

Relasi Antar Parameter Visibilitas Hilal (Relationship Among Hilal Visibility Parameters)

Moedji Raharto¹, Novi Sopwan², Al Khansa Rodhiyah²

¹Kelompok Keahlian Astronomi, Gedung CAS (Centred for Advanced Sciences)
Jl Ganesha 10 Bandung 40132, Jawa Barat, Indonesia,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung

²Alumni Prodi Astronomi FMIPA – ITB
e-mail: moedji@as.itb.ac.id atau mraharto2009@gmail.com

ABSTRAK

Riwayat Artikel:

Diterima:

16 Nopember 2017

Direvisi:

23 Maret 2018

Disetujui:

28 Septemeber 2018

Diterbitkan:

19 Nopember 2018

Kata kunci:

Hilal, Bola Langit,
Kalender, Visibilitas

Parameter posisi visibilitas hilal memiliki keterkaitan satu terhadap lainnya, yang dapat diturunkan melalui hubungan geometri dalam segitiga bola. Dalam makalah ini, akan diperlihatkan keterkaitan antara elongasi dengan tinggi Bulan, serta beda azimuth Bulan-Matahari saat Matahari terbenam di Pelabuhan Ratu. Relasi posisi melalui bola langit tersebut merupakan relasi geosentrik. Relasi antar parameter tersebut di plot dan dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan algoritma Meuss (1998). Relasi antar parameter diharapkan dapat menjelaskan beragam variasi posisi hilal dan implikasinya terhadap visibilitas hilal dan penetapan awal bulan dalam kalender Hijriah.

ABSTRACT

Keywords:

Hilal, Celestial
Sphere, Calendar,
Visibility

The positional parameters of hilal visibility are related one to another. It can be derived using spherical geometry and spherical trigonometry relationship. This paper will show the relationship between elongation and altitude of the Moon, also the azimuth different of the Sun and the Moon azimuth at the Sunset time in Pelabuhan Ratu. Hence, the relationships among position are geocentric based. Then, the relationships are plotted in diagram. Well-known criteria of hilal visibility compared on the diagram. The data of hilal position are plotted in the diagram generated using Meuss algorithm (1998). The results describe various hilal positions with their implications on beginning of the month in Hijri calendar. The diagram useful to examine hilal visibility of the new month in Hijri calendar, for example the beginning Syawal 1438 and 1439 Hijriah in Indonesia.

1. PENDAHULUAN

Hilal, sabit Bulan yang tipis, pantulan cahaya Matahari oleh permukaan Bulan

dan pertama kali bisa dilihat oleh mata bugil pengamat di suatu tempat di permukaan Bumi, setelah ijtimak atau

konjungsi. Visibilitas atau kenampakan hilal (di suatu tempat) dengan mata bugil merupakan tanda pergantian bulan Islam (di suatu tempat). Fenomena konjungsi merupakan fenomena Bulan dan Matahari berada pada bujur ekliptika yang sama. Pada saat itu sudut elongasi (e) = 0° dan fraksi iluminasi (F) = 0 atau disebut fase Bulan nol (Smart, 1980). Bila pada momen tersebut Matahari dekat dengan titik simpul Bulan, perpotongan orbit Bulan dengan lingkaran ekliptika, maka pada momen fase nol juga akan terjadi gerhana Matahari. Jadi pada fase nol tersebut tidak selalu terjadi gerhana Matahari.

Hilal merupakan salah satu fenomena alam, yaitu bagian dari untaian proses perubahan penampakan wajah Bulan dilangit. Penampakan wajah Bulan dilangit mempunyai siklus yang beraturan. Tahapan perubahan penampakan wajah Bulan itu secara teknis dinamakan fase Bulan. Misalnya Bulan purnama dinamakan fase satu (100% bagian Bulan yang tercahayai Matahari menghadap Bumi) dan Bulan mati dinamakan fase nol (0% bagian permukaan yang tercahayai Matahari menghadap Bumi) dan seterusnya (Smart, 1980).

Kompleksitas visibilitas hilal memerlukan upaya yang lebih cermat dalam pengamatan dan pemahamannya. Pengetahuan tentang visibilitas hilal mempunyai aspek terapan, yaitu pengetahuan yang menjadi dasar penyusunan kalender ibadah (misalnya Puasa Ramadhan, Haji, dan sebagainya) bagi umat Islam di Indonesia dan di seluruh dunia. Pembentukan hilal sebagai bagian dari sabit Bulan bergantung pada konfigurasi posisi Bumi, Bulan dan Matahari.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sudut elongasi (pusat bola) Bulan terhadap (pusat bola) Matahari terkait dengan beda bujur ekliptika Bulan dan Matahari dan lintang ekliptika Bulan melalui rumus sebagai berikut:

$$\cos(e) = \cos \Delta\lambda_{bm} + \cos \beta_{bl} \dots\dots\dots(2 - 1)$$

$\Delta\lambda_{bm}$ = beda bujur ekliptika Bulan dan Matahari; β_{bl} = lintang ekliptika Bulan.

