

PENENTUAN BATAS MINIMUM PARAMETER VISIBILITAS HILAL SAAT *SUMMER SOLSTICE* DAN *WINTER SOLSTICE*

Imas Musfiroh

Himpunan Astronomi Amatir Semarang

Email: imasmusfiroh1990@gmail.com

Abstract :

Crescent visibility importantly depends on some variables such as; Sun-Crescent elongation (ArcL, arc of light), Crescent relative altitude due to Sun (ArcV, arc of vision), moon age, and moon lag (briefly Lag only). Furthermore, relative position of Sun due to ecliptic can affects Crescent position and its visibility. There is two significantly relative position of Sun i.e. Summer Solstice which happens on June 21-22, and Winter Solstice which occurs on December 21-22. In this paper, it will be discussed about what is minimum limit of Crescent visibility on those phenomena. Writer used data from 68 BMKG data (2008-2015), 295 Yallop data (1861-1992), and 36 Caldwell data (1987-2012), but they are used when Summer and Winter Solstice only. It can be concluded that the minimum limit of Crescent visibility are, $ArcL = 10^{\circ}30'00''$, $ArcV = 9^{\circ}30'00''$, moon age 20 hours 24 minutes, lag 58 minutes 48 seconds and Crescent width 0,24 arc minutes on June 26, 1987 at latitude $42^{\circ}42'00''$ South and longitude $84^{\circ}30'00''$ West, occurred 4 days after Summer solstice.

Keywords: *visibility, crescents, solstice.*

Pendahuluan

Upaya memprediksi kenampakan hilal (sabit Bulan yang terbentuk pascakonjungsi) telah dilakukan oleh para pengamat langit sejak era Babilonia hingga zaman modern. Prediksi kenampakan ini melibatkan berbagai disiplin ilmu, tidak saja astronomi posisi, melainkan juga optika, meteorologi, dan fisiologi.¹ Optika berkaitan dengan proses perambatan cahaya dari sumber di luar atmosfer hingga tiba di detektor di permukaan

¹Hoffman, R.E. Observing the New Moon. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 2003, 340: 1039 – 1051.

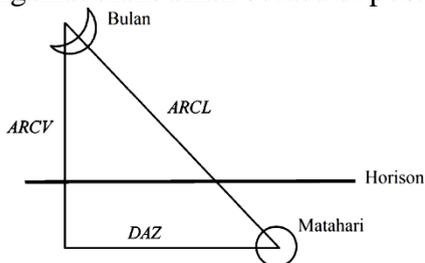
Bumi, meteorologi berperan dalam menyediakan informasi dinamika atmosfer lokal yang direpresentasikan ke dalam parameter temperatur, kelembaban, dan tekanan udara serta kandungan aerosol yang berkenaan dengan kadar transparansi atmosfer setempat. Sementara itu fisiologi berhubungan dengan bagaimana detektor, dalam hal ini mata manusia, merespon informasi berupa foton yang tiba dari sumber. Pada saat ini dapat dijumpai beragam kriteria visibilitas atau kenampakan hilal, namun tidak ada kriteria yang berlaku universal untuk seluruh lintang geografis.² Berdasarkan hal tersebut, untuk menyatukan kriteria-kriteria visibilitas Hilal yang ada saat ini, baik di Indonesia dan juga mancanegara, diperlukan basis ilmiah yang kuat. Basis ilmiah yang kuat menurut Moh. Ilyas dapat didekati dengan dua pendekatan, yang salah satunya adalah dilakukannya pengamatan Hilal secara berkesinambungan untuk selanjutnya dianalisis secara astronomis.³ Untuk melakukan hal tersebut maka penting untuk mengetahui kembali makna hilal yang sesungguhnya.

Dari sudut pandang pengamatan astronomi, pengertian Hilal dapat dikarakterisasi dengan lima elemen berikut, yaitu Daz, ArcV, ArcL, Age, dan Lag. Daz atau *Delta Azimuth* adalah selisih azimuth antara Hilal dan Matahari. ArcV yang disebut juga dengan *Arc of Vision* adalah selisih ketinggian antara Hilal dan Matahari. Jarak sudut antara Hilal dan Matahari dikenal dengan elongasi atau *Arc of Light* (ArcL). Secara skematis ketiganya diilustrasikan pada Gambar 1 dan satuan ketiganya dinyatakan dalam besaran sudut. Adapun umur Hilal atau Age adalah waktu yang dihitung sejak terjadinya konjungsi hingga Matahari terbenam saat pengamatan Hilal muda dilakukan atau sejak terjadinya Matahari terbit hingga konjungsi. Untuk Hilal tua, Age dinyatakan dalam satuan jam. Lag sendiri adalah selisih antara waktu terbenam/terbit Hilal dan Matahari serta dinyatakan dalam satuan menit. Kelima elemen ini dinyatakan pada kondisi toposentrik, yaitu pengamat berada di

²Hoffman, R.E. Observing the New Moon. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 2003, 340: 1039 – 1051.

³Ilyas, M. 1984. *A Modern Guide to Astronomical Calculations of Islamic Calendar, Times and Qibla*. Berita, Kuala Lumpur.

permukaan Bumi.⁴ Adapun konjungsi dinyatakan pada kondisi geosentrik, yaitu pengamat diandaikan berada di pusat Bumi.



Gambar 1 Skema Posisi Hilal dan Matahari

Solstice atau titik balik musim berpengaruh terhadap visibilitas hilal, hal ini dikarenakan Matahari berada pada posisi paling maksimum. Sehingga ketika simpul (*node*) orbit Bulan dekat dengan ekuinoks semi dan ekuinoks musim gugur, deklinasi Bulan akan mencapai nilai maksimum dan minimum $+28,5^\circ$ dan $-28,5^\circ$, sedangkan ketika simpul (*node*) orbit Bulan dekat dengan *summersolstice* dan *wintersolstice*, deklinasi Bulan akan mencapai nilai maksimum dan minimum $+18,5^\circ$ dan $-18,5^\circ$ ⁵. Ini artinya, elongasi Hilal-Matahari ketika *solstice* akan bernilai maksimum. Pola keteraturan ini akan mengurangi kompleksitas masalah yang dihadapi ketika melakukan *ru'yatal-hilal* atau pengamatan bulan baru pada awal bulan kamariah.

Fokus penelitian ini lebih kepada mencari batas parameter minimum yang digunakan dalam visibilitas hilal, sebagaimana kriteria MABIMS yang dapat dipandang sebagai kriteria untuk menjembatani perbedaan kriteria yang ada di Indonesia, yang didasarkan oleh rekor minimum keterlihatan hilal.⁶ Metode

⁴ Odeh, M. Sh. 2004. New Criterion for Lunar Crescent Visibility. *Experimental Astronomy* 18: 39–64.

⁵ MoedjiRaharto. 2016. *A Study of Metonic Cycle on Hilal Visibility*. Research Group on Astronomy, Faculty of Mathematics and natural Sciences, Bandung Institute of Technology.

⁶ Isi kriteria MABIMS ini adalah ketika Matahari terbenam, salah satu syarat berikut harus terpenuhi, yaitu pertama, ketinggian Bulan di atas horison lebih dari 2° dan jarak sudut Bulan–Matahari lebih dari 3° ; atau kedua, umur Bulan lebih dari 8 jam terhitung sejak terjadinya konjungsi, yaitu ketika bujur ekliptika Matahari dan Bulan sama. Dasar kriteria ini adalah hasil pengamatan Hilal pada 29 Juni 1984 untuk menentukan awal Syawal 1404 H. Menurut Thomas Djamaluddin (2001) hasil pengamatan tersebut dianggap kontroversial mengingat tidak jauh dari posisi Bulan ada Venus dan Merkurius, yang mungkin

penelitian berupa studi kepustakaan menggunakan data yang bersumber dari laporan keberhasilan mengamati hilal di antaranya: 68 data BMKG (2008-2015), 295 data Yallop (1861-1992), 36 data Caldwell (1987-2012) dan 104 data kompilasi rukyatul hilal di Indonesia (1962-2010), keempat data ini mewakili tiga tempat yang secara umum digolongkan sebagai: Tropis ($23,5^{\circ}$ LU sampai dengan $23,5^{\circ}$ LS), Subtropis ($23,5^{\circ}$ LU sampai dengan 45° LU dan $23,5^{\circ}$ LS sampai dengan 45° LS) serta Lintang Tinggi atau beriklim sedang (45° LU sampai dengan $66,5^{\circ}$ LU dan 45° LS sampai dengan $66,5^{\circ}$ LS). Tidak semua data digunakan dalam analisis dikarenakan penulis hanya membatasi visibilitas hilal terjadi sekitar dekat *summersolstice* dan *wintersolstice* dengan rentang empat hari sebelum dan empat hari setelah *summersolstice* dan *wintersolstice*, sehingga hanya diperoleh 1 data dari BMKG, 19 data dari Yallop, 3 data dari Caldwell dan 3 data dari kompilasi rukyatul hilal di Indonesia dengan total keseluruhan data adalah 26 data. Analisis yang digunakan sendiri adalah analisis kualitatif yang sebelumnya telah dilakukan kategorisasi dan reduksi data, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya dan dari berbagai data yang telah dihimpun, akan dibandingkan dan dicari nilai minimumnya untuk setiap parameter visibilitas hilal yang telah diterangkan sebelumnya di atas.

