



BAB IV
ANALISIS PERBANDINGAN PENENTUAN KETINGGIAN HILAL
PERSPEKTIF ALMANAK NAUTIKA DAN EPHEMERIS

1. Analisis Metode Perhitungan *Irtifa' al-Hilal* Perspektif Sistem Almanak Nautika

Irtifâ' al-hilâl, sesuai dengan yang penulis jabarkan di dalam bab sebelumnya, merupakan istilah dari bentuk *tarkib* (susunan) yang terdiri dari *Irtifa'* (*Mudlaf*) dan *hilal* (*Mudlaf Ilaih*). Dua lafadz ini secara bahasa mempunyai pengertian ketinggian hilal. Adapun dalam istilah *irtifâ' al-hilâl* adalah ketinggian dari bulan pada hari pertama setiap bulan Qamariyah.

Irtifâ' al-hilâl menjadi sangat penting dalam menentukan awal bulan Qamariyah. Keberadaan *irtifâ' al-hilâl* sangat mempengaruhi terhadap penentuan awal bulan Qamariyah. Jika hilal sudah mencapai pada ketinggian yang memungkinkan dapat dilihat (*Imkan al-rukyah*), maka kemungkinan

besar malam itu dan keesokan harinya dapat ditetapkan sebagai tanggal 1 (satu) bulan baru. Hal ini sesuai dengan fungsi hilal sebagai tanda telah masuknya bulan Qamariyah baru.¹

Dalam berbagai kitab atau sistem hisab penghitungan awal bulan Qamariyah, *irtifâ' al-hilâl* menjadi hal yang penting untuk diperhatikan. Bila penghitungan *irtifâ' al-hilâl* dalam setiap sistem tersebut bisa dipertanggungjawabkan validitasnya, maka kesesuaian terhadap *irtifâ' al-hilâl* secara rukyah *bi al-fi'li*,² juga semakin dekat atau mungkin sama. Tetapi bila validitas penghitungan *irtifâ' al-hilâl* yang ada dianggap kurang tepat, maka kesesuaian dengan *irtifâ' al-hilâl* secara rukyah *bi al-fi'li* juga semakin rentan untuk tidak sama.

Dalam kitab Almanak Nautika, terdapat satu metode penghitungan *irtifâ' al-hilâl*. Untuk dapat menentukan tinggi hilal, data yang dibutuhkan adalah : deklinasi matahari (δ), lintang tempat (ϕ) dan sudut waktu bulan (t°) dengan menggunakan rumus :

$$\text{Sin } h = \text{sin } \phi \times \text{sin } \delta + \text{cos } \phi \times \text{cos } \delta \times \text{cos } t^{\circ}$$

Pada metode Almanak Nautika dalam menghisab ketinggian dan Posisi hilal yang ingin diketahui adalah dengan mempergunakan data GHA (*Greenwich Hour Angle* atau Sudut Waktu Hilal untuk kota *Greenwich*). *Hour angle* ini biasanya diberi simbol “ t ” (t-kecil).

¹ Maskufa, *Ilmu Falaq*, (Jakarta: Gaung Persada, 2009), 150

² Rukyah *bi al-fi'li* adalah melihat bulan baru dengan memakai mata kepala tanpa memakai alat bantu sebagai tanda masuknya awal bulan qamariyah baru dan dilaksanakan pada saat matahari terbenam pada tiap tanggal 29 bulan qamariyah. Lihat Maskufa, *Ilmu*, 149

Untuk mengambil data sudut waktu bulan dari Almanak Nautika yang mengacu pada jam GMT, saat terbenam matahari dalam WIB dikonversi dulu kedalam GMT dengan cara dikurangi 7 (tujuh) jam. Data tersebut dimuat pada kolom *Moon* sub kolom GHA (*Greenwich Hour Angel*) untuk setiap jam mulai pukul 00.00 hingga pukul 23.00 GMT. Jika saat terbenam matahari terjadinya tidak persis pada jam-jam tersebut, maka lebih dahulu dilakukan perhitungan interpolasi atau penyisipan. Jika, misalnya, saat terbenam matahari, setelah dikonversi, adalah pukul 10.00 dan 11.00 GMT, maka harga sudut waktu bulan yang diperlukan dicari dengan rumus : $A - (A - B) \times C/i$

Dengan cara dan untuk saat yang sama ditentukan juga harga deklinasi bulan (data diambil dari sub kolom *Dec*), harga *Horizontal Parallaks* (data diambil dari sub kolom *HP*), dan harga semidiameter bulan (data diambil dari sub kolom *SD*). Selanjutnya hasil interpolasi GHA ditambah dengan bujur markas, dan apabila melebihi 360, maka dikurangi 360, hasilnya adalah sudut waktu (t^{C}) bulan.

Dari hasil tersebut, maka dicari posisi ketinggian hilal hakiki atau nyata (h^{C}), dengan data yang di butuhkan adalah : deklinasi matahari (δ^{\bullet}), lintang tempat (φ) dan sudut waktu bulan (t^{C}). Selanjutnya, untuk mendapatkan ketinggian bulam *mar'i* (h^{C}), data hilal hakiki harus dikoreksi lagi dengan: Parallaks, diperoleh dengan rumus $HP \times \cos h^{\text{C}}$ hakiki (dikurangkan), Refraksi (ditambahkan), kerendahan ufuk (ditambahkan), dan semi diameter bulan (dikurangkan).

Pada dasarnya sistem Almanak Nautika hampir sama dengan metode *tahqiqi*, yakni menentukan derajat ketinggian bulan pasca *ijtima'* dengan memanfaatkan ilmu ukur segitiga bola,³ hanya saja sistem koreksinya lebih teliti dan lebih cermat, seperti dengan memperluas dan menambahkan koreksi-koreksi pada gerak bulan dan matahari dengan rumus-rumus *spherical trigonometri* (segitiga bola)⁴.