Bila S_{bm} adalah kecepatan Bulan menjauhi Matahari dan Δt adalah selang waktu antara waktu ijtimak/konjungsi dengan waktu pengamatan hilal maka:

$$\Delta\lambda_{bm} = S_{bm} + \Delta t \dots\dots\dots(2 - 2)$$

$$\cos(e) = \cos(S_{bm} + \Delta t) + \cos \beta_{bl} \dots\dots\dots(2 - 3)$$

Harga β_{bl} berkisar dari -5° hingga $+5^\circ$, maka $\cos \beta_{bl}$ berharga sekitar 1 (antara 0,996194698 hingga 1).

Rata-rata kecepatan menjauhnya bujur Bulan dan Matahari adalah $360^\circ/29,530589$ hari = $12^\circ 11' 2'',7$ perhari atau $0^\circ 30' 27'',61$ perjam. Kecepatan perubahan bujur ekliptika Bulan tidak konstan, secara umum adalah $0,5^\circ/\text{jam}$ atau $0^\circ 30'/\text{jam}$ di sekitar titik apoge dan $0^\circ,625/\text{jam}$ atau $0^\circ 37' 30''/\text{jam}$ di sekitar titik perige. Sedangkan kecepatan pergerakan Matahari pada bujur ekliptika adalah $0^\circ 02' 32'',82/\text{jam}$ saat Bumi berada di sekitar titik perihelion (2, 3 atau 4 Januari) dan $0^\circ 02' 23'',03/\text{jam}$ saat Bumi berada di sekitar titik aphelion (6, 7 atau 8 Juli).

Kondisi Konjungsi atau ijtimak tercapai bila Bulan dan Matahari mempunyai bujur ekliptika yang sama. Kecepatan rata-rata perubahan bujur ekliptika Bulan dan Matahari di langit bervariasi, akan mencapai maksimum di perige (untuk Bulan) dan di perihelion (untuk Matahari). Sebaliknya kecepatan rata-rata perubahan bujur ekliptika Bulan dan Matahari mencapai minimum bila Bulan berada di titik apoge dan Matahari berada di titik perihelion.

Selang waktu satu lunasi, atau selang waktu dari ijtimak ke ijtimak berikutnya, bervariasi, bisa lebih pendek (dibanding dengan rata-rata) saat Bulan di dekat titik perige dan terpanjang saat Bulan di dekat titik apoge. Namun yang lebih menentukan adalah bila fenomena konjungsi berada di dekat perihelion, saat Bumi mempunyai kecepatan sudut (mengorbit Matahari) maksimum. Oleh karenanya dalam selang waktu yang sama Bumi menempuh busur ekliptika yang lebih besar dibanding dengan rata-rata. Akibatnya Bulan memerlukan waktu lebih panjang untuk mencapai ijtimak berikutnya. Bertambah lama lagi apabila Bulan berada pada titik

apoge. Keadaan sebaliknya apabila fenomena ijtimak berlangsung saat Bumi berada di titik aphelion, Bumi mempunyai kecepatan sudut minimum, busur ekliptika yang ditempuh Bulan untuk mencapai fenomena ijtimak berikutnya bisa lebih pendek.

Stephenson dan Baolin (1991) menghitung waktu lunasi dalam kurun waktu 5000 tahun, yaitu dari tahun 1000 SM sampai tahun 4000 dan mendapatkan periode sinodis Bulan terpendek pada tahun 302 SM yaitu 29.2679 hari dan terpanjang pada tahun 400 SM yaitu 29,8376 hari. Perbedaan periode sinodis Bulan terpanjang dan terpendek adalah 13 jam 40 menit. Masa siklus sinodis terpanjang akan bergeser dari Desember ke Januari dan ke Februari setelah tahun 2200 dan masa siklus sinodis terpendek akan bergeser dari Juni ke Juli dan ke Agustus setelah tahun 2200.

Periode sideris Bulan dan periode rotasi Bulan sama besar sekitar 27.3 hari maka bagian Bulan yang menghadap ke Bumi selalu sama. Akibat dari orbit Bulan mengelilingi Bumi yang berbentuk elips maka akan ada tambahan wajah Bulan yang bisa dilihat pada momen Bulan di perige dan di apoge yaitu total sekitar 60% wajah Bulan yang bisa dilihat dari Bumi. Fasa Bulan memberi gambaran tentang fraksi, F , atau perbandingan antara luas bagian Bulan yang dikenai cahaya Matahari atau disebut sebagai luas *crescent*, L_c , terhadap seluruh bundaran Bulan dengan radius r . Secara matematis

$$F = \frac{L_c}{\pi r^2} \dots\dots\dots(2 - 4)$$

atau

$$F = \frac{1}{2} (1 + \cos d) \dots\dots\dots (2 - 5)$$

d merupakan sudut elongasi Matahari terhadap Bumi bila dilihat dari pusat Bulan. Akibat perbandingan jarak Bumi - Matahari sekitar 400 kali jarak Bumi - Bulan, maka jarak Bumi - Matahari dan Bulan - Matahari yang relatif hampir sama (selisih sekitar 1/400), oleh karena itu berkas cahaya Matahari yang jatuh ke permukaan Bulan dan Bumi dapat dianggap sejajar maka:

$$e + d = 180^\circ \dots\dots\dots(2 - 6)$$

atau

$$d = 180^\circ - e \dots\dots\dots(2 - 7)$$

e merupakan sudut elongasi pusat bola Bulan terhadap pusat bola Matahari dilihat dari pusat bola Bumi. Jean Meeus (1982) memformulasikan hubungan sudut fasa Bulan d dan sudut elongasi e lebih cermat sebagai berikut:

$$d = 180^\circ - e - 0,1468 \frac{1 - 0,0549 \sin M_1}{1 - 0,0167 \sin M_2} \sin e \dots\dots\dots (2 - 8)$$

bila $e = 0^\circ$ maka $d = 180^\circ$ dan M_1 adalah anomali rata-rata Bulan serta M_2 adalah anomali rata-rata Matahari, maka:

$$M_1 = 296,104608 + 477198,8491T + 0,009192T^2 + 0,0000144T^3 \dots\dots\dots (2 - 9)$$

$$M_2 = 358,475833 + 35999,0498T + 0,000150T^2 + 0,0000033T^3 \dots\dots\dots (2 - 10)$$

$$T = \frac{JD - 2415020,0}{36525} \dots\dots\dots (2 - 11)$$

T (abad Julian) dihitung mulai dari epoch 0,5 ET (*Ephemeris Time*) Januari 1900, $JD = Julian Day$ atau *Julian Date*, merupakan jumlah hari sejak 1 Januari 4713 SM (sebelum Masehi).

Pada bola langit, relasi berbagai sistem koordinat astronomis dapat dirumuskan sehingga dapat diperoleh hubungan matematis, dalam hal ini adalah antara fasa Bulan dengan posisi tinggi dan azimuth Bulan atau beda waktu terbenam Bulan dan Matahari.

Tinjau dalam sistem koordinat ekliptika, bila B adalah representasi titik pusat bola Bulan dan M adalah representasi titik pusat bola Matahari (di ekliptika) dan titik A adalah perpotongan lingkaran bujur ekliptika yang melewati B dengan ekliptika maka busur lingkaran besar yang menghubungkan B dengan M , BM , adalah jarak sudut Bulan dan Matahari atau disebut dengan busur cahaya (*arc of light*) aL atau sudut elongasi, e dan AM adalah beda bujur ekliptika antara Matahari dan Bulan, $\Delta\lambda_{bm}$, AB adalah lintang ekliptika Bulan, β_{bl} . Perhatikan segitiga bola ABM , sudut bola

$A = 90^\circ$, melalui rumus kosinus segitiga bola dapat diturunkan persamaan sebagai berikut:

$$\cos BM = \cos AB \cos AM + \sin AB \sin AM \cos A$$

..... (2 - 12)

karena sudut bola $A = 90^\circ$ maka $\cos A = 0$ dan diperoleh :

$$\cos BM = \cos AB \cos AM$$

.....(2 - 13)

atau

$$\cos e = \cos \Delta \lambda_{bm} \cos \beta_{bl}$$

.....(2 - 14)

Dalam sistem koordinat horizontal, bila Z adalah titik zenit tempat pengamat dan ZB dan ZM masing-masing adalah jarak zenit - Bulan dan jarak zenit - Matahari, maka hubungan tinggi Bulan h_B , dan tinggi Matahari h_M , beda azimuth Bulan dan Matahari ΔA_{bm} , dan lebar tengah hilal DH, dapat didekati dengan rumus:

$$\cos BM = \cos ZB \cos ZM + \sin ZB \sin ZM \cos \Delta A_{bm}$$

.....(2 - 15)

$$ZB = 90 - h_B$$

.....(2 - 16)

dan

$$ZM = 90 - h_M$$

.....(2 - 17)

dengan BM adalah jarak sudut Bulan dan Matahari atau disebut dengan busur cahaya (*arc of light*) aL atau sudut elongasi e ,

$$\cos aL = \cos(90^\circ - h_B) \cos(90^\circ - h_M) + \sin(90^\circ - h_B) \sin(90^\circ - h_M) \cos \Delta A_{bm}$$

.....(2 - 18)

sehingga

$$\cos aL = \sinh B \sinh M + \cosh B \cosh M \cos \Delta A_{BM}$$

..... (2 - 19)

3. DATA DAN METODE

Dihitung nilai elongasi dari hubungan segitiga bola saat Matahari terbenam untuk kasus hilal positif. Nilai elongasi didapatkan dari hubungan antara

parameter hilal saat Matahari terbenam yaitu tinggi Bulan dan beda azimuth Bulan-Matahari. Nilai elongasi dihitung untuk variasi tinggi Bulan 0 - 24 derajat, dan beda azimuth 0 - 24 derajat.

Dihitung data hilal dari Juni 622 - Desember 3000 Masehi menggunakan Meuss (1998) untuk lokasi Pelabuhan Ratu, Sukabumi, Jawa Barat. Data hilal dipilih yang berumur 0 - 24 jam dengan tinggi Bulan positif saat Matahari terbenam.