Visibilitas Hilal, Kriteria dan Problematika dalam Penentuan Awal Bulan Kamariah

Visibilitas hilal adalah kondisi terlihatnya bulan sabit muda untuk pertama kali ketika Matahari terbenam beberapa saat setelah ijtimak. Kriteria visibilitas hilal senantiasa berkembang sesuai dengan kajian astronomis dari data-data observasi yang telah ada, bukan hanya sebagai validasi dalam penentuan awal bulan kamariah (*lunarcalendar*) bagi umat Islam, tetapi juga dapat menjawab tantangan keilmiah para pengamat hilal di seluruh dunia. Kriteria visibilitas hilal dapat dibagi menjadi dua yakni: kriteria visibilitas empiris berdasarkan pada elemen posisi Bulan

saja dapat mengecoh pengamat sehingga salah satunya dianggap pengamat sebagai Hilal. Akibat dasar ilmiahnya yang kontroversial tersebut, hingga saat ini Muhammadiyah belum mau menerima kriteria MABIMS. Padahal, jika ditinjau dari sudut pandang astronomi, dasar ilmiah kriteria *wujudul hilal* pun sebenarnya kurang kuat.

dan Matahari seperti ketinggian hilal, elongasi, selisih azimut dan lain sebagainya, dan kriteria visibilitas fisis berdasarkan pada sifat fisik Bulan seperti fase Bulan, lebar hilal, magnitudo, kecerlangan, kontras dan lain sebagainya. Namun, dua aspek penting yang berpengaruh dalam menentukan kriteria visibilitas hilal di antaranya: kondisi fisik hilal akibat iluminasi (pencahayaan) pada bulan dan kondisi cahaya latar depan akibat hamburan cahaya Matahari oleh atmosfer di ufuk (horizon).⁷

Kondisi iluminasi bulan sebagai prasyarat terlihatnya hilal pertama kali diperoleh Danjon⁸ yang berdasarkan ekstrapolasi data pengamatan menyatakan bahwa pada jarak Bulan-Mataharikurang dari 7° hilal tak mungkin terlihat. Batas 7° tersebut dikenal sebagai limit Danjon.⁹ Dengan model, Schaefer menunjukkan bahwa limit Danjon disebabkan karena batas sensitivitas mata manusia yang tidak bisa melihat cahaya hilal yang sangat tipis. Schaefer juga menunjukkan bahwa kecerlangan total sabit hilal akan semakin berkurang dengan makin dekatnya Bulan ke Matahari.¹⁰

Hingga saat ini ada beberapa kriteria visibilitas hilal yang dikenal di dunia internasional, di antaranya:

1. Kriteria Lama

Kriteria visibilitas terdahulu telah dilakukan oleh bangsa Babilonia yang selanjutnya dikenal dengan kriteria Babilonia. Kriteria Babilonia cukup sederhana, kriteria ini menetapkan bahwa rukyat itu kemungkinan berhasil apabila umur Bulan saat terbenamnya Matahari lebih dari 24 jam dengan elongasiHilal-Matahari $\geq 12^\circ$ yang dapat diterjemahkan sebagai Bulan

⁷Thomas Djamaluddin, *Faktor Penting dalam Penentuan Kriteria Hisab Rukyat*, makalah disampaikan dalam acara *Prosiding Seminar Nasional Hilal 2009 : Mencari Solusi Kriteria Visibilitas Hilal dan penyatuan Kalender Islam dalam Perspektif Sains dan Syariah*, yang diselenggarakan oleh ITB, Masjid Salman ITB, dan Ikatan Alumni ITB pada 19 Desember 2009 di observatorium Bosscha Lembang.

⁸Bradley E. Schaefer, *Length of theLunar Crescent*, *QuarterlyJournal of the Royal AstronomySociety*. 1991. hal. 265.

⁹Lihat *al-FarqBainal-HilalwaTawalludal-Hilal*(M. Shaukat ‘Audah, 2006), *Mengenal Lebih Lanjut Kriteria Visibilitas Hilaal Indonesia* (Ma’rufin Sudibyo, dkk., 2011) hal. 3 dan *Kalender Hijriah bisa Memberi Kepastian Setara dengan Kalender Masehi* (Thomas Djamaludin, 2011).

¹⁰Bradley E. Schaefer, *Length of theLunar Crescent*, *QuarterlyJournal of the Royal AstronomySociety*. 1991. hal. 270.

terbenam (*Moonset*) setelah 48 menit dari terbenamnya Matahari (Sunset).¹¹ Hal ini setara dengan kriteria al-Battani dan al-Farghani dengan syarat hilal akan terlihat jika $\text{elongasiHilal-Matahari} < 12^\circ$ karena setiap perjalanan 1° , Matahari relatif bergerak terhadap Bumi selama 4 menit. Dalam kriteria lama lainnya, Al-Battani juga pernah mengusulkan kemungkinan hilal bisa dirukyat apabila kerendahan Matahari saat terbenamnya Bulan adalah antara 8° sampai 10° di bawah ufuk. Ketiganya belum termasuk ke dalam kriteria yang akurat karena menurut 'Audah, data hasil rukyat yang dimilikinya tidak mendukung kriteria ini.

2. Kriteria Fotheringham-Maunders

Kriteria ini dibangun oleh Fotheringham pada tahun 1910 dengan memanfaatkan 72 data visibilitas positif yang diperoleh Schmidt di Athena, Yunani. Schmidt melaksanakan observasi hilal selama 20 tahun, mulai tahun 1859 hingga 1877. Hasilnya kriteria visibilitas dibangun dengan basis DAz dan ketinggian hilal toposentrik, mengikuti langkah al-Battani berabad sebelumnya.¹² Kemudian pada tahun 1911, Maunders memperbaiki model Fotheringham dengan menambahkan data observasi baru dan melakukan koreksi data Schmidt, sehingga terbentuk kriteria Fotheringham-Maunders dengan rumus:

$$h \geq -0,01DAz^2 - 0,05DAz + 11$$

Kriteria ini merupakan tonggak kriteria visibilitas modern, yang mampu mencakup kriteria Babilonia bagi garis lintang $23^\circ LU$. Meskipun kriteria ini tidak benar-benar direalisasikan guna penyusunan kalender Hijriah hingga delapan dekade setelahnya, namun pada dasarnya kriteria ini bisa diaplikasikan untuk kawasan yang lebih luas (kriteria regional) dan tidak

¹¹ Muh. Ma'rufin Sudibyo, dkk, "Observasi Hilal 1427-1430 H (2007-2009 M) dan Implikasinya untuk Kriteria visibilitas di Indonesia", makalah disampaikan acara *Prosiding Seminar Nasional Hilal 2009 : Mencari Solusi Kriteria Visibilitas Hilal dan penyatuan Kalender Islam dalam Perspektif Sains dan Syariah* yang diselenggarakan oleh ITB, Masjid Salman ITB, dan Ikatan Alumni ITB pada 19 Desember 2009 di observatorium Bosscha Lembang.

¹² M. Ilyas, *Lunar Crescent Visibility Criterion and Islamic Calendar*, Quarterly Journal of the Royal Astronomy Society. 1994. hal. 436.

terbatas dalam lingkup tertentu saja (kriteria lokal) sebagaimana halnya kriteria Babilonia.¹³

3. Kriteria Bruin

Kriteria ini dikemukakan oleh F. Bruin pada tahun 1977 yang memperkenalkan metode teoretis modern guna menyusun kriteria visibilitas fisis yang mengandung variabel lebar hilal (W) dan ketinggian toposentrik hilal (a_D), mengikuti langkah al-Biruni berabad sebelumnya.¹⁴ Meski kriteria ini masih banyak kekurangan dan belum begitu sempurna, namun kriteria Bruin dapat menjadi landasan dalam mengembangkan kriteria visibilitas modern yang lebih baik setelahnya. Untuk kasus selisih azimut (DAz) $< 20^\circ$, kriteria Bruin dapat dialihragamkan ke dalam bentuk: $h \geq -0,03DAz^2 + 0,14DAz + 10,136$

4. Kriteria Ilyas

Kriteria Ilyas merupakan pengembangan dari kriteria Bruin dengan mengubah nilai lebar hilal yang semua 0,5 menjadi 0,25 menit busur. Ilyas menemukan jika perubahan tersebut diterapkan, maka nilai a_L (ketinggian hilal geosentrik) minimum kriteria Bruin akan bersesuaian dengan a_L minimum kriteria Maunder yakni 11° .¹⁵ Selain itu, Ilyas mengatakan bahwa jarak sudut Bulan-Matahari haruslah mencapai 10.5° pada beda azimut 0° agar hilal dapat terlihat.¹⁶ Menurut ‘Audah, kriteria tersebut hanya memperhitungkan visibilitas hilal dengan mata

¹³ Muh. Ma’rufin Sudiby, “Bulan di Kaki Langit, Observasi Hilal Indonesia dan Signifikansinya dalam Pembentukan Kriteria Visibilitas Nasional dan Regional” dalam *Penyatuan Kalender Hijriah (Sebuah Upaya Pencarian Kriteria Hilal yang Objektif Ilmiah)*, Kumpulan Papers Lokakarya Internasional Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang. 2004. h. 191.

¹⁴ Muh. Ma’rufin Sudiby, “Bulan di Kaki Langit, Observasi Hilal Indonesia dan Signifikansinya dalam Pembentukan Kriteria Visibilitas Nasional dan Regional” dalam *Penyatuan Kalender Hijriah (Sebuah Upaya Pencarian Kriteria Hilal yang Objektif Ilmiah)*, Kumpulan Papers Lokakarya Internasional Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang. 2004. h. 191.

¹⁵ Muh. Ma’rufin Sudiby, “Bulan di Kaki Langit, Observasi Hilal Indonesia dan Signifikansinya dalam Pembentukan Kriteria Visibilitas Nasional dan Regional” dalam *Penyatuan Kalender Hijriah (Sebuah Upaya Pencarian Kriteria Hilal yang Objektif Ilmiah)*, Kumpulan Papers Lokakarya Internasional Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang. 2004. h. 192.

¹⁶ Mohammad Ilyas, *Kalender Islam dalam Perspektif Astronomi*, (Kuala Lumpur : Dewan Bahasa dan Pustaka), 1997, h. 46.

telanjang saja dan tidak bisa dipakai apabila pengamatan dilakukan dengan menggunakan teleskop.¹⁷

5. Kriteria SAAO (*The South African Astronomical Observatory*)

Kriteria SAAO merupakan pengembangan dari kriteria Ilyas yang dianggap cukup akurat dengan menggunakan 42 data observasi hilal yang dilakukan oleh SAAO. Kriteria ini menggunakan ketinggian toposentrik hilal dan beda azimuth Hilal-Matahari dalam menentukan visibilitas hilal. Kriteria ini juga dapat mengakomodasi pengamatan dengan menggunakan alat optik, seperti teleskop. Berikut ini tabel kriteria SAAO:

Beda Azimuth Bulan Matahari	Rukhyat tidak mungkin (walau dengan Teleskop) bila tinggi Hilal kurang dari	Rukyat dengan mata telanjang kemungkinan kecil berhasil bila tinggi hilal kurang dari
0°	6.3°	8.2°
5°	5.9°	7.8°
10°	4.9°	6.8°
15°	3.8°	5.7°
20°	2.6°	4.5°

6. Kriteria Yallop

Kriteria Yallop adalah kriteria yang disusun dari 295 hasil pengamatan yang dilakukan oleh Bradley Schaefer dan membentuk ulang kriteria Bruin. Kriteria ini menggunakan ketinggian relatif geosentris hilal dan lebar hilal toposentrik dalam menentukan visibilitas hilal. Visibilitas hilal dapat dibagi ke dalam beberapa kondisi sebagai berikut:¹⁸

- Hanya mungkin dilihat dengan teropong saja

¹⁷ Mohammad Syaukat ‘Audah, “New Criterion for Lunar Crescent Visibility” dalam Nidh Guessoum & Mohammad Odeh (eds), *Application of Astronomical Calculation to Islamic Issues*, Abu Dhabi : Markaza l-Mathi’ wa l-Buhuts, 2007, h. 19.

¹⁸ Muh. Nashirudin, “Menelusuri Pemikiran Muhammad Syaukat Odeh” makalah disampaikan dalam acara *Prosiding Seminar Nasional Hilal 2009 : Mencari Solusi Kriteria Visibilitas Hilal dan penyatuan Kalender Islam dalam Perspektif Sains dan Syariah*, yang diselenggarakan oleh ITB, Masjid Salman ITB, dan Ikatan Alumni ITB pada 19 Desember 2009 di observatorium Bosscha Lembang.

