

BAB III

SISTEM HISAB ALMANAK NAUTIKA DAN NEWCOMB

Pada bab ini kajian yang akan penulis kemukakan adalah penjelasan mengenai sistem hisab Almanak Nautika dan Newcomb, yang lebih terfokus pada kajian hisab *Irtifa' hilal* untuk penentuan awal bulan Qomariyah, yang mana kedua sistem tersebut telah masuk pada kategori hisab *Hakiki Kontemporer*, sesuai yang telah penulis paparkan pada rumusan masalah agar tidak timbulnya kerancuan penelitian.

Namun sebelum penulis memulai kajian pokok tersebut, alangkah baiknya terlebih dahulu penulis kemukakan sekilas atau selayang pandang tentang kedua sistem tersebut, kemudian baru disusul penjelasan mengenai kedua sistem hisab itu, dengan ditekankan pada kajian penyajian data-data *Irtifa' hilal* sistem Almanak Nautika dan Newcomb.

A. Tinjauan Umum Sistem Almanak Nautika

1. Sekilas Tentang Sistem Almanak Nautika

Metode perhitungan awal bulan dengan menggunakan sistem Almanak Nautika termasuk model perhitungan (hisab) *hakiki Kontemporer*. Metode ini menggunakan data-data yang diambil dari *The Nautical Almanac*, sejenis buku yang memuat daftar posisi Matahari, Bulan, Planet dan Bintang-bintang penting pada saat-saat tertentu tiap hari dan malam sepanjang tahun, dengan maksud untuk mempermudah menentukan posisi-

posisi kapal.¹ Dalam buku tersebut dimuat pula, pukul berapa G.M.T benda-benda langit itu mencapai Kulminasi atas, bagi setiap meridian bumi, Deklinasi dan Ascension Recta benda-benda langit, perata waktu, koreksi sextant karena pembiasan sinar dan karena pengukuran ke horizon kodrat itu dimuat pula.² Data ini bersumber dari hasil kerja sama antara *Her Majesty's Nautical Almanac Office*, *Royal Naval Observatory* dan *United State Naval Observatory*, keduanya merupakan lembaga-lembaga bertaraf Internasional yang sangat ahli dalam bidang Astronomi.³

Her Majesty's Nautical Almanac Office, *Royal Naval Observatory* menerbitkan almanak Nautika setiap tahunnya di Cambridge Inggris. Penerbitan pertama kali di London pada tahun 1766 untuk data tahun 1767, dengan lokasi markaz observasinya kota Greenwich London. Sementara *United State Naval Observatory* menerbitkan Almanak Nautika setiap tahunnya di Amerika Serikat untuk angkatan Laut sejak tahun 1852.⁴

Pada tahun 1958, *United State Naval Observatory* (USNO) dan *Her Majesty's Nautical Almanac Office*, *Royal Naval Observatory* bersama-sama menerbitkan Almanak Nautika terpadu untuk digunakan oleh Angkatan Laut kedua negara. Almanak Nautika juga dipakai di beberapa negara untuk kepentingan pelayaran, dan telah diterjemahkan ke dalam

¹ Lihat P. Simamora, *Ilmu Falak (Kosmografi) "Teori, Perhitungan, Keterangan, dan Lukisan"*, cet XXX Jakarta: C.V Pedjuang Bangsa, 1985, h. 66.

² *Ibid.*

³ Badan Hisab Rukyah Depag RI, *Almanak Hisab Rukyat*, Jakarta: Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam, 1981, h. 107.

⁴ Lihat *The History of Nautical Almanac* Diarsipkan dari aslinya pada tanggal 14 Juni 2011 melalui website: http://aa.usno.navy.mil/publications/docs/na_history.php

bahasa-bahasa Brazilia, Danish, Greek, India, Italia, Korea, Meksiko, Norwegia, Peru dan Swedia.⁵

Di Indonesia, Almanak Nautika diterbitkan ulang sesuai dengan naskah aslinya oleh Markas Besar TNI Angkatan Laut Dinas Hidro Oseanografi.⁶ Data yang tersedia pada Almanak Nautika berisi data tabulasi Matahari, Bulan, Planet dan Bintang navigasi untuk digunakan dalam penentuan posisi di laut dari pengamatan skestan. 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 digunakan dalam perencanaan pengamatan.⁷

Pada awalnya data-data Almanak Nautika hanya diperuntukkan bagi jawatan Angkatan Laut, namun beberapa data yang tersedia dalam Almanak Nautika dapat juga dipergunakan untuk menghitung awal bulan Qomariyah, awal waktu shalat, karena data-data yang berkaitan dengan perhitungan awal waktu shalat, awal bulan terdapat di dalam data Almanak Nautika.

⁵ Badan Hisab Rukyah Depag RI, *loc.cit.*

⁶ Disingkat Dishindros adalah lembaga survey dan pemetaan dibawah TNI Angkatan Laut yang bertugas membina dan melaksanakan fungsi hidro-oseanografi meliputi survey, penelitian, pemetaan laut untuk kepentingan umum dan militer.

⁷ Keki Febriyanti, *Sistem Hisab Kontemporer Dalam Menentukan Ketinggian Hilal Prespektif Ephemeris dan Almanak Nautika*, (Skripsi Fakultas Syari'ah Universitas Islam Negeri Malang, 2011). h.52.

Sistem Almanak Nautika ini, pertama kali dikembangkan di Indonesia oleh H. Saadoe'ddin Djambek⁸ dengan karyanya *Hisab Awal Bulan Qomariyah*. Sistem ini menjadi acuan dalam musyawarah kerja pada masa itu, karena sistem perhitungan ini sudah menggunakan data-data yang bertaraf Internasional dan kontemporer. Selain itu Djambek menggunakan rumusan *Spherical trigonometry* yang tidak diragukan lagi keakurasiannya.⁹

Pada saat itu Departemen Agama sangat tergantung kepada data Almanak Nautika yang setiap tahun dibeli dari TNI Angkatan Laut Dinas Hidro Oseanografi yang jumlahnya terbatas, karena pada umumnya data tersebut baru bisa diperoleh pada bulan Juni atau Juli setiap tahun.¹⁰ Sedangkan kebutuhan akan data Almanak Nautika untuk perhitungan awal bulan Qomariyah terutama Ramadhan, Syawal, dan Dzulhijjah tidak selalu sesudah bulan Juni dan Juli, melainkan menyesuaikan kalender Hijriyah.