Dibandingkan data hilal positif berumur 0 - 24 jam dengan plot elongasi dari relasi antar nilai tinggi Bulan dengan beda azimuth Bulan - Matahari saat Matahari terbenam.

4. PEMBAHASAN

Gambar 4-1 merupakan hubungan antar parameter visibilitas hilal tinggi Bulan, Elongasi Bulan-Matahari, dan beda azimuth Bulan-Matahari. Nilai elongasi (garis warna-warni) dihitung berdasarkan hubungan segitiga bola saat Matahari terbenam untuk setiap nilai beda azimuth 0, 1, 2, 3, ..., 13, 14. Tinggi Matahari saat terbenam adalah 0° (Gambar 4-1) dan $-0,8^\circ$ (Gambar 4-2).

Hilal dengan azimuth 0° adalah saat Matahari terbenam, sehingga hubungan elongasi terhadap tinggi Bulan berupa garis linier. Hubungannya berupa $y = x + \text{tetapan}$, dengan y adalah tinggi Bulan dan x adalah nilai elongasi. Nilai tetapan mendekati keadaan saat Matahari terbenam.

Jika kita ambil kasus Matahari terbenam tepat di horizon, tinggi Matahari 0° , dan beda azimuth Bulan-Matahari 0° , maka sesuai gambar 4-1 pada garis yang paling kiri akan diperoleh hubungan $y = x$, sehingga tetapannya 0 (nol). Akan tetapi, karena Matahari berbentuk piringan, ambil kasus Matahari terbenam dengan tinggi Matahari $-0,8^\circ$, maka sesuai gambar 4-2 pada garis paling kiri, akan diperoleh hubungan $y = x + \text{tetapan}$, dengan tetapannya > 0 (positif). Tetapan mendekati nilai dari ketinggian Matahari saat Matahari terbenam, sehingga tinggi Bulan \approx nilai elongasi + tinggi Matahari.

Relasi antar parameter visibilitas hilal tersebut berlaku untuk posisi saat Matahari terbenam. Sedangkan untuk

tinggi Bulan di atas 6° , relasi antarpameter visibilitas hilal dengan beda azimut $0^\circ - 4^\circ$ terlihat berimpit dengan nilai beda azimut 0° , dan mengikuti hubungan yang linier.

Relasi parameter visibilitas hilal untuk setiap beda azimut Bulan dan Matahari dapat dilihat pada gambar 4-1 dan gambar 4-2. Sebagai contoh, untuk kasus hilal dengan beda azimut $12^\circ - 14^\circ$ akan terletak di antara garis relasi antar parameter visibilitas paling kanan (ΔAz 14) dan garis ΔAz 12. Apakah ada data hilal yang masuk ke dalam posisi tersebut untuk di wilayah Indonesia?

Gambar 4-3 merupakan data hilal dari juni 622 – desember 3000 Masehi untuk lokasi Pelabuhan Ratu menggunakan metoda Meuss, kemudian dipilih data hilal positif berumur 0 – 24 jam. Untuk hilal positif berumur 0-24 jam terdapat 24583 data. Data posisi Bulan dan matahari yang dihitung adalah posisi *apparent geosentric*.

Hilal positif adalah hilal yang memiliki tinggi Bulan $> 0^\circ$ saat Matahari terbenam. Umur Bulan 24 jam dipilih dengan anggapan hilal ini merupakan hilal yang krusial yang berkaitan dengan penentuan penanggalan Islam. Umur Bulan > 24 jam juga dianggap hilal dapat teramati dengan mata telanjang, dan kecil kemungkinan terjadinya perbedaan dalam penetapan awal bulan Hijriah.

Parameter posisi untuk data hilal berumur 24 jam dihitung pada saat Matahari terbenam. Tinggi bulan berkisar dari $0,1 - 13,4$ derajat, elongasi Bulan-Matahari berkisar dari $1,43 - 14,9$ derajat, beda azimut Bulan-Matahari berkisar dari $0 - 11,45$ derajat, dan beda waktu terbenam (*lagtime*) berkisar dari $4 - 64$ menit.

Kasus hilal positif berumur 0 – 24 jam (gambar 4-3) dibatasi oleh: batas kiri data hilal $y = x + 1,05$, tinggi Bulan - Elongasi $\geq 1,05$ derajat; batas kanan data hilal $y = x + 7,05$, tinggi Bulan - Elongasi $\leq 7,05$; tinggi Bulan maksimum $13,4$ derajat; elongasi Bulan-Matahari minimum $1,43$ derajat; dan elongasi Bulan-Matahari maksimum $14,9$ derajat.