- Bisa menggunakan teropong
- Bisa dengan mata telanjang apabila udara bersih
- Mudah dilihat dengan mata telanjang

Parameter uji visibilitas q diperoleh berdasarkan metode Indian dan dihitung pada waktu terbaik ($= 4/9 \text{ moonlag}$) dari persamaan berikut :

$$q = (ARCV - (11,8371 - 6,3226 W' + 0,7319 W'^2 - 0,1018 W'^3)) / 10$$

Dimana W' adalah lebar toposentrik hilal, dan q disusun sedemikian rupa dengan cara membaginya dengan 10 agar nilai q berada dalam rentang -1 sampai $+1$.

Nilai q telah dihitung untuk 295 pengamatan. Rentang nilai q -test telah ditera secara empirik dengan membandingkan kode visibilitas Schaefer yang digunakan untuk 295 data pengamatan dengan kode serupa yang diturunkan dari nilai q yang telah dihitung. Telah cukup ditemukan juga untuk penggunaan argumentasi teoretis dalam menentukan batas-batas nilai q .¹⁹

Kriteria	Rentang	Keterangan	Visibilitas	Kode
(A)	$q > +0.216$	Mudah terlihat	$(ARCL \geq 12^\circ)$	V
(B)	$+0.216 \geq q > -0.014$	Terlihat dalam kondisi sempurna		V(V)
(C)	$-0.014 \geq q > -0.160$	Mungkin membutuhkan alat bantu optik untuk menemukan hilal		V(F)
(D)	$-0.160 \geq q > -0.232$	Akan membutuhkan alat bantu optik untuk menemukan hilal		I(V)
(E)	$-0.232 \geq q > -0.293$	Tidak terlihat menggunakan teleskop	$ARCL \leq 8.5^\circ$	I(I)
(F)	$-0.293 \geq q$	Tidak terlihat, di bawah limit Danjon	$ARCL \leq 8^\circ$	I

7. Kriteria 'Audah

¹⁹ Yallop, B.D. *A Method of Predicting the First Sighting of the New Crescent Moon. Technical Note*. No. 69. HM Nautical Almanac Office, Royal Greenwich Observatory, Cambridge, UK. NAO. 1998.

Kriteria visibilitas hilal ini disusun oleh Mohammad Syaukat ‘Audah dengan menggabungkan 737 data observasi dari berbagai data observasi di antaranya:²⁰

- 294 data observasi BradleySchaefer (Amerika Serikat)
- 6 data observasi Jim Stamm (Amerika Serikat)
- 42 data observasi SAAO
- 57 data observasi AlirezaMehrani (Iran)
- 15 data observasi MohsenMirsaid (Iran), dan
- 323 data observasi ICOP (*Islamic Crescent Observation Project*) sejak 1998.

‘Audah menggunakan parameter berupa ketinggian hilal toposentrik dan lebar hilal toposentrik dalam kriteria tersebut.²¹ Dalam kriteria baru yang ditawarkannya, ‘Audah membagi visibilitas hilal ke dalam beberapa zona:²²

- Zona A ($ARCV > ARCV3$) : Hilal mudah dilihat dengan mata telanjang.
- Zona B ($ARCV > ARCV2$) : Hilal mudah dilihat dengan alat optik dan mungkin dengan mata telanjang dalam cuaca yang bersih.
- Zona C ($ARCV > ARCV1$) : Hilal hanya dapat dilihat dengan alat optik.
- Zona D ($ARCV < ARCV1$) : Hilal tidak mungkin dilihat walaupun dengan alat optik.

Tabel selengkapnya adalah sebagai berikut:

²⁰ Muh. Ma’rufin Sudibyo, “Bulan di Kaki Langit, Observasi Hilal Indonesia dan Signifikansinya dalam Pembentukan Kriteria Visibilitas Nasional dan Regional” dalam *Penyatuan Kalender Hijriah (Sebuah Upaya Pencarian Kriteria Hilal yang Objektif Ilmiah)*, Kumpulan Papers Lokakarya Internasional Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang, 2004. h. 194

²¹ Mohammad Syaukat ‘Audah, “New Criterion for Lunar Crescent Visibility” dalam Nidh Guessoum & Mohammad Odeh (eds), *Application of Astronomical Calculation to Islamic Issues*, Abu Dhabi : Markazal-Mathi’ waal-Buhuts, 2007, h. 19.

²² Mohammad Syaukat ‘Audah, “New Criterion for Lunar Crescent Visibility” dalam Nidh Guessoum & Mohammad Odeh (eds), *Application of Astronomical Calculation to Islamic Issues*, Abu Dhabi : Markazal-Mathi’ waal-Buhuts, 2007, h. 20.

W	0.1°	0.2°	0.3°	0.4°	0.5°	0.6°	0.7°	0.8°	0.9°
ARCV1	5.6°	5.0°	4.4°	3.8°	3.2°	2.7°	2.1°	1.6°	1.0°
ARCV2	8.5°	7.9°	7.3°	6.7°	6.2°	5.6°	5.1°	4.5°	4.0°
ARCV3	12.2°	11.6°	11.0°	10.4°	9.8°	9.3°	8.7°	8.2°	7.6°

Dari tabel di atas dapat dibaca bahwa hilal mudah dilihat dengan mata telanjang apabila lebar hilal 0.1' dan busur rukyatnya minimal 12.2°, atau apabila lebar hilal 0.2' maka busur rukyat minimalnya adalah 11.6°. Jika lebar hilalnya 0.9', maka busur rukyat minimalnya adalah 7.6°. Hilal mudah dilihat dengan optik dan mungkin bisa dilihat dengan mata telanjang dalam cuaca yang bersih apabila lebar hilal 0.1' dan busur rukyat minimalnya adalah 8.5°. Apabila lebar hilalnya 0.2', maka busur rukyat minimalnya adalah 7.9° dan jika lebar hilalnya adalah 0.9', maka busur rukyat minimalnya adalah 4.0°. Hilal hanya dapat dilihat dengan alat optik dengan lebar hilal 0.1' bila busur rukyat minimalnya adalah 5.6°. Bila lebar hilalnya 0.2', maka busur rukyatnya minimal adalah 5.0° dan jika lebar hilalnya adalah 0.9', maka busur rukyatnya minimal adalah 1.0°. Hilal tidak mungkin dilihat walaupun dengan alat optik dengan lebar hilal 0.1' bila busur rukyatnya kurang dari 5.6°. Selanjutnya untuk memprediksi visibilitas hilal dengan kriteria tersebut 'Audah membuat sebuah rumus sebagai berikut :

$$V = \text{ARCV} - (-0.1018 W^3 + 0.7319 W^2 - 6.3226W + 7.1651)$$

Kaitan nilai V dengan pembagian zona yang dilakukan oleh 'Audah adalah sebagai berikut:

- Zona A, Jika $V > 5.65$ maka hilal mungkin dilihat dengan mata telanjang.
- Zona B, Jika $2 < V < 5.65$ maka hilal mudah dilihat dengan menggunakan alat optik dan mungkin dengan mata telanjang dalam cuaca yang bersih.
- Zona C, Jika $-0.96 < V < 2$ maka hilal hanya dapat dilihat dengan alat optik.
- Zona D, Jika $V < -0.96$, maka hilal tidak terlihat

Kriteria visibilitas hilal 'Audah ini dituangkan dalam sebuah program yang diberi nama *al-mawaqital-*

daqiqah/accuratetimes. Program ini dibuat ‘Audah berdasarkan algoritma VSOP82 dari Perancis untuk menghitung posisi Matahari, dan ELP-2000-85 yang juga berasal dari Perancis untuk menghitung posisi Bulan. Akurasi VSOP82 cukup tinggi di mana aplikasi ini mampu menghitung untuk jangka waktu 1900-2100 dengan selisih hanya mencapai 0,005 detik busur. Sementara untuk tahun sebelumnya sampai tahun 2000 SM dan tahun setelahnya sampai tahun 6000 M, selisih mencapai satu detik busur. Sedangkan ELP-2000-85 dapat melakukan perhitungan astronomis antara tahun 1900-2100 dengan selisih hanya 1,44 detik busur. Semenetera untuk menghitung tahun sebelumnya sampai tahun 500 SM dan tahun setelahnya hingga tahun 3500 M dengan selisih hanya 2.8 menit busur.²³

8. Kriteria di Indonesia

Adapun kriteria-kriteria yang dijadikan pedoman dalam penentuan awal bulan di Indonesia di antaranya: Kriteria *Rukyatal-Hilāl*, Kriteria *Hisab Imkanar-Rukyat (Visibilitas Hilal)*, Kriteria *Hisab Wujud al-Hilāl* dan Kriteria Kalender Hijriah Global. Berdasarkan data rukyat di Indonesia sejak tahun 1960-an, ahli hisab di Indonesia pada awal 1990-an memformulasikan kriteria *Imkanar-Rukyat* sebagaimana yang telah dijelaskan di pendahuluan. Kriteria tersebut kemudian diterima di tingkat regional dan forum MABIMS (Menteri-menteri Agama Brunei Darussalam, Indonesia, Malaysia, dan Singapura). Ormas-ormas Islam dalam kelompok Temu Kerja Badan Hisab Rukyat menyepakati penggunaan kriteria tersebut dalam pembuatan kalender hijriah di Indonesia (Taqwim Standar). Pemerintah dalam hal ini melalui Menteri Agama memiliki otoritas dan wewenang dalam menetapkan awal puasa dan hari raya dalam sidang isbat yang dilaksanakan setiap tahunnya. Selain itu, pemerintah juga melalui Ditjen Bimas Islam membentuk suatu lembaga, yakni Badan Hisab Rukyat (BHR) yang bertugas melakukan pengkajian, penelitian dan pengembangan hal-hal yang berkaitan dengan hisab-rukyat dan pelaksanaan ibadah (arah kiblat, waktu shalat, awal bulan, waktu gerhana bulan dan Matahari). Pemerintah sebagai pemegang

²³ Anwar, Syamsul, *Hari Raya dan Problematika Hisab Rukyat*, (Yogyakarta: Suara Muhammadiyah), cet. I, 2008. h. 19.

otoritas tertinggi dalam membuat keputusan dan menetapkan awal bulan hendaknya benar-benar dijadikan pedoman dan menjadi solusi bagi umat Islam di tanah air. Kewajiban mematuhi pemerintah juga merupakan sebuah keharusan dalam menyelesaikan masalah perbedaan dan pertentangan yang ada, di mana keputusan pemerintah itu bersifat mengikat (wajib dipatuhi) guna menghilangkan perbedaan pendapat.²⁴ Hal ini untuk mewujudkan kemaslahatan, menjaga *ukhūwah* dan menciptakan ketenangan dalam beribadah. Dengan demikian, pemerintah dalam hal ini memiliki otoritas untuk memutuskan hal tersebut. Dengan adanya persatuan, maka diharapkan akan terwujudnya sistem kalender yang mapan bagi umat Islam dan memiliki kepastian waktu dalam pelaksanaannya, tidak hanya untuk kepentingan ibadah saja akan tetapi dapat dijadikan pedoman dalam melakukan aktifitas sehari-hari sebagaimana halnya kalender masehi.