2. Penyajian Data Hisab *Irtifa' Hilal* Sistem Almanak Nautika

Dalam menghitung *Irtifa' hilal* menurut sistem Almanak Nautika diperlukan data untuk mengetahui kondisi bulan, baik yang berkenaan dengan *ijtima'*, deklinasi bulan, sudut waktu bulan, maupun saat terbenamnya matahari pada hari 29 setiap bulan.

Secara umum penyajian data hisab sistem Almanak Nautika adalah dengan langkah-langkah sebagai berikut:

⁸ Ketua Badan Hisab dan Rukyah Depag RI yang Pertama, lahir di Bukittinggi 24 Maret 1911-wafat di Jakarta 22 November 1977)

⁹ Badan Hisab Rukyah Depag RI, *loc.cit.*

¹⁰ Keki Febriyanti, *op.cit.*, h.53.

a. Menghitung *Ijtima'*

Maksud dari menghitung *Ijtima'* adalah menghitung tanggal, bulan dan tahun serta pukul berapa *Ijtima'* itu terjadi. Dengan demikian, maka dalam menghisab *Ijtima'* ada 2 (dua) tahapan yaitu :

1) Memprakirakan Tanggal, Bulan dan tahun *Ijtima'*

Untuk memprakirakan jatuhnya akhir bulan Hijriyah sebelumnya, yang bertepatan dengan tanggal berapa menurut kalender Masehi ialah dengan jalan mengkonversi kalender Hijriyah ke kalender Masehi. Ini cukup dilakukan dengan hisab '*urfi*', yakni dengan rumus perbandingan tarikh.

2) Menentukan saat *Ijtima'*

Setelah mengetahui tanggal, bulan dan tahun *ijtima'*, maka untuk menentukan saat *ijtima'* ialah dengan melihat data *ijtima'* pada Almanak Nautika yang dimuat pada daftar *Phases Of The Moon* (fase-fase bulan), pada kolom *New Moon* (bulan baru).

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. Menghitung saat terbenam Matahari

Menghitung 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. Menghitung saat Matahari terbenam sama dengan menghitung saat masuk shalat Maghrib. Bedanya hanya pada keperluan hisab awal bulan, saat terbenam Matahari tidak perlu ditambah dengan waktu ikhtiyati. Sedangkan untuk perhitungan awal waktu shalat Maghrib perlu ditambahkan waktu ikhtiyati. Hal ini bertujuan untuk memberikan koreksi atas kesalahan dalam perhitungan, agar menambah keyakinan bahwa waktu shalat benar-benar sudah masuk.¹¹

Menentukan saat terbenam Matahari pada hari tanggal *ijtima'* terjadi adalah dengan cara sebagai berikut :

1) Data yang dibutuhkan:

δ = Deklinasi

ϕ = Lintang tempat

h = Ketinggian Matahari

MP = Meridian Passing

KWD = Koreksi Waktu Daerah

Menghitung ketinggian matahari (h°) dicari dengan rumus :

$h^\circ = -(KU + SD + Ref)$,¹² dengan menyiapkan data ketinggian tempat

dalam satuan meter (Q) , kerendahan ufuk (KU) , besarnya $KU = 0^\circ$

$1,76' \times \sqrt{Q}$. Jika ketinggian Q dalam satuan kaki, maka persamaannya

¹¹ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktek*, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004, h. 84.

¹² Saadoe'ddin Djambek, *Hisab Awal Bulan*, Jakarta: Tintamas, 1976, h.25.

menjadi = $KU = 0,98 \times \sqrt{Q}$.¹³ Semi diameter Matahari (SD) ketika terbenam adalah $0^\circ 16'$ dan Refraksi Matahari (Ref) ketika terbenam adalah $0^\circ 34'$.¹⁴

- 2) Menghitung sudut waktu Matahari saat tenggelam (t°) dengan menggunakan rumus :

$$\cos t^\circ = \sin h^\circ : \cos \varphi : \cos \delta^\circ - \tan \varphi \times \tan \delta^\circ$$

Hasil t° dikonversi menjadi jam, kemudian ditambah MP atau Meridian Passing (12 - e), ditambah KWD (Koreksi Waktu Daerah) yaitu $((105 - BT) / 15)$ dan hasilnya menjadi waktu dalam bentuk WIB. Untuk dijadikan waktu ke bentuk GMT kurangi dengan 7 jam agar dapat dipakai dasar pengambilan data susut waktu Bulan (t^{\prime}) pada saat tenggelam, karena untuk mencari harga t^{\prime} dengan data dari Almanak haruslah dengan jam GMT.¹⁵

c. Menghitung Sudut Waktu Bulan (t^{\prime})

Menghitung sudut waktu Bulan (t^{\prime}) pada saat Matahari terbenam, dengan cara mengambil data sudut waktu Bulan dari Almanak Nautika yang mengacu pada jam GMT. 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

¹³ Lihat A.E. Roy and D. Clarke, *Astronomy Principles and Practice*.1978 h. 95.

¹⁴ WM Smart, *Textbook on Spherical Astronomy*, Cambrigde: Cambrigde University press edisi ke-6, 1980, h.69.