Jika kita bandingkan data hilal positif berumur 0-24 jam dengan plot elongasi berdasarkan segitiga bola saat Matahari terbenam, akan terlihat plot seperti pada gambar 4-4. Plot elongasi berdasarkan nilai beda azimut memudahkan kita untuk

membaca parameter posisi hilal, kriteria visibilitas, dan awal penanggalan. Semakin ke kanan dari batas kiri data hilal $y = x + 1,05$, sebaran datanya lebih renggang dibandingkan dengan data yang berimpit dengan garis batas kiri. Sebaran tersebut sebagian besar disebabkan oleh bertambahnya umur Bulan. Semakin besar umur Bulan, semakin menjauh posisi Bulan tersebut terhadap posisi saat konjungsi.

Ditambahkan garis kriteria visibilitas Ilyas (1994), Odeh (2004), dan MABIMS untuk mengidentifikasi kemungkinan data hilal yang dapat teramati dengan mata telanjang, harus menggunakan alat batu optik seperti binokular atau teleskop, dan data hilal yang tidak mungkin teramati walaupun tinggi Bulan sudah positif.

Garis kriteria visibilitas Ilyas dan Odeh maksimum merupakan batas kriteria hilal dapat teramati dengan mata telanjang, di mana kedua garis tersebut hampir berhimpit. Data hilal di antara garis kriteria visibilitas odeh maksimum dan minimum adalah hilal yang kemungkinan dapat teramati dengan menggunakan alat bantu binokular dan teleskop. Sedangkan data hilal di bawah garis batas Odeh minimum, kemungkinan tidak dapat teramati walaupun tinggi Bulan sudah positif. Garis elongasi $6,4$ derajat merupakan limit Danjon dalam kriteria Odeh, yang menjadi batas minimum untuk sabit Bulan dapat teramati (gambar 4-4).

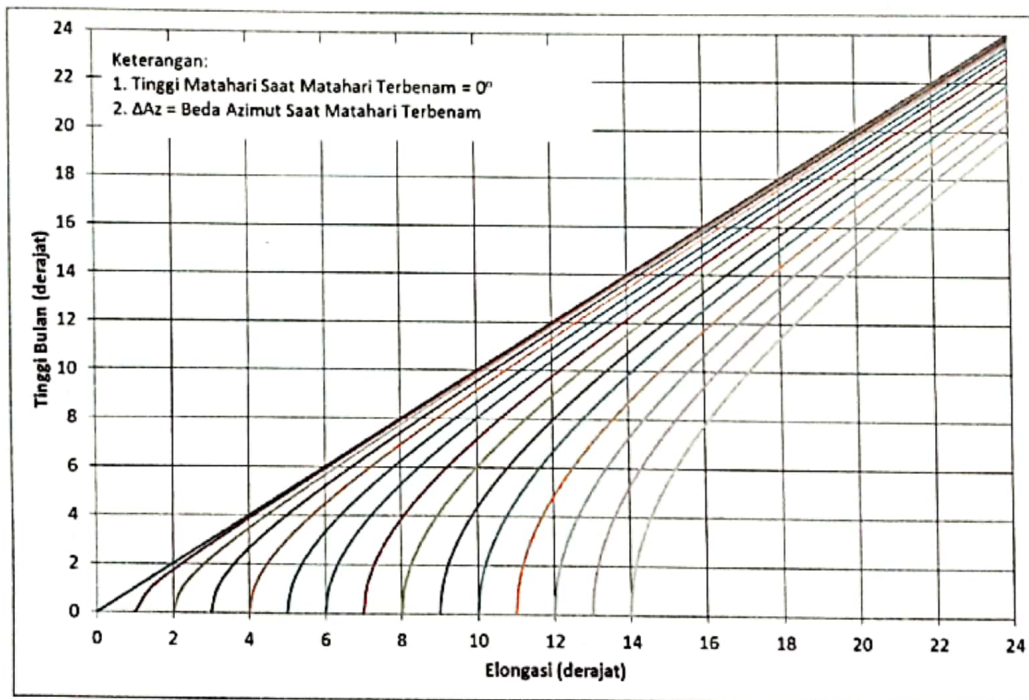
Pada gambar 4-4, kriteria MABIMS diwakili oleh garis tinggi Bulan 2 derajat dan garis elongasi 3 derajat. Untuk lokasi Pelabuhan Ratu, kriteria tinggi Bulan 2 derajat dan elongasi 3 derajat (belum mempertimbangkan parameter umur Bulan 8 jam), dapat diwakili oleh satu parameter saja, yaitu tinggi Bulan 2 derajat. Hal tersebut dapat terjadi karena nilai elongasi minimum untuk data hilal yang memiliki tinggi Bulan 2 derajat lebih dari 3 derajat, sehingga sangat mungkin kriteria MABIMS untuk menggunakan parameter tinggi Bulan 2 derajat saja.

Pemilihan hilal positif ini bertujuan juga untuk melihat implikasi dari perbedaan penerapan kriteria, khususnya kriteria *wujudul hilal*. Kriteria *wujudul hilal* menggunakan tinggi Bulan > 0 derajat saat Matahari terbenam sebagai penentu awal bulan hijriah.