Titik Balik Musim (*Solstice*) dan Kaitannya dengan Visibilitas Hilal

Perjalanan harian Matahari yang terbit dari Timur dan terbenam di Barat pada hakikatnya bukanlah gerak yang sebenarnya, melainkan disebabkan oleh perputaran Bumi pada sumbunya (rotasi) selama sehari semalam, sehingga perjalanan Matahari yang seperti itu disebut perjalanan semu Matahari. Ketika Matahari di khatulistiwa lama siang dan malam hari sama yaitu 12 jam, sedangkan di daerah lain lama siang dan malam tidak sama, tergantung posisi Matahari dan letak geografis suatu tempat. Namun terbit dan terbenamnya Matahari tidak benar-benar tepat di Barat maupun Timur arah mata angin karena selain Matahari mengalami gerak semu harian dari Timur ke Barat, Matahari juga mengalami gerak semu dari Utara ke Selatan dan kembali ke Utara.

Menurut McNamee, Matahari terlihat bergerak di langit dari Utara ke Selatan terhadap ekuator. Sekitar 20 Maret, Matahari menaik ke arah Utara hingga sekitar tanggal 21 Juni, Matahari mencapai *apex* pada titik balik musim panas (*Tropic of Cancer* atau *SummerSolstice*). Penanggalan musim diawali oleh Ekuinoks Semi

²⁴Kemenag RI, *Tinjauan Hukum Islam Terhadap Penetapan Awal Bulan Ramadhan, Syawal dan Dzulhijjah*, makalah seminar sehari tentang Penetapan Awal Ramadhan, Syawal, dan Dzulhijjah, Jakarta: Kemenag RI, 2004, h. 146.

(*SpringEquinox*) ketika siang dan malam *nox*, dalam bahasa Latin memiliki durasi yang kurang lebih sama.²⁵ Tjasyono menambahkan bahwa sebenarnya lamanya siang lebih dari 12 jam karena sinar Matahari mengalami refraksi oleh atmosfer sehingga Matahari tampak seperti di horizon ketika Matahari berada sedikit di bawah horizon.²⁶ Siang hari diperpanjang oleh senja akibat hamburan sinar Matahari pada bagian atas atmosfer bagi pengamat di Bumi tetap mendapat sinar setelah Matahari terbenam.²⁷ Kedua adalah Titik Balik Musim Panas (*SummerSolstice*), kata yang terakhir yakni *solstice* berasal dari bahasa Latin, *sol* yang berarti “Matahari”, dan *sistere* yang berarti “menahan posisi” atau “diam”. Jadi, Matahari terlihat “menggantung” di langit di sekeliling cakrawala. Sumber cahaya yang tak pernah habis ketika musim panas ini berada pada posisi paling tinggi di belahan Bumi Utara.²⁸

1. Gerak Harian (Gerak Semu Matahari)

Perjalanan harian Matahari yang terbit dari Timur dan tenggelam di Barat bukanlah gerak Matahari yang sebenarnya, melainkan disebabkan oleh perputaran Bumi pada porosnya selama sehari semalam, sehingga perjalanan Matahari arah Timur-Barat disebut perjalanan semu Matahari. Perjalanan semu Matahari dan juga benda-benda langit lainnya senantiasa sejajar dengan ekuator langit.²⁹ Selain Bumi berputar pada porosnya yang menyebabkan seolah-olah Matahari terbit di ufuk Timur dan terbenam di ufuk Barat, Bumi juga mengitari Matahari, dalam waktu satu tahun (365,2422 hari) untuk satu kali putaran. Jalur perjalanan tahunan Matahari itu tidak berimpit dengan

²⁵ Gregory [McNamee](#), *Solstice vs. Equinox*, **The Virginia Quarterly Review; Charlottesville** Vol. 90, Iss. 3, (Summer 2014), h. 215.

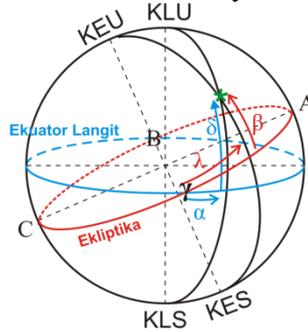
²⁶Tjasyono, B., *Ilmu KeBumian dan antariksa* (Bandung: Remaja Rosda Karya, 2008), h. 74

²⁷Pada ekuator lamanya siang sepanjang tahun adalah 12 jam 7 menit. Secara astronomis, durasi siang adalah 12 jam tepat, tetapi memerlukan waktu 3,5 menit untuk seTengah Matahari bagian atasnya menghilang dibawah horizon pada waktu Matahari terbenam (*sunset*) dan pada waktu terbit (*sunrise*) memerlukan waktu 3,5 menit sebelum pusat piringan Matahari berada pada horizon, sementara seTengah piringan bagian atas telah siap memberikan *insolasi*.

²⁸ Gregory [McNamee](#), *Solstice vs. Equinox*, **The Virginia Quarterly Review; Charlottesville** Vol. 90, Iss. 3, (Summer 2014), h. 205.

²⁹Tjasyono, B., *Ilmu Kebumian dan antariksa* (Bandung: Remaja Rosda Karya, 2008), h. 126.

ekuator langit, tetapi membentuk sudut sekitar $23^{\circ}27'$ dengan ekuator. Lintasan Matahari inilah yang disebut dengan ekliptika atau *da'iratural-buruj* yakni lingkaran besar di bola langit yang memotong lingkaran ekuator langit dengan membentuk sudut sekitar $23^{\circ}27'$.³⁰ Berikut ini ilustrasinya:



Gambar 2

Ilustrasi Bola Langit,

keterangan: KEU = Kutub Ekliptika Utara, KLU = Kutub Langit Utara, KLS = Kutub Langit Selatan,

KES = Kutub Ekliptika Selatan, KLS = Kutub Langit Selatan, γ = Titik Ekuinoks Aries,

A = Titik Balik Utara (*SummerSolstice*), B = Titik Ekuinoks Libra, C = Titik Balik Selatan (*WinterSolstice*),

α = Asensio rekta, β = Lintang Ekliptika, δ = Deklinasi, λ = Bujur Ekliptika

2. Posisi (Deklinasi) Matahari (δ)

Posisi Matahari yang dimaksud disini adalah jarak Matahari dari khatulistiwa yang dalam istilah lain disebut dengan deklinasi Matahari dengan simbol huruf Yunani (δ) dan dalam bahasa Arab disebut dengan *mailal-Syamy* yaitu jarak Matahari dari khatulistiwa diukur sepanjang lingkaran deklinasi dihitung dari ekuator sampai Matahari.³¹ Posisi Matahari atau deklinasi Matahari (δ) adalah jarak Matahari dari khatulistiwa langit baik ke arah Utara maupun ke arah Selatan. Deklinasi merupakan salah satu koordinat dari sistem koordinat

³⁰Tjasyono, B., *Ilmu Kebumihan dan antariksa* (Bandung: Remaja Rosda Karya, 2008), h. 74.

³¹M. Khazin, *Ilmu falak dalam teori dan praktek*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004), h. 128.

ekuatorial, sedangkan koordinat yang kedua adalah *asensiorekta*. Posisi Matahari (deklinasi Matahari) dengan simbol (δ) diukur mulai dari 0° (ekuator langit) ke arah kutub Utara maupun ke arah kutub Selatan langit, sampai ke Matahari. Lingkaran deklinasi sendiri merupakan lingkaran kecil yang sejajar dengan lingkaran ekuator langit.³²

Posisi atau deklinasi Matahari berubah sewaktu-waktu selama satu tahun, tetapi pada tanggal-tanggal yang sama, nilai deklinasi Matahari kurang lebih akan sama dari tahun ke tahun.³³ Tanggal 21 Maret sampai tanggal 23 September posisi atau deklinasi Matahari dari khatulistiwa mengarah ke Utara sampai titik balik Utara (22 Juni) dan selanjutnya mengarah ke khatulistiwa kembali sampai tanggal 23 September, ini berarti posisi atau deklinasi Matahari berada di Utara khatulistiwa. Tanggal 23 September sampai 21 Maret posisi atau deklinasi Matahari negatif, karena berada di belahan Selatan khatulistiwa. Tanggal 21 Maret dan tanggal 23 September posisi atau deklinasi Matahari tepat di khatulistiwa, yang berarti deklinasi atau jarak Matahari dari khatulistiwa = 0° .³⁴

Setelah tanggal 21 Maret posisi Matahari berangsur-angsur bergerak ke Utara menjauhi khatulistiwa, semakin lama semakin jauh. Tanggal 22 Juni posisi Matahari mencapai kedudukan yang paling jauh dari khatulistiwa, yaitu $23^\circ 27'$ Utara. Selanjutnya Matahari bergerak ke arah khatulistiwa dan semakin lama semakin mendekati khatulistiwa. Pada tanggal 23 September posisi Matahari berkedudukan di khatulistiwa lagi. Selanjutnya Matahari bergeser menuju ke arah Selatan khatulistiwa, sampai pada tanggal 22 Desember posisi Matahari mencapai titik terjauh di Selatan khatulistiwa dengan jarak $23^\circ 26'$ Selatan. Tanggal 23 Desember kembali berangsur-angsur

³²Ekuator langit merupakan lingkaran besar yang berjarak 90° dari kutub langit. Definisi lain dari ekuator langit adalah lingkaran besar yang di dalamnya terdapat ekuator Bumi yang memotong bola langit.

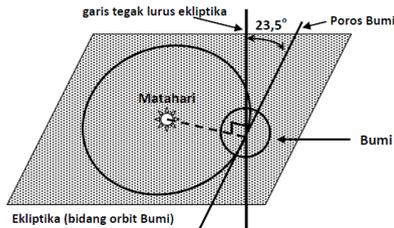
³³ Hal ini dikarenakan 1 tahun tropis tidak bulat 365 hari melainkan 365,2421967 hari sehingga baik Ekuinoks maupun Solstice bisa terjadi pada tanggal yang berbeda.

³⁴ AbdurRachim Ahmad, *Ilmu Falak*, (Yogyakarta: Liberty, 1983), h. 8.

bergerak menuju arah khatulistiwa sampai tanggal 21 Maret posisi Matahari kembali berkedudukan tepat di khatulistiwa.³⁵

3. Revolusi Bumi

Revolusi Bumi adalah gerak Bumi pada orbitnya mengelilingi Matahari. Bidang orbit Bumi mengelilingi Matahari disebut ekliptika. Selama mengitari Matahari, poros Bumi selalu miring $23,5^\circ$ terhadap garis yang tegak lurus ekliptika (lihat gambar 3). Orbit planet-planet lain tidak sebidang dengan ekliptika. Sudut antara bidang orbit planet lain dengan ekliptika disebut inklinasi.³⁶



Gambar 3. Poros Bumi selalu miring membentuk sudut $23,5^\circ$ terhadap garis yang tegak lurus ekliptika.

