



BAB III
SISTEM PERHITUNGAN AL-MANAK NAUTIKA
DAN EPHEMERIS

1. Tinjauan Umum Sistem Almanak Nautika

1. Sekilas Tentang Sistem Almanak Nautika

Almanak Nautika adalah almanak kelautan yang diterbitkan oleh Jawatan TNI – AL dinas Hidro-Oceanografi untuk kepentingan pelayaran, terutama untuk angkatan laut. Nautika ini dipublikasikan dengan tujuan untuk memungkinkan navigator menggunakan navigasi langit dalam menentukan posisi kapal mereka pada saat berlayar di lautan. Data almanak ditentukan untuk setiap jam penuh dengan posisi di permukaan bumi (di deklinasi dan *Greenwich* sudut jam) di mana matahari, bulan, planet dan titik pertama Aries tepat di atas kepala. Posisi 57 yang dipilih bintang ditentukan relatif terhadap titik pertama Aries¹.

¹ <http://www.encyclopedia.com/doc/1O80-AstronomicalAlmanacThe.html> diakses pada tanggal 21 Juli 2011

Di Inggris, almanak nautika telah diterbitkan setiap tahun oleh *Her Majesty's Nautical Almanac Office, Royal Greenwich Observatory*, Cambridge, sejak edisi pertama yang diterbitkan pada tahun 1767 di London, dengan lokasi markaz observasinya kota Green Wich London. Sementara itu, di negara Amerika Serikat, almanak laut telah diterbitkan setiap tahun oleh *United State Observatorium* untuk angkatan laut sejak 1852².

Pada tahun 1958, *United State Observatorium* (USNO) dan *Her Majesty's Nautical Almanac Office* (HMNAO) telah bersama-sama menerbitkan almanak laut terpadu untuk digunakan oleh angkatan laut kedua negara. Data almanak pada saat sekarang telah disediakan secara *online* dari *US Naval Observatory* yang tersedia.³

Adapun data yang tersedia pada sistem almanak nautika tersebut antara lain berisi tentang data tabulasi matahari, bulan, planet dan bintang navigasi untuk digunakan dalam penentuan posisi di laut dari pengamatan *sekstan*. Selain itu, tersedia pula data-data mengenai waktu matahari terbit, matahari terbenam, saat senja, bulan terbit, *moonset* (identifikasi bulan), fase bulan, gerhana matahari dan gerhana bulan, yang keseluruhan dari data tersebut dipergunakan dalam perencanaan pengamatan.

² "The History of HM Nautical Almanac Office" Diarsipkan dari aslinya pada tanggal 9 juli melalui website <http://web.archive.org/web/20070630074456/http://www.nao.rl.ac.uk/nao/history/>

³ Untuk mendapatkan data almanak nautika secara *online*, dapat diakses pada alamat web: <http://www.tecepe.com.br/scripts/AlmanacPagesISAPI.isa>. Didalam web ini sudah disediakan data-data almanak nautika yang akan membantu dalam perhitungan awal bulan Qamariyah. Hanya saja datanya kurang satu, yaitu data *equation of timenya* tidak ada, karena itu biasanya dapat memanfaatkan EOT sebagai pengganti *equation of time* karena EOT yang ada masih bersifat bias.

Meskipun data-data almanak nautika pada awal kemunculanya hanya diperuntukkan bagi jawatan angkatan laut, namun beberapa data yang tersedia dalam almanak nautika dapat juga dipergunakan untuk hisab awal bulan dan awal sholat, karena data yang berkaitan dengan perhitungan awal waktu sholat, awal bulan, dan sebagainya terdapat di dalam sistem almanak nautika tersebut.

Sistim Almanak Nautika ini pertama sekali dikembangkan di Indonesia oleh H. Saadoe'ddin Djambek (Ketua Badan Hisab & Rukyah Depag RI yang pertama). Pada saat itu Departemen Agama sangat tergantung kepada Almanak Nautika yang setiap tahun dibeli dari TNI AL Dinas Hidro Oseanografi dalam jumlah terbatas, dan pada umumnya 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.

2. Penyajian Data Hisab Ketinggian Hilal

Untuk menghitung tinggi hilal diatas ufuk *mar'i* pertama-tama koordinat matahari dan bulan ditransformasikan kedalam koordinat horizon dengan menggunakan rumus-rumus segitiga bola. Menurut metode hisab hakiki dengan cara: ⁴

- a. Mengetahui adanya *ijtima'*

⁴ Umar Salim, Khoiron, *Hisab Awal Bulan Qamariyah Metode Almanak Nautika* (Mimeo), hal. 2-3

Ijtimā' dalam bahasa Inggrisnya *conjunction* yang berarti kumpul. Artinya adalah pada saat terjadinya panjang suatu busur yang sama antara matahari dan bulan diukur dari titik hamal atau bulan dan matahari berada pada busur langit yang sama.

Untuk mengetahui *ijtimā'* lebih jauh, perlu dijelaskan hal-hal sebagai berikut: satu tahun tropis ialah panjang waktu ($365^{\circ} 05' 48.99''$) perjalanan bumi mengelilingi matahari dari satu titik ke titik semula menurut arah barat ke timur. Untuk satu tahun sideris atau tahun bintang yaitu panjang waktu ($365^{\circ} 05' 48.99''$) perjalanan matahari tahunan dari satu titik ke titik semula menurut arah dari barat ke timur.

Satu bula sideris ialah panjang waktu ($27, 321661^{\circ} = 27^{\circ} 07' 43' 11.51''$) perjalanan bulan-bulan dalam mengitari bumi menurut arah dari barat ke timur dari satu titik ke titik semula .

Satu bulan sinodis adalah panjang waktu perjalanan bulanan bulan dari saat *ijtima'* yang satu ke *ijtima'* berikutnya. *Ijtima'* dapat dihitung melalui berbagai metode, dapat pula dicari dalam Almanak Nautika .

Data *ijtima'* dalam Almanak Nautika 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.

b. Menghisab saat terbenam matahari

Yang dimaksud menghisab saat terbenam matahari ialah saat terbenam matahari pada tanggal terjadinya *ijtima'* tersebut. Penentuan saat terbenam matahari ini diperlukan karena ketinggian dan posisi hilal yang ingin diketahui ialah pada saat matahari terbenam itu. Menghisab saat terbenam matahari sama dengan menghisab saat shalat Maghrib yang langkah-langkahnya sudah diuraikan pada bagian Hisab Waktu Shalat. Hanya saja untuk keperluan hisab awal bulan, saat terbenam matahari tidak perlu ditambah dengan waktu *ikhtiyati*.

Untuk menentukan tenggelam matahari pada hari tanggal *ijtima'* dengan cara sebagai berikut :

1) Data yang dibutuhkan:

δ = Deklinasi

φ = Lintang tempat

h = Ketinggian Matahari

MP = Meridian Passing

KWD = Koreksi Waktu Daerah

2) Untuk menghitung matahari (t^\bullet) saat tenggelam dengan menggunakan rumus :

$$\text{Cos } t^\bullet = \sin h^\bullet : \cos \varphi : \cos \delta^\bullet - \tan \varphi \times \tan \delta^\bullet$$

Hasil t^{\bullet} dikonversi menjadi jam ditambah MP atau *Meridian Passing* ($12 - e$) 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 Almanak haruslah dengan jam GMT.

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

Yang dimaksud ialah sudut waktu bulan pada saat matahari terbenam. 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 jam. Data tersebut dimuat pada kolom *Moon* sub kolom *GHA* (*Greenwich Hour Angel*) 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. 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 sebagai berikut:

$$A - (A - B) \times C/i$$

Keterangan :

A = Harga pada baris pertama, yakni pada pukul 10.00

B = Harga pada baris kedua, yakni pada pukul 11.00

C = Kelebihan dari interval baris pertama, 15 menit

I = Interval baris pertama dan baris kedua, yakni 1 (jam)

Jika :

Harga t^{C} pada pukul 10.00 = 17°

Harga t^{C} pada pukul 11.00 = 19°

Maka :

Harga t^{C} pada pukul 10.15 adalah : $17^{\circ} - (17^{\circ} - 19^{\circ}) \times 0^{\circ} 15' / 1 = 17^{\circ} 30'$.

Dengan cara dan untuk saat yang sama tentukan 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.

4) Menghisab ketinggian bulan (h^{C})

Untuk dapat menentukan tinggi hilal, data yang dibutuhkan adalah :

δ = Deklinasi Matahari

φ = Lintang tempat

t^{C} = Sudut waktu bulan

Dengan menggunakan rumus :

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

Dari rumus ini dihasilkan ketinggian bulan hakiki atau nyata (h^{C}). Untuk mendapatkan ketinggian bulan *mar'i* (h'), harus dikoreksi lagi dengan: Parallaks, diperoleh dengan rumus $HP \times \cos h$ (dikurangkan), Refraksi (ditambahkan), kerendahan ufuk (ditambahkan), dan semi diameter bulan (dikurangkan).

Adapun pengertiannya adalah sebagai berikut :

a) Koreksi paralaks

Paralaks ialah perbedaan arah sebuah benda langit dipandang dari titik pusat bumi dan dari tempat peninjaua dipermukaan bumi.

b) Refraksi

Refraksi disebut juga pembiasan cahaya yang dikenal dalam ilmu alam. Dengan koreksi yang dihitung adalah tinggi lihat hilal bukan nyata. Refraksi datanya dapat dilihat didalam Al-Manak Nautika .

c) Semidiameter (SD)

Semidiameter bisa disebut juga separuh penamparan bulan. Semidiameter dapat ditambah atau dikurung dengan hasil yang telah dikoreksi terlebih dahulu. Jika ditambah berarti yang diukur bulatan sebelah bawah.

d) Kerendahan ufuk

Kerendahan ufuk adalah perbedaan jarak dari titik zenith keufuk *hakiki* dan ufuk *mar'i*.

5) Menghisab Mukuts

Mukuts adalah lamanya hilal berada di atas ufuk sejak matahari tenggelam. Dapat dicari dengan membagi $h_{mar'i}$ dengan 15.

6) Menghisab Posisi Hilal

Yang dimaksud ialah posisi hilal bila dinisbatkan kepada titik Barat dan matahari, yakni diutara ataukah diselatannya. Dengan mengetahui posisinya dapatlah ditentukan kemiringan hilal dan arah pandang saat melakukan rukyat. Posisi hilal ditentukan dengan menghitung harga azimuthnya, dan membandingkannya dengan azimuth matahari.

Data yang diperlukan adalah lintang tempat (ϕ), deklinasi (δ) dan sudut waktu (t^{C}). rumusnya adalah :

$$\text{Cotan } A = -\sin \phi \times \tan t + \cos \phi \times \tan \delta \times \cos t^{\text{C}}$$

7) Kesimpulan

Kesimpulan yang penting adalah untuk mengetahui tanggal satu awal bulan qamariyah yaitu apabila tinggi hilal + (diatas ufuk) dan umur bulan sudah melebihi 8 jam, maka berarti sejak tenggelam matahari itu, sudah ganti bulan qamariyah yang baru.

3. Contoh Hisab Awal Bulan Menurut Sistem Almanak Nautika

PERHITUNGAN AWAL BULAN RAMADHAN 1432 H

(Acuan Sistem Almanak Nautika)

Markas : Pantai Ngliyep Donomulyo, Malang

Lintang : $-8^{\circ} 19' 52,86''$

Bujur : $112^{\circ} 25' 52''$ BT

Ketinggian : 250,5 Meter (*Mean Sea Level*)

Metode : Almanak Nautika

1. Konversi Penanggalan Hijriyah-Masehi

Tanggal 29 Sya'ban 1432 = 1431 thn + 7 Bln + 29 hari

$1431 \div 30 = 47$ Daur + 21 Thn + 7 bln + 29 hari

47 daur = $47 \times 10631 = 499657$ hari

21 tahun = $(21 \times 354) = 7434$ hari

Kabisat dalam 21 tahun = 8 hari

7 bulan = $(30 \times 4) + (29 \times 3) = 207$ hari

29 hari = 29 hari

Jumlah hari = 507335 hari

Selisih tetap tahun masehi dengan tahun Hijriyah = 227016 hari

Anggaran Gregorius = 13 hari

Jumlah hari = 734364 hari

Bilangan ini dijadikan tanggal, bulan dan tahun masehi :

$$734364 \div 1461 = 502 \text{ Siklus, lebih } 942 \text{ hari}$$

$$502 \times 4 = 2008 \text{ Tahun lebih } 942 \text{ hari}$$

$$942 \div 354 = 2 \text{ Tahun lebih } 212 \text{ hari}$$

$$212 \text{ hari} = 7 \text{ Bulan lebih } 0 \text{ hari (Nol)}$$

Untuk mengetahui hari:

$$734364 \div 7 = 104909 \text{ lebih } 1 = \text{Ahad} \quad (\text{Mulai Ahad})$$

$$734364 \div 5 = 146871 \text{ lebih } 4 = \text{Kliwon} \quad (\text{Mulai Kliwon})$$

Berarti 2008 + 2 tahun + 1 Tahun + Juli + 0 hari

Dengan demikian *ijtima'* akhir bulan Sya'ban 1432 H. jatuh pada hari

Ahad Kliwon tanggal 31 Juli 2011 M.

2. *Ijtima'* Akhir Sya'ban 1432 H

Diperkirakan jatuh pada Tanggal 31 Juli 2011 (diambil dari data Nautika)

$$\text{Pukul} = 18^{\circ} 17.8' \quad \text{GMT}$$

$$\text{Selisih Waktu} = 07^{\circ} 00' +$$

$$= 25^{\circ} 44'$$

$$= 24^{\circ} 00'$$

$$\text{Pukul} = 01^{\text{j}} 44^{\text{m}} \quad \text{WIB}$$

Kesimpulan :

Ijtima' Akhir Bulan sya'ban 1432 H, Jatuh pada :

Tanggal 31 Juli 2011 M

Pukul = **01^j 44^m WIB**

$$17.31.17.84 \text{ WIB} = 321^\circ 08,0' + 0^\circ 39' 27'' \text{ (} 335^\circ 36,1' - 321^\circ 08,0' \text{)}$$

$$17.31.17.84 \text{ WIB} = 330^\circ 38' 14,9''$$

$$\begin{aligned} \pi \text{ Markas} & : \quad 112^\circ 23' 32,2'' + \\ & \quad \underline{\hspace{1.5cm}} \\ & = 443^\circ 02' 16,65'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Drjt Link} & : \quad 360^\circ \\ & \quad \underline{\hspace{1.5cm}} \\ t \text{ C} & : \quad 83^\circ 02' 16,65'' \end{aligned}$$

Jadi sudut waktu bulan ($t \text{ C}$) adalah **$83^\circ 02' 16,65''$**

5. Mencari Deklinasi Bulan Ketika Gurub

Pukul	GHA	Dec	HP	SD
10.00	$321^\circ 08,0'$	$11^\circ 58,6'$	$0^\circ 59,4'$	$0^\circ 16,2'$
11.00	$335^\circ 36,1'$	$11^\circ 46,2'$	$0^\circ 59,4'$	

$$17.39.27 \text{ WIB} = 11^\circ 58,6' + 0^\circ 39' 27'' \text{ (} 11^\circ 46,2' - 11^\circ 58,6' \text{)}$$

$$17.39.27 \text{ WIB} = 11^\circ 50' 28,82''$$

Jadi deklinasi bulan ketika gurub adalah : **$11^\circ 50' 28,82''$**

6. Mencari Ketinggian Bulan ($h \text{ C}$)

a. Data : Lintang Tempat (φ) = $-8^\circ 19' 52,86''$

Deklinasi Bulan (δ) = $11^\circ 50' 28,82''$

$t \text{ C}$ = $83^\circ 04' 6,9''$

b. Rumus : $\sin h = \sin \varphi \times \sin \delta + \cos \varphi \times \cos \delta \times \cos t$

c. Hisab : $\sin h = \sin -8^\circ 19' 52,86'' \times \sin 11^\circ 50' 28,82'' + \cos -8^\circ$

$$19' 52,86'' \times \cos 11^\circ 50' 28,82'' \times \cos 83^\circ 04' 6,9''$$

$$h_{\odot} \text{ hakiki} = 7^{\circ} 16' 8,59''$$

$$\text{Parallaks} = 0^{\circ} 59,4' \times \cos 7^{\circ} 16' 8,59''$$

$$= 0^{\circ} 58' 55,36'' \quad -$$

$$= 6^{\circ} 21' 58,27''$$

$$\text{Refraksi} = 0^{\circ} 07,1' \quad +$$

$$06^{\circ} 29' 4,27''$$

$$\text{KU} = 0^{\circ} 1,76' \times \sqrt{250.5}$$

$$= 0^{\circ} 27' 51,35'' \quad +$$

$$05^{\circ} 21' 54,83''$$

$$\text{Semi Diameter} = 00^{\circ} 16,2' \quad +$$

$$h_{\odot} (\text{mar}'i) = 7^{\circ} 16' 8,59'' - 0^{\circ} 58' 55,36'' + 0^{\circ} 7,1' + 0^{\circ} 16,2'$$

$$+ 0^{\circ} 3' 56,13''$$

$$= 6^{\circ} 44' 27,36''$$

7. Mencari *Mukuts Hilal*

$$= 6^{\circ} 44' 27,36'' : 15$$

$$= 0 \text{ jam } 26 \text{ menit } 57,82 \text{ detik}$$

8. Hisab Posisi Hilal (*azimuth*)

a) Data : Matahari : $\varphi = -6^{\circ} 56' 46,6''$

$$\delta = 18^{\circ} 17' 24,33''$$

$$t^{\bullet} = 88^{\circ} 38' 48,45''$$

Bulan : $\varphi = -6^{\circ} 56' 46,6''$

$$\delta = 11^{\circ} 50' 28,82''$$

$$t_{\odot} = 81^{\circ} 02' 16,69''$$

b) Rumus : $\cotan A = -\sin \varphi : \tan t + \cos \varphi \times \tan \delta \times \sin t$

c) Hisab :

$$\begin{aligned} \text{Matahari : } \cotan A &= \text{Shift tan } (-\sin - 6^\circ 56' 46,6'' : \tan 88^\circ 38' 48,45'' + \\ &\quad \cos - 6^\circ 56' 46,6'' \times \tan 18^\circ 17' 24,33'' \times \sin 88^\circ 38' \\ &\quad 48,45'') \end{aligned}$$

$$A = 18^\circ 18' 27,41'' \text{ (diukur dari titik barat ke titik selatan)}$$

$$\begin{aligned} \text{Bulan : } \cotan A &= \text{Shift tan } (-\sin - 6^\circ 56' 46,6'' : \tan 81^\circ 02' 16,69'' + \\ &\quad \cos - 6^\circ 56' 46,6'' \times \tan 11^\circ 50' 28,82'' \times \sin 81^\circ 02' \\ &\quad 16,69'') \end{aligned}$$

Posisi hilal = dengan harga azimut sebesar $12^\circ 39' 42,01''$, maka hilal berada pada posisi $5^\circ 38' 45,4''$ ($18^\circ 18' 27,41'' - 12^\circ 39' 42,01''$) disebelah selatan matahari.

9. Kesimpulan

- Ijtima'* awal Ramadhan terjadi pada hari Sabtu, tanggal 31 Juli 2011, pukul 01.44 WIB.
- Terbenam matahari tanggal 31 Juli 2011 pada pukul 17:23:13.83 WIB.
- Ketinggian hilal *hakiki* sebesar $7^\circ 16' 08,59''$, dan ketinggian hilal *mar'i* sebesar $6^\circ 44' 27,36''$.
- Mukuts* hilal diatas ufuk selama 0 jam 26 menit 57,8 detik.
- Posisi hilal : $5^\circ 38' 45,4''$ disebelah selatan matahari.
- Tanggal 1 Ramadhan 1432 H. diperkirakan jatuh pada tanggal 1 Agustus 2011.

2. Tinjauan Umum Sistem Ephemeris

1. Sekilas Tentang Sistem Ephemeris

Metode Ephemeris merupakan metode yang melakukan perhitungan dengan menggunakan data matahari dan data bulan yang disajikan setiap jam. Data ini dapat diketahui dari buku yang diterbitkan setiap tahun oleh Direktorat Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam Departemen Agama RI yang sejak tahun 2005 ditangani oleh Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah. Buku ini memuat data astronomis matahari dan bulan pada setiap jam pada setiap tahun. Data astronomis ini dapat pula dilihat dan dicetak melalui *software* program Winhisab.⁵

Ephemeris hisab rukyat ini menyediakan beberapa data mengenai matahari dan bulan yang dapat digunakan untuk kegiatan hisab maupun rukyat. Baik untuk menentukan arah kiblat, waktu-waktu sholat, awal bulan qomariah dan gerhana.

Metode ini secara teoritis berdasarkan pada data yang akurat yang selalu diperbarui setiap hari, yang memperhitungkan segala aspek, baik deklinasi, parralax dan lainnya. Almanak Ephemeris adalah buku yang berisi data bulan dan matahari yang dipersiapkan khusus untuk kepentingan hisab rukyat. Ephemeris merupakan buku yang diterbitkan setiap tahun sejak 1993 oleh Direktorat Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam Departemen Agama RI. Data Almanak ini diprogram secara komputerisasi oleh alumni Institute Teknologi Bandung (jurusan Astronomi), atas biaya proyek

⁵Muhyiddin khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktek*, Edisi Revisi, tt, (Cet. III, Buana Pustaka: Yogyakarta), 152-153

pembinaan Peradilan Agama Republik Indonesia.⁶ Selain itu ephemeris juga biasa disebut dengan “*Astronomical Handbook*” dan dalam bahasa arab disebut dengan “*Zij*” atau “*Taqwim*”.⁷

Karena data bulan dan matahari dalam Ephemeris Hisab Rukyat disajikan dalam interval tiap jam, maka data bulan dan matahari untuk menit dan detiknya dapat diperoleh dengan melakukan penta’dilan atau interpolasi terhadap data yang ada. Misalnya mau mencari nilai bujur matahari atau bulan saat terbenam matahari pukul 17:16 WIB (10:16 GMT), padahal data yang ada hanya pada jam 10.00 GMT dan 11.00 GMT, maka nilai bujur yang diperlukan dicari dengan interpolasi, caranya : $A + k(A - B)$, dimana:

A = Nilai pada baris pertama, yaitu pada jam 10.00

B = Nilai pada baris kedua, yaitu pada jam 11.00

k = Kelebihan dari interval baris pertama, yaitu 16 menit

Adapun buku Ephemeris Hisab Rukyat tersebut berisi data antara lain:

- a. Kalender Masehi
- b. *Taqwim* awal bulan Qomariyah, yang berisi hasil perhitungan *ijtima’* dan ketinggian hilal pada awal bulan qomariyah.
- c. Fase- fase bulan dan saat gerhana matahari
- d. Ketinggian hilal pada saat matahari terbenam di wilayah dunia
- e. Data posisi bulan dan matahari setiap jam, selama tahun yang bersangkutan.⁸

⁶ Moh. Mutadho, *Ilmu Falak Praktis*. (Malang: UIN Malang Press, 2008), 235.

⁷ Susikno Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, (Yogyakarta : Pustaka Pelajar 2005), 50

⁸ Azhari, *Ensiklopedi*.

Istilah- istilah dalam data matahari dan bulan pada metode ephemeris meliputi hal-hal sebagai berikut:

1) *Ecliptic Longitude*

Ecliptic Longitude adalah bujur astronomi, data ini dikenal dengan istilah *Thul* atau *Taqwim* adalah jarak matahari dari titik Aries (*Vernal Equinox* atau *Hamel*), diukur dari sepanjang lingkaran ekliptika. Jika nilai bujur astronomi matahari sama dengan nilai bujur astronomi bulan. Maka akan terjadi *ijtima'*, data ini dipergunakan antara lain dalam *ijtima'* dan gerhana.

2) *Ecliptic Latitude*

Ecliptic Latitude adalah lintang astronomi, data ini adalah jarak titik pusat matahari dari lingkaran ekliptika, sebenarnya ekliptika itu sendiri adalah lingkaran yang ditempuh oleh gerak semu matahari secara tahunan. Oleh karena itu selalu berada pada garis ekliptika. Namun oleh jalannya yang tidak rata persis maka ada sedikit geseran, keadaan seperti ini dapat kita lihat dari nilai *Ecliptic Longitude* yang selalu mendekati 0 banyak sistem perhitungan yang mengabaikan nilai data ini, sehingga istilah *Ardlusy Syam* yang sebenarnya identik dengan *Ecliptic Latitude*, data ini diperlukan antara lain untuk menghitung gerhana.

3) *Apparent Right Ascension*

Apparent Right Ascension dikenal dalam bahasa Indonesia dengan sebutan *Asiensio Rekta*. Data juga dikenal dengan nama *Panjatan*

Tegak atau *As Shu'udul Mustaqim* atau *Mathali'ul Baladiyah*, yaitu jarak antara satu benda langit dengan titik Aries (*Vernal Equinox* atau *Hamel*), diukur sepanjang garis equator (*Da'irotul Muaddalin Nahar*). Data ini digunakan dalam perhitungan *ijtima'*, ketinggian hilal dan gerhana.

4) *Apperent Diclination*

Apperent Dee singkatan dari *Apparent Diclination* dikenal dalam bahasa Indonesia sebagai deklinasi matahari yang dilihat (bukan matahari hakiki) atau lebih dikenal sebagai deklinasi, juga dikenal dengan sebutan Mail Syam adalah jarak matahari dengan equator. Nilai deklinasi positif berarti matahari berada di sebelah utara equator data ini digunakan dalam menentukan waktu shalat, *rasdul kiblat*, ketinggian hilal, *ijtima'*, gerhana dan sebagainya.

5) *True Geosentric Distace*

True Geosentric Distace di kenal dalam bahasa Indonesia dengan istilah jarak geosentris. Data ini menggambarkan jarak antara bumi dan matahari, nilai pada data ini merupakan jarak rata-rata bumi dan matahari, sekitar 150 juta Km oleh karena itu bumi mengelilingi matahari tidak tepat pada setiap saat, kadang dekat kadang jauh. jarak dekat adalah saat bumi menempati titik api terdekat, yaitu *Perigee*. (*Al hadlidl*) Sedangkan jarak terjauh pada saat bumi menempati titik terjauh yaitu *Apogee*, (*Auj*) data ini penting untuk menghitung gerhana.

6) *True Obliquity*

True Obliquity dalam bahasa Indonesia dikenal sebagai kemiringan ekliptika. Data ini dikenal dengan istilah *Mail Kul* adalah kemiringan ekliptika dari equator. Data ini digunakan untuk menghitung *ijtima'* dan gerhana.

7) *Equation Of Time*

Equation Of Time dalam bahasa Indonesia dikenal dengan nama perata waktu, data ini juga dikenal dengan istilah *Ta'dil Waqtu* atau *Ta'dil Syam* adalah selisih antara waktu kulminasi matahari hakiki dengan waktu kulminasi matahari rata-rata. Data ini biasanya dinyatakan dengan huruf 'e' kecil diperlukan dalam menghisab waktu shalat.

8) *Apparent Longitude.*

Apparent Longitude dalam bahasa Indonesia di kenal dengan istilah bujur astronomi bulan yang terlihat, lebih di kenal dengan bujur astronomi atau dengan istilah *Taqwim Qomar* atau *Thul Qamar* jarak bulan dari titik Aries (*Vernal Equinok / Haml*) di ukur sepanjang lingkaran ekliptika (*dairotul bujur*), jika nilai bujur astronomi matahari sama nilai bujur bulan, maka terjadi *ijtima'*,⁹ data ini juga dipergunakan anantara lain dalam *ijtima'* dan gerhana.

⁹ *Ijtima'* juga bisa di sebut *Iqtiraan* yaitu antara matahari dan bulan berada pada bujur astronomi (*dawairul buruj*) yang sama. Dalam istilah astronomi juga di sebut konjungsi.

9) *Apparent latitude.*

Apparent Latitude dalam bahasa Indonesia dikenal dengan nama lintang astronomi bulan yang terlihat atau istilah *Ardl al Qamar*, data ini adalah jarak antara bulan dengan lingkaran ekliptika diukur sepanjang lingkaran kutub ekliptika. Nilai maksimum dari lintang astronomi bulan adalah $5^{\circ} 8'$, nilai positif berarti bulan berada di utara ekliptika, dan nilai negatif berarti bulan berada di sebelah selatan ekliptika, jika pada saat *ijtima'* nilai lintang astronomi bulan sama atau hampir sama dengan nilai lingkaran astronomis matahari, maka akan terjadi gerhana matahari. Dan ini diperlukan dalam menghitung *ijtima'* dan gerhana.

10) *Apparent Right Ascension.*

Apparent Right Ascension dalam bahasa Indonesia dikenal dengan Asensio Rekta dari bulan yang terlihat. Data ini juga dikenal dengan panjatan tegak atau *As Shu'udul Mustaqim* atau *Matholiul Baladiyah* yaitu jarak antara titik pusat bulan dari titik aries dihitung sepanjang garis equator (*Dairatul Muaddal Linnahar*). Data ini juga dipergunakan dalam menghitung *ijtima'* ketinggian hilal dan gerhana.¹⁰

11) *Apparent Declination.*

Apparent Declination dalam bahasa Indonesia dikenal dengan nama deklinasi bulan yang dikenal dengan deklinasi atau dalam bahasa

¹⁰ Data ini diperlukan antara lain dalam perhitungan *ijtima'*, ketinggian hilal dan gerhana. Lihat Azhari, *Ensiklopedi*, 33.

arabnya dikenal dengan istilah *Mail Qamar*, adalah jarak bulan dari equator, nilai deklinasi bernilai positif berarti bulan berada di sebelah utara equator dan deklinasi bernilai negatif berarti bulan berada di sebelah selatan equator. Data ini diperlukan dalam menghitung ketinggian hial, *ijtima* ' dan gerhana.

12) Horizontal Parallax

Horizontal parallax dalam bahasa Indonesia benda lihat atau di sebut juga dengan istilah *Ikhtilaful Mandhar* adalah sudut antara garis yang ditarik antara benda langit ke titik pusat bumi, dengan garis yang ditarik dari benda langit ke mata si pengamat. Sedangkan horizon parallax adalah parallax dari bulan yang berada persis di garis ufuk, nilai parallax berubah-ubah tergantung kepada jarak benda langit itu dari garis ufuk. Nilai horizontal parallax ini diperlukan untuk melakukan koreksi perhitungan ketinggian hilal dari ketingina ini hakiki ketinggian *mar'i (Vasible Attitude)*

13) Semi Diameter

Semi Diameter dikenal dalam bahasa Indonesia dengan jari-jari atau *Nisfu Quthril Qomar* adalah jarak titik pusat bulan dengan piringan luarnya. Nilai semi diameter bulan adalah 15 derajat, sebab piringan bulatan bulan penuh adalah 30 (1/2 derajat) Data ini diperlukan untuk melakukan perhitungan ketinggian piringan atas hilal sebab semua data bulan adalah data titik pusatnya.

14) *Angle Bright Limb*

Angle Bright Limb yang dikenal dalam istilah bahasa Indonesia sebagai sudut kemiringan hilal. Adalah sudut kemiringan piringan hilal yang memancarkan sinar sebagai akibat arah posisi hilal dari matahari. Sudut ini diukur dari garis yang menghubungkan titik pusat hilal dengan titik zenit (*simtur ra'si*) kegaris yang menghubungkan titik pusat hilal dengan titik pusat matahari dengan arah sesuai dengan perputaran jarum jam.

15) *Fraction Illumination*

Fraction Illumination adalah besarnya piringan bulan yang menerima sinar matahari dan menghadap ke bumi. Jika seluruh piringan bulan yang menerima sinar matahari terlihat dari bumi, maka bentuknya akan berupa bulatan penuh. Dalam keadaan seperti ini nilai *Fraction Illum* adalah satu, yaitu persis pada saatnya bulan purnama. sedangkan jika bumi, bulan dan matahari sedang persis berada pada satu garis lurus, maka akan terjadi gerhana matahari total. Dalam keadaan seperti ini nilai *Fraction Illumination* bulan adalah nol. setelah bulan purnama, nilai *Fraction Illumination* akan semakin mengecil sampai pada nilai yang paling kecil, yaitu pada saat *ijtima'* dan setelah itu nilai fraction Illumination ini akan kembali membesar sampai mencapai nilai satu, pada bulan purnama. Dengan demikian, data *Fraction Illumination* ini dapat dijadikan pedoman untuk mengetahui kapan terjadinya *ijtima'* dan kapan bulan purnama (*istiqbal*), demikian

pula saat *first quarter* (*tarbiul awwal*) dan *last quarter* (*tarbi'usstani*) dari bulan dapat dihitung, yaitu dengan mencari nilai *Fraction Illum* sebesar setengah.¹¹

2. Penyajian Data Hisab Ketinggian Hilal

Seperti halnya sistem kontemporer Almanak Nautika, maka untuk menghitung ketinggian hilal, sistem hisab Ephemeris menggunakan data astronomik guna mengetahui kondisi bulan, baik yang berkenaan dengan saat *ijtima'* (konjungsi) nya dengan matahari, ketinggiannya, azimuthnya maupun saat terbenamnya matahari pada hari ke 29 setiap bulan.

Secara umum penyajian data hisab pada sistem ephemeris adalah dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1) Hisab *Ijtima'*

Yang dimaksud dengan hisab *ijtima'* disini adalah perhitungan tentang tanggal, bulan dan tahun serta pukul berapa (GMT) *ijtima'* dimaksud terjadi. Dengan demikian, maka dalam menghisab *ijtima'* ada 2 (dua) tahapan, yaitu:

a. Memprakirakan Tanggal, Bulan dan Tahun *Ijtima'*

Sebelum melakukan hisab *ijtima'* awal bulan Qamariyah, hal yang perlu dilakukan adalah menentukan prakiraan tentang jatuhnya akhir bulan Qamariyah sebelumnya dalam kalender Masehi dengan jalan mengkonversi kalender Hijriyah ke kalender

¹¹ Ephemeris Hisab Rukyah, *Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syari'ah Ditjen Bimbingan Masyarakat Islam*, (Departemen Agama RI, 2009), 4

Masehi. Ini cukup dilakukan dengan hisab ‘*urfi*, yakni dengan menggunakan rumus-rumus perbandingan tarikh.

b. Menentukan saat *ijtima’*

Langkah 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. Mencari saat *ijtima’* dengan data Ephemeris dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a) Mencari FIB. terkecil pada bulan yang ditentukan
- b) Mencari ELM dan ALB sesuai dengan jam FIB terkecil
- c) Mencari Sabak Matahari (SM) dan Sabak Bulan (SB) perjam
- d) Mencari saat *ijtima’* dengan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan :

FIB : *Fraction Illumination* Bulan

ELM : *Ecliptic Longitude* Matahari

ALB : *Apparent Longitude* Bulan

SM : Sabak Matahari

SB : Sabak Bulan

2) Mencari Posisi dan Situasi Hilal

Mencari tahu tentang situasi dan kondisi hilal awal bulan, termasuk untuk mengetahui kemungkinan hilal dapat dirukyat atau tidak.

Situasi dan kondisi hilal awal bulan ini sangat penting untuk menarik kesimpulan tentang akan terjadinya bulan baru.¹² Langkah-langkah yang dilakukan dalam mencari Posisi dan Situasi Hilal adalah sebagai berikut:

(1) Menetapkan markas hisab dan rukyat serta data astronominya.

Markas hisab dipilih dan ditetapkan berdasarkan pilihan tepat yang akan dilakukan untuk melaksanakan *rukya al-hilal*.

(2) Menetapkan sudut waktu matahari saat matahari terbenam, dengan cara:

a. Mencari data matahari saat terbenam.

b. Mencari tinggi matahari saat terbenam (h^\bullet) dengan rumus:

$$h^\bullet = 0^\circ - S.d - \text{Refr} - \text{Dip}$$

c. Mencari sudut waktu saat matahari terbenam, dengan rumus:

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

Keterangan

t^\bullet = sudut waktu matahari

φ = lintang tempat

δ^\bullet = deklinasi matahari

h^\bullet = tinggi matahari saat terbenam

(3) Mencari saat matahari terbenam, dengan rumus:

$$T^\bullet / 15 + 12 - e + \text{KWD}$$

(4) Menetapkan sudut waktu bulan saat matahari terbenam.

¹² Mutadho, *Ilmu Falak*, 245

Data yang diperlukan adalah asensio rekta matahari (AR^\bullet), asensio rekta bulan (AR^{C}) dan sudut waktu matahari saat terbenam (t^\bullet).

- a. Mencari Asensio Rekta Matahari (AR^\bullet) dan bulan (AR^{C}) 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:

$$\text{Interpolasi : } A - (A-B) \times C / 1$$

- b. 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:

$$t^{\text{C}} = Ar^\bullet - Ar^{\text{C}} + t^\bullet.$$

- (5) Menetapkan tinggi hilal *mar'i* dengan langkah-langkah:

- a. Mencari Deklinasi Bulan (d^{C})

Maksudnya nilai deklinasi bulan pada saat terbenamnya matahari. Nilai deklinasi ini sudah disediakan dalam data Ephemeris, lakukan interpolasi bila perlu dengan rumus:

Interpolasi : $A - (A-B) \times C / 1$

- b. Mencari ketinggian hilal *hakiki* (h^{C}).

Data yang diperlukan adalah Lintang Tempat (p), deklinasi bulan (d^{C}) dan sudut waktu bulan saat matahari terbenam (t^{C}). Rumusnya:

$$\sin h^{\text{C}} = \sin p \times \sin d^{\text{C}} + \cos p \times \cos d^{\text{C}} \times \cos t^{\text{C}}$$

Dari rumus ini dihasilkan ketinggian hilal *hakiki*.

- c. Mencari ketinggian hilal *mar'i* (h^{C})

Untuk mencari Irtifa' Hilal Mar'i, maka harga Irtifa' Hilal Haqiqi harus dikoreksi dengan Parallax, Semi Diameter, Refraksi Bulan dan DIP.

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

Berikut penjelasan masing-masing:

- Parallax

Secara umum, parallax itu berarti perubahan arah lihat atau arah pandang pada sebuah benda kalau pengamat berubah tempat. Di dalam astronomi, parallax sebuah benda langit mempunyai arti khusus, yaitu perbedaan arah pandang terhadap benda tersebut kalau pengamat berada di titik pusat bumi dengan arah pandang di permukaan bumi. Dengan koreksi parallax ini, berarti tinggi hilal bukan dihitung dari titik pusat bumi, melainkan dari permukaan bumi yang ditempati pengamat.

Harga parallax ini diperoleh dengan rumus: Horizontal Parallax (HP) dikalikan \cos *irtifa'* hilal haqiqi.

- Semi Diameter

Untuk benda langit yang dekat, khususnya matahari dan bulan, koreksi semi diameter ini perlu sekali. Posisi yang sebenarnya bagi setiap benda langit dinyatakan oleh posisi titik pusatnya pada bola langit. Di dalam pengamatan, yang menjadi sasarannya bisa jadi pinggiran permukaan atas atau pinggiran permukaan bawahnya atau juga antara keduanya.

Oleh karena itu, dalam prakteknya, koreksi semi diameter ini bisa ditambahkan ke *irtifa'* hilal haqiqi bila yang diamati itu sisi permukaan bagian atas, atau dikurangkan ke *irtifa'* hilal haqiqi bila yang diamati itu sisi permukaan bagian bawahnya.

- Refraksi

Jalannya cahaya benda langit mengalami pembiasan atau pembelokan dalam atmosfer bumi, sehingga arahnya ketika mencapai mata pengamat tidak sama dengan arah semula.

Akibat pembiasan itu, posisi benda langit yang terlihat dari bumi lebih tinggi dari posisi yang sebenarnya. Harga refraksi itu bisa berubah-ubah sesuai dengan ketinggian benda langit yang bersangkutan. Tetapi harga refraksi benda langit terbesar adalah $0^{\circ} 34.5'$, yakni ketika benda langit tersebut berada di horizon. Koreksi refraksi ini kemudian

ditambahkan ke *irtifa' hilal haqiqi*. Dengan koreksi refraksi, berarti yang dihitung adalah posisi tinggi lihat hilal dan bukan titik pusatnya.

- Kerendahan Ufuk (DIP)

Jika kita berdiri di atas bumi, maka letak mata kita tidak pernah tepat pada permukaan bumi, tetapi berada pada jarak atau titik tertentu di atasnya. Garis yang sejajar dengan titik pusat bumi dan tegak lurus dengan garis vertikal adalah horizon hakiki atau ufuk haqiqi. Pandangan kita terhadap benda-benda langit tidak dibatasi oleh ufuk hakiki, melainkan oleh bidang yang ditentukan oleh garis P – R, sebuah garis dari titik P yang menyinggung permukaan bumi pada titik Q. Bidang itu dinamakan horizon pandangan atau ufuk *mar'i*.

Perbedaan kedua ufuk itu sama besarnya dengan sudut M (kerendahan ufuk), yakni sudut yang timbul karena pengaruh ketinggian tempat seorang peninjau dari permukaan laut.

Koreksi kerendahan ufuk (DIP) ini diperlukan untuk menunjukkan bahwa ufuk yang terlihat itu bukan ufuk yang berjarak 90 dari titik zenith, melainkan ufuk *mar'i* yang jaraknya dari titik zenith tidak tetap, artinya tergantung pada tinggi-rendahnya si peninjau.

Untuk mengetahui besarnya koreksi kerendahan ufuk ini, dalam ilmu Falak digunakan rumus:

$$\mathbf{DIP = 1.76 \sqrt{m} : 60}$$

Dip = kerendahan ufuk dalam satuan menit busur.

m = ketinggian mata dalam satuan meter.

Dengan koreksi DIP ini, berarti kita menghitung tinggi lihat hilal dari ufuk mar'i dan bukan dari ufuk hakiki.

d. Menetapkan *Mukuts hilal* (lama hilal di atas ufuk)

Yang dimaksud dengan Mukuts ialah lama hilal berada di atas horizon setelah matahari terbenam pasca *ijtima'*.

Mukuts hilal atau mengetahui lama hilal diatas ufuk dapat ditentukan dengan rumus:

$$\mathbf{h^{\circ} : 15 \text{ atau } h^{\circ} \times 4 \text{ menit}}$$

e. Mencari besarnya cahaya

Besarnya cahaya hilal dapat diketahui dengan melakukan interpolasi FIB (*Friction Illumination Bulan*) saat matahari dikalikan (x) 100% sebagai berikut:

$$\mathbf{\text{Interpolasi : } A - (A-B) \times C : 1}$$

f. Menetapkan *Azimut* (Az) Matahari dan Bulan,

Kata azimuth berasal dari kata Latin yang berarti arah. Dalam bahasa Arab, azimuth ini kadang disebut Jihat, Syatrah, atau Qiblat.

Kepentingan mengetahui azimuth matahari dan bulan ini antara lain agar secara jelas dapat diperkirakan posisi hilal terhadap titik Barat, demikian pula posisinya yang sedang kita amati dari

matahari saat terbenam, sehingga bisa diperoleh gambaran yang jelas, baik berkenaan dengan kemiringannya maupun posisinya dari matahari.

Azimuth matahari dan bulan itu bisa dihisab dengan menggunakan rumus yang sama, yaitu:

$$\text{Cotan } A = -\sin \varphi : \tan t + \cos \varphi \times \tan d : \sin t$$

(6) Kesimpulan:

Adapun kesimpulan yang dapat diambil adalah untuk mengetahui masuknya awal bulan Qamariyah adalah apabila tinggi hilal positif (diatas ufuk), maka berarti sejak tenggelam matahari itu, sudah ganti bulan qamariyah yang baru. Dan apabila hilal belum *wujud* berarti hari itu merupakan hari terakhir dari bulan yang sedang berlangsung.

3. Contoh Hisab Awal Bulan Menurut Sistem Ephemeris

PERHITUNGAN AWAL BULAN RAMADHAN 1432 H

(Acuan Sistem Ephemeris)

Markas : Pantai Ngliyep Donomulyo, Malang

Lintang : $-8^{\circ} 19' 52,86''$

Bujur : $112^{\circ} 25' 52''$ BT

Ketinggian : 250,5 Meter (*Mean Sea Level*)

Metode : Ephemeris

1. Konversi Penanggalan Hijriyah-Masehi

Tanggal 29 Sya'ban 1432 = 1431 thn + 7 Bln + 29 hari

$$1431 \div 30 = 47 \text{ Daur} + 21 \text{ Thn} + 7 \text{ bln} + 29 \text{ hari}$$

$$47 \text{ daur} = 47 \times 10631 = 499657 \text{ hari}$$

$$21 \text{ tahun} = (21 \times 354) = 7434 \text{ hari}$$

$$\text{Kabisat dalam 21 tahun} = 8 \text{ hari}$$

$$7 \text{ bulan} = (30 \times 4) + (29 \times 3) = 207 \text{ hari}$$

$$29 \text{ hari} = 29 \text{ hari} +$$

$$\text{Jumlah hari} = 507335 \text{ hari}$$

$$\text{Selisih tetap tahun masehi dengan tahun Hijriyah} = 227016 \text{ hari}$$

$$\text{Gregorius} = 13 \text{ hari}$$

$$\text{Jumlah hari} = 734364 \text{ hari}$$

Bilangan ini dijadikan tanggal, bulan dan tahun masehi :

$$734364 \div 1461 = 502 \text{ Siklus, lebih } 942 \text{ hari}$$

$$502 \times 4 = 2008 \text{ Tahun lebih } 942 \text{ hari}$$

$$942 \div 354 = 2 \text{ Tahun lebih } 212 \text{ hari}$$

$$212 \text{ hari} = 7 \text{ Bulan lebih } 0 \text{ hari (Nol)}$$

Untuk mengetahui hari:

$$734364 \div 7 = 104909 \quad \text{lebih } 1 = \text{Ahad} \quad (\text{Mulai Ahad})$$

$$734364 \div 5 = 146872 \quad \text{lebih } 4 = \text{Kliwon} \quad (\text{Mulai Kliwon})$$

Berarti 2008 + 2 tahun + 1 Tahun + Juli + 0 hari

Dengan demikian *ijtima'* akhir bulan Sya'ban 1432 H. jatuh pada hari

Ahad Kliwon tanggal 31 Juli 2011 M.

2. *Ijtima'* Akhir Sya'ban 1432 H

Dalam hal ini FIB (cahaya bulan terkecil) menyoroti bulan pada tanggal 31 Juli 2011 terjadi pada jam 00.00 GMT, yaitu sebesar 0,00176 (176 per 100.000 = 1,76 permil = 0,176 %)

JAM GMT	ELM	ALB
00	127° 28' 40"	130° 24' 24"
01	127° 31' 04"	130° 59' 56"

Bujur Astronomis Matahari dan Bulan:

<i>Ecliptic Longitude</i> Matahari (ELM) jam 00.00	= 127° 28' 40"
<i>Apparent Longitude</i> Bulan (ALB) jam 00.00	= 130° 24' 24" _
Sabak (SB) Matahari dan bulan (ELM-ALB)	= - 2° 55' 44"

Kecepatan matahari perjam :

ELM jam 00.00 GMT	= 127° 28' 40"
ELM jam 01.00 GMT	= 127° 31' 04" _
Kecepatan Matahari (KM)	= -0° 2' 24" = -0° 2' 24"

Kecepatan Bulan perjam :

ALB jam 00.00 GMT	= 130° 24' 24"
ALB jam 01.00 GMT	= 130° 59' 56" _
Kecepatan Bulan (KB)	= -0° 35' 32" = - 0° 35' 32" _

Selisih kecepatan (SK) matahari dan bulan (KB-KM) = - 0° 33' 08"

Saat *Ijtima'* = Jam FIB + (SB/SK) + Zona waktu (WIB)

$$\begin{aligned}
 &= 00.00 \quad \underline{- 2^{\circ} 55' 44''} \quad + 07.00 \\
 &\quad \quad \quad - 0^{\circ} 33' 08''
 \end{aligned}$$

$$= 00.00 \quad -5^{\circ} 18' 13,76'' + 07.00 = 1: 41': 46,34''$$

Jadi *ijtima'* akhir bulan Sya'ban 1432 H terjadi pada jam 1: 41': 46,34''

dibulatkan menjadi 1^j: 41^m: 46^d

3. Menghitung Terbenam Matahari Pada Hari *Ijtima'*

a. Data : Lintang Tempat (ϕ) $= -8^{\circ} 19' 52,86''$

Deklinasi Matahari (δ) pukul 11.00 GMT $= 18^{\circ} 17' 15''$

Refraksi $= 0^{\circ} 34' 30''$

Dip $= 00^{\circ} 1.76\sqrt{25,5} \text{ m} = 0^{\circ} 8' 53,25''$

Semi Diameter (SD) $= 0^{\circ} 15' 45,29''$

Equation of time (e) pukul 11.00 GMT $= 00^j 06^m 24^d$

KWD $= -0^{\circ} 21' 34,15''$

b. Mencari Tinggi Matahari (h)

$$h = 0^{\circ} - S.D - Refr - Dip$$

$$h = 0^{\circ} - 0^{\circ} 15' 45,29'' - 0^{\circ} 34' 30'' - 0^{\circ} 3' 56,13''$$

$$h = -0^{\circ} 54' 11,42''$$

c. Mencari Sudut Waktu Matahari (t)

$$\cos t = \text{Shift cost} (-\tan \phi \times \tan \delta + \sin h : \cos \phi : \cos \delta)$$

$$\cos t = \text{Shift cost} (-\tan -8^{\circ} 19' 52,86'' \times \tan 18^{\circ} 17' 15'' + \sin -0^{\circ} 54' 11,42'' : \cos -8^{\circ} 19' 52,86'' : \cos 18^{\circ} 17' 15'')$$

$$t = 88^{\circ} 11' 17,28''$$

d. Mencari Saat Matahari Terbenam

$$t \div 15 + 12 - e + \text{KWD}$$

$$88^{\circ} 11' 17,28'' \div 15 = 5^j 52^m 45,15^d$$

$$\begin{aligned} \text{Kulmunasi} &= 12^j 00^m 00^d + \\ &= 17^j 25^m 45.15^d \end{aligned}$$

$$\text{Equation of time (e)} = 00^\circ 06' 24'' -$$

$$\text{LMT (Local Mean Time)} = 17^j 46^m 21.15^d$$

$$\text{KWD} = - 0^j 21^m 34.15^d +$$

$$\text{WIB} = 17^j 24^m 47^d$$

$$\text{Koreksi Bujur GMT} = 07^\circ 00' 00'' -$$

$$\text{Jam GMT} = 10^j 24^m 47^d$$

Kesimpulan:

Matahari terbenam tanggal 31 juli 2011 jam $17^j 24^m 47^d$ WIB atau
jam 10: 24: 47 GMT

4. Menghitung Posisi Hilal Pada hari *Ijtima'*

Pada saat matahari terbenam jam 17: 18: 57.8 WIB = jam 10: 18: 57.8 GMT

a) Assensio Rekta Matahari (AR^\bullet)

$$A = AR^\bullet \text{ jam } 10.00 \text{ GMT} = 130^\circ 17' 22''$$

$$B = AR^\bullet \text{ jam } 11.00 \text{ GMT} = 130^\circ 19' 48''$$

$$C = 10.00 = 10^\circ 18' 57.8''$$

$$I = \text{Interpolasi} = 1$$

$$A - (A-B) \times C \div 1$$

$$130^\circ 17' 22'' - (130^\circ 17' 22'' - 130^\circ 19' 48'') \times 10^\circ 18' 57.8'' \div 1$$

$$AR^\bullet \text{ jam } 17^j 40^m 55.3^d \text{ WIB} = 130^\circ 42' 28.1''$$

b) Assensio Rekta Bulan (AR°)

$$A = AR^\circ \text{ jam } 10.00 \text{ GMT} = 137^\circ 32' 31''$$

$$B = AR_{\mathcal{C}} \text{ jam 11.00 GMT} = 138^{\circ} 06' 49''$$

$$C = 10.00 = 10^{\circ} 18' 57.8''$$

$$I = \text{Interpolasi} = 1$$

$$A - (A-B) \times C : I$$

$$137^{\circ} 32' 31'' - (137^{\circ} 32' 31'' - 138^{\circ} 06' 49'') \times 10^{\circ} 18' 57.8'' \div 1$$

$$AR_{\mathcal{C}} \text{ jam } 17^j 40^m 55.3^d \text{ WIB} = 143^{\circ} 26' 21.4''$$

c) Sudut Waktu Bulan

$$t_{\mathcal{C}} = AR_{\bullet} - AR_{\mathcal{C}} + t_{\bullet}$$

$$t_{\mathcal{C}} = 130^{\circ} 42' 28.1'' - 143^{\circ} 26' 21.4'' + 86^{\circ} 43' 59.26''$$

$$t_{\mathcal{C}} = 81^{\circ} 10' 44.02''$$

d) Deklinasi Bulan ($\delta_{\mathcal{C}}$)

$$A = \delta_{\mathcal{C}} \text{ jam 10 GMT} = 11^{\circ} 58' 56''$$

$$B = \delta_{\mathcal{C}} \text{ jam 11 GMT} = 11^{\circ} 46' 34''$$

$$11^{\circ} 58' 56'' - (11^{\circ} 58' 56'' - 11^{\circ} 46' 34'') \times 10^{\circ} 18' 57.8'' \div 1$$

$$\delta_{\mathcal{C}} \text{ jam } 17^j 40^m 55.3^d \text{ WIB} = 11^{\circ} 52' 21.2''$$

5. Mencari Ketinggian Bulan ($h_{\mathcal{C}}$)

a) Data : Lintang Tempat (φ) = $-8^{\circ} 19' 52.86''$

$$\text{Deklinasi Bulan } (\delta_{\mathcal{C}}) = 11^{\circ} 52' 21.2''$$

$$\text{Sudut Waktu Bulan } (t_{\mathcal{C}}) = 74^{\circ} 00' 5.96''$$

b) Rumus : $\sin h_{\mathcal{C}} = \text{Shift Sin} (\sin \varphi \times \sin \delta_{\mathcal{C}} + \cos \varphi \times \cos \delta_{\mathcal{C}} \times \cos t_{\mathcal{C}})$

c) Hisab : $\sin h_{\mathcal{C}} = \text{Shift Sin} (\sin -8^{\circ} 19' 52.86'' \times \sin 11^{\circ} 52' 21.2'' + \cos -8^{\circ} 19' 52.86'' \times \cos 11^{\circ} 52' 21.2'' \times \cos 81^{\circ} 10' 44.02'')$

$$\begin{aligned}
 h_{\odot} \text{ haqiqi} &= 6^{\circ} 48' 56.31'' \\
 \text{Parallaks} &= HP \times \cos h_{\odot} \\
 &= 0^{\circ} 59,32.32' \times \cos 14^{\circ} 24' 33.56'' \\
 &= 0^{\circ} 57' 39,94'' \quad - \\
 &= \underline{5^{\circ} 51' 16,37''} \\
 \text{Semi Diameter} &= 0^{\circ} 15' 45.29'' \quad + \\
 &= \underline{6^{\circ} 07' 1.66''} \\
 \text{Refraksi} &= 00^{\circ} 34' 30'' \quad + \\
 &= \underline{6^{\circ} 41' 31,66''} \\
 \text{Dip} &= 00^{\circ} 03' 56.13'' \quad + \\
 &= \underline{6^{\circ} 45' 27,79''} \\
 h_{\odot} \text{ mar'i} &= 6^{\circ} 45' 27,79''
 \end{aligned}$$

6. Mencari *Mukuts Hilal*

$$\begin{aligned}
 &= 6^{\circ} 45' 27,79'' : 15 \\
 &= 0 \text{ jam } 27 \text{ menit } 1.85 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

7. Hisab Posisi Hilal (*azimuth*)

$$\begin{aligned}
 \text{a) Data : Matahari : } \varphi &= -6^{\circ} 56' 46,6'' \\
 \delta &= 18^{\circ} 17' 15'' \\
 t &= 88^{\circ} 11' 17.28'' \\
 \text{Bulan : } \varphi &= -6^{\circ} 56' 46,6'' \\
 \delta_{\odot} &= 11^{\circ} 52' 21.2'' \\
 t_{\odot} &= 81^{\circ} 10' 44.02''
 \end{aligned}$$

$$\text{b) Rumus : } \cotan A = -\sin \varphi \div \tan t + \cos \varphi \times \tan \delta \times \sin t$$

c) Hisab :

$$\text{Matahari : cotan } A = \text{Shift tan } (- \sin - 6^{\circ} 56' 46,6'' \div \tan 88^{\circ} 11' 17,28'' + \cos - 6^{\circ} 56' 46,6'' \times \tan 18^{\circ} 17' 24,33'' \times \sin 88^{\circ} 11' 17,28'')$$

$$A = 18^{\circ} 21' 14,01'' \text{ (diukur dari titik barat ke titik selatan)}$$

$$\text{Bulan : cotan } A = \text{Shift tan } (- \sin - 6^{\circ} 56' 46,6'' \div \tan 81^{\circ} 10' 44,02'' + \cos - 6^{\circ} 56' 46,6'' \times \tan 11^{\circ} 52' 21,2'' \times \sin 81^{\circ} 10' 44,02'')$$

$$A = 12^{\circ} 40' 47,27'' \text{ (diukur dari titik barat ke titik selatan)}$$

Posisi hilal = berada di belahan bumi selatan dan diatas matahari sedikit disebelah selatan matahari sejauh $5^{\circ} 40' 26,74''$.

8. Kesimpulan

- a) *Ijtima'* awal Ramadhan terjadi pada Ahad Pahing tanggal 31 Juli 2011 M., pukul 1: 41': 46,34'' dibulatkan menjadi 1: 41': 46.
- b) Matahari terbenam tanggal 31 juli 2011 pada jam 17^j 40^m 55.3^d WIB atau jam 10: 40: 55.3 GMT.
- c) Ketinggian hilal *haqiqi* sebesar $6^{\circ} 48' 56,31''$ dan ketinggian hilal *mar'i* sebesar $6^{\circ} 45' 27,79''$.
- d) *Mukuts* hilal diatas ufuk selama 0 jam 27 menit 1.85 detik.
- e) Posisi hilal : $5^{\circ} 40' 26,74''$ disebelah selatan matahari.
- f) Hilal sudah diatas ufuk (positif), sehingga Minggu malam tgl 31 Juli 2011 dan keesokan harinya Senin tgl 01 Agustus 2011 diperkirakan sebagai tanggal 01 Ramadhan 1432 H