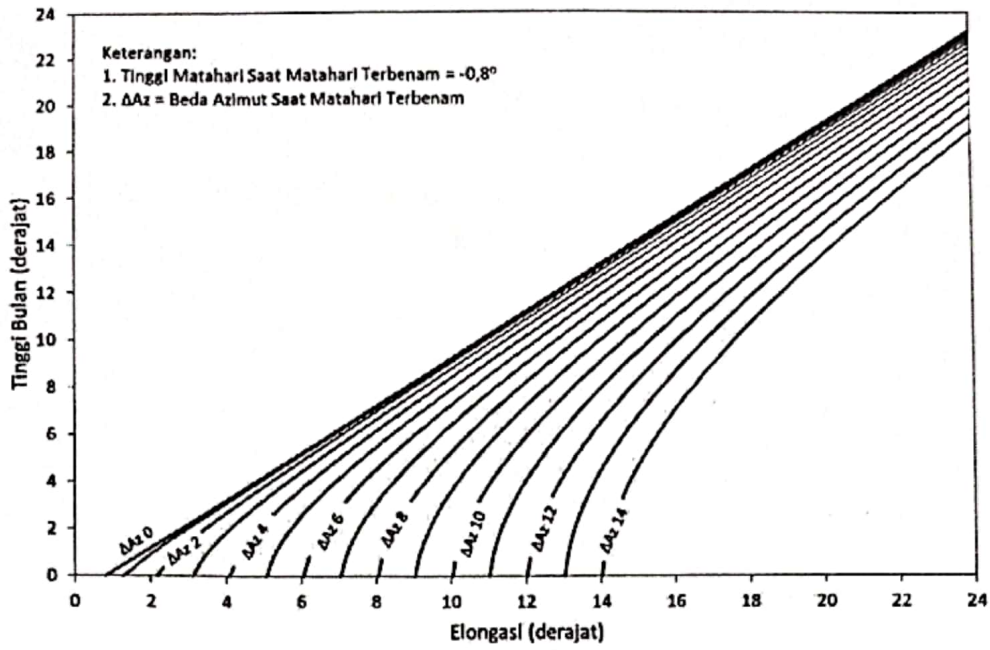
Penggunaan plot pada gambar 4-4 berimplikasi pada visibilitas hilal dan penentuan awal bulan Hijriah (kalender). Implikasi pada visibilitas terjadi jika kasus hilal terletak di atas batas kriteria Odeh minimum, dan Odeh maksimum/Ilyas. Hilal dapat teramati dengan mata telanjang jika terletak di atas garis maksimum Odeh/Ilyas. Hilal dapat teramati dengan bantuan alat optik seperti binokular dan teleskop jika terletak di antara garis Odeh minimum dan maksimum. Hilal tidak dapat teramati jika terletak dibawah garis Odeh minimum, walaupun tinggi Bulan sudah positif.

Implikasi pada penentuan awal bulan Hijriah adalah ada tidaknya perbedaan dalam penentuan awal bulan Hijriah antara kriteria MABIMS yang digunakan pemerintah, dan kriteria *wujudul hilal* yang

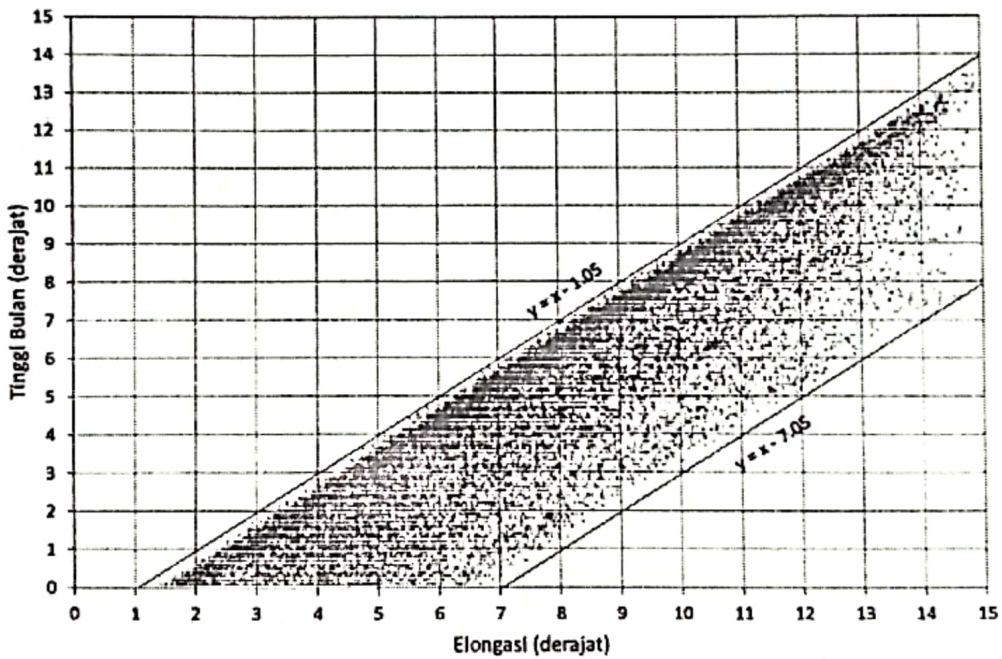
digunakan oleh Muhammadiyah. Jika kasus hilal terletak di atas garis minimum Odeh, tidak ada perbedaan dalam penentuan awal bulan karena hilal sudah terletak di atas garis kriteria 2 derajat dan tinggi Bulan positif. Jika kasus hilal terletak di antara tinggi Bulan 2 derajat dan garis minimum Odeh, tidak ada perbedaan juga dalam penentuan awal bulan, hanya kemungkinan hilal tersebut tidak dapat teramati menurut kriteria, atau bisa dikatakan hilal yang sangat sulit. Bagaimana menyikapi kasus ini? Jika kasus hilal terletak di bawah garis tinggi Bulan 2 derajat, akan ada perbedaan penentuan awal bulan hijriah antara kriteria MABIMS dan *wujudul hilal*. Seberapa banyak hal ini dapat terjadi?