Bumi berevolusi dalam arah negatif (berlawanan arah jarum jam), artinya jika kita berada dalam pesawat antariksa tepat di atas kutub utara maka kita akan melihat Bumi mengitari Matahari dalam arah yang berlawanan arah jarum jam. Gerak revolusi Bumi ini pun mengakibatkan beberapa peristiwa yang

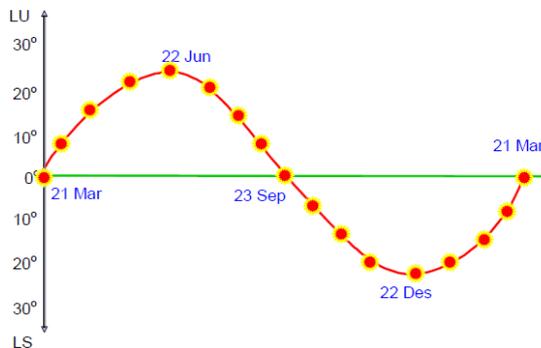
³⁵ AbdurRachim Ahmad, *Ilmu Falak*, (Yogyakarta: Liberty, 1983), h. 8.

³⁶ Inklinasi umumnya digunakan dalam bidang astronomi yang menjadi satu dari enam parameter orbit dalam elemen Kepler yaitu eksentrisitas, aksis semimayor, inklinasi, dan sebagainya, yang kesemuanya menggambarkan bentuk dan orientasi orbit benda langit. Inklinasi bisa dikatakan sebagai jarak angular antara bidang orbit planet terhadap bidang yang menjadi acuan (umumnya ekuator Bumi, Matahari, atau bahkan Jupiter) yang dinyatakan dengan derajat. Bidang yang menjadi acuan umumnya adalah ekuator Bumi di mana pengamatan lebih banyak dilakukan di Bumi. Kebanyakan orbit planet-planet dalam tata surya memiliki inklinasi yang kecil terhadap ekuator Matahari akibat proses terbentuknya tata surya ini dan hubungan yang saling berkaitan satu sama lain. Pengecualian terjadi pada asteroid Eris (44 derajat inklinasi terhadap ekuator Matahari) dan Pallas (34 derajat inklinasi) serta Pluto (17 derajat inklinasi). Lihat Chobotov, Vladimir A. (2002). *Orbital Mechanics* (3rd ed.). AIAA. dan McBride, Neil; Bland, Philip A.; Gilmour, Iain (2004). *An Introduction to the Solar System*. Cambridge University Press.

dapat dirasakan oleh para penghuni planet ini, di antaranya adalah:

a. Gerak semu tahunan Matahari pada ekliptika.

Gerak semu tahunan Matahari adalah gerakan semu Matahari dari khatulistiwa bolak-balik antara $23,5^\circ$ lintang utara dan lintang selatan setiap tahun (lihat gambar 4.). Karena Matahari selalu berbalik arah setelah sampai lintang $23,5^\circ$ disebut garis balik. Garis $23,5^\circ$ LU disebut garis balik utara (GBU) dan garis $23,5^\circ$ LS disebut garis balik selatan (GBS). Garis lintang adalah garis yang sejajar dengan garis khatulistiwa.



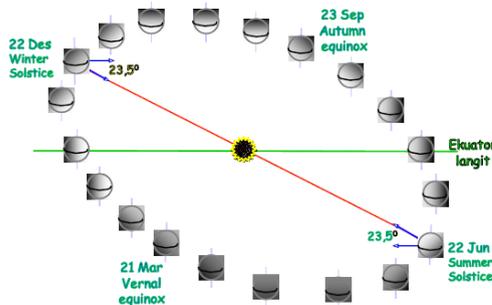
Gambar 4. Bagan gerak semu tahunan Matahari pada ekliptika

b. Perubahan lamanya siang dan malam.

Pada tanggal 21 Maret dan 23 September setiap tahunnya, semua tempat di Bumi (kecuali kutub) mengalami siang dan malam hari sama panjang, yaitu 12 jam. Ini karena semua tempat mendapat sinar Matahari selama 12 jam dan tidak mendapatkannya 12 jam. Tanggal 21 Juni ketika Matahari ada pada kedudukan paling utara, yakni $23,5^\circ$ LU (GBU), belahan Bumi utara mengalami siang lebih panjang daripada malam. Sebaliknya di belahan Bumi selatan, lamanya siang akan lebih pendek daripada malam. Daerah dalam lingkaran kutub utara mendapat sinar Matahari selama 24 jam, sehingga siang akan terjadi secara terus menerus pada waktu itu. Sebaliknya di daerah lingkaran kutub selatan tidak mendapat sinar Matahari selama 24 jam, sehingga malam terjadi secara terus menerus pada waktu itu.

c. **Pergantian musim.**

Revolusi Bumi dan kemiringan poros Bumi terhadap ekliptika mengakibatkan terjadinya pergantian musim sepanjang tahun di daerah iklim sedang (gambar 4.). Dalam revolusi Bumi dari 21 Maret sampai dengan 21 Juni, kutub utara makin condong ke arah Matahari, sebaliknya kutub selatan makin menjauh dari Matahari. Ini menyebabkan belahan Bumi utara mengalami musim semi (*spring*) dan belahan Bumi selatan mengalami musim gugur (*autumn*). Pada tanggal 21 Juni, Matahari berada di GBU dan kutub utara menghadap ke Matahari. Belahan Bumi utara mendapat pemanasan lebih besar dari belahan Bumi selatan, sehingga di belahan Bumi utara mengalami puncak musim panas dan sebaliknya di belahan Bumi selatan akan mengalami musim dingin. Sedangkan pada tanggal 23 September sampai dengan 22 Desember, kutub utara menjauhi Matahari dan sebaliknya belahan Bumi selatan mendekati Matahari. Dalam periode ini belahan Bumi Utara akan mengalami musim dingin (*winter*) dan belahan Bumi selatan akan mengalami musim panas (*summer*).



Gambar 5. Belahan Bumi secara bergantian condong ke arah Matahari atau menjauhi Matahari, sehingga mengakibatkan terjadinya 4 musim di daerah iklim sedang

d. **Terlihatnya rasi bintang yang berbeda dari bulan ke bulan.**

Gerak revolusi Bumi juga mengakibatkan rasi bintang yang berbeda dari bulan ke bulan. Rasi bintang

atau konstelasi adalah kumpulan beberapa bintang yang membentuk pola tertentu. IAU menetapkan bahwa di alam semesta terdapat 88 rasi bintang dan 13 di antaranya terletak pada bidang ekliptika (termasuk Ofiukus rasi bintang Sang Pawang Ular), inilah yang disebut sebagai *buruj* atau zodiak. Secara konvensional, 1 lingkaran ekuator yang memiliki sudut 360° dibagi menjadi 12 *buruj* (tidak termasuk Ofiukus) dengan wilayah yang sama sehingga jarak antar *buruj* adalah $360^\circ : 12 = 30^\circ$. Data posisi Matahari dalam koordinat bola langit dapat dilihat pada tabel berikut:

Rasi Bintang (<i>Buruj</i> / Zodiak)	Tanggal	Bujur Ekliptika ³⁷	Asensio rekta ³⁸	Deklinasi ³⁹	Pembagian Musim	
					Belahan Utara	Belahan Selatan
Aries / Hamal	21 Maret	0°	0°	0°	Semi	Gugur
Taurus / <i>Tsaur</i>	21 April	29°	30°	11°07'		
Gemini / <i>Jauza'</i>	22 Mei	58°	60°	19°42'		
Cancer / Sarothon	22 Juni	90°	90°	23°26'	Panas	Dingin
Leo / <i>Assad</i>	23 Juli	122°	120°	19°42'		
Virgo / <i>Sunbulah</i>	23 Agustus	151°	150°	11°07'		
Libra / Mizan	23 September	180°	180°	0°	Gugur	Semi
Scorpius	22	209°	210°	—		

³⁷Bujur ekliptika adalah jarak Matahari sepanjang bidang ekliptika pada bola langit diukur berlawanan arah jarum jam dari titik pertama Aries (perpotongan bidang ekliptika dan ekuator langit).

³⁸Asensio rekta adalah jarak Matahari sepanjang bidang ekuator pada bola langit diukur berlawanan arah jarum jam dari titik pertama Aries.

³⁹Deklinasi adalah jarak Matahari terhadap bidang ekuator pada bola langit.

<i>/'Aqrab</i>	Oktober			11° 7'		
Sagittarius <i>/Qous</i>	22 Novembe r	238°	240°	– 19°4 2'		
Capricornus / <i>Jadyu</i>	22 Desembe r	270°	270°	– 23°2 6'		
Aquarius / <i>Dalwu</i>	21 Januari	302°	300°	– 19°4 2'	Dingi n	Pana s
Pisces / <i>Hut</i>	20 Februari	331°	360°	– 11°0 7'		

Dari tabel di atas, dapat kita ketahui bahwa setiap bulan, rasi bintang selalu berganti posisi, misalkan bulan ini Matahari berada pada rasi Aquarius, bulan berikutnya Matahari berada pada rasi Pisces, dan seterusnya. Hal ini menunjukkan bahwa Bumi memang berotasi terhadap Matahari.

Data Visibilitas Hilal Ketika Titik Balik Musim

Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari laporan keberhasilan mengamati hilal di antaranya: 68 data BMKG⁴⁰ (2008-2015), 295 data Yallop⁴¹ (1861-1992), 36 data Caldwell⁴² (1987-2012) dan 104 kompilasi data Rukyatul Hilal Indonesia⁴³, ketiga data ini mewakili tiga tempat yang secara umum digolongkan sebagai: Tropis (23,5°LU sampai dengan 23,5°LS), Subtropis (23,5° LU sampai dengan 45°LU dan 23,5° LS sampai

⁴⁰ Munir, Badrul (2016) *Analisis hasil pengamatan hilal Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Pusat pada tahun 2010 M – 2015 M*. Skripsi S1, UIN Walisongo. h. 63–69.

⁴¹ Yallop, B.D. 1998. A Method of Predicting the First Sighting of the New Crescent Moon. *Technical Note*. No. 69. HM Nautical Almanac Office, Royal Greenwich Observatory, Cambridge, UK. NAO.

⁴² Caldwell, J.A.R & C.D. Laney. 2001. First Visibility of the Lunar Crescent. *African Skies*. (5): 15 – 25.