Hisab kontemporer yang dalam hal ini Metode hisab Almanak Nautika merupakan suatu sistem hisab yang menggunakan perhitungan dengan berdasar pada data-data astronomi modern. Sistem hisab ini menggunakan hasil penelitian terakhir dan menggunakan matematika yang telah dikembangkan sehingga hasil yang diperoleh pun tidak ada jaminan bahwa bilamana *ijtima'* terjadi sebelum matahari terbenam ketika terbenam hilal sudah di atas ufuk (positif)⁵, sebagaimana yang pernah terjadi pada akhir Ramadhan 1992, 1993 dan 1994.

Metode hisab Almanak Nautika dalam perhitungannya mempergunakan tabel-tabel yang sudah dikoreksi dan mempergunakan rumus-rumus yang rumit. Metode hisab Almanak Nautika sangat memperhatikan dan memperhitungkan posisi observer, deklinasi bulan dan matahari serta sudut waktu atau *asensiorekta* bulan dan matahari. Akibatnya,

³ Izzuddin, *Ilmu*, 145

⁴ Moh. Murtadho, *Ilmu Falak Praktis*, 2008, Malang: UIN-Malang Press, hal. 227

⁵ Ketentuan ini berbeda dengan ketentuan yang ada dalam sistem hisab *hakiki taqribi*, yakni bilamana *ijtima'* terjadi sebelum Matahari terbenam dalam sistem hisab ini dipastikan ketika Matahari terbenam hilal sudah di atas ufuk (positif), dan sebaliknya bilamana *ijtima'* terjadi setelah Matahari terbenam dipastikan hilal masih di bawah ufuk (negatif). Hal ini sebagaimana disampaikan dalam dalam Orientasi Hisab Rukyah Se-Jawa Tengah Pondok Pesantren Daarun Najaah pada tanggal 28-30 Nopember 2008 di *Islamic Center* pada hal. 1 - 2

menurut metode hisab Almanak Nautika, jika *ijtimā'* terjadi pada saat sebelum matahari terbenam, maka ketinggian hilal tidak selalu positif diatas ufuk.

Letak benda langit dinyatakan oleh unsur suatu sistem koordinat atau sistem acuan equator yang mempunyai *asensio rekta* dan deklinasi. Keduanya merupakan busur-busur bola langit yang bertitik pusat dititik pusat bumi. Jadi deklinasi dan Lintang tempat merupakan unsur pokok. Sebagai contoh dalam rangka mencari tinggi bulan atau (h).⁶ dengan menggunakan rumus:

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta. + \cos \varphi. \sin \delta. \cos t.$$

Secara teoritis atau praktis, dengan melihat metode di atas, hisab *irtifâ' al-hilâl* yang dipakai dalam sistem Almanak Nautika bisa dianggap sebagai penghitungan atau hisab yang cukup memadai. Dan dengan dasar inilah dapat disimpulkan bahwa sistem Almanak Nautika menjadi suatu acuan metode yang cukup valid sehingga bisa dijadikan sebagai penentu dari awal bulan Qamariyah. Hanya saja terdapat sisi kelemahan yang menjadi kendala dan pengaruh yang cukup mengganggu pada perhitungan Almanak Nautika. Data Almanak Nautika setiap tahun dibeli dari TNI AL Dinas Hidro Oseanografi dalam jumlah terbatas, dan umumnya data Almanak Nautika baru dapat diperoleh pada bulan Juni atau Juli setiap tahun. Sedangkan kebutuhan akan data astronomis yang mutakhir, terutama untuk perhitungan awal bulan Ramadan, Syawal dan Dzulhijjah tidak selalu sesudah bulan Juni dan Juli, melainkan tergantung dari kalender Hijriyah.

⁶ Salam Abd, Ilmu Falak : *Hisab Waktu Sholat, Arah Kiblat dan Kalender Hijrah*, hal.58

2. Analisis Metode Perhitungan *Irtifa' al-Hilal* Perspektif Sistem Ephemeris

Hilal sudah dapat dilihat oleh mata kepala apabila hilal tersebut sudah mempunyai ketinggian yang cukup. Dan dengan dapat dilihatnya hilal tersebut, maka bisa dipastikan pula awal bulan Qamariyah telah datang pada waktu itu. Dari sinilah *irtifa' al-hilâl* sangat menentukan datangnya awal bulan Qamariyah. Oleh sebab itu, maka tidak heran apabila setiap metode hisab, teori tentang *irtifa' al-hilâl* sangat diperhatikan, tidak terkecuali dengan metode hisab yang ada dalam kitab Ephemeris.

Mencari ketinggian hilal dengan bantuan Ephemeris nampak sedikit berbeda dengan metode yang dipakai oleh sistem Almanak Nautika. Dalam mencari ketinggian hilal dengan bantuan Almanak Nautika adalah dengan mempergunakan data GHA (*Greenwich Hour Angle* untuk kota Greenwich). Hour angle ini biasanya diberi simbol “ t ” (t kecil) . Data “ t ” tidak disediakan oleh Ephemeris Hisab Rukyat ini. Sebagai gantinya, dapat mempergunakan data *Apparent Right Ascensio* (Asensio Rekta), baik untuk bulan maupun matahari, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- 1) Mencari sudut waktu matahari saat matahari terbenam.

Pada metode Ephemeris, rumus yang dipakai dalam mencari sudut waktu pada saat matahari tenggelam adalah dengan cara sebagai berikut:

$$\cos t^\bullet = -\tan \varphi \times \tan \delta^\bullet + \sin h^\bullet / \cos \varphi / \cos \delta^\bullet$$

- 2) Mencari Asensio Rekta Matahari (AR^\bullet) dan bulan (AR°) pada saat matahari terbenam.