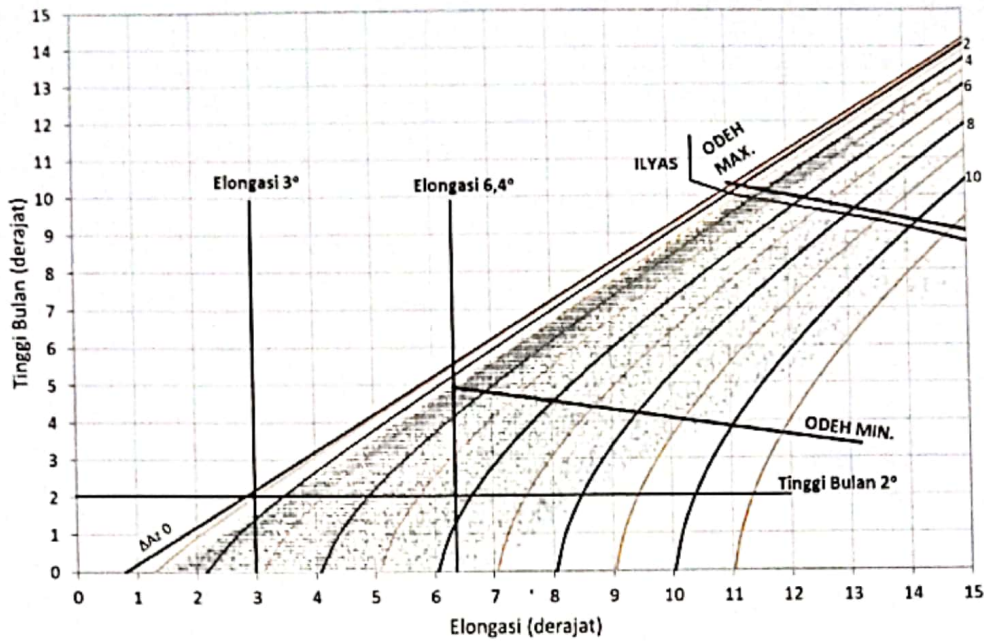
Gambar 4-1. Relasi antar parameter visibilitas hilal tinggi Bulan, elongasi, dan beda azimut Bulan-Matahari. Posisi Matahari saat terbenam memiliki tinggi 0°.



Gambar 4-2. Relasi antar parameter visibilitas hilal tinggi Bulan, elongasi, dan beda azimut Bulan-Matahari. Posisi Matahari saat terbenam memiliki tinggi $-0,8^\circ$.



Gambar 4-3. Data hilal positif berumur 0 – 24 jam dari Juni 622 – Desember 3000 untuk lokasi Pelabuhan ratu



Gambar 4-4. Relasi antar parameter visibilitas hilal dari segitiga bola, data hilal positif berumur 0 – 24 jam, dan berbagai kriteria visibilitas hilal pembandingan.

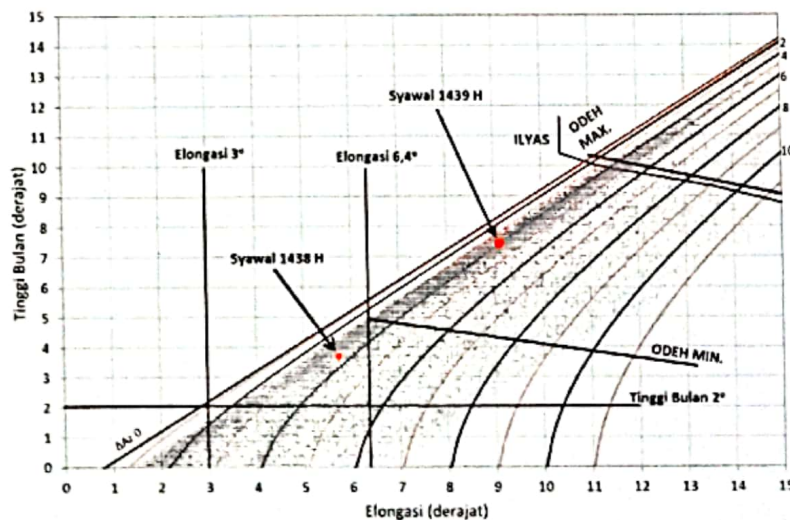
5. IMPLEMENTASI

Diperlihatkan kasus hilal penentuan awal Syawal 1438 H dan 1439 H memanfaatkan plot relasi antarparameter visibilitas hilal, data hilal positif berumur 0 – 24 jam, dan kriteria visibilitas hilal pembandingan (Gambar 5-1).