⁴³ Hasan, Muhammad. 2012. *Imkanar-Ru'yah di Indonesia (Memadukan Perspektif Fiqih dan Astronomi)*. Disertasi S3. UIN Walisongo. h. 227-229

dengan 45°LS) serta Lintang Tinggi atau beriklim sedang (45°LU sampai dengan $66,5^{\circ}\text{LU}$ dan 45°LS sampai dengan $66,5^{\circ}\text{LS}$). Tidak semua data digunakan dalam analisis dikarenakan penulis hanya membatasi visibilitas hilal terjadi sekitar dekat *summersolstice* dan *wintersolstice* dengan rentang empat hari sebelum dan empat hari setelah *summersolstice* dan *wintersolstice*, sehingga hanya diperoleh 1 data dari BMKG, 19 data dari Yallop, 3 data dari Caldwell dan 3 data dari kompilasi rukyatul hilal Indonesia serta total keseluruhan data adalah 26 data.

Berikut ini data visibilitas hilal yang telah penulis sarikan. Data pertama hingga data kesembilanbelas merupakan data dari Yallop, data kedua puluh hingga data kedua puluh dua merupakan data dari Caldwell, data kedua puluh tiga adalah data dari BMKG dan tiga data terakhir adalah data kompilasi rukyatul hilal Indonesia. Data yang dicetak tebal di dalam sel menandakan bahwa data untuk parameter yang penulis peroleh berdasarkan simulasi di aplikasi Stellarium untuk Desktop versi 0.17.0. Data yang diberi sorotan (*highlight*) merupakan perbaikan dari data sebelumnya menggunakan aplikasi Stellarium untuk Desktop versi 0.17.0. Data yang diperbaiki antara lain :

- data nomor 23 kolom XI tertulis $21,13^{\circ}$ (= $21^{\circ} 07' 48''$) seharusnya $21^{\circ} 06' 54''$
- data nomor 24 kolom IX tertulis $9,73^{\circ}$ (= $09^{\circ} 43' 48''$) seharusnya $11^{\circ}09'47''$
- data nomor 24 kolom XIII tertulis 17:16 seharusnya 16:45:55
- data nomor 25 kolom IX tertulis $9,73^{\circ}$ (= $09^{\circ} 43' 48''$) seharusnya $11^{\circ}09'46''$
- data nomor 25 kolom XIII tertulis 17:16 seharusnya 16:45:53
- data nomor 26 kolom IX tertulis $9,82^{\circ}$ (= $09^{\circ} 49' 12''$) seharusnya $11^{\circ}11'20''$
- data nomor 26 kolom XIII tertulis 19:12 seharusnya 16:48:51

No	Tanggal Rukyat			Julian Date Ijtimak	Lokasi	Markaz Rukyatul Hilal		ARCL (elongasi geosentrik)	ARCV (tinggi relatif geosentrik)	Alt (tinggi toposentrik)	I
	Har i	Bln	Tahun			Lintang	Bujur				
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
1	22	6	1879	2407520,347	Subtropis	+38°00'00"	+23°42'00"	34°12'00'	21°48'00"	11°42'00'	26
2	22	6	1868	2403504,115	Subtropis	+38°00'00"	+23°42'00"	30°12'00'	18°24'00"	09°54'00'	24
3	20	6	1860	2400580,725	Subtropis	+38°00'00"	+23°42'00"	20°06'00'	14°42'00"	06°36'00'	13
4	18	12	1990	2448242,682	Subtropis	+39°00'00"	-76°48'00"	19°00'00'	13°36'00"	05°54'00'	13
5	19	6	1871	2404596,604	Subtropis	+38°00'00"	+23°42'00"	16°48'00'	14°24'00"	06°42'00'	08
6	23	12	1984	2446056,991	Tropis	+15°36'00"	+35°36'00"	15°06'00'	13°18'00"	05°30'00'	07
7	21	12	1976	2443133,589	Subtropis	+37°36'00"	-122°30'00"	14°06'00'	13°24'00"	06°18'00'	04
8	21	12	1976	2443133,589	Subtropis	+29°54'00"	-81°18'00"	12°48'00'	12°42'00"	05°54'00'	01
9	21	12	1976	2443133,589	Subtropis	+42°00'00"	-91°36'00"	12°54'00'	12°00'00"	05°30'00'	04
0	22	6	1876	2406427,429	Subtropis	+38°00'00"	+23°42'00"	12°54'00'	11°42'00"	04°36'00'	05
1	21	12	1976	2443133,589	Subtropis	+43°48'00"	-87°42'00"	12°42'00'	11°42'00"	04°48'00'	05
2	24	6	1865	2402410,832	Subtropis	+38°00'00"	+23°42'00"	18°36'00'	8°42'00"	04°06'00'	16
3	26	6	1987	2446972,733	Subtropis	+37°00'00"	-122°00'00"	11°18'00'	10°36'00"	04°24'00'	04
4	26	6	1987	2446972,733	Subtropis	+33°30'00"	-112°06'00"	11°00'00'	10°36'00"	04°54'00'	02
5	26	6	1987	2446972,733	Subtropis	+30°00'00"	-100°00'00"	10°36'00'	10°24'00"	05°00'00'	01
6	26	6	1987	2446972,733	Subtropis	+39°48'00"	-105°00'00"	10°54'00'	10°06'00"	04°12'00'	04

			7	33	is	0"	00"	'	0"	'	
7	26	6	198 7	2446972,7 33	Subtrop is	+37°12'0 0"	-84°06' 00"	10°18'00' '	9°48'00' "	04°24'00' '	03
8	26	6	198 7	2446972,7 33	Subtrop is	+42°42'0 0"	-84°30' 00"	10°30'00' '	9°30'00' "	03°54'00' '	04
9	26	6	198 7	2446972,7 33	Subtrop is	+40°42'0 0"	-111°54' 00"	11°06'00' '	10°12'0 0"	04°24'00' '	04
20	26	12	200 0	2451904,2 23	Subtrop is	- 32°23'00 "	+20°49'00 "	11°18'36' '	08°12' 50"	07°02'57' '	06
21	26	12	200 0	2451904,2 23	Subtrop is	+30°12'0 0"	+35°30'00 "	09°55'48' '	07°54' 02"	06°47'35' '	04
22	21	12	200 6	2454090,0 84	Subtrop is	+31°40'0 0"	+51°44'00 "	13°09'00' '	06°47' 31"	05°33'11' '	10
23	24	6	200 9	2455005,3 16	Tropis	- 06°09'18 "	+106°50'2 8"	22°13'48' '	22°26' 27"	21°06'54"	02
24	20	12	196 8	2440210,2 63	Tropis	- 06°05'24 "	+106°52'4 8"	11°09'47' ↓	10°00' 08"	08°54'36"	03
25	20	12	196 8	2440210,2 63	Tropis	- 06°11'24 "	+106°55'4 8"	11°09'46' ↓	09°57' 33"	08°55'12"	03
26	20	12	196 8	2440210,2 63	Tropis	- 07°01'48 "	+106°33'3 6"	11°11'20' ↓	10°02' 54"	09°05'24"	03

Analisis Visibilitas Hilal Minimum

Dari dua puluh enam data yang tersaji pada tabel tersebut, ada dua data yang penulis anggap tidak valid yakni data pertama dan kedua. Hal ini dikarenakan pada data pertama dan kedua umur hilal lebih besar dari 48 jam bahkan ada yang hampir mendekati 72 jam, sehingga hilal yang terobservasi justru hilal ketika tanggal 2 di bulan Hijriah. Besar kemungkinan hal ini terjadi karena ketika rukyatul hilal pada tanggal 29 sore di bulan Hijriah sebelumnya, hilal tertutup mendung sehingga bulan sebelumnya digenapkan (*istikmal*) menjadi 30 haridan tanggal 1 jatuh keesokan lusanya. Namun ketika rukyatul hilal pada tanggal 30 sorenya, hilal masih tertutup awan dan baru terlihat pada keesokan sorenya yakni pada tanggal 1 di sore hari. Jadi data yang valid hanya 24 data dari 26 data.

Jika dua data yang tidak valid diperhitungkan, maka dari 26 data, hanya 5 data yang lokasi pengamatan hilal berada di lintang tropis dan selebihnya terletak di lintang subtropis. Jika dibuat persentasenya, 80,77% data merupakan subtropis dan 19,23% tropis. 12 dari 26 data terjadi ketika *wintersolstice* dan selebihnya terjadi ketika *summersolstice*. Sehingga jika dibuat persentasenya, 54,85% data merupakan *summersolstice* dan 46,15% merupakan *wintersolstice*. 10 dari 26 data merupakan data pengamatan yang umur hilalnya lebih besar dari 24 jam dan selebihnya mempunyai umur hilal dibawah 24 jam. Sehingga jika dibuat persentase, maka 61,54% data merupakan data yang umur hilalnya dibawah 24 jam sedangkan 38,46% data merupakan data yang umur hilalnya di atas 24 jam. Sedangkan jika dua data yang tidak valid tidak diperhitungkan, maka dari 24 data, hanya 5 data yang lokasi pengamatan hilal berada di lintang tropis dan sisanya terletak di lintang subtropis. Sehingga jika dibuat persentasenya, 79,17% data merupakan subtropis dan 20,83% tropis. 12 dari 24 data terjadi ketika *wintersolstice* dan selebihnya terjadi ketika *summersolstice*. Sehingga jika dibuat persentasenya, 50,00% data merupakan *summersolstice* dan 50,00% merupakan *wintersolstice*. 8 dari 24 data merupakan data pengamatan yang umur hilalnya lebih besar dari 24 jam dan selebihnya mempunyai umur hilal dibawah 24 jam. Sehingga jika dibuat persentase, maka 66,67% data merupakan data yang umur hilalnya dibawah 24 jam sedangkan 33,33% data merupakan data yang umur hilalnya di atas 24 jam. Dari keterangan

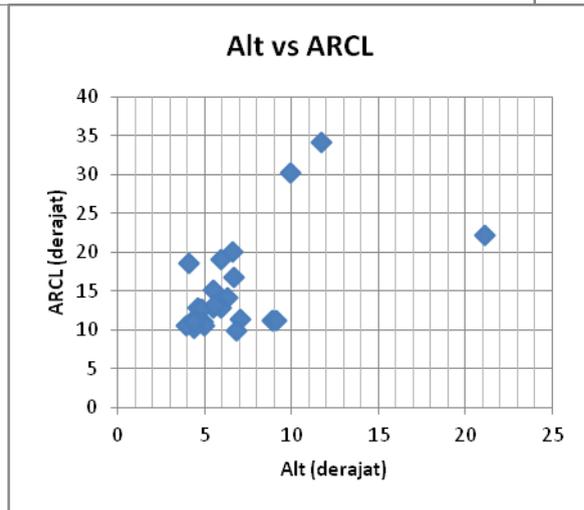
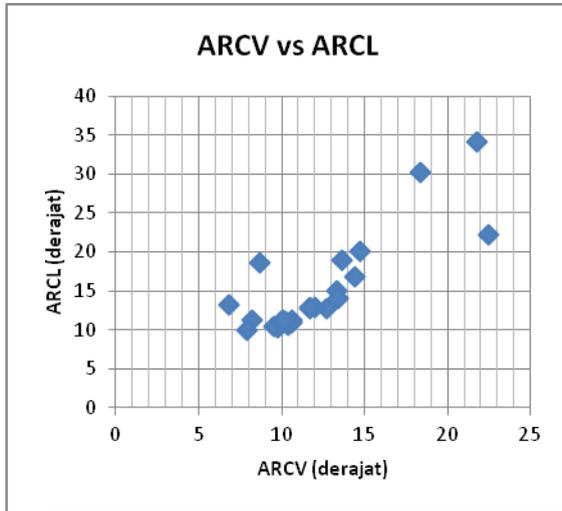
tersebut dapat diperoleh kesimpulan bahwa, sebagian besar data visibilitas hilal terjadi ketika *summersolstice* dengan perbandingan yang hampir sama antara *summersolstice* maupun *wintersolstice*. Selain itu juga, visibilitas hilal lebih sering terjadidi lintang subtropis dibandingkan dengan lintang tropis dengan umur hilal dibawah 24 jam. Tidak ada data satupun yang terletak di wilayah lintang tinggi, hal ini dapat kita analisis sebagai berikut:

Ketika *summersolstice* maupun *wintersolstice*, elongasi hilal relatif lebih besar dibandingkan dengan hari-hari lainnya namun tidak hanya faktor deklinasi Matahari yang mempengaruhi, selain itu juga ada faktor lain seperti kelembaban dan distribusi awan. Ketika *summersolstice* di belahan utara, kelembaban di tempat tersebut cenderung rendah sehingga daerah tersebut kering. Hal ini mengakibatkan bibit-bibit awan sulit berkembang, sehingga distribusi awan berkurang. Kondisi langit secara umum maupun secara khusus pada posisi hilal terbebas dari sekumpulan awan yang mampu menghalangi pandangan. Tidak hanya itu juga, wilayah subtropis ketika musim panas cenderung lebih kering dibandingkan dengan wilayah tropis ketika musim kemarau. Hal ini dikarenakan distribusi awan cenderung mengumpul di dekat khatulistiwa daripada di daerah subtropis. Selain itu juga, lintasan Hilal dan Matahari dalam bola langit untuk wilayah subtropis lebih miring jika dibandingkan ketika di wilayah tropis, sehingga hilal akan terbenam lebih lama di wilayah subtropis daripada di wilayah tropis. Dapat disimpulkan bahwa wilayah subtropis berpeluang lebih besar dalam visibilitas hilal dibandingkan wilayah tropis dan lintang tinggi khususnya ketika *summersolstice* dengan umur hilal kurang dari 24 jam berdasarkan faktor-faktor di antaranya faktor geografis (kondisi cuaca, kelembaban) dan astronomis (posisi relatif Matahari dan Bulan dalam tata koordinat bola langit).

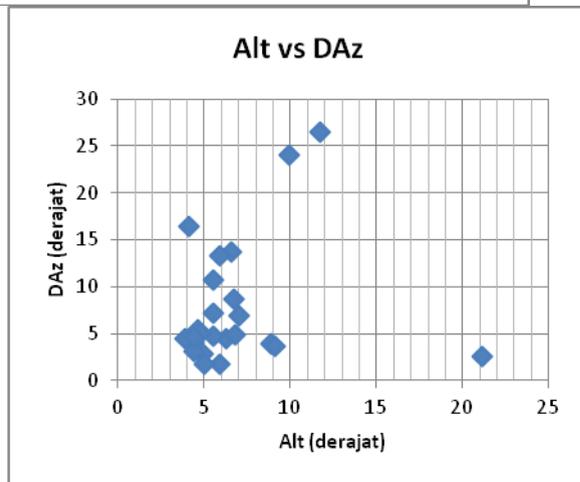
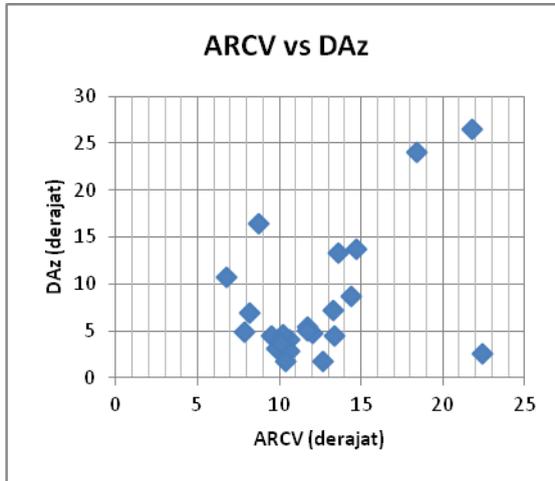
Dari kedua puluh empat data tersebut, data untuk ArcV minimum dan *moonlag* tersingkat adalah data nomor 22, yakni ruyatul hilal ketika tanggal 21 Desember 2006 (Julian Date ketika Ijtimak = 2454090,084) untuk lokasi Lintang = $+31^{\circ}40'00''$ Bujur = $+51^{\circ}44' 00''$ dengan nilai berturut-turut $06^{\circ}47'31''$ dan 38 menit. Sedangkan data untuk altitudetoposentrik minimum adalah data nomor 18 ketika tanggal 26 Juni 1987 (Julian Date ketika Ijtimak = 2446972,733) untuk lokasi Lintang = $+37^{\circ}12'00''$ Bujur = $-84^{\circ} 06' 00''$ dengan nilai $03^{\circ}54'00''$. Data untuk ArcL minimum, lebar hilal

minimum dan fraksi iluminasi terkecil adalah data nomor 21 yakni rukyatul hilal ketika tanggal 26 Desember 2000 (JulianDate ketika Ijtimak = 2451904,223) untuk lokasi Lintang = $+30^{\circ}12'00''$ Bujur = $+35^{\circ}30'00''$ dengan nilai masing-masing $09^{\circ}55'48''$; 0,11 menit busur dan 0,72%. Rekor umur hilal minimum ketika *solstice* terjadi untuk data nomor 25 ketika rukyatul hilal tanggal 20 Desember 1968 (JulianDate ketika Ijtimak = 2440210,263) untuk lokasi Lintang = $-06^{\circ}11'24''$ Bujur = $+106^{\circ}55'48''$ dengan nilai 16 jam 45 menit 53 detik. Sedangkan selisih azimuth (DAz) terkecil ketika *solstice* terjadi untuk data nomor 8 ketika rukyatul hilal tanggal 21 Desember 1976 (JulianDate ketika Ijtimak = 2443133,589) untuk lokasi Lintang = $+30^{\circ}00'00''$ Bujur = $-81^{\circ}18'00''$ dengan nilai $01^{\circ}42'00''$. Dari hasil paparan tersebut dapat penulis simpulkan bahwa parameter minimum visibilitas hilal ketika *solstice* berada di wilayah subtropis kecuali untuk umur hilal berada di wilayah tropis. Selain itu, parameter minimum visibilitas hilal ketika *solstice* lebih sering terjadi pada saat *wintersolstice* kecuali altitudetoposentrik yang terjadi ketika *summersolstice*. Hal ini erat dipengaruhi juga oleh kondisi atmosfer dan kelembaban udara ketika *summersolstice* sebagaimana yang dijelaskan pada paragraf sebelumnya.

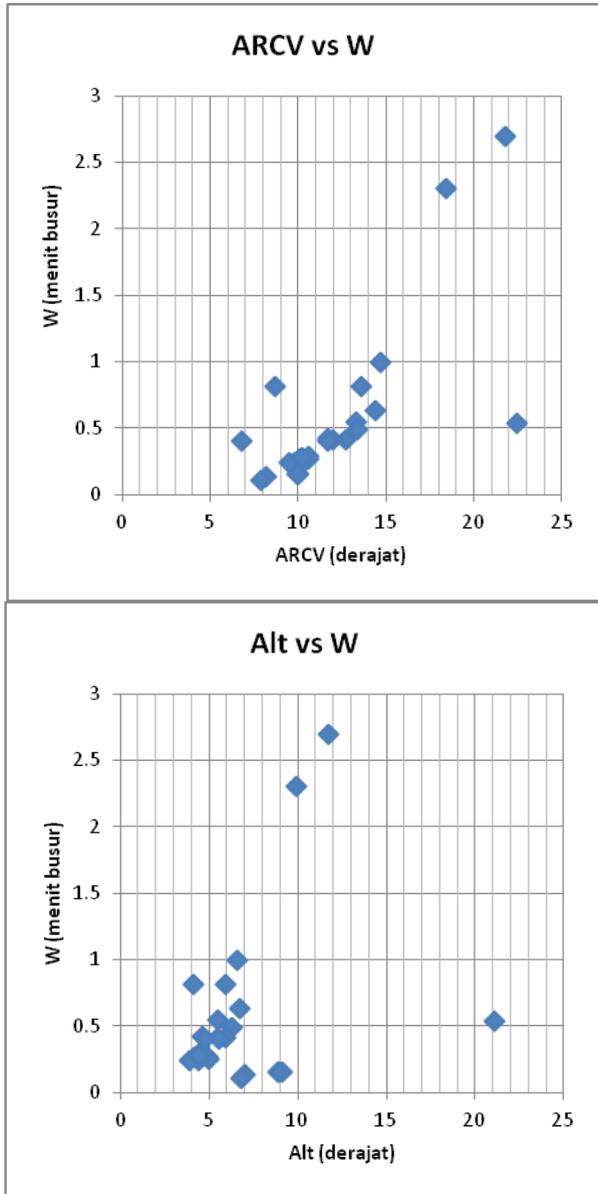
Berdasarkan data dari tabel yang telah penulis sarikan sebelumnya, dapat dibuat hubungan grafis dari masing-masing parameter hilal sebagai berikut:



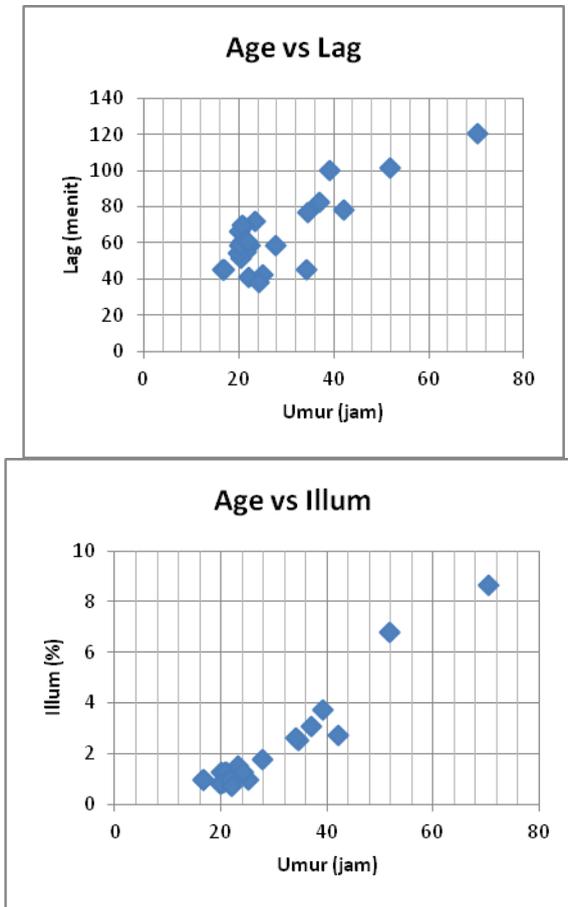
Gambar 7 Grafik hubungan ARCV dengan ARCL dan altitudetoposentrik dengan ARCL



Gambar 8 Grafik hubungan ARCV dengan Selisih Azimut dan altitudetoposentrik dengan Selisih Azimut



Gambar 9 Grafik hubungan ARCV dengan Lebar Hilal dan altitudetoposentrik dengan Lebar Hilal



Gambar 10 Grafik hubungan Umur Hilal dengan Selisih Terbenam Hilal dan Umur hilal dengan Fraksi Iluminasi

A. Kesimpulan

Dari uraian analisis sebelumnya dapat penulis ambil kesimpulan bahwa:

1. Wilayah subtropis berpeluang lebih besar dalam visibilitas hilal dibandingkan wilayah tropis dan lintang tinggi dengan peluang yang sama untuk *summersolstice* dan *wintersolstice* dengan umur hilal kurang dari 24 jam berdasarkan faktor-faktor di antaranya faktor geografis (kondisi cuaca, kelembaban) dan astronomis (posisi relatif Matahari dan Bulan dalam tata koordinat bola langit).

2. Batas minimum parameter visibilitas hilal dari analisis penulis adalah sebagai berikut : ArcL $09^{\circ} 55' 48''$; ArcV $06^{\circ} 47' 31''$; ketinggian hilal toposentrik $3^{\circ} 54' 00''$; DAz $1^{\circ} 42' 00''$; Umur hilal 16 jam 45 menit 53 detik ; *Moonlag* 38 menit, dan lebar hilal 0,11 menit busur.
3. Parameter minimum visibilitas hilal ketika *solstice* berada di wilayah subtropis kecuali untuk umur hilal berada di wilayah tropis. Selain itu, parameter minimum visibilitas hilal ketika *solstice* lebih sering terjadi ketika *wintersolstice* kecuali altitudetoposentrik yang terjadi ketika *summersolstice*. Hal ini erat dipengaruhi juga oleh kondisi atmosfer dan kelembaban udara ketika *summersolstice*.
Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah:
 1. Data visibilitas hilal hendaknya dapat lebih beragam lagi tidak hanya lebih dominan di wilayah subtropis melainkan juga wilayah tropis dan lintang tinggi.
 2. Data visibilitas hilal hendaknya hanya untuk umur hilal yang kurang dari 48 jam agar tidak meleset.
 3. Data visibilitas hilal hendaknya dapat direkam untuk setiap bulannya sepanjang tahun sehingga dapat dihimpun pada bulan dan tahun Hijriah kapankah ijtimak terjadi di sekitar *summersolstice* dan *wintersolstice* sehingga lebih akurat lagi

DAFTAR PUSTAKA

- ‘Audah, Mohammad Syaukat, “New Criterion for Lunar Crescent Visibility” dalam NidhGuessoum & Mohammad Odeh (eds), *Application of Astronomical Calculation to Islamic Issues*, Abu Dhabi : Markazal-Mathi’ waal-Buhuts, 2007.
- Admiranto, Agustinus Gunawan. *Menjelajahi Bintang, Galaksi dan Alam Semesta*, Yogyakarta: Kanisius, 2009.
- Ahmad, AbdurRachim. *Ilmu Falak*. Yogyakarta: Liberty, 1983.
- Anwar, Syamsul. *Hari Raya dan Problematika Hisab Rukyat*, cet. I, Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2008.
- . *Kontroversi Hisab dan Rukyat*, Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2009.
- Arkanuddin, Mutoha dan Muh. Ma’rufin Sudibyo. *Kriteria Visibilitas Hilal Rukyatul Hilal Indonesia (RHI) (Konsep, Kriteria, Dan Implementasi)*, Lembaga Pengkajian dan

- Pengembangan Ilmu Falak Rukyatul Hilal Indonesia (LP2IF–RHI), tt.
- Azhari, Susiknan. *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam dan Sain Modern*, Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2007.
- . *Ensiklopedia Hisab Rukyat*, Cet II, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2008.
- Caldwell, J.A.R&C.D. Laney. *First Visibility of the Lunar Crescent. African Skies*, 2001.
- Darsono, Ruswa, 2010, *Penanggalan Islam, Tinjauan Sistem, Fiqih dan Hisab Penanggalan*, Yogyakarta: LABDA Press.
- Depag RI. *Himpunan Keputusan Menteri Agama tentang Penetapan Tanggal 1 Ramadhan dan 1 Syawal tahun 1381–1418 H/ 1962–1997 M*, Jakarta: Depag RI, 2000.
- Djamaluddin, Thomas. *Menggagas Fiqih Astronomi, Telaah Hisab-Rukyat dan Pencarian Solusi Perbedaan Hari Raya*, Cet I, Bandung: Kaki Langit, 2005.
- . *Faktor Penting dalam Penentuan Kriteria Hisab Rukyat*, makalah disampaikan dalam acara *Prosiding Seminar Nasional Hilal 2009 : Mencari Solusi Kriteria Visibilitas Hilal dan penyatuan Kalender Islam dalam Perspektif Sains dan Syariah*, yang diselenggarakan oleh ITB, Masjid Salman ITB, dan Ikatan Alumni ITB pada 19 Desember 2009 di observatorium Bosscha Lembang.
- . *Re-evaluation of Hilaal Visibility in Indonesia*, 2010.
- . *Astronomi Memberi Solusi Penyatuan Umat*, Bandung: Lapan, 2011.
- _____. *Analisis Visibilitas Hilal untuk Usulan Kriteria Tunggal di Indonesia*, ttp, 2010.
- Gregory [McNamee](#). *Solstice vs. Equinox*, **The Virginia Quarterly Review; Charlottesville** [Vol. 90, Iss. 3](#), 2014.
- Hasan, Muhammad, 2012, *Imkân Ar-Ru'yah di Indonesia (Memadukan Perspektif Fiqih dan Astronomi)*, tesis, Semarang: PPS IAIN Walisongo, 2012.
- Hoffman, R.E. Observing the New Moon. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 2003, 340: 1039 – 1051.
- Hosen, Ibrahim. *Tinjauan Hukum Islam Terhadap Penetapan Awal Bulan Ramadhan, Syawal, Dan Dzulhijjah*, makalah

- seminar sehari tentang Penetapan Awal Ramadhan, Syawal, dan Dzulhijjah, Jakarta: Kemenag RI, 2004.
- Ilyas, Mohammad. *Kalender Islam dalam Perspektif Astronomi*, Kuala Lumpur : Dewan Bahasa dan Pustaka, 1997.
- . a *Modern Guide To Astronomical Calculations of Islamic Calender, Times & Qibla*, Kuala Lumpur, Islamic Cibilisation Exhibition, 1984.
- _____. *Kalender Islam Antarbangsa*, Cet II, Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka, 1999.
- Kemenag RI. *Tinjauan Hukum Islam Terhadap Penetapan Awal Bulan Ramadhan, Syawal, Dan Dzulhijjah*, makalah seminar sehari tentang Penetapan Awal Ramadhan, Syawal, dan Dzulhijjah, Jakarta: Kemenag RI, 2004.
- Khazin, M. *Ilmu falak dalam teori dan praktek*, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004.
- Munir, Badrul. *Analisis hasil pengamatan hilal Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Pusat pada tahun 2010 M – 2015 M*, Skripsi S1, UIN Walisongo, 2016.
- Murtadho, Moh. *Ilmu Falak Praktis*, Malang: UIN Malang Press, 2008.
- Nashirudin, Muh. *Menelusuri Pemikiran Muhammad Syaikat Odeh*, makalah disampaikan dalam acara *Prosiding Seminar Nasional Hilal 2009: Mencari Solusi Kriteria Visibilitas Hilal dan penyatuan Kalender Islam dalam Perspektif Sains dan Syariah*, diselenggarakan oleh ITB, Masjid Salman ITB, dan Ikatan Alumni ITB pada 19 Desember 2009 di observatorium Bosscha Lembang.
- Rakhmadi, Arwin Julio. *Kalender Islam Lokal ke Global, Problem dan Prospek*, Sumut: OIF UMSU, 2014.
- Raharto, Moedji. *A Study of Metonic Cycle on Hilal Visibility*. Research Group on Astronomy, Faculty of Mathematics and natural Sciences, Bandung Institute of Technology, 2016.
- Schaefer, Bradley E. *Length of the Lunar Crescent*, Quarterly Journal of the Royal Astronomy Society, 1991.
- Siddiq, Suwandojo. “Studi Visibilitas Hilal dalam Periode 10 Tahun Hijriyah Pertama (0622 - 0632 CE) sebagai Kriteria Baru untuk Penetapan Awal Bulan-Bulan Islam Hijriyah”, makalah disampaikan pada acara *Prosiding Seminar*

Nasional Hilal 2009 : Mencari Solusi Kriteria Visibilitas Hilal dan penyatuan Kalender Islam dalam Perspektif Sains dan Syariah, diselenggarakan oleh ITB, Masjid Salman ITB, dan Ikatan Alumni ITB pada 19 Desember 2009 di observatorium Bosscha Lembang.

Sudibyo, Muh. Ma'rufin, dkk, "Observasi Hilal 1427-1430 H (2007-2009 M) dan Implikasinya untuk Kriteria visibilitas di Indonesia", makalah disampaikan acara *Prosiding Seminar Nasional Hilal 2009 : Mencari Solusi Kriteria Visibilitas Hilal dan penyatuan Kalender Islam dalam Perspektif Sains dan Syariah* yang diselenggarakan oleh ITB, Masjid Salman ITB dan Ikatan Alumni ITB pada 19 Desember 2009 di observatorium Bosscha Lembang.

Tjasyono, B. *Ilmu Kebumihan dan antariksa*, Bandung: Remaja Rosda Karya, 2008.

Widiana, Wahyu. *Hisab Rukyat, Jembatan Menuju Pemersatu Umat*, Yayasan as-Syakirin, RajadatuCineam Tasikmalaya, 2005.

Yallop, B.D. *A Method of Predicting the First Sighting of the New Crescent Moon*. Technical Note. No. 69. HM Nautical Almanac Office, Royal Greenwich Observatory, Cambridge, UK. NAO, 1998.

Sumber Internet:

<http://astro.ukho.gov.uk/moonwatch/background.html>

<http://curious.astro.cornell.edu/about-us/46-our-solar-system/the-moon/observing-the-moon/128-how-does-the-position-of-moonrise-and-moonset-change-intermediate>