¹⁵ Saadoe'ddin Djambek, *op.cit*, h.26.

dilakukan perhitungan interpolasi atau penyisipan. Perhitungan interpolasi atau penyisipan ini juga digunakan untuk menghitung deklinasi Bulan dan Horizontal Parralak.¹⁶

Misalnya setelah didapat waktu saat Matahari terbenam kemudian dikonversi dan hasilnya adlah pukul 10.15 GMT, maka nilai 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, yakni 15 menit

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

Jika :

Nilai t° pada pukul 10.00 = 17°

Nilai t° pada pukul 11.00 = 19°

Maka :

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

Selanjutnya hasil interpolasi yang berdasarkan pada GHA (*Greenwich Hour Angel*) ditambah dengan bujur tempat, dan apabila

¹⁶ Keki Febriyanti, *op.cit.*, h.39.

penjumlahan itu melebihi 360° , maka penjumlahan itu dikurangi 360° karena satuan sudut maksimal 360° . Sisa pengurangan itu menjadi harga sudut waktu bulan.

d. Menghitung Ketinggian Bulan¹⁷

Dalam menentukan tinggi hilal, data yang dibutuhkan adalah :

δ = Deklinasi Bulan

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 hilal hakiki atau nyata (h^{c}). Sedangkan untuk mendapatkan ketinggian hilal mar'i (h^{r}), harus dikoreksi lagi dengan: Parallaks, diperoleh dengan rumus $HP \times \cos h^{\text{c}}$ (dikurangkan), Refraksi (ditambahkan), kerendahan ufuk (ditambahkan), dan semi diameter bulan (dikurangkan). Adapun pengertian dari koreksi-koreksi tersebut adalah sebagai berikut :

1) Parallaks

Parallaks atau juga disebut *Ikhtilaful Mandzar* perbedaan lihat terhadap suatu benda langit dipandang dari titik pusat Bumi dan dari permukaan Bumi.¹⁸

¹⁷ Saadoe'ddin Djambek, *op.cit*, h.29.

¹⁸ Muhyiddin Khazin, *op.cit.*, h. 138.

2) Refraksi

Refraksi atau juga disebut *Daqa'iqul Ikhtilaf* adalah pembiasan cahaya, yaitu perbedaan antara tinggi suatu benda langit yang sebenarnya dengan tinggi benda langit yang dilihat sebagai akibat adanya pembiasan cahaya.¹⁹ Harga refraksi dapat diperoleh pada daftar refraksi yang sudah ada, misalnya pada lampiran Almanak Nautika atau lampiran Ephemeris Hisab Rukyat.

3) Semi Diameter (SD)

Semi Diameter atau juga disebut *Nisfu al-Qutr* adalah jarak titik pusat Matahari dengan piringan luarnya. Data ini diperlukan untuk mengetahui secara tepat saat Matahari terbenam, Matahari terbit dan sebagainya.²⁰

4) Kerendahan Ufuk

Kerendahan Ufuk atau juga disebut *Ikhtilaful Ufuq* yaitu perbedaan kedudukan antara ufuk yang sebenarnya (*hakiki*) dengan ufuk yang terlihat (*mar'i*) oleh seorang pengamat.²¹ Dalam sitem Almanak Nautika kerendahan ufuk atau *Dip* dapat dihitung dengan rumus:²²

$$Dip = 0^{\circ} 1,76' \sqrt{\text{tinggi tempat dari permukaan laut (meter)}}$$

¹⁹ Muhyiddin Khazin. *op.cit.* h.142.

²⁰ Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Edisi Revisi, Yogyakarta : Pustaka Pelajar, Cet.II, 2008, h. 191.

²¹ Muhyiddin Khazin. *op.cit.* h.140.

²² Saadoe'ddin Djambek, *op.cit.* h.19.

e. Menghitung Mukuts Hilal

Mukuts adalah jarak astronomi antara Bulan dan Matahari setelah diproyeksikan kepada equator. Mukuts ini dapat digunakan mengetahui lama hilal di atas ufuk setelah Matahari terbenam. Dapat dicari dengan membagi tinggi hilal *mar'i* (h') dengan 15.

f. Menghitung Posisi Hilal

Menghitung posisi hilal digunakan untuk mengetahui posisi hilal terhadap titik Barat, demikian pula untuk mengetahui posisi hilal yang sedang diamati dari Matahari. Sehingga bisa diperoleh gambaran yang jelas, baik berkenaan dengan kemiringan hilal maupun posisinya dari Matahari.

Dalam menghitung posisi hilal, data yang diperlukan adalah nilai azimuth Bulan dan azimuth Matahari dengan menggunakan rumus:

$P = \text{azimuth Bulan} - \text{azimuth Matahari}$.

Selanjutnya, jika nilai P hasilnya positif, maka posisi hilal berada disebelah utara Matahari, dan jika nilai P negatif, maka posisi hilal berada di sebelah selatan Matahari.

Menghitung azimuth Bulan dan Matahari menggunakan rumus yang sama yaitu:²³

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

Rumus diatas yang menjadi acuan perhitungannya adalah titik selatan atau utara. Apabila hasilnya positif, maka nilai

²³ *Ibid.*, h. 30.

azimuth dihitung dari titik utara ke arah Barat (azimuth Positif, maka azimuth = $360^\circ - az$). Apabila nilai azimuthnya negatif, maka nilai azimuth dihitung mulai dari titik selatan ke arah Barat.

B. Tinjauan Umum Sistem Newcomb

1. Sekilas Tentang Sistem Newcomb

Sistem Newcomb merupakan salah satu sistem perhitungan awal bulan Qomariyah yang masuk kategori *hisab Kontemporer*, hal ini dikarenakan perhitungan dalam sistem Newcomb berdasarkan data astronomis yang diolah dengan *spherical trigonometri* (ilmu ukur segi tiga bola) dengan koreksi-koreksi gerak Bulan dan Matahari yang sangat teliti.²⁴

Pada awalnya sistem Newcomb ini adalah sebuah buku yang disusun oleh Abdur Rachim,²⁵ ia menyusun dua buku tentang ilmu falak, buku pertama berjudul *Ilmu Falak*. Buku ini pertama kali diterbitkan oleh Liberty, Yogyakarta pada tahun 1983, dalam buku itu dijelaskan penggunaan Ilmu ukur segitiga bola dalam perhitungan ilmu falak tidak dapat dihindari lagi, karena tidak diragukan lagi keakurasiannya.²⁶

²⁴ Lihat Tim Lembaga Kajian Falak Indonesia, *Makalah Perhitungan Awal Bulan Sistem Newcomb Menggunakan Microsoft Excel*, disampaikan pada Diklat Aplikasi Hisab Rukyat 26-30 Januari 2010 UIN Maliki Malang.