Kasus hilal awal Syawal 1438 H, Bulan baru terjadi pada 24 Juni 2017 pukul 09:41 WIB. Pada tanggal 24 Juni 2017 saat Matahari terbenam di Pelabuhan Ratu, parameter posisi hilal, yaitu umur Bulan: 8,28 jam, elongasi: 5,72 derajat, tinggi Bulan: 3,7 derajat, beda Azimut: 3,26 derajat, dan beda waktu terbenam: 20

menit. Awal Syawal berdasarkan kriteria adalah 25 Juni 2017. Tidak ada perbedaan dalam penentuan awal Syawal 1438 Hijriah.

Kasus hilal awal Syawal 1438 H, Bulan baru terjadi pada 14 Juni 2018 pukul 02:43 WIB. Pada tanggal 14 Juni 2017 saat Matahari terbenam di Pelabuhan Ratu, parameter posisi hilal: umur Bulan: 15,07 jam, elongasi: 9,1 derajat, tinggi Bulan: 7,4 derajat, beda azimut: 1,33 derajat, beda waktu terbenam: 37 menit. Awal Syawal berdasarkan kriteria adalah 15 Juni 2018. Tidak ada perbedaan dalam penentuan awal Syawal 1439 Hijriah.



Gambar 5-1. Kasus hilal penentuan awal Syawal 1438 dan 1439 Hijriah.

6. KESIMPULAN

Relasi antar parameter dapat menjelaskan beragam variasi hilal dan implikasinya terhadap visibilitas hilal dan penetapan awal bulan dalam kalender Hijriah.

Ragam variasi posisi hilal dapat dibaca dari plot parameter tinggi Bulan dan elongasi saat Matahari terbenam, serta dapat penggambaran nilai beda azimut dari plot relasi segitiga bola.

Hilal positif berumur 0 - 24 jam memiliki rentang beda azimut 0 - 11 derajat. Jika kemiringan bidang orbit Bulan dari ekliptika sebesar 5 derajat, nilai maksimum beda azimut sebesar 11 derajat sangat dimungkinkan untuk hilal yang berumur 24 jam dari konjungsi. Bagaimana sebaran data jika dilihat untuk masing-masing umur bulan dari 0 - 24 jam, perlu telaah lebih lanjut.

Implikasi terhadap kalender yaitu berkaitan dengan penentuan awal bulan Hijriah. Gambar 4-4 diharapkan dapat memberikan gambaran yang cukup untuk membantu memahami mengapa terjadi perbedaan dalam penentuan awal bulan Hijriah.

Dalam makalah ini hanya digunakan satu lokasi untuk penentuan parameter posisi hilal, yaitu lokasi Pelabuhan Ratu. Perlu penelaahan lebih lanjut untuk melihat implikasi dari menggunakan satu wilayah Indonesia untuk penentuan awal bulan Hijriah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Sebagian dari makalah ini merupakan hasil penelitian yang dibiayai oleh LPPM ITB tahun anggaran 2017.

DAFTAR RUJUKAN

- M.Ilyas, "Lunar Crescent Visibility Criterion and Islamic Calendar," QJRS 35, pp425 - 461, 1994
- F.Bruin, "The First Visibility of Lunar Crescent", *Vistas Astronomy* 21, pp331 - 358, 1977
- Caldwell J and Laney C; 2001; First Visibility of the Lunar Crescent, *SAAO African Skies* 5, 15
- Yallop, BD; 1997; A Method for predicting the first sighting of the new Crescent Moon, *RGO NAO Tech. Note* 69 (pp 1 - 15)
- Meeus, J. (1998): *Astronomical Algorithms*, 2nd edition, Wilmann-Bell Inc., Virginia.
- MacNally, D.; 1983; QJRS 24, 417
- Odeh, Mohammad SH; 2004; New Criterion for Lunar Crescent Visibility, *Experimental Astronomy*; 18, 39 - 64
- Smart, W.M.(1980). *Textbook on Spherical Astronomy, sixth edition revised by RM Green*. New York: Cambridge University Press.
- Sultan, AH; 2006, "Best Time" For The First Visibility of the Lunar Crescent, *The Observatory*, 126, 115 - 118
- Sultan, AH; 2007; First Visibility of The Lunar Crescent Beyond Danjon's Limit, *The Observatory* 127, February 2007, 53 - 59
- Schaefer, BE; 1988; Visibility of Lunar Crescent, QJRS 29, 511 - 523



Moedji Raharto, Lahir di Blitar, Jatim; 8 November 1954, Kelompok Keahlian Astronomi, Gedung CAS (Centred for Advanced Sciences) Jl Ganesha 10 Bandung 40132, Jawa Barat, Indonesia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung