyah Lilnasyr wa al-Tauzi, 1998), 418.

⁴⁴Muslim, *Ṣaḥih Muslim*..., 420.

Bulan dengan Matahari (ARCV⁴⁵ dan ARCL⁴⁶) sudah memungkinkan terbentuk hilal dan memenuhi kriteria visibilitas hilal serta cahaya hilal lebih kuat daripada cahaya senja (kontras cahaya), sehingga hilal dapat diamati dari muka Bumi. Lihat gambar di bawah ini:



Dari gambar di atas dapat dijelaskan bahwa ARCL berkaitan dengan kecerlangan hilal hakiki (*brightness*), sedangkan ARCV berkaitan dengan jarak ke horizon serta peredupan cahaya senja. Dengan demikian tingkat kecerlangan hilal terhadap latar belakang langit dan kedudukan pengamat akan didapatkan, dengan syarat parameter ARCL dan ARCV nilainya terpenuhi sesuai dengan kriteria visibilitas hilal.

Umur hilal juga sangat mempengaruhi kecerlangan hilal, karena umur hilal yang sangat muda berarti lebih dekat dengan Matahari, sehingga kecerlangannya sangat sulit didapatkan karena kalah dengan cahaya senja yang dipantulkan oleh parikel atmosfer Bumi. Semakin tua jarak hilal dengan Matahari, maka semakin cerlang cahayanya, karena jauh dari gangguan cahaya senja (cahaya syafak).

Tingkat kecerlangan cahaya hilal tentunya sangat dipengaruhi oleh sudut pandang pengamat (berada pada horizon) terhadap hilal. Sudut pandang pengamat dipengaruhi oleh besarnya *azimuth*. *Azimuth* merupakan sudut rotasi dari barat ke timur dimana arah rotasi bumi sama dengan arah rotasi bulan. Perubahan *azimuth* antara hilal dan matahari, dinamakan sudut transisi. Tingkat Kecerlangan cahaya hilal terbagi menjadi dua buah kriteria. Berdasarkan fakta-fakta sudut *azimuth* mengalami sudut transisi yaitu pada saat sudut pengamat \leq sudut transisi dan pada saat sudut pengamat $>$ sudut transisi. Besarnya sudut transisi dipengaruhi oleh sudut kedalaman Matahari terhadap horizon dan sudut hilal terhadap horizon (*zenit* hilal).⁴⁷Pergerakan matahari yang semakin menjauhi horizon/ufuk akan mengakibatkan berubahnya

⁴⁵*Arc of Vision* (ARCV) yaitu beda tinggi Bulan-Matahari.

⁴⁶*Arc of Light* (ARCL) yaitu elongasi atau jarak sudut antara Bulan-Matahari.

⁴⁷Riswanto, dan Yudhiakta Pramudya, 2014, Analisis Visibilitas Bulan Baru (Hilal) dengan Hisab Melalui Prinsip Kecemerlangan Optik (*Luminosity Hilal*), Yogyakarta: Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng &

tingkat pengaruh cahaya terhadap pengamat yang semakin berkurang. Dengan demikian, maka tingkat kecerlangan hilal akan diperoleh ketika matahari berada di horizon semakin tinggi, sedangkan jika matahari semakin dekat dengan horizon, maka tingkat kecerlangan hilal akan semakin menurun.

F. Komparasi Kriteria Danjon dan Kriteria Djamaluddin

Kriteria visibilitas hilal merupakan kajian astronomi yang terus berkembang, bukan sekadar untuk keperluan penentuan awal bulan hijriyah (*lunar calendar*) bagi ummat Islam, tetapi juga merupakan tantangan saintifik bagi para pengamat hilal. Dua aspek penting yang berpengaruh, yakni: kondisi fisik hilal akibat iluminasi (pencahayaan) pada Bulan dan kondisi cahaya latar depan akibat hamburan cahaya Matahari oleh atmosfer di ufuk (horizon).⁴⁸

Dua aspek pokok yang harus dipertimbangkan terkait dengan ketampakan hilal supaya cerlang adalah aspek fisik hilal dan aspek kontras latar depan di ufuk barat. Karena kriteria ini akan digunakan sebagai kriteria hisab rukyat yang membantu menganalisis mungkin tidaknya hasil rukyat dan menjadi kriteria penentu masuknya awal Bulan pada penentuan hisab, maka kriteria harus menggunakan batas bawah.⁴⁹

Kecerlangan hilal sangat menentukan akan ketampakan hilal di kaki langit, sedangkan ketampakan hilal akan membutuhkan kriteria visibilitas hilalnya dengan berbagai parameternya supaya hilal dapat terlihat. Dalam hal ini antara Danjon dan Djamaluddin mempunyai kriteria yang berbeda terkait dengan kecerlangan hilal sebagai prasyarat terlihatnya hilal di kaki langit.

Danjon menemukan dari penelitiannya bahwa tidak ada hilal yang dapat dilihat jika jarak Bulan ke Matahari (*elongation*) kurang dari 7 (tujuh) derajat, karena panjang lengkungan (*the arc length*) hilal menjadi sama dengan nol (*zero*). Danjon menghubungkan adanya pengaruh bayangan yang diakibatkan oleh permukaan bulan yang tidak rata, tetapi berbukit dan berlembah, sehingga cahaya matahari tidak langsung terpantul ke Bumi.⁵⁰ Dengan kata lain dapat dikatakan bahwa Danjon dalam kriterianya menjelaskan tentang sebab terjadinya pemendekan tanduk sabit hilal yang disebabkan oleh sinar Matahari yang datang memancar ke permukaan Bulan terhalang oleh gunung-gunung (karena permukaan Bulan yang tidak rata berbentuk

DIY, 26 April 2014, 135. Lihat juga Fred Schaaf, *The 50 Best Sights in Astronomy and How to See Them Observing Eclipses, Bright Comets, Meteor Showers, and Other Celestial Wonders*, (Canada, John Wiley & Sons, Inc, 2007), 117.

⁴⁸Thomas Djamaluddin, 2011, *Astronomi Memberi Solusi Penyatuan Umat*, Jakarta: LAPAN 12-13. Lihat juga Odeh, 2006, "New Criterion for Lunar Crescent Visibility", *Experimental Astronomy*, Volume 18, 2006, 63; Charles J. Peterson, *Astronomy*, (New York, IDG Books Worldwide, Inc, 2000), 81.

⁴⁹Thomas Djamaluddin, 2011, *Astronomi Memberi Solusi Penyatuan Umat*, Jakarta: LAPAN, 20.

⁵⁰A. Danjon, "Le Croissant Lunaire", *L'Astronomie: Bulletin de la Société Astronomique de France*, Volume 50, 1936, 57-65.

gunung-gunung). Pemendekan tanduk sabit hilal berbeda-beda bentuknya ukurannya, tergantung pada jarak Bulan dan Matahari (elongasi). Semakin besar elongasinya maka semakin panjang pula ukuran tanduk sabit hilalnya. Sebaliknya, semakin kecil elongasinya maka semakin pendek ukuran tanduk sabit hilalnya, bahkan dapat mencapai nol (zero), artinya tanduk sabit hilal sama sekali tidak kelihatan. Tanduk sabit hilal menurut Danjon dapat terlihat apabila elongasinya >7 derajat. Sebaliknya, jika elongasinya <7 derajat, maka tanduk sabit hilal tidak dapat terlihat, bahkan hilang bayangannya.

Danjon juga mengatakan bahwa hilal tidak mungkin bisa dilihat apabila jarak sudut Bulan ke Matahari kurang dari 7 derajat. Hal ini terkait dengan batas sensitivitas mata manusia tidak bisa melihat hilal yang sangat tipis. Di samping itu juga disebabkan oleh batas kepekaan mata manusia yang tidak mungkin melihat tanduk sabit hilal yang lebih redup dari ambang batas kepekaan mata manusia.⁵¹

McNally⁵² juga mengatakan bahwa limit Danjon disebabkan akibat pengaruh dari turbulensi atmosfer (*atmospheric seeing*), sehingga hilal menjadi tidak tampak. Ukuran sudut (*angular size*) dari bulatan bulan yang terlihat itu lebih besar daripada lebar badan bulan (*crescent width*), sehingga cahaya hilal akan terpecah ke bidang yang lebih luas, sehingga intensitas cahaya (*illuminasi per-satuan luas*) menjadi menurun (*meredup*).

Djamaluddin memberikan kriteria visibilitas hilal terkait dengan kecerlangan hilal sebagai prasyarat terlihatnya hilal di kaki langit. Kriteria Djamaluddin mendasarkan pada aspek fisik hilal dan aspek kontras latar depan di ufuk barat.⁵³ Aspek fisik hilal dengan menggunakan limit Danjon yang sudah diperbaharui oleh Odeh yaitu minimal jarak sudut Bulan dan Matahari (*elongation*) yaitu 6,4 derajat, sedangkan aspek kontras latar depan di ufuk barat menggunakan batas bawah beda tinggi Bulan dan Matahari (*arc of light*) dari Ilyas, Caldwell dan Laney, serta Sudibyo yaitu minimal 4 derajat.

Djamaluddin dalam merumuskan kriteria visibilitas hilal selalu mempertimbangkan aspek-aspek pokok yang berkaitan dengan ketampakan hilal, yakni aspek fisik hilal (menggunakan elongasi Bulan dan Matahari) dan aspek kontras latar depan di ufuk barat (menggunakan beda tinggi Bulan dan Matahari). Hal itu disebabkan karena cahaya hilal sangat redup dan banyak faktor-faktor alam yang mengganggu kecerlangannya, sehingga membutuhkan sebuah kriteria visibilitas

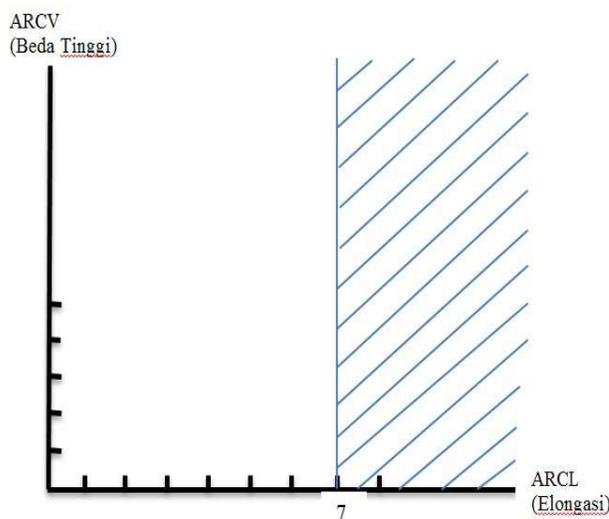
⁵¹A. Danjon, "Jeunes et Vieilles Lunes", *L'Astronomie: Bulletin de la Société Astronomique de France*, Volume 46, 1932, 57-66.

⁵²D. McNally, "The Length of the Lunar Crescent", *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, 24, 1983, 417-429.

⁵³Hasil wawancara dengan Kepala LAPAN (Prof. Dr. Thomas Djamaluddin) di Kantor LAPAN Jakarta pada tanggal 28 Januari 2016.

hilal yang memungkinkan hilal tersebut bisa tampak dengan cerlang ketika diamati dari Bumi.

Perbedaan antara kriteria Danjon dan kriteria Djamaluddin dapat dilihat dalam gambar di bawah ini:

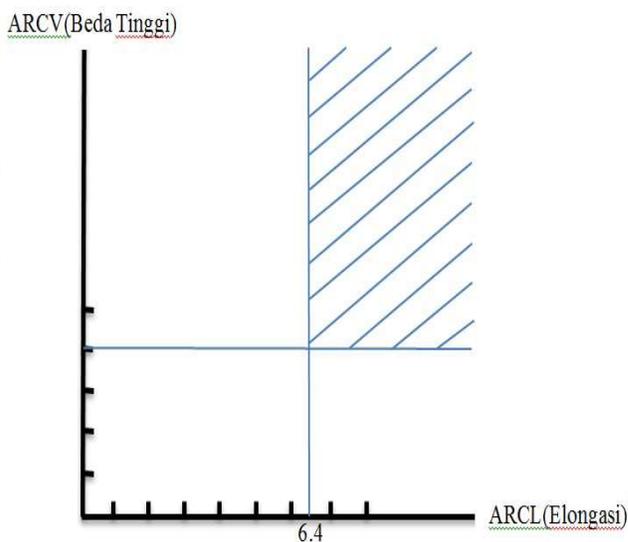


Gambar
Kriteria Visibilitas Hilal Danjon

Gambar di samping menunjukkan bahwa wilayah yang arsir adalah batas posisi ketampakan hilal, artinya hilal yang berada di wilayah yang diarsir dapat dirukyat dengan mata telanjang atau dengan bantuan teleskop, dan hilal tidak mungkin bisa dirukyat apabila posisi hilal berada di wilayah yang tidak diarsir, karena elongasinya kurang dari 7 derajat.

Gambar
Kriteria Visibilitas Hilal Djamaluddin

Gambar di samping menunjukkan bahwa wilayah yang arsir adalah batas posisi ketampakan hilal, artinya hilal yang berada di wilayah yang diarsir dapat dirukyat dengan mata telanjang atau dengan bantuan teleskop, dan hilal tidak mungkin bisa dirukyat apabila posisi hilal berada di wilayah yang tidak diarsir, karena elongasinya kurang dari 6.4 derajat dan beda tingginya kurang dari 4 derajat.



Kedua gambar kriteria tersebut di atas (kriteria Danjon dan Djamaluddin), memberikan gambar yang jelas terhadap persamaan dan perbedaan di antara keduanya. Danjon dan Djamaluddin sama-sama menggunakan batas sensitivitas mata yang tidak bisa melihat hilal yang sangat tipis, namun keduanya sama-sama menggunakan jarak sudut Bulan dan Matahari (elongasi) sebagai kriteria visibilitas hilalnya. Perbedaan antara Danjon dan Djamaluddin yang utama adalah bahwa Danjon dalam kriterianya hanya memperhitungkan elongasi Bulan dan Matahari saja

tanpa mempertimbangkan beda tinggi Bulan dan Matahari sebagai koreksi cahaya syafak, sedangkan kriteria visibilitas hilal Djamaluddin di samping memperhitungkan elongasi Bulan dan Matahari, beliau juga memperhitungkan beda tinggi Bulan dan Matahari sebagai koreksi terhadap cahaya syafak.

Elongasi Bulan dan Matahari diperhitungkan dalam kriteria visibilitas hilal karena berkaitan dengan kecerlangan hilal (tebal sabit hilal) dalam rangka untuk memperoleh fisis hilal (Bulan sabit). Sementara itu beda tinggi Bulan dan Matahari diperhitungkan dalam kriteria visibilitas hilal karena terkait dengan gangguan cahaya syafak (cahaya senja) yang disebabkan oleh hamburan cahaya Matahari oleh partikel-partikel atmosfer Bumi di ufuk barat. Hal ini dilakukan karena hilal akan terlihat apabila cahaya hilal lebih kuat daripada cahaya syafak (cahaya senja).

Dari uraian perbedaan antara Danjon dan Djamaluddin tersebut di atas, maka dapat penulis simpulkan bahwa kriteria visibilitas hilal Djamaluddin merupakan penyempurnaan dari kriteria visibilitas hilal Danjon. Kriteria Djamaluddin menambahkan beda tinggi Bulan dan Matahari yang dimasukkan ke dalam kriterianya sebagai koreksi terhadap gangguan dari cahaya syafak (cahaya senja) di ufuk barat pada saat terbenamnya Matahari. Dengan demikian menurut analisa penulis bahwa ketampakan hilal (visibilitas hilal) dipengaruhi oleh dua faktor utama yaitu kecerlangan hilal (berkaitan dengan umur hilal) dan cahaya syafak (berkaitan dengan kontras cahaya hilal).

G. Kesimpulan

Kecerlangan hilal sangat dipengaruhi oleh cahaya syafak (cahaya senja) akibat hamburan cahaya Matahari yang dipantulkan oleh partikel-partikel atmosfer Bumi. Umur hilal juga sangat mempengaruhi tingkat kecerlangan hilal. Semakin muda usia hilal, maka semakin dekat dengan Matahari, sehingga kecerlangannya menurun. Sebaliknya makin tua usia hilal, maka semakin menjauhi Matahari, sehingga kecerlangannya akan meningkat. Selain itu, tingkat kecerlangan cahaya hilal juga dipengaruhi oleh sudut pandang pengamat terhadap hilal, di manapun sudut pandang pengamat dipengaruhi oleh besarnya *azimuth*. Perubahan *azimuth* dinamakan sudut transisi. Besarnya sudut transisi dipengaruhi oleh sudut kedalaman Matahari terhadap horizon dan sudut hilal terhadap horizon.

Ketampakan hilal di kaki langit sangat dipengaruhi oleh kecerlangan hilal dan latar depan ufuk barat. Dengan demikian ketampakan hilal sangat membutuhkan kriteria visibilitas hilal sebagai parameternya. Danjon dan Djamaluddin mempunyai perbedaan kriteria terkait dengan ketampakan hilal. Danjon mengatakan bahwa hilal tidak akan bisa dilihat apabila jarak sudut (elongasi) Bulan dan Matahari kurang dari

7 derajat. Hal tersebut disebabkan batas sensitivitas mata manusia tidak bisa melihat hilal yang sangat tipis. Di sisi lain Djamaluddin mengatakan bahwa hilal bisa dilihat apabila memenuhi dua aspek, yaitu aspek fisik hilal yang parameternya menggunakan jarak sudut Bulan dan Matahari minimal 6,4 derajat. Aspek kedua yaitu kontras latar depan di ufuk barat yang parameternya menggunakan beda tinggi Bulan dan Matahari minimal 4 derajat. Oleh karena itu kriteria visibilitas hilal Djamaluddin merupakan pembaharuan dari kriteria visibilitas Danjon ke arah yang lebih sempurna untuk mendapatkan kecerlangan hilal di kaki langit pada saat tenggelamnya Matahari pada akhir bulan hijriyah.

Daftar Pustaka

- Abdali, S. Kamal, "On The Crescent's Visibility", Courtesy *Al-Ittihad*, 16, 1979, 1-6
- Admiranto, A. Gunawan, 2000, *Menjelajahi Bintang Galaksi dan Alam Semesta*, Cet. II, Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Al-Bagawi, Abu Muhammad al-Husain ibn Mas'ud, 1411 H, *Al-Mujallad al-Sadis*, Riyadh: Dar Tayyibah Linnasyr wa al-Tauzi.
- Al-Bermani, Mohammed J.F. dan Hayder H.J. Al-Baghdadi, "New Moon Dates and Coordinates", *Iraqi Journal of science*, Volume 52 Nomor 2, 2011, 237-246.
- Al-Bukhari, Al-Imam Al-Hafiz Abi 'Abd Al-Lah Muhammad Isma'il, 1997, *Sahih al-Bukhari*, Riyadh: Bait al-Ifkar al-Dauliyah Li al-Nasyr wa al-Tauzi.
- Al-Dimasyqi, Al-Imam Al-Jalil Al-Hafidz 'Imad Al-Din Abu Al-Fida' Ismail ibn Katsir, 2000, *Tafsir Al-Qur'an Al-'Adhim*, Jilid 10, Qahirah: Maktabah Aulad.
- Al-Nisaburi, Al-Imam al-Hafiz Abu al-Hasan Muslim ibn al-Hajjaj ibn Muslim al-Qusyairi, 1998, *Sahih Muslim*, Riyadh: Bait al-Ifkar al-Dauliyah Li al-Nasyr wa al-Tauzi.
- Anugraha, Rinto, 2012, *Mekanika Benda Langit*, Yogyakarta: Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Gajah Mada.
- Aris, Nur, 2014, "Tulu' Al-Hilal, Rekonstruksi Konsep Dasar Hilal", *Al-Ahkam Jurnal Pemikiran Hukum Islam*, Volume 24 Nomor 2 Oktober 2014, 263-28.
- Azhari, Susiknan, 2012, *Kalender Islam, Ke Arah Integrasi Muhammadiyah-NU*, Cet. I, Yogyakarta: Museum Astronomi Islam.
- Bashori, Muhammad Hadi, 2015, *Pengantar Ilmu Falak, Pedoman Lengkap Tentang Teori dan Praktik Hisab Arah Kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan Qamariyah dan Gerhana*, Cet. I, Jakarta: Pustaka Al-Kautsar.u

- Berry, Arthur, 1899, *A Short History of Astronomy*, New York: Charles Scribner's Sons.
- Caldwell John A.R dan C. David Laney, 2001, First Visibility of The Lunar Crescent, *African Skies/Cieux Africains*, 5 (January), 15-23.
- Danjon, Andre Louis, 1932, "Jeunes Et Vieilles Lunes", *L'Astronomie: Bulletin de la Socièté Astronomique de France*, Volume 46, 1932, 57-66.
- Danjon, Andre Louis, 1936, "Le Croissant Lunaire", *L'Astronomie: Bulletin de la Socièté Astronomique de France*, Volume 50, 1936,57-65.
- Djamaluddin, Thomas, 2005, *Menggagas Fiqih Astronomi, Telaah Hisab Rukyat dan Pencarian Solusi Perbedaan Hari Raya*, Cetakan I, Bandung: Kaki Langit.
- Djamaluddin, T, 2011, *Astronomi Memberi Solusi Penyatuan Umat*, Jakarta: LAPAN.
- Djamaluddin, Antara Limit Astronomis dan Harapan Teleskop Rukyat Tantangan Rukyatul Hilal 1 Syawal 1416 H, <http://luk.staff.ugm.ac.id/kmi/isnet/Djamal/ruk yat.html>, diakses tanggal 28 Januari 2017.
- Ebrahim, Abdurrazak, Crescent Observation and The Visibility of The Hilaal, *paper presented at the 3rd Islamic Astronomical Conference (Astronomical Applications In Islamic Shari'a, Amman, Jordan; October 20th-22nd, 2003.*
- Fatoohi, Louay F., et. al., "The Danjon Limit of First Visibility of The Lunar Crescent", *The Observatory*, 118 (April) 1998, 65-72.
- Fitriyanti, Vivit, 2012, Penerapan Ilmu Astronomi dalam Upaya Unifikasi Kalender Hijriyah di Indonesia, Makalah disampaikan pada AICIS XII di Surabaya Tanggal 5-8 November 2012.
- Fotheringham, J.K., "The Visibility of the Lunar Crescent", *The Observatory* Volume 44, Oktober 1921, 308-311.
- Grego, Peter, 2005, *The Moon and How to Observe it*, London: Springer.
- Hasanzadeh, Amir, "Study of Danjon Limit in Moon Crescent Sighting", *Astrophysics and Space Science*, Volume 339, Issue 2, Juni 2012, 211-221.
- Hogendijk, Jan P, "Three Islamic Lunar Crescent Visibility Tables", *Journal for The History of Astronomy*, Volume 19 Nomor 1 Februari 1988, 29-44.
- Ilyas, Mohammad, "The Danjon Limit of Lunar Visibility: A Re-Examination", *The Royal Astronomical Society of Canada*, 77, 1983, 214-218.
- _____, "Limb Shortening and The Limiting Elongation for The Lunar Crescent's Visibility", *Royal Astronomical Society*, 25, 1984, 421-422.

- _____, "Lunar Crescent Visibility Criterion and Islamic Calendar", *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, Volume 35, (3) 1994, 425-461.
- Kadir, 2012, *Formula Baru Ilmu Falak, Panduan Lengkap dan Praktis Hisab Arah Kiblat, Waktu-waktu Shalat, Awal Bulan dan Gerhana*, Cet. I, Jakarta: Amzah.
- Karttunen, Hannu, dkk, 2007, *Fundamental Astronomy*, 5th Edition, New York: Springer Berlin Heidelberg.
- Kementrian Agama RI, 2011, *Al-Qur'an dan Terjemahnya*, Jakarta: Dirjend Bimas Islam, Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syari'ah.
- Khazin, Muhyiddin, 2005, *Kamus Ilmu Falak*, Cet. I, Yogyakarta: Buana Pustaka.
- _____, 2008, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, Cet. III, Yogyakarta: Buana Pustaka.
- King, David A, "Ibn Yunus on Lunar Crescent Visibility", *Journal for The History of Astronomy*, Volume 19 Nomor 3, August, 1988, 155-168.
- Krauss, Rolf, "Babylonian Crescent Observation and Ptolemaic-Roman Lunar Dates", *PalArch's Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology*, 9 (5) (2012), 1-95.
- Kutner, Marc L., 2003, *Astronomy a Physical Perspective*, Second Edition, New York: Cambridge University Press.
- Meeus, Jean, 1991, *Astronomical Algorithms*, Second Edition, Virginia: Willmann-Bell, Inc
- McNally, D, 1983, The length of the lunar crescent: *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, 24, 417-429
- Moche, Dinah L., 2009, *Astronomy, A Self-Teaching Guide*, Seventh Edition, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Morison, Ian, 2008, *Introduction to Astronomy and Cosmology*, United Kingdom: A John Wiley and Sons, Ltd., Publication.
- Moulton, Forest Ray, 1916, *An Introduction to Astronomy*, New York: The Macmillan Company.
- Munawwir, Ahmad Warson, 1997, *Al-Munawwir, Kamus Arab-Indonesia*, Cetakan ke-14, Surabaya, Pustaka Progressif.
- Musonnif, Ahmad, 2011, *Ilmu Falak, Metode Hisab Awal Waktu Shalat, Arah Kiblat, Hisab Urfi dan Hisab Hakiki Awal Bulan*, Cet. I, Yogyakarta: Penerbit Teras.
- Ningsih, Rahayu, dkk, Faktor-Faktor Kecerahan Langit Senja dan Pengaruhnya terhadap Nilai Minimum Parameter-Parameter Fisis Visibilitas Hilal (*Contribution*

- of Some Factors to The Sky Twilight Brightness and Their Influences on Minimum Value of The Physical Parameters of The Lunar Crescent Visibility*), *Prosiding Seminar Nasional Sains Atmosfer dan Antariksa 2014 (SNSAA 2014) yang dilaksanakan oleh LAPAN di Bandung pada tanggal 25 November 2014*.
- Observatorium Bosscha ITB, 2010, *Prosiding Seminar Nasional Hilal 2009, Mencari Solusi Kriteria Visibilitas Hilal dan Penyatuan Kalender Islam dalam Perspektif Sains dan syari'ah*, Bandung: Kelompok Keilmuan Astronomi dan Observatorium Bosscha FMIPA-ITB.
- Odeh, Mohammad Shaukah, *New Criterion For Lunar Crescent Visibility*, *Experimental Astronomy*, 18, 2006, 39-64.
- Ozlem, Abdurrahman, *A Simplified Crescent Visibility Criterion*, , diakses tanggal 4 April 2017.
- Peterson, Charles J., 2000, *Astronomy*, New York: IDG Books Worldwide, Inc.
- Philip's, 2002, *Astronomy Encyclopedia, a Comprehensive and Authoritative A-Z Guide to The Universe*, London: Octopus Publishing Group.
- Purwanto, 2009, Purnama: Parameter Baru Penentuan Awal Bulan Qamariyah, *Lembang: Prosiding Seminar Nasional Hilal*, 31-35.
- Putri, Hasna Tuddar, *Redefinisi Hilal dalam Perspektif Fikih dan Astronomi*, *Al-Ahkam, Jurnal Pemikiran Hukum Islam*, Volume 22 Nomor 1, 2012, 101-114.
- Qureshi, Muhammad Shahid, *Computational Astronomy and The Earliest Visibility of Lunar Crescent*, *In charge & Assistant Professor Institute of Space & Planetary Astrophysics University of Karachi*, 2005,1-19.
- Raharto, Moedji, *Kalender Islam: Sebuah Kebutuhan dan Harapan*, *Prosiding Seminar Nasional Hilal 2009, Observatorium Bosscha FMIPA ITB, Lembang Jawa Barat 19 Desember 2009*.
- Sulaiman Rasjid, 1994, *Fiqh Islam*, Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Riswanto dan Yudhiakta Pramudya, 2014, *Analisis Visibilitas Bulan Baru (Hilal) dengan Hisab Melalui Prinsip Kecemerlangan Optik (Luminosity Hilal)*, Yogyakarta:Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng & DIY, 26 April 2014, 132-135.
- Roy AE dan Clarke D, tth, *Astronomy, Principles and Practice*, 4th Edition, Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia.
- Saadman Man, dkk, 2013, *Dimensi Penyelidikan Astronomi Islam*, Cet. I, Malaysia: Jabatan Fiqh dan Usul Akademi Pengajian Islam Universiti Malaya.

- Schaaf, Fred, 2007, *The 50 Best Sights in Astronomy and How to See Them Observing Eclipses, Bright Comets, Meteor Showers, and Other Celestial Wonders*, Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Sakirman, “Menelisik Metodologi Hisab-Rukyat di Indonesia”, *Hunafa, Jurnal Studia Islamika*, Volume 8 Nomor 2, Desember 2011, 341-362.
- Salimi, Muchtar, “Visibilitas Hilal Minimum: Studi Komparatif antara Kriteria Depag RI dan Astronomi”, *Jurnal Penelitian Humaniora*, Volume 6 Nomor 1, 2005, 1-13.
- Schaefer, Bradley E, “Visibility of The Lunar Crescent”, *Royal Astronomical Society*, 29, 1988, 511-523.
- _____, “Length of the Lunar Crescent”, *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, Volume 32 September 1991, 265-277.
- _____, Lunar Crescent Visibility, *Royal Astronomical Society*, 37, 1996, 759-768.
- Sultan, A.H, 2007, First Visibility of The Lunar Crescent: Beyond Danjon’s Limit, *The Observatory*, 127, 1 (February).
- Tjasyono HK, Bayong, 2015, *Ilmu Kebumian dan Antariksa*, Cet. V, Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- UPT Observatorium Bosscha ITB, 1995, *Perjalanan Mengenal Astronomi*, Bandung: Penerbit ITB.