Data AR^\bullet dan AR^C pada data Ephemeris dimuat pada kolom *Apparent Right Ascension* untuk setiap jam mulai jam 0 – 24 GMT. Langkah yang dilakukan adalah dengan mengambil data AR^\bullet dan AR^C pada saat matahari terbenam (GMT), jika saat matahari terbenam terjadi tidak persis pada jam-jam tersebut, maka lebih dulu dilakukan interpolasi.

Dalam mencari Asensio Rekta Matahari (AR^\bullet) dan Asensio Rekta Bulan (AR^C) dapat dilakukan dengan rumus: $Int : A - (A-B) \times C / 1$

3) Mencari sudut waktu bulan (t^C) saat matahari terbenam.

Data yang diperlukan adalah asensio rekta matahari (Ar^\bullet), asensio rekta bulan (Ar^C) dan sudut waktu matahari saat terbenam (t^\bullet). Rumusnya adalah: $t^C = Ar^\bullet - Ar^C + t^\bullet$.

4) Mencari ketinggian hilal (h^C).

Data yang diperlukan adalah Lintang Tempat (φ), deklinasi bulan (δ^C) dan sudut waktu bulan saat matahari terbenam (t^C). Rumusnya:

$$\mathbf{\sin h^C = \sin \varphi \times \sin \delta^C + \cos \varphi \times \cos \delta^C \times \cos t^C}$$

Dari rumus ini dihasilkan ketinggian hilal *hakiki*. Selanjutnya, untuk menghitung ketinggian hilal *Mar'i*, maka harga ketinggian hilal *Hakiki* harus dikoreksi dengan Parallax, Semi Diameter, Refraksi Bulan dan DIP dengan menggunakan rumus:

$$\mathbf{h^C = h - parralax + s.d. + Ref. + Dip}$$

3. Analisis Persamaan dan Perbedaan Metode Perhitungan *Irtifa' al-Hilal* Perspektif Almanak Nautika dan Ephemeris

Sebagaimana penulis paparkan pada bab sebelumnya, maka penulis melakukan analisa serta membandingkan hasil perhitungan sistem hisab Almanak Nautika dan Ephemeris terhadap keakurasaan dalam perhitungan *irtifa' al-hilal* melalui penentuan awal bulan Ramadhan tahun 1432 H. Dengan adanya perbedaan cara-cara atau rumus dari kedua sistem, maka hasil yang akan dicapainya jelas berbeda, tentunya yang memakai koreksi lebih banyak maka sistem itulah yang lebih akurat. Disamping terdapat perbedaan cara maupun rumusnya, perbedaan bisa terjadi karena adanya perbedaan tentang cara dan sistem dalam menghitung *ijtima'* dan ketinggian hilal. Merkipun demikian, masing-masing metode baik Almanak Nautika dan Ephemeris berpendapat bahwa posisi hilal pasti positif di atas ufuk, apabila *ijtima'* terjadi sebelum matahari terbenam dan sebaliknya.

Mengenai perhitungan awal bulan Qamariyah terutama pada awal Ramadan tahun 1432 H. sebagaimana yang penulis paparkan pada bab III dan mengacu pada bab II, manakah hasil yang lebih teliti dari kedua sistem tersebut dalam penentuan awal bulan Ramadhan.

Adapun proses perhitungan hasil yang di capai dari kedua sistem adalah sebagai berikut :

a) Kaidah Waktu *Ijtima'*

Langkah pertama dalam penentuan awal bulan adalah posisi yang presisi. Sebab posisi ini merupakan hal yang sangat penting.

Perbedaan *ijtima'* menjadi indikator adanya variasi presisi atau ketetapan untuk menghitung posisi hilal di langit. Langkah dalam menentukan *ijtima'* ini dianggap cukup penting mengingat untuk mengetahui kapan kemungkinan akan terjadi bulan baru maka yang harus dilakukan adalah dengan mencari kapan saat terjadi *ijtima'* awal bulan.

Sistem Almanak Nautika dalam mengetahui waktu *ijtima'* telah dimuat pada daftar *Phases Of The Moon* (fase-fase bulan) pada kolom *New Moon* (bulan baru) yang biasanya terdapat pada halaman 4 (empat). data *ijtima'* tersebut dirinci dalam bulan, tanggal, jam, dan menit menurut standar *Greenwich Mean Time* (GMT). Untuk mengkonversinya ke dalam Waktu Indonesia Barat (WIB) harus ditambah 7 jam, karena WIB berada di bujur timur dengan selisih sebesar 105 derajat dengan GMT.

Sedangkan sistem Ephemeris dalam mencari saat *ijtima'* adalah pertama-tama yang dilakukan dengan mencari FIB (*Fraction Illumination* Bulan) terkecil pada bulan yang ditentukan, dalam hal ini adalah bulan Juli tahun 2011, langkah selanjutnya adalah mencari ELM (*Ecliptic Longitude* Matahari) dan ALB (*Appatent Longitude* Bulan) sesuai dengan jam FIB terkecil, setelah itu mencari Sabak Matahari (SM) dan Sabak Bulan (SB) perjam. Data tersebut dimuat dalam tabel Ephemeris yang disajikan dalam interval tiap jam.

Langkah terakhir adalah mencari saat *ijtima'* dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{JAM FIB} + \frac{\text{ELM} - \text{ALB}}{\text{SB} - \text{SM}} + 7 \text{ jam}$$

Dari kedua sistem hisab sebagaimana yang telah diuraikan di atas serta perbedaan metode perhitungan dari masing-masing sistem dalam menentukan saat *ijtima'* maka diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Menurut sistem Almanak Nautika *ijtima'* awal Ramadhan 1432 H terjadi pada hari Ahad kliwon tanggal 31 Juli 2011, pukul 01.44 WIB.
2. Menurut sistem Ephemeris *ijtima'* awal Ramadhan 1432 H terjadi pada hari Ahad kliwon tanggal 31 Juli 2011, pukul 01.41.46 WIB.

Data hasil penelitian waktu *ijtima'* pada tahun 1432 H. menunjukkan bahwa selisih antara Almanak Nautika dan Ephemeris hanya terpaut pada menitnya saja.

b) Penentuan *Irtifa' al-hilal*

Langkah selanjutnya adalah menghitung ketinggian hilal. Menurut sistem Almanak Nautika dalam menghitung *irtifa' al-hilal* adalah dengan menghitung saat terbenam matahari (h^\bullet), menghisab sudut waktu bulan (t^C) pada saat matahari terbenam, mencari deklinasi bulan (δ^C) ketika *ghurub*, mencari tinggi *hakiki* dan tinggi *mar'i* hilal (h^C). Rumus yang digunakan untuk menghitung tinggi hilal adalah; $\sin h = \sin \varphi \times \sin \delta^C + \cos \varphi \times \cos \delta^C \times \cos t^C$. Dari

rumus ini dihasilkan ketinggian bulan hakiki atau nyata (h^{C}). Untuk mendapatkan ketinggian bulan *mar'i* (h^{C}), harus dikoreksi lagi dengan: Parallaks, diperoleh dengan rumus $HP \times \cos h^{\text{C}}$ hakiki (dikurangkan), Refraksi (ditambahkan), kerendahan ufuk (ditambahkan), dan semi diameter bulan (dikurangkan). *Mukuts* hilal atau lamanya hilal berada di atas ufuk sejak matahari terbenam, dapat dicari dengan membagi h^{C} *mar'i* dengan 15.

Pada sistem Ephemeris langkah-langkah yang dilakukan dalam menghitung ketinggian hilal adalah dengan menghitung tinggi matahari (h^{\bullet}), menghitung sudut waktu matahari (t^{\bullet}), menetapkan sudut waktu bulan saat matahari terbenam (t^{C}), mencari asensio rekta pada matahari (AR^{\bullet}) asensio rekta pada bulan (AR^{C}), mencari deklinasi bulan (δ^{C}), menghitung tinggi hakiki dan tinggi *Mar'i* hilal (h^{C}). Rumus yang digunakan untuk menghitung tinggi hilal hakiki adalah; **$\text{Sin } h^{\text{C}} = \text{sin } \varphi \times \text{sin } \delta^{\text{C}} + \text{cos } \varphi \times \text{cos } \delta^{\text{C}} \times \text{cos } t^{\text{C}}$** , dimana h^{C} : tinggi hakiki bulan, φ : tinggi tempat, δ^{C} : deklinasi bulan, t^{C} : sudut waktu bulan. Untuk mencari tinggi hilal *mar'i* maka nilai dari tinggi hilal hakiki dikoreksi dengan rumus : $h^{\text{C}} - \text{parallaks} + \text{semidiameter} + \text{refraksi} + \text{DIP}$ atau (kedalaman ufuk). Mukus hilal dicari dengan cara tinggi hilal *mar'i* dibagi dengan 15 atau dikalikan 4 menit.

Mengamati sarana dan proses perhitungan ketinggian hilal dalam penentuan awal bulan Ramadhan yang digunakan sistem Almanak Nautika dan sistem Ephemeris, maka terdapat beberapa

persamaan dan perbedaan yang cukup mencolok di antara kedua sistem tersebut. Dalam menghitung tinggi hilal hakiki, sistem Almanak Nautika dan Ephemeris memakai rumus yang sama yakni: $\text{Sin } h^{\text{C}} = \text{sin } \varphi \times \text{sin } \delta^{\text{C}} + \text{cos } \varphi \times \text{cos } \delta^{\text{C}} \times \text{cos } t^{\text{C}}$. Demikian pula untuk merubah ketinggian hakiki menjadi ketinggian *mar'i*, sistem Almanak Nautika dan Ephemeris sama-sama memakai rumus: h^{C} hakiki - parallaks + semidiameter bulan + refraksi + DIP. Hal ini dapat dilihat dalam tabel kitab yang menyediakan data waktu yang berlaku setiap jam.

Beberapa persamaan lainnya dalam sistem perhitungan antara Almanak Nautika dan Ephemeris adalah dalam menghisab lamanya hilal berada di atas ufuk sejak matahari terbenam (*mukuts* hilal). Pada masing-masing sistem baik Almanak Nautika dan Ephemeris dalam mencari *mukuts* hilal sama-sama menggunakan rumus: tinggi hilal *mar'i* (h^{C}) dibagi dengan 15 atau dikalikan 4 menit.

Selain itu, di dalam menentukan posisi matahari dan bulan (*azimut*) antara kedua metode di atas juga tidak memiliki perbedaan. Yakni menggunakan rumus: $\text{cotan } A = -\text{sin } \varphi : \text{tan } t + \text{cos } \varphi \times \text{tan } \delta \times \text{sin } t$. Azimut matahari dan bulan diperlukan agar secara jelas dapat diperkirakan posisi hilal terhadap titik Barat, demikian pula posisinya yang sedang diamati dari matahari saat terbenam, sehingga bisa diperoleh gambaran yang jelas, baik berkenaan dengan kemiringannya maupun posisinya dari matahari.

Jarak dari titik utara kelingkarannya vertikal melalui benda langit diukur sepanjang lingkaran horizontal menurut putaran arah jarum jam. Azimut yang sering digunakan dalam melihat posisi hilal diukur dari jarak busur pandangan antara bulan dengan matahari. Hilal terlalu kecil dan samar-samar untuk dapat dilihat dengan mata telanjang bisa jadi salah tangkap oleh mata. Di samping itu, pengamatan hilal akan mengalami kesulitan, sebab cahaya matahari sangat terang walaupun matahari sudah di bawah ufuk ditambah cahaya hilal lemah dan pantulan cahaya bumi dari matahari serta atmosfer bumi.

Perkembangan ilmu hisab saat ini telah dilengkapi cara mengetahui jarak (*azimut*) tersebut. Sehingga sangat membantu dalam mengamati keadaan posisi hilal secara tepat, cermat dan akurasi. Sistem Almanak Nautika dan Ephemeris memiliki kesamaan metode dalam menghisab jarak (*azimut*) matahari dan bulan.

Di antara persamaan metoda antara sistem Almanak Nautika dan Ephemeris sebagaimana diuraikan di atas, terdapat pula perbedaan yang cukup signifikan dalam menghisab ketinggian hilal. Perbedaan-perbedaan yang dimiliki tersebut secara tidak langsung juga berpengaruh pada hasil perhitungannya.

Di antara perbedaan-perbedaan tersebut antara lain meliputi: metode dalam menentukan saat matahari terbenam (t_{\bullet}), menentukan sudut waktu matahari dan bulan (t), menentukan asensio rekta matahari (AR_{\bullet}) asensio rekta pada bulan (AR_{C}) pada saat matahari

terbenam dan mencari deklinasi bulan (δ^{C}). Untuk lebih jelasnya akan penulis paparkan masing-masing dari perbedaan sebagai berikut:

1) Menentukan saat matahari terbenam (t^{\bullet})

Yang dimaksud menghitung saat terbenam matahari ialah saat terbenam matahari pada tanggal terjadinya *ijtima'*. Penentuan saat terbenam matahari ini diperlukan karena ketinggian dan posisi hilal yang ingin diketahui adalah pada saat matahari terbenam. Untuk menentukan tenggelam matahari pada hari tanggal *ijtima'* sistem Almanak Nautika menggunakan rumus: $\text{Cos } t^{\bullet} = \sin h^{\bullet} : \cos \varphi : \cos \delta^{\bullet} - \tan \varphi \times \tan \delta^{\bullet}$. Hasil t^{\bullet} kemudian dikonversi menjadi jam ditambah MP (12 - e) ditambah KWD (Koreksi Waktu Daerah) yaitu $((105 - L) / 15)$ menjadi WIB. Kurangi dengan bujur WIB 7 jam agar dapat dipakai dasar t^{C} pada saat tenggelam, karena untuk mencari harga t^{C} dengan data dari Al-manak haruslah dengan jam GMT.

Pada sistem Ephemeris, dalam menentukan saat matahari terbenam maka rumus yang dipakai adalah $T^{\bullet} : 15 + 12 - e + \text{KWD}$. Langkah selanjutnya adalah menghitung sudut waktu matahari saat matahari terbenam, dengan cara: Mencari tinggi matahari saat terbenam (h^{\bullet}) dengan rumus: $h^{\bullet} = 0^{\circ} - S.d - \text{Refr} - \text{Dip}$, dan langkah terakhir yakni dengan mencari sudut waktu saat matahari saat terbenam, dengan rumus: $\text{Cos } t^{\bullet} = -\tan \varphi \times \tan \delta^{\bullet} + \sin h^{\bullet} : \cos \varphi : \cos \delta^{\bullet}$.

Dari uraian di atas maka nampak terjadi adanya perbedaan perhitungan saat matahari terbenam antara sistem Almanak Nautika dan Ephemeris, dimana metode Ephemeris dalam menghitung saat terbenam matahari menggunakan rumus $T \cdot : 15 + 12 - e + KWD$, selain itu sistem Ephemeris juga menghitung sudut waktu matahari saat matahari terbenam. Hal ini berbeda dengan sistem Almanak Nautika yang tidak menghitung sudut waktu matahari saat matahari terbenam sebagaimana yang dilakukan pada sistem Ephemeris.

Dengan adanya perbedaan metode tersebut maka tidak dapat dipungkiri akan adanya perbedaan hasil perhitungan antara kedua sistem, baik Almanak Nautika maupun Ephemeris. Adapun hasil perhitungan saat matahari terbenam adalah sebagai berikut:

- a) Data hisab sistem Almanak Nautika saat terbenam matahari tanggal 31 Juli 2011 terjadi pada pukul 17: 23:13.83 WIB.
- b) Data hisab sistem Ephemeris saat terbenam matahari pada tanggal 31 Juli 2011 terjadi pada pukul 17: 40' 55.3 WIB.

Data hasil perhitungan waktu terbenamnya matahari pada tanggal 31 Juli 2011 menunjukkan bahwa selisih antara Almanak Nautika dan Ephemeris hanya terpaut pada menitnya saja.

2) Menghisab sudut waktu bulan (t^{C})

Yang dimaksud ialah sudut waktu bulan pada saat matahari terbenam. Sebagaimana yang telah dijelaskan pada pembahasan

sebelumnya, untuk mengambil data sudut waktu bulan dari Almanak Nautika yang mengacu pada jam GMT saat terbenam matahari dalam WIB maka dikonversi terlebih dahulu kedalam GMT dengan cara dikurangi 7 jam. Data tersebut dimuat pada kolom *Moon* sub kolom GHA untuk setiap jam mulai pukul 00.00-23.00 GMT.

Jika saat terbenam matahari terjadinya tidak persis pada jam-jam tersebut, maka lebih dahulu dilakukan perhitungan interpolasi atau penyisipan dengan rumus: $A - (A - B) \times C/i$. Selanjutnya menyertakan harga deklinasi bulan (data diambil dari sub kolom *Dec*), harga Horizontal Parallaks (data diambil dari sub kolom *HP*), dan harga semidiameter bulan (data diambil dari sub kolom *SD*). Langkah terakhir dalam menentukan sudut waktu bulan yakni hasil interpolasi GHA ditambah dengan bujur markas, dan apabila melebihi 360, maka dikurangi 360, hasilnya adalah sudut waktu (t^{C}) bulan.

Sementara itu, data yang diperlukan sistem Ephemesia dalam menentukan sudut waktu bulan adalah antara lain: asensio rekta matahari (AR^{\bullet}), asensio rekta bulan (AR^{C}) dan sudut waktu matahari saat terbenam (t^{\bullet}). Data AR^{\bullet} dan AR^{C} tidak ditemukan pada sistem Almanak Nautika. Data AR^{\bullet} dan AR^{C} pada data Ephemeris dimuat pada kolom *Apparent Right Ascension* untuk setiap jam mulai jam 0 – 24 GMT. Langkah yang

dilakukan adalah dengan mengambil data AR^\bullet dan $AR^{\mathbb{C}}$ pada saat matahari terbenam (GMT), jika saat matahari terbenam terjadi tidak persis pada jam-jam tersebut, maka lebih dulu dilakukan interpolasi dengan rumus: $A - (A - B) \times C/1$. Langkah selanjutnya adalah mencari sudut waktu bulan ($t^{\mathbb{C}}$) saat matahari terbenam dengan rumus: $t^{\mathbb{C}} = AR^\bullet - AR^{\mathbb{C}} + t^\bullet$.

Hasil akhir yang dicapai kedua sistem tersebut dalam menentukan sudut waktu bulan saat matahari terbenam adalah sebagai berikut:

- a) Menurut Almanak Nautika, sudut waktu bulan saat matahari terbenam pada tanggal 31 Juli 2011 adalah: $83^\circ 02' 16.65''$
- b) Menurut Ephemeris, sudut waktu bulan saat matahari terbenam pada tanggal 31 Juli 2011 adalah: $81^\circ 10' 44.02''$

Data hasil perhitungan sudut waktu bulan pada tanggal 31 Juli 2011 menunjukkan bahwa adanya perbedaan hasil yang cukup signifikan, hal ini disebabkan adanya perbedaan sumber data dan sistem hitung dari masing-masing sistem.

3) Mencari deklinasi bulan ($\delta^{\mathbb{C}}$)

Maksudnya adalah mencari nilai deklinasi bulan pada saat terbenamnya matahari. Nilai deklinasi ini sudah disediakan dalam data baik Almanak Nautika maupun Ephemeris. Jika nilai deklinasi bulan terjadinya tidak persis pada jam-jam tersebut,

maka lebih dahulu dilakukan perhitungan interpolasi dengan rumus: $A - (A - B) \times C/i$.

Data nilai deklinasi bulan pada Almanak Nautika dimuat pada kolom *Moon* sub kolom *Dec*, demikian pula pada harga Horizontal Parallaks terdapat pada sub kolom *HP*, dan harga semidiameter bulan terdapat pada sub kolom *SD*. Sedangkan data nilai deklinasi bulan pada Ephemeris dimuat pada tabel data bulan kolom *Apparent Declination* pada jam yang telah ditentukan.

Dari dua sumber data yang berbeda tersebut maka hasil nilai deklinasi bulan pada tanggal 31 Juli 2011 antara metode perhitungan Almanak Nautika dan Ephemeris adalah sebagai berikut:

- a) Nilai deklinasi bulan pada tanggal 31 Juli 2011 menurut sistem Almanak Nautika adalah: $11^{\circ} 50' 28,82''$
- b) Nilai deklinasi bulan pada tanggal 31 Juli 2011 menurut sistem Ephemeris adalah: $11^{\circ} 52' 21,2''$

Dari hasil data tersebut di atas, nampaklah bahwa hasil perhitungan terhadap nilai deklinasi bulan antara sistem Almanak Nautika dan Ephemeris hanya terpaut dua menit saja, meskipun sumber data dari masing-masing sistem berbeda, tetapi hasil perhitungannya mendekati hasil yang sebanding.

Dari kedua sistem tersebut, dalam mencari tinggi hilal untuk menentukan awal bulan Qamariyah terutama pada awal Ramadan,

terdapat perbedaan hasil yang dicapai. Setelah penulis pelajari, ternyata faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya perbedaan hasil dari kedua sistem tersebut karena disebabkan oleh cara atau rumus-rumus dan data-data yang dipakai oleh kedua sistem.

Namunpun demikian, perbedaan-perbedaan hasil yang didapat tidak mencapai pada tataran yang cukup jauh, tetapi hanya terpaut pada menit dan detik saja. Sehingga dengan itu dapatlah dikatakan bahwa sistem hisab kontemporer yang dalam hal ini adalah Almanak Nautika dan Ephemeris merupakan sistem hisab dengan akurasi yang tinggi dan hasil hisab dari keduanya sedikit mendekati hasil yang sama.

Agar lebih mempermudah dalam memahami persamaan dan perbedaan antara sistem hisab Almanak Nautika dan Ephemeris sebagaimana yang telah dipaparkan di atas, berikut akan penulis jabarkan dalam bentuk tabel sebagai berikut berikut:

No	Persamaan	Perbedaan
1	Rumus tinggi hilal hakiki	Menentukan <i>Ijtima'</i>
2	Rumus tinggi hilal <i>mar'i</i>	Menghitung terbenam matahari
3	<i>Mukuts</i> hilal	Menetapkan sudut waktu bulan
4	<i>Azimut</i> hilal	Menghitung Deklinasi Bulan
5		<i>Equation of Time</i>
6		Asensiorekta Matahari
7		Asensiorekta Bulan

4. Kriteria Visibilitas Hilal Menurut Almanak Nautika dan Ephimeris

Kriteria visibilitas hilal merupakan kajian astronomi yang terus berkembang, bukan sekadar untuk keperluan penentuan awal bulan qamariyah (lunar calendar) bagi ummat Islam, tetapi juga merupakan tantangan saintifik para pengamat hilal. Dua aspek penting yang berpengaruh: kondisi fisik hilal akibat *illumination* (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 Danjon yang berdasarkan ekstrapolasi data pengamatan menyatakan bahwa pada jarak bulan-matahari kurang dari 7° hilal tak mungkin terlihat. Batas 7° tersebut dikenal sebagai limit Danjon.⁸ Dengan model tersebut Schaefer menunjukkan bahwa limit Danjon disebabkan karena batas sensitivitas mata manusia yang tidak bisa melihat cahaya hilal yang sangat tipis.⁹

Hasil pengamatan Danjon memunculkan pendapat bahwa kecerlangan total sabit hilal akan semakin berkurang dengan makin dekatnya bulan ke matahari. Pada jarak 5° kecerlangan di pusat sabit hanya 10,5 magnitudo, sedangkan di ujung tanduk sabit pada posisi 50° kecerlangannya hanya 12 magnitudo. Pada batas sensitivitas mata manusia, sekitar magnitudo 8, hilal terdekat dengan matahari berjarak sekitar $7,5^\circ$. Pada jarak tersebut hanya titik

⁷ T. Djamaluddin, 2000, *Visibilitas Hilal di Indonesia*, (Warta LAPAN, Vol. 2, No. 4, Oktober 2000), 136

⁸ Schaefer, 1991, *Length of the Lunar Crescent*, (Q. J. R. Astr. Soc., Vol. 32), 265

⁹ Schaefer, *Length*, 168

bagian tengah sabit yang terlihat. Untuk jarak yang lebih jauh dari matahari busur sabit yang terlihat lebih besar, misalnya pada jarak 10° busur sabit sampai sekitar 50° dari pusat sabit ke ujung tanduk sabit (cusps).

Perkembangan pemahaman astronomi kini telah memasuki semua lapisan masyarakat, termasuk juga ormas-ormas Islam yang memanfaatkannya untuk penentuan awal bulan Islam, khususnya terkait dengan penentuan awal Ramadhan, Idul Fitri, dan Idul Adha. Momentum ini sangat baik untuk digunakan dalam upaya mencari solusi perbedaan hari raya. Perdebatan dalil *syar'i* (hukum agama) antar-ormas atau kelompok masyarakat yang selama ini mendikhotomikan *rakyat* (pengamatan) dan *hisab* (perhitungan) cenderung tak terselesaikan karena masing-masing menganggap dalil yang diyakininya yang paling shahih dan kuat. Perdebatan semacam itu sudah saatnya diakhiri dan cukup dijadikan khazanah keberagaman pemikiran hukum. Sebaliknya, pemahaman astronomi yang semakin luas perlu terus dibangun untuk mencari titik temu antarormas tanpa mempermasalahkan perbedaan rujukan dalil *syar'i*.

Dengan pemahaman astronomi yang lebih baik, *hisab* dan *rakyat* tidak perlu dipertentangkan lagi, karena keduanya saling melengkapi. Hanya persoalannya adalah cara mempersatukan *hisab* dan *rakyat* tersebut. Secara astronomi *hisab* dan *rakyat* mudah dipersatukan dengan menggunakan kriteria visibilitas hilal (ketampakan bulan sabit pertama). Kriteria itu didasarkan pada hasil *rakyat* jangka panjang yang dihitung secara *hisab*, sehingga keragaman metode *hisab rakyat* mampu terakomodasi.

Pada dasarnya kriteria visibilitas hilal antara almanak nautika dan ephemeris menurut AR. S. Riyadi¹⁰ dianggap layak untuk dijadikan sebagai Solusi Kriteria Visibilitas Hilal di Indonesia serta Penyatuan Kalendar Islam. Hal ini didasarkan pada alasan bahwa kriteria kedua metode tersebut berbasis beda tinggi bulan-matahari dan beda azimut bulan-matahari. Pertimbangan ini cukup di anggap prinsipil sebab metode-metode kontemporer telah banyak dikenal oleh para pelaksana hisab rukyat dan sekaligus menggambarkan posisi bulan dan matahari pada saat rukyatul hilal. Tinggal yang harus dirumuskan adalah batasannya.

Penentuan kriteria visibilitas hilal di Indonesia Pada uraian sebelumnya posisi hilal dapat diketahui melalui satuan di bawah detik yakni micron ($1/216000$ derajat). Data pada satuan micron ini ditulis dalam bentuk pecahan desimal dari detik. Dengan demikian kesalahan melihat hilal dapat dihindari sedemikian rupa, memudahkan untuk memfokuskan pengamatan setelah diketahui ketinggian hilal secara pasti. Penampakan hilal muda pertama kali yang dapat dirukyat mempunyai ketinggian hilal berkisar antara $2^{\circ} - 13^{\circ}$, dengan lama waktu yang dibutuhkan hanya beberapa menit setelah matahari terbenam. Supaya arah rukyat tepat dan cermat diperlukan sebuah alat fokus hilal. Oleh karena itu hisab Almanak Nautika dan Ephemeris dapat dijadikan pedoman untuk menentukan imkanur rukyat berdasarkan ketinggian hilal (*attitude*).

¹⁰ AR.S. Riyadi, 2009, “*Observasi Hilal serta Implikasinya untuk Kriteria Visibilitas Hilal di Indonesia*”, makalah pada Seminar Nasional: Mencari Solusi Kriteria Visibilitas Hilal dan Penyatuan Kalendar Islam dalam Perspektif Sains dan Syariah, (Obs. Bosccha, 19 Desember 2009), 12

Ketika ketinggian hilal positif, tetapi kurang dari atau sekitar 2° potensi terjadinya perbedaan dalam penentuan awal bulan sangat terbuka. Pada hasil perhitungan ketinggian hilal menurut sistem Almanak Nautika dan Ephemeris sebagaimana telah dijelaskan pada pemaparan sebelumnya menunjukkan bahwa ketinggian hilal pada awal Ramadhan 1432 H positif di atas horizon dengan tinggi bulan 6° . Hasil ini menurut kriteria *Imkanu Rukyat* sudah dapat dikategorikan sebagai bulan baru.

Yang menjadi permasalahan kemudian adalah adanya beragam kriteria hisab rukyat yang banyak dianut oleh beberapa ormas Islam sehingga berdampak pada penentuan awal bulan qamariyah. Nahdlatul Ulama (NU) dengan kriteria tinggi bulan minimal 2° di atas ufuk, Muhammadiyah menggunakan kriteria wujudul hilal dengan prinsip *wilayatul hukmi* (setara dengan kriteria tinggi bulan 0°), dan kriteria wujudul hilal di seluruh Indonesia yang digunakan oleh Persatuan Islam (Persis).

Hal tersebut menunjukkan bahwa persoalan perbedaan awal Ramadhan dan hari raya kadang muncul dan berpotensi menimbulkan masalah sosial. Maka hal utama yang harus diupayakan adalah memformulasikan kriteria tunggal yang dapat digunakan oleh semua ormas Islam dan pemerintah (yang secara teknis dilakukan oleh Badan Hisab Rukyat Kementerian Agama).

Pemerintah RI melalui pertemuan Menteri-menteri Agama Brunei, Indonesia, Malaysia dan Singapura (MABIMS) telah menetapkan kriteria *Imkanu rukyat* yang dipakai secara resmi untuk penentuan awal bulan

qamariyah dan menyatakan bahwa hilal dianggap terlihat dan keesokannya ditetapkan sebagai awal bulan baru apabila memenuhi salah satu syarat-syarat sebagai berikut:¹¹

- 1) Ketika Matahari terbenam, ketinggian Bulan di atas horison tidak kurang dari 2°
- 2) Jarak lengkung Bulan-Matahari (sudut elongasi) tidak kurang dari 3°
- 3) Ketika Bulan terbenam, umur bulan tidak kurang dari 8 jam selepas konjungsi berlaku.

Kriteria ini berlaku secara *wilayatul hukmi* dan menjadi basis penyusunan kalender Kementerian Agama RI dan *taqwim* standar serta sebagai filter laporan *rukyyatul hilal*.

Pada perkembangan selanjutnya, berdasarkan data kompilasi Kementerian Agama RI yang menjadi dasar penetapan awal Ramadhan, Syawal, dan Dzulhijjah, Djamaluddin¹² mengusulkan kriteria visibilitas hilal di Indonesia (dikenal sebagai Kriteria LAPAN) dengan kriteria sebagai berikut:

- 1) Umur hilal minimal harus 8 jam.
- 2) Jarak sudut bulan-matahari harus minimal $5,6^{\circ}$.
- 3) Beda tinggi minimal 3° (tinggi hilal 2°) untuk beda azimut kurang 6° , tetapi bila beda azimutnya lebih 6° perlu beda tinggi yang lebih besar lagi. Untuk beda azimut 0° , beda tingginya minimal harus 9°

¹¹ Lihat Ma'rufin, 2011, milis RHI <http://groups.yahoo.com/group/rukyyatulhilal>

¹² Djamaluddin, *Visibilitas*, 136.

Kriteria tersebut memperbarui kriteria MABIMS yang selama ini dipakai dengan ketinggian minimal 2° , tanpa memperhitungkan beda azimut.

Untuk mendapatkan kriteria tunggal yang diharapkan menjadi rujukan bersama semua ormas Islam dan pemerintah (Kementerian Agama RI), perlu diusulkan kriteria yang dalam implementasinya tidak menyulitkan semua pihak. Kriteria berbasis beda tinggi bulan-matahari dan beda azimut bulan-matahari dianggap cocok karena telah dikenal oleh para pelaksana hisab rukyat dan sekaligus menggambarkan posisi bulan dan matahari pada saat *rukyatul hilal*. Tinggal yang harus dirumuskan adalah batasannya.

Dua aspek pokok yang harus dipertimbangkan 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.

Aspek fisik hilal bisa diambilkan dari limit Danjon dengan alat optik, karena pada dasarnya saat ini alat optik selalu dipakai sebagai alat bantu pengamatan, misalnya dengan menggunakan alat optik seperti yang diperoleh oleh Odeh (2006) yang mendapatkan limit Danjon $6,4^\circ$ dapat kita pakai. Aspek kontras latar depan di ufuk barat dapat menggunakan batas bawah beda tinggi bulan-matahari dari Ilyas yang memberikan kriteria visibilitas hilal dengan *arc of light* (beda tinggi bulan-matahari) bergantung pada beda azimuth dengan minimum 40 untuk beda azimuth yang besar dan $10,4^\circ$ untuk beda azimuth 0° .

Dengan demikian kriteria LAPAN (Djamaluddin, 2000) yang didasarkan pada data rukyat di Indonesia yang dikompilasi oleh Kementerian Agama RI dan data baru rukyat di wilayah sekitar Indonesia yang dihimpun Rukyatul Hilal Indonesia (RHI), diusulkan kriteria baru “Kriteria Hisab-Rukyat Indonesia” sebagai kriteria tunggal hisab-rukyat di Indonesia. “Kriteria Hisab-Rukyat Indonesia” sebagai berikut:

- 1) Jarak sudut bulan-matahari minimal $6,4^{\circ}$.
- 2) Beda tinggi bulan-matahari minimal 4° .

Kriteria baru tersebut hanya merupakan penyempurnaan kriteria yang selama ini digunakan oleh BHR dan ormas-ormas Islam untuk mendekati semua kriteria itu dengan fisis hisab dan rukyat hilal menurut kajian astronomi. Dengan demikian aspek rukyat maupun hisab mempunyai pijakan yang kuat, bukan sekadar rujukan dalil *syar'i* tetapi juga interpretasi operasionalnya berdasarkan sains-astronomi yang bisa diterima bersama.