²⁵ Seorang Ahli Falak dilahirkan di panarukan pada 3 Februari 1935 dan meninggal dunia di Yogyakarta pada hari Jum'at 19 November 2004. Lihat Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Edisi Revisi, Yogyakarta : Pustaka Pelajar, Cet.II, 2008, h. 5.

²⁶ Lihat Abdur Rachim, *Ilmu Falak*, Yogyakarta : Liberty, 1983, h. 63.

Buku yang ke-dua Abdur Rachim berjudul *Perhitungan Awal Bulan dan Gerhana Matahari* yang dalam kalangan ahli Falak Indonesia buku ini dikenal dengan sistem Newcomb, namun buku tersebut sampai sekarang belum diterbitkan.²⁷ Buku sistem newcomb ini sebenarnya hasil kerja sama beberapa dosen dari berbagai disiplin ilmu pasti yang menamakan dirinya LAMY (Lembaga Astronom Muda Yogyakarta) yang diantara anggotanya adalah Basit Wahid²⁸ dan Syahirul Alim.²⁹

Kedua buku tersebut merupakan buku pegangan mata kuliah ilmu falak progam studi sarjana muda pada Fakultas Syariah IAIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, semenjak ia menjadi Dosen tetap dan mengajar ilmu falak di Fakultas itu pada tahun 1972 M/1392 H.³⁰ Buku *Perhitungan Awal Bulan dan Gerhana Matahari* atau lebih dikenal dengan sistem Newcomb pada awalnya disusun untuk mengatasi masalah keterlambatan pengiriman data Almanak Nautika. Mengingat data Almanak Nautika itu hanya diterbitkan setiap tahun, sehingga apabila ingin melakukan perhitungan untuk dua tahun yang akan datang tentu mengalami kesulitan, sebab data Almanak Nautika masih belum ada.

Untuk mengatasi kendala semacam itu, pada tahun 1975 M, Abdur Rachim mengembangkan ilmu Falak yang ia peroleh dari gurunya

²⁷ Lihat Susiknan Azhari, *op.cit* h. 6.

²⁸ Salah seorang tokoh Falak, lahir di Yogyakarta 12 Desember 1925 dan wafat pada senin 21 Januari 2008. Ia merupakan ahli Falak yang produktif dalam menuangkan gagasan-gagasannya tentang hisab rukyat melalui media massa. Sebagai ahli Falak ia pernah diberi amanat menjadi Ketua Bagian Hisab Majelis Tarjih PP Muhammadiyah dan wakil Muhammadiyah di Badan Hisab dan Rukyat Depag Pusat.

²⁹ Dosen kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Gajah Mada Yogyakarta

³⁰ Lihat Susiknan Azhari, *op.cit* h. 5. Dan Abdur Rachim, *op.cit*. h.iii

Saadoe'ddin Djambek, dengan menyusun kedua buku tersebut. Sehingga sampai sekarang karyanya yang dikenal dengan hisab awal bulan sistem Newcomb masih dijadikan salah satu acuan sistem hisab dalam penentuan awal bulan Qomariyah.

Karir Rachim dalam mengembangkan Ilmu Falak menjadikan ia disertai tugas untuk melanjutkan tugas gurunya sebagai wakil ketua Badan Hisab Rukyat Departemen Agama Pusat pada tahun 1978 M³¹. Ia juga mewakili Pemerintah Indonesia menghadiri Konferensi Islam di Istanbul pada tahun 1978, selanjutnya pada tahun 1981 ditugaskan sebagai delegasi Indonesia menghadiri Konferensi Islam di Tunis. Kemudian atas kepercayaan Menteri Agama, ia diutus lagi menghadiri Konferensi Islam International di Aljazair pada tahun 1982.³²

Buku hisab sistem Newcomb ini, memuat perhitungan awal bulan dan gerhana matahari. Data-data astronomis dan proses perhitungan yang dipakai dalam buku ini sama dengan data astronomis dan proses perhitungan yang digunakan oleh Simon Newcomb³³ dalam bukunya *A Compendium of Spherical Astronomy*. Simon merupakan salah satu penyusun data *Nautical Almanac* Amerika yang diterbitkan oleh *United State Naval Observatory* pada tahun 1857.³⁴ Pada tahun 1877 ia diangkat sebagai direktur pada *American Nautical Almanac office*, jabatan itu ia

³¹ Lihat Susiknan Azhari. *loc.cit.*

³² *Ibid.*

³³ Seorang sarjana Astronomi Amerika, yang mendapat gelar profesor dalam bidang astronomi dan matematika. Dilahirkan di Wallace, Nova Scotia pada tanggal 12 Maret 1835. Baca W.W. Campbell, *Biographical Memoir Simon Newcomb 1835-1909*, New York: Academy at The Annual Meeting, 1916.h.1.

³⁴ *Ibid.* h.5.

pegang sampai tahun 1897.³⁵

Buku *A Compendium of Spherical Astronomy* merupakan salah satu dari karyanya pada masa pensiun.³⁶ Buku ini diterbitkan pertama kali pada tahun 1906, dalam buku tersebut dijelaskan penentuan dan pengurangan keakuratan posisi bintang, presesi, nutasi, abresi, proper motion, parallaks, refraksix dan kesalahan sistem katalog bintang.³⁷

Pada bagian akhir buku ini dimuat data-data astronomis,³⁸ yang mana data-data inilah yang digunakan oleh Abdur Rachim dalam bukunya *Perhitungan Awal Bulan dan Gerhana Matahari*. Oleh karena sistem perhitungan awal bulan yang dikembangkan Abdur Rachim, pengambilan data Astronominya berasal dari buku *A Compendium of Spherical Astronomy* karya Simon Newcomb, maka sistem ini dikenal dengan Sistem Newcomb.

2. Penyajian Data Hisab *Irtifa' Hilal* Sistem Newcomb

Seperti halnya sistem hisab kontemporer Almanak Nautika, maka untuk menghitung *Irtifa' hilal*, sistem hisab Newcomb menggunakan data astronomik guna mengetahui kondisi bulan, baik yang berkenaan dengan *ijtima'*, deklinasi bulan, sudut waktu bulan, maupun saat terbenamnya matahari pada hari 29 setiap bulan.

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

³⁵ *Ibid.* h.11.

³⁶ *Ibid.* h.14.

³⁷ *Ibid.*

³⁸ Lihat Simon Newcomb, *A Compendium of Spherical Astronomy*, New York : The Macmillan Company, 1906, h. 389-435.

a. Menentukan Data Astronomis Matahari dan Bulan

Untuk menghitung data Matahari dan Bulan Secara astronomis dimulai dari suatu mabda' tertentu (epoch),³⁹ dalam hal ini dilakukan orang secara bervariasi, ada yang mabda'nya dimulai dari -46 SM sebagaimana ditempuh oleh sistem Yulian, ada yang menghitung dari awal tahun Masehi seperti ditempuh oleh sistem Basselian dan ada yang ditempuh dengan menentukan mabda' pada saat-saat tertentu sebagaimana ditempuh oleh sistem Newcomb dan beberapa astronomis yang lain.⁴⁰

Ketentuan epoch menurut sistem Newcomb ditentukan pada jam 00 Januari 1960, hanya saja perlu diketahui karena data ini dibuat sebelum daerah waktu Indonesia dibagi tiga, maka data tersebut masih menganut pembagian enam waktu daerah.⁴¹ Sedangkan waktu yang ditentukan di sini adalah waktu Jawa yaitu waktu yang didasarkan pada bujur $112^{\circ} 30'$, oleh karena itu dalam penggunaan hendaknya disesuaikan dengan bujur tempat seseorang melakukan perhitungan. Bagi seseorang yang melakukan perhitungan di sebelah timur bujur tersebut, dikurangi sebanyak gerak benda langit selama selisih waktu yang seimbang dengan selisih bujurnya, sedang yang berada di sebelah barat $112^{\circ} 30'$ hendaknya

³⁹ Epoch adalah pangkal tolak untuk menghitung. Dalam bahasa arab disebut Mabda' at-Tarikh, dalam penggunaannya lebih populer dengan mabda', sedangkan dalam bahasa Inggris disebut Principle of motion. Lihat Susiknan Azhari. *op.cit*, h. 62.

⁴⁰ Lihat Abdur Rachim, *Perhitungan Awal Bulan Menurut Sistem Newcomb*, disampaikan pada penataran tenaga hisab rukyat tingkat nasional 6-10 Juli 1993 di Tugu Bogor. h. 4.

⁴¹ Waktu enam daerah itu adalah : waktu Irian pada garis bujur 135° , waktu Maluku pada garis bujur $137^{\circ} 30'$, waktu sulawesi pada garis bujur 120° , waktu Jawa pada garis bujur $112^{\circ} 30'$, waktu Sumatra Selatan pada garis bujur 105° dan waktu Sumtra Utara pada garis Bujur $97^{\circ} 30'$. Baca juga Badan Hisab Rukyah Depag RI, *op.cit*, h.170-171

ditambah dengan gerak benda langit selama waktu yang seimbang dengan selisih bujurnya.⁴²

b. Menghitung saat terbenam Matahari (*Ghurub*)

Dalam sistem Newcomb penentuan saat terbenam Matahari ini dihitung dengan menggunakan data Astronomis Matahari. Data-data tersebut diambil sesuai dengan tanggal, bulan dan tahun perkiraan *ijtima'*. Untuk menghitung saat terbenam matahari (*Ghurub*) dalam sistem Newcomb terdapat langkah-langkah sebagai berikut:

1) Menetapkan markaz hisab dan rukyat serta data astronominya.

Markaz hisab dipilih dan ditetapkan berdasarkan pilihan tepat yang akan dilakukan untuk melakukan *rukyah al-hilal*.

2) Menghitung *equation of time* (e)

Equation of time atau disebut perata waktu adalah selisih antara waktu kulminasi Matahari hakiki dengan waktu kulminasi Matahari rata-rata.⁴³ Untuk mencari *equation of time* (e) dalam sistem Newcomb dengan cara : $e = (PT - PT')$.

Keterangan: PT = Panjang Tegak Matahari rata-rata

PT' = Panjang Tegak Matahari Hakiki

3) Menghitung Deklinasi Matahari (δ°)

Deklinasi Matahari atau *Mailus Syams* adalah jarak sepanjang lingkaran deklinasi dihitung dari equator sampai matahari.

⁴² Lihat Abdur Rachim. *op.cit*, h. 5.

⁴³ Lihat Muhyiddin Khazin. *op.cit*, h. 69.

Dalam astronomi deklinasi matahari dilambnagkan dengan δ° (delta)⁴⁴. Nilai deklinasi dapat diketahui pada tabel-tabel astronomis, misalnya Almanak Nautika yang pengambilannya sudah penulis jelaskan pada pembahasan sebelumnya. Namun dalam sistem Newcomb data deklinasi belum disediakan seperti yang ada dalam sistem Almanak Nautika. Maka untuk mencari nilai deklinasi diperlukan perhitungan terlebih dulu dengan menggunakan rumus :

$$\sin \delta^\circ = \sin Q' \times \sin S'$$

Keterangan :

$$Q' = \text{true Obliquity}^{45}$$

$$S' = \text{Bujur Astronomi Matahari}$$

4) Menghitung Tinggi Matahari saat terbenam (h°)

Tinggi Matahari adalah jarak busur sepanjang lingkaran vertikal dihitung dari ufuk sampai matahari. Dalam ilmu falak disebut *Irtifa'us Syams* yang biasa diberi notasi h° (*hight of sun*)⁴⁶. Tinggi matahari bertanda positif (+) apabila posisi Matahari berada diatas ufuk, sedangkan bertanda negatif (-) apabila Matahari berada di bawah ufuk.

Untuk mencari nilai tinggi matahari dalam sistem Newcomb dihitung dengan rumus : $h^\circ = -(sd + ref + Dip)$.

5) Menghitung Sudut Waktu Matahari (t°)

Sudut waktu Matahari adalah busur sepanjang lingkaran harian

⁴⁴ Lihat Muhyiddin Khazin. *op.cit*, h. 67.

⁴⁵ true Obliquity adalah kemiringan sudut ekliptika terhadap equator langit (sekitar 23,5 derajat).

⁴⁶ *Ibid.* h. 82.

matahari dihitung dari titik kulminasi atas sampai Matahari berada.⁴⁷ Nilai sudut waktu adalah 0° sampai 180°, nilai sudut waktu 0° adalah ketika Matahari berada di titik kulminasi atas atau tepat di meridian langit. Sedangkan nilai sudut waktu 180° adalah ketika matahari berada di titik kulminasi bawah.

Nilai sudut waktu matahari dalam sistem Newcomb dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\cos t^\circ = -\tan \varphi \tan \delta^\circ + \frac{\sin h^\circ}{\cos \varphi \cos \delta^\circ}$$

Keterangan :

t° = Sudut Waktu Matahari

φ = Lintang Tempat

δ° = Deklinasi Matahari

h° = Tinggi Matahari

Setelah nilai sudut waktu Matahari (t°) sudah diketahui, maka untuk mencari saat matahari terbenam (*ghurub*) dengan menggunakan rumus : $(12 - e + (t/15))$. Hasil tersebut kemudian dikurangi selisih bujur tempat (λ).

c. Menghitung Terjadinya *Ijtima'*

Untuk menentukan terjadinya *ijtima'* pada sistem Newcomb, diperlukan data-data sebagai berikut.⁴⁸

1) Saat Matahari Terbenam Ghurub

⁴⁷ *Ibid.* h. 83.

⁴⁸ Lihat Abdur Rachim. *op.cit.*, h. 3.

- 2) Taqwim rata-rata Bulan⁴⁹
- 3) Taqwim rata-rata Matahari⁵⁰
- 4) Percepatan Bulan (sabaq Bulan tiap jam)
- 5) Percepatan Matahari (sabaq Matahari tiap jam)

Sesudah itu diperlakukan rumus : selisih taqwim rata-rata Bulan dan Matahari dibagi selisih percepatan Bulan dan Matahari, kemudian ditambah saat terjadinya Matahari terbenam (*ghurub*), rumus yang

digunakan: Waktu ijtima' = Waktu Ghurub + $\frac{S' - M^\circ}{B' - B''}$

Keterangan:

S' = Taqwim rata-rata Matahari

M° = Taqwim rata-rata Bulan

B' = Sabaq Bulan

B'' = Sabaq Matahari

d. Menghitung Ketinggian Hilal

Pada sistem Newcomb untuk mencari ketinggian Hilal (*Irtifa' hilal*), baik hilal *hakiki* (h^{h}) maupun hilal mar'i (h'), maka diperlukan data deklinasi Bulan (δ^{h}), sudut waktu Bulan (t^{h}), dan lintang tempat (ϕ). Maka dibawah ini akan dijelaskan proses perhitungan data tersebut:

1) Mencari Deklinasi Bulan (δ^{h})

Maksudnya adalah menghitung deklinasi Bulan pada

⁴⁹ Taqwim rata-rata Bulan atau Bujur Astronomis Matahari yaitu jarak Matahari dari titik aries diukur sepanjang lingkaran ekliptika.

⁵⁰ Taqwim rata-rata Matahari atau Bujur Astronomis Bulan yaitu jarak dari titik aries sampai titik perpotongan antara kutub ekliptika yang melewati bulan dengan lingkaran ekliptika, diukur sepanjang lingkaran ekliptika.

saat terbenamnya matahari. Nilai deklinasi pada ini tidak disediakan dalam sistem Newcomb lain halnya dalam sistem Almanak nautika. Sehingga untuk mendapatkan nilai deklinasi Bulan dibutuhkan perhitungan terlebih dulu dengan rumus:

$$\sin \delta^{\prime} = \frac{\sin Q^{\prime} \sin M^{\circ} \sin y}{\sin x}$$

2) Mencari Sudut Waktu Bulan (t^{\prime})

Data yang diperlukan untuk mencari nilai sudut waktu Bulan (t^{\prime}) adalah Panjatan Tegak⁵¹ Matahari (PT^{\prime}_o), Panjatan Tegak Bulan (PT) dan sudut waktu Matahari saat terbenam (t°), dengan menggunakan rumus : $t^{\prime} = (PT^{\prime}_o - PT) + t^{\circ}$.

3) Mencari Lintang Tempat (ϕ)

Data lintang tempat ini disesuaikan dengan tempat atau markaz yang dijadikan tempat rukyah, nilai lintang tempat utara adalah 0° sampai 90° , yakni 0° bagi tempat yang tepat di equator dan 90° bagi tempat yang tepat di kutub utara. Sedangkan nilai lintang tempat selatan adalah 0° sampai -90° , yakni 0° bagi tempat yang tepat di equator dan -90° untuk tempat yang berada di kutub selatan.

Setelah data-data tersebut sudah diketahui, maka selanjutnya data itu dimasukkan dalam rumus untuk diolah guna mencari nilai *Irtifa hilal* (ketinggian hilal) hakiki. Rumus yang digunakan adalah :

$$\sin h^{\prime} = \sin \phi \times \sin \delta^{\prime} + \cos \phi \times \cos \delta^{\prime} \times \cos t^{\prime}$$

⁵¹ Panjatan tegak atau biasa dikenal dengan Asensio Rekta adalah jarak titik pusat bulan dari titik aries diukur sepanjang lingkaran ekuator.

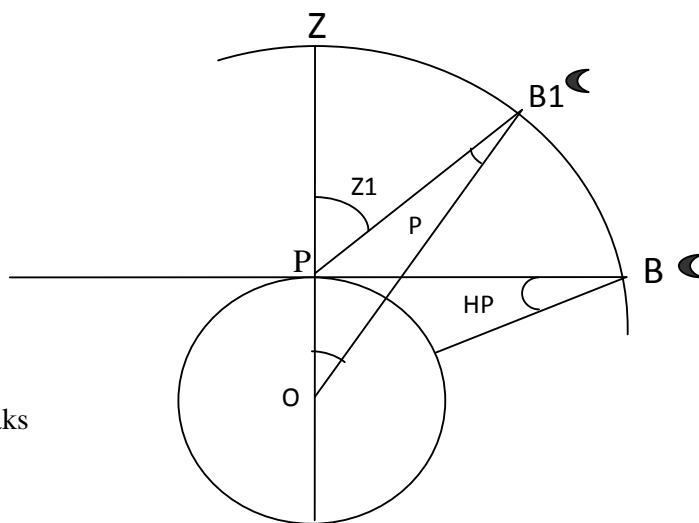
Selanjutnya untuk menghitung ketinggian hilal mar'i (h'), maka nilai hilal hakiki (h^{h}) harus dikoreksi dengan semi diameter, refraksi Bulan, Parallax dan Dip. Rumus yang digunakan adalah:

$$\text{Sin } h' = h^{\text{h}} + s.d + \text{Ref} - \text{Parallax} + \text{Dip}.$$

Berikut penjelasan masing-masing koreksi yang digunakan untuk menghitung *Irtifa' hilal mar'i*:

1) Parallax

Parallax atau yang dalam bahasa arab disebut dengan *Ikhtilaf al-Mandzar* (اختلاف المنظر) merupakan sudut yang terjadi antara dua garis yang ditarik dari benda langit ke titik pusat bumi dan garis yang ditarik dari benda langit ke mata pengamat (beda lihat)⁵². Paralaks ini timbul karena pengamat berada di permukaan bumi, sedangkan posisi benda langit menurut perhitungan ditentukan dari titik pusat bumi. Perhatikan gambar dibawah ini :



Gambar :
Deskripsi Paralaks

⁵² Muhyidin Khazin, *op. cit*, h.32-33.

P adalah seorang peninjau pada permukaan Bumi. ZPB_1 adalah jarak *zenith* benda langit (sebesar sudut z_1) dengan B adalah *hilal hakiki* dan B_1 adalah *hilal mar'i*. ZOB_1 jarak *zenith* jika dilihat dari titik pusat Bumi O (besarnya z_2). Dari gambar dapat dilihat bahwa $z_1 = z_2 + p$, atau $z_1 - z_2 = p$ (sudut PB_1O). Sudut p inilah yang dinamakan *parallax* atau beda lihat (اختلاف المنظر)⁵³.

Dalam pengamatan benda-benda langit yang sangat jauh seperti bintang-bintang, perbedaan acuan tersebut tidak berpengaruh. Akan tetapi untuk pengamatan benda-benda yang lebih dekat seperti Matahari dan Bulan, efek paralaks sangat berpengaruh. Parallax bagi benda langit yang berada di posisi horison disebut *horisontal parallax* (HP). Nilai *horisontal parallax* Bulan berubah-ubah karena jarak dari Bulan ke Bumi selalu berubah-ubah. Koreksi *paralaks horizon* untuk Bulan dapat mencapai 1° dan untuk Matahari hanya sekitar $9''$ ($8.790''$)⁵⁴. Untuk mengetahui besar nilai *paralaks* dapat digunakan rumus: $P = HP \cos h^{\circ}$.

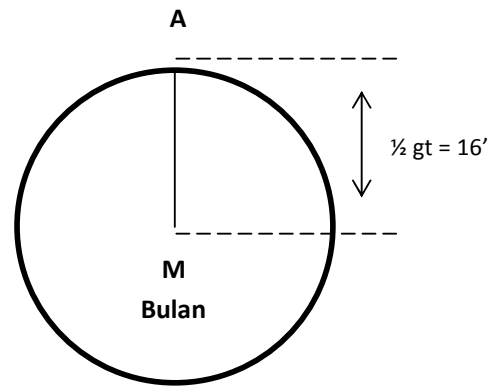
2) Semi Diameter

Koreksi ini dimaksudkan agar hasil yang dihitung bukan titik pusat Bulan akan tetapi piringan dari Bulan. Perlu diperhatikan bahwa dalam penggunaan koreksi semidiameter Bulan ini, harus tahu kegunaan dan maksud dari koreksi tersebut. Jika koreksi ini ditambahkan maka yang diukur adalah piringan atas Bulan, namun

⁵³ Badan Hisab Rukyah Depag RI, *op.cit.*, h. 122-125

⁵⁴ *ibid.*

apabila yang dikehendaki adalah piringan bawah Bulan Maka koreksinya adalah dikurang semidiameter.



Gambar:
Semi Diameter Bulan

Keterangan :

A = *Upper Limb*/ titik teratas pada piringan atas

M = Titik pusat Bulan (مركز القمر)

AM = Semidiameter (jari-jari)/ نصف القطر القمر

Rata-rata = 16' (Menit)

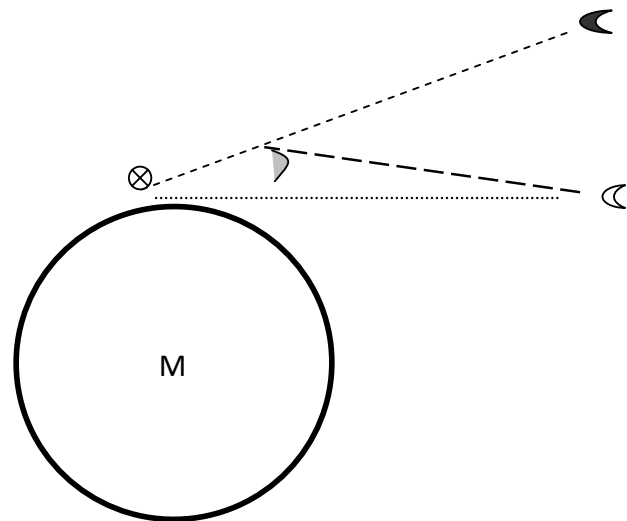
3) Refraksi

Refraksi dalam bahasa arab disebut **دقائق الاختلاف** (*Daqo'iq al-Ikhtilaf*) atau biasa juga disebut pula *al-Inkisar*, sedangkan dalam bahasa Indonesia disebut dengan pembiasan cahaya. Secara terminologi adalah perbedaan di antara tinggi suatu benda langit yang dilihat dengan tinggi sebenarnya yang diakibatkan oleh adanya pembiasan sinar. Pembiasan ini terjadi karena sinar yang dipancarkan benda tersebut sampai kepada mata penglihat, melalui lapisan-lapisan atmosfer yang berbedaa-beda tingkat kerenggangan udaranya,

sehingga posisi benda langit itu terlihat lebih tinggi dari posisi sebenarnya⁵⁵.

Benda langit yang sedang menempati posisi *zenith* nilai refraksinya adalah 0° . Semakin rendah posisi suatu benda langit maka refraksinya semakin besar. Refraksi terbesar terjadi pada posisi ketinggian 0 meter di atas permukaan laut atau pada saat piringan atas suatu benda langit bersinggungan dengan kaki langit (ufuk), yaitu dengan nilai = $34' 50''$.⁵⁶

Pada perhitungan awal bulan, yaitu ketika mencari ketinggian *hilal mar'i*, refraksi merupakan salah satu hal urgen agar menghasilkan prediksi penglihatan “*hilal*” yang lebih cermat dalam kegiatan *merukyah*. Data ini ditambahkan pada *Irtifa hilal hakiki* jika diterapkan sebagai koreksi perhitungan⁵⁷.



Gambar :
Refraksi

⁵⁵ *ibid*, hal. 233

⁵⁶ *ibid*,

⁵⁷ *ibid*.

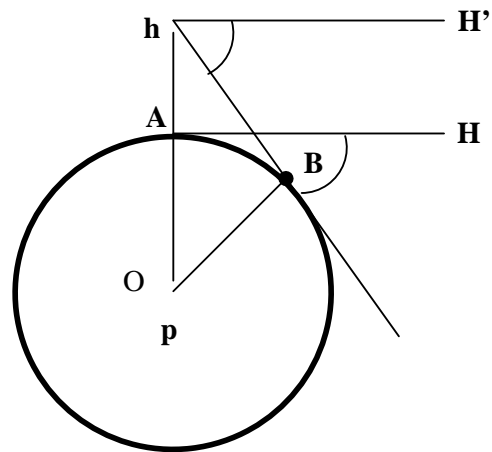
Keterangan :

- = Arah pandangan peninjau
- ⊗ = Peninjau
- ☾ = Hilal sebenarnya
- = Arah sebenarnya dari peninjau ke hilal
- = Sinar yang sampai kepada peninjau
- ☾ = Posisi hilal lihat
- = Refraksi atau pembiasan sinar
- M = Titik pusat bumi.

4) Kerendahan Ufuk (Dip)

Kerendahan ufuk (dalam ilmu hisab biasa disingkat Dip/ D') yang dalam bahasa arab disebut *Ikhtilaf al-Ufuq* (اختلاف الأفق) adalah perbedaan kedudukan *ufuq hakiki* dengan *ufuq mar'i* oleh seorang pengamat yang disebabkan pengaruh ketinggian tempat peninjau. Semakin tinggi kedudukan peninjau maka semakin besar pula nilai kerendahan *ufuq* ini akibatnya semakin rendahnya *ufuq mar'i* tersebut.⁵⁸ Selbihnya bisa dilihat dalam gambaran dibawah ini:

⁵⁸ Lihat Abdur Rachim, *Ilmu Falak*, Yogyakarta : Liberty, 1983, h. 29-34.



Keterangan :

O = Pengamat

P = Titik pusat bumi

A = Permukaan laut

h = Ketinggian tempat

AH = Horizon sebenarnya (*Ufuq Hakiki*)

OB = Horizon yang terlihat pengamat (*Ufuq Mar'i*)

H'OB = Dip (kerendahan ufuk)

Koreksi kerendahan ufuk (Dip) ini diperlukan untuk menunjukkan bahwa ufuk yang terlihat itu bukan ufuk yang berjarak 90° dari titik *zenith*, melainkan *ufuk mari* yang jaraknya dari titik *zenith* tidak tetap, artinya tergantung pada tinggi-rendahnya peninjau⁵⁹.

Untuk mengetahui besarnya koreksi kerendahan ufuk ini, dalam sistem Newcomb digunakan rumus: $\text{Dip} = 1,76\sqrt{h^m} \div 60$

Keterangan :

Dip = kerendahan ufuk dalam satuan menit busur.

⁵⁹ *Ibid.*, h. 30.

h^m = ketinggian mata dalam satuan meter.

Misalnya menghitung suatu tempat dengan ketinggian 10 meter dari permukaan air laut, maka harga Dip nya: $1.76 \sqrt{10} \div 60 = 0^\circ 5' 33.94''$ yang kemudian hasil ini ditambahkan ke *irtifa' hilal hakiki*⁶⁰. Dengan koreksi Dip ini, berarti kita menghitung tinggi lihat hilal dari ufuk *mar'i* dan bukan dari *ufuq hakiki*.

e. Menghitung Azimuth Matahari dan Bulan

Azimuth atau *as-samtu* adalah arah, yaitu nilai sudut untuk Matahari atau Bulan dihitung sepanjang horizon atau ufuk. Biasanya diukur dari titik utara ke timur sampai titik perpotongan antar lingkaran vertikal yang melewati Matahari atau Bulan itu dengan lingkaran horizon.⁶¹

Kegunaan 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, berkenaan posisinya dari Matahari.

Azimuth Matahari dan Bulan bisa dihitung dengan menggunakan rumus yang sama, yaitu:

$$\text{Cotan } A = -\sin \varphi \cotan t + \frac{\text{Cos } \varphi \text{ Tan } \delta}{\text{Sin } t}$$

⁶⁰ Lihat pada: Badan Hisab Rukyah Departemen Agama, *op.cit.*, h. 117-118.

⁶¹ Muhyidin Khazin, *op. cit.*, h. 137.

f. Menghitung posisi Bulan

Dalam sistem Newcomb menghitung posisi hilal merupakan proses perhitungan yang terakhir, data yang diperlukan adalah nilai azimuth Bulan dan azimuth Matahari, dengan menggunakan rumus :

$$PH = A^{\wedge} - A^{\circ}$$

Keterangan :

PH = Posisi Hilal

A° = Azimuth Matahari

A^{\wedge} = Azimuth Bulan