





MATERI TAFALUQUH FALAK

PENGANJURAN KURSUS FALAK SYARIE DI NUSANTARA

Handwritten signature and date: 20 Juli 17

18 Hingga 20 Julai 2017 M

Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag
Ketua Prodi S2 UIN Walisongo Semarang

 **PONDOK PESANTREN LIFE SKILL
DAARUN NAJAAH** 
Akta Notaris : No. 4 th. 2015 — NPWP : 71.055.216.8-002.000 Sukses - Sholeh - Selamat

Dr. KH. AHMAD IZZUDDIN, M.Ag.
Penasuh

Jl. Bukit Beringin Lestari Barat Kav. C 131, C 754 & C 755
Wonosari Ngaliyan Semarang Jawa Tengah Indonesia
Telp. +62248664881, +628992777834
email : lifeskillppdnsmg@gmail.com website : lifeskillppdnsmg.blogspot.com



MATERI TAFALUQUH FALAK
PENGANJURAN KURSUS FALAK SYARIE DI NUSANTARA

18 Hingga 20 Julai 2017 M

Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag

Ketua Prodi S2 UIN Walisongo Semarang

ARAH KIBLAT

A. Pengertian Arah Kiblat dan Azimut Kiblat.

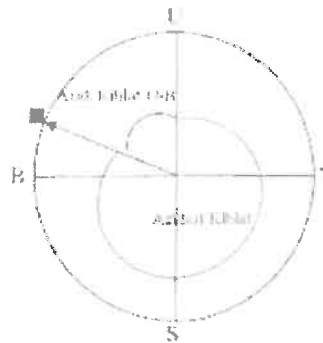
Pada dasarnya bola bumi terbentuk oleh dua macam lingkaran, yaitu lingkaran besar (*Great Circle*) dan lingkaran kecil (*Small Circle*). Lingkaran besar merupakan lingkaran bola yang mana titik pusatnya sama dengan titik pusat bola, dan garis tengahnya sama dengan garis tengah bola, jika diibaratkan lingkaran besar ini harus melewati suatu titik koordinat, semisal koordinat titik A dan juga melewati koordinat antipode (titik balik koordinat) A kemudian bersambung kembali ke koordinat A.

Sedangkan lingkaran kecil bukanlah merupakan lingkaran bola melainkan lingkaran yang sejajar dengan salah satu lingkaran besar atau lingkaran bola. Titik pusatnya bukanlah titik pusat bola melainkan berada pada garis tengah bola dan garis tengah lingkaran kecil bukanlah merupakan garis tengah bola melainkan memotong garis tengah bola. Ini berarti bahwa lingkaran kecil tidak melewati titik antipode dari titik awal acuan, sehingga titik pusat tengahnya tidak jatuh pada titik pusat tengah bola.

Arah kiblat adalah arah terdekat menuju Kakbah melalui lingkaran besar (*great circle*) bola bumi. Lingkaran besar bola bumi yang dilalui oleh arah kiblat dapat disebut lingkaran kiblat. Lingkaran kiblat dapat didefinisikan sebagai lingkaran besar bola bumi yang melalui titik pusat kiblat yakni Kakbah. Jadi unsur yang dilalui lingkaran kiblat adalah titik pusat suatu tempat X, titik pusat kakbah dan titik pusat antipode X, sehingga secara otomatis jika lingkaran ini dilanjutkan kembali ke titik pusat X, maka antipode kakbah pun ikut melewati lingkaran kiblat.

Sudut arah kiblat dapat didefinisikan sebagai sudut yang dibentuk oleh garis yang menghubungkan titik pusat tempat yang diukur arah kiblatnya dengan titik Utara atau Selatan atau Timur atau Barat sejati sampai dengan proyeksi Kakbah melalui horizon atau ufuk. Sehingga arah kiblat boleh diukur dari 4 arah mata angin yang berbeda dan pasti nilainya pun juga berbeda

jika titik acuan pengukuran arah kiblatnya berbeda walaupun yang diukur adalah titik koordinat yang sama. Untuk menstandarisasikan nilai arah kiblat yang berbeda-beda tersebut, maka dibuatlah istilah azimut kiblat. Azimut Kiblat adalah sudut atau busur kiblat yang dihitung dari utara sejati menuju ke arah timur searah perputaran jarum jam melalui lingkaran horizon atau ufuk sampai ke proyeksi kubah.



Gambar 1 : Arah Kiblat dan Azimut Kiblat.

B. Data-Data yang dibutuhkan untuk menghitung Azimut Kiblat.

Untuk menentukan azimut kiblat ini diperlukan data koordinat dari dua tempat, yakni koordinat tempat yang ingin dicari azimut kiblatnya dan koordinat kubah sebagai titik pusat kiblat berada, koordinat tempat mencakup dua data, yaitu data lintang dan bujur tempat.

a) Lintang Tempat

Lintang Tempat atau *Latitude*, *'ardhu al-balad* ialah jarak di sepanjang garis bujur mulai dari katulistiwa sampai ke titik perpotongan bujur itu dengan lingkaran lintang tempat yang bersangkutan, lambang lintang tempat adalah ϕ (dibaca *phi*). Harga ϕ dapat diperoleh dari berbagai referensi buku-buku, almanak atau atlas atau yang lebih akurat dengan melakukan pengukuran menggunakan alat bantu modern, seperti GPS (*Global Positioning System*) atau aplikasi *online Google Earth*. Jika lintang tempat berada di sebelah utara equator maka nilai lintang tempat positif dan jika di sebelah selatan equator nilainya negatif.

b) Bujur Tempat

Bujur Tempat atau *Longitude*, *Thul al-balad* ialah jarak sepanjang lingkaran lintang mulai dari titik perpotongannya dengan garis bujur *Greenwich* sampai ke titik potongnya dengan garis bujur tempat yang bersangkutan. Lambang bujur tempat adalah λ .

(dibaca *Lamda*). Sebagaimana harga ϕ , harga λ juga didapat dari referensi buku-buku ilmu falak yang ada, Almanak, Atlas ataupun melakukan pengukuran dengan menggunakan alat modern, seperti GPS atau aplikasi *online Google Earth*.

Dengan alat bantu modern ini dapat ditentukan koordinat tempat secara mudah dan praktis, GPS dapat menerima data koordinat langsung dari sinyal yang dipancarkan satelit, sedangkan aplikasi *online Google Eart* dapat mengetahui koordinat tempat yang diinginkan tanpa harus menuju langsung ke tempat tersebut, cukup menggerakkan kursor *mouse* dalam gambar peta yang telah tersedia lalu koordinat sudah tertera di bagian bawah gambar. Kedua alat ini sudah dianggap akurat dan sering digunakan untuk mengetahui titik koordinat suatu tempat.

Kemudian untuk koordinat kakah sendiri, banyak sekali pendapat para ahli falak mengenai itu, diantaranya adalah :

| No | Sumber Data | Lintang | Bujur |
|----|------------------------|-------------------|------------------|
| 1 | Abd. Salam Nawawi | 21° 25' 15" LU | 39° 49' 40" BT |
| 2 | Ahmad Izzuddin | 21° 25' 21,17" LU | 39°49'34,56" BT |
| 3 | Ali Alhadad | 21° 25' 23,2" LU | 39° 49' 38" BT |
| 4 | Almanak Hisab Rukyat | 21° 25' LU | 39° 50' BT |
| 5 | Atlas PR Bos 38 | 21° 31' LU | 39° 58' BT |
| 6 | Gerhard Kaufmann | 21° 25' 21,4" LU | 39° 49' 34" BT |
| 7 | Hasanuddin Z. Abidin | 21° 25' 21,5" LU | 39° 49' 34,5" BT |
| 8 | Ma'shum bin Ali | 21° 50' LU | 40° 13' BT |
| 9 | Mohammad Ilyas | 21° LU | 40° BT |
| 10 | Mohammad Odeh | 21° 25' 22" LU | 39° 49' 31" BT |
| 11 | Monzur Ahmed | 21° 25' 18" LU | 39° 49' 30" BT |
| 12 | Muhammad Basil at-Ta'i | 21° 26' LU | 39° 49' BT |
| 13 | Muh. Thahir Jalaluddin | 21° 20' LU | 40° 14' BT |
| 14 | Muhyiddin Khazin | 21° 25' 25" LU | 39° 49' 39" BT |
| 15 | Nabhah Maspoetra | 21° 25' 14,7" LU | 39° 49' 40" BT |
| 16 | Noor Ahmad S.S | 21° 25' LU | 39° 57' BT |

| | | | |
|----|-----------------------|-------------------|-------------------|
| 17 | S. Kamal Abdali | 21° 25' 24" LU | 39° 49' 24" BT |
| 18 | Saadoe'ddin Djambek 1 | 21° 20' LU | 39° 50' BT |
| 19 | Saadoe'ddin Djambek 2 | 21° 25' LU | 39° 50' BT |
| 20 | Slamet Hambali | 21° 25' 21,04" LU | 39° 49' 34,33" BT |

Data-data tersebut di dapat dari pengalaman masing-masing ahli falak ketika berkesempatan langsung mengunjungi Kakbah di Mekah.

C. Algoritma Menghitung Azimut Kiblat.

Setelah dua data koordinat diketahui, yakni koordinat tempat yang akan dihitung azimut kiblatnya dan koordinat kakbah itu sendiri, maka azimut kiblat dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Cotan } B = \text{Tan } \phi^k \cdot \text{Cos } \phi^x / \text{Sin } C - \text{Sin } \phi^x / \text{Tan } C$$

Keterangan :

B : Arah Kiblat.

Jika hasil perhitungan (B) positif maka arah kiblat terhitung dari titik Utara,

jika hasil perhitungan (B) negatif maka arah kiblat terhitung dari titik Selatan.

ϕ^k : Lintang Kakbah (21° 25' 21,17" LU)

ϕ^x : Lintang Tempat yang akan diukur arah kiblatnya.

λ^k : Bujur Kakbah (39° 49' 34,56" BT)

C : Jarak bujur kakbah dengan bujur tempat yang diukur arah kiblatnya.

Untuk mendapatkan nilai C dapat menggunakan ketentuan :

- 1) Jika $BT^x > BT^k$, maka $C = BT^x - BT^k$. Maksudnya yaitu, jika bujur timur tempat X lebih besar dari bujur timur kakbah, maka untuk mendapatkan C diketahui dengan rumus Bujur Timur tempat X – Bujur Timur kakbah (Bujur Timur kakbah sebesar 39° 49' 34,33").

- 2) Jika $BT^x < BT^k$, maka $C = BT^k - BT^x$. Maksudnya yaitu, jika bujur timur tempat X lebih kecil dari bujur timur kakkah, maka untuk mendapatkan C diketahui dengan rumus Bujur Timur kakkah – Bujur Timur tempat X.
- 3) Jika $BB^x < \text{Antipode } BB^k$ (antipode bujur barat kakkah), maka $C = BB^x + BT^k$. Maksudnya yaitu jika tempat X terletak pada bujur barat antara 0° sampai dengan bujur barat sebesar $(180 - \text{Bujur Timur Kakkah} = 140^\circ 10' 25,44'' \text{ BB})$, maka C adalah Bujur Barat tempat X + Bujur Timur kakkah.
- 4) Jika $BB^x > \text{Antipode } BB^k$, maka $C = 360^\circ - BB^x - BT^k$. Maksudnya ialah jika tempat X terletak diantara bujur barat $(180 - \text{Bujur Timur Kakkah})$ hingga bujur barat 180° , maka C adalah $360^\circ - \text{Bujur Barat tempat X} - \text{Bujur Timur kakkah}$.

Jika ketentuan yang dipakai untuk mencari nilai C adalah ketentuan 1 atau 4, maka arah kiblat menuju ke arah barat, sedangkan jika ketentuan yang digunakan adalah ketentuan 2 atau 3, maka arah kiblat menuju ke arah timur.

Jadi indikasi arah kiblat mengarah dari arah mana ke arah mana dapat dilihat dari dua hal. Pertama, untuk hasil kiblat dihitung dari arah mana perlu melihat hasil (B), jika hasil B positif maka arah kiblat dihitung dari Utara, dan jika B negatif maka dihitung dari Selatan. Kedua, untuk indikasi arah kiblat mengarah ke mana dapat melihat ketentuan kriteria yang dipakai untuk mencari nilai C, jika yang dipakai kriteria 2 atau 3 maka ke Timur, jika kriteria 1 atau 4 maka ke Barat.

Azimut kiblat dapat diperhitungkan dengan menggunakan ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

- 1) Jika B (arah kiblat) = UT, maka azimut kiblatnya adalah tetap.
- 2) Jika B (arah kiblat) = ST, maka azimut kiblatnya adalah $180^\circ + B$.
- 3) Jika B (arah kiblat) = SB, maka azimut kiblatnya adalah $180^\circ - B$.
- 4) Jika B (arah kiblat) = UB, maka azimut kiblatnya adalah $360^\circ - B$.

D. Aplikasi Penentuan Arah Kiblat

Contoh 1 : Menghitung Arah Kiblat **Kuala Lumpur, Malaysia.**

| | | |
|--------------|----------------------------------------|-----------------------------------|
| Kakkah | = Lintang : $21^\circ 25' 21,17''$ LU, | Bujur : $39^\circ 49' 34,56''$ BT |
| Kuala Lumpur | = Lintang : $3^\circ 9'$ LU, | Bujur : $101^\circ 41'$ BT |

Karena Kuala Lumpur terletak di wilayah BT dan nilai bujurnya > bujur kakbah, maka C nya adalah :

$$C = BT^k - BT^x$$

$$C = 101^{\circ} 41' - 39^{\circ} 49' 34,56''$$

$$C = 61^{\circ} 51' 25,44''$$

Kemudian dimasukkan data tersebut ke rumus arah kiblat.

$$\text{Cotan } B = \tan \phi^k \cdot \cos \phi^x \div \sin C - \sin \phi^x \div \tan C$$

$$\text{Cotan } B = \tan 21^{\circ} 25' 21,17'' \cdot \cos 3^{\circ} 9' \div \sin 61^{\circ} 51' 25,44'' - \sin 3^{\circ} 9' \div \tan 61^{\circ} 51' 25,44''.$$

B (Arah Kiblat) = $67^{\circ} 28' 1,06''$ dari Utara ke Barat (Utara karena hasil Positif dan Barat karena C menggunakan kriteria 1). Karena B bernilai positif dan pada arah U-B, maka azimut kiblatnya adalah :

$$\text{Az} = 360^{\circ} - B$$

$$\text{Az} = 360^{\circ} - 67^{\circ} 28' 1,06''$$

$$\text{Az} = 292^{\circ} 31' 58,94'' \text{ (dihitung dari utara sejati searah jarum jam / UTSB)}$$

Contoh 2 : Menghitung Arah Kiblat Trondheim, Norwegia.

$$\text{Kakbah} = \text{Lintang : } 21^{\circ} 25' 21,17'' \text{ LU,} \quad \text{Bujur : } 39^{\circ} 49' 34,56'' \text{ BT}$$

$$\text{Trondheim} = \text{Lintang : } 63^{\circ} 36' \text{ LU,} \quad \text{Bujur : } 10^{\circ} 23' \text{ BT}$$

Karena Trondheim terletak di wilayah BT dan nilai bujur tempatnya < bujur kakbah, maka C nya adalah :

$$C = BT^k - BT^x$$

$$C = 39^{\circ} 49' 34,56'' - 10^{\circ} 23'$$

$$C = 29^{\circ} 26' 34,56''$$

Kemudian dimasukkan data tersebut ke rumus arah kiblat.

$$\text{Cotan } B = \tan \phi^k \cdot \cos \phi^x \div \sin C - \sin \phi^x \div \tan C$$

$$\text{Cotan } B = \tan 21^{\circ} 25' 21,17'' \cdot \cos 63^{\circ} 36' \div \sin 29^{\circ} 26' 34,56'' - \sin 63^{\circ} 36' \div \tan 29^{\circ} 26' 34,56''.$$

B (Arah Kiblat) = $-39^{\circ} 4' 0,88''$ dari Selatan ke Timur (Selatan karena hasil Negatif dan Timur karena C menggunakan kriteria 2). Karena B bernilai negatif dan pada arah S-T, maka azimut kiblatnya adalah :

$$Az = 180^{\circ} + B$$

$$Az = 180^{\circ} + (-39^{\circ} 4' 0,88'')$$

$$Az = 140^{\circ} 55' 59,12'' \text{ (dihitung dari utara sejati searah jarum jam / UTSB)}$$

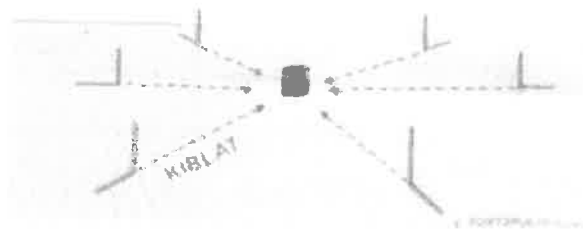
E. *Rasdul Qiblat*

Secara bahasa *Rasdul Qiblat* berarti pengintaian kiblat (survei arah kiblat), sedangkan secara istilah ahli falak *Rasdul Qiblat* ialah ketentuan waktu dimana bayangan benda yang terkena sinar matahari menunjuk arah kiblat. Hal demikian ini tentu terjadi harus pada siang hari, sebab obyek utama yang dimanfaatkan dalam metode *Rasdul Qiblat* ini adalah matahari, jadi tanpa adanya cahaya matahari, metode ini tidak dapat dilakukan.

Peristiwa *Rasdul Qiblat* ini ada dua jenis yaitu *Rasdul Qiblat* tahunan dan *Rasdul Qiblat* harian.

a) *Rasdul Qiblat* Tahunan (Global).

Rasdul Qiblat Global ialah petunjuk arah kiblat yang diambil dari posisi matahari ketika sedang berkulminasi di titik zenit kakkah. *Rasdul Qiblat* Global terjadi ketika posisi matahari di atas Kakkah pada saat deklinasi matahari sebesar lintang tempat kakkah ($21^{\circ} 25' 21,17''$ LU), serta ketika matahari berada di titik kulminasi atas dilihat dari kakkah ($39^{\circ} 49' 34,56''$ BT).



Gambar 2 : *Rasdul Qiblat* Global

Pada saat Matahari mencapai titik kulminasi di atas kubah maka deklinasi Matahari sama dengan garis lintang kubah. Hal demikian terjadi pada setiap tanggal :

- Tanggal 27 Mei tahun kabisat pukul 11:57:16 LMT atau 09:17:56 GMT atau 16:17:56 WIB
- Tanggal 28 Mei tahun basithah pukul 11:57:16 LMT atau 09:17:56 GMT atau 16:17:56 WIB
- Tanggal 15 Juli tahun kabisat pada pukul 12:06:03 LMT atau 09:26:43 GMT atau 16:26:43 WIB
- Tanggal 16 Juli tahun basithah pada pukul 12:06:03 LMT atau 09:26:43 GMT atau 16:26:43 WIB

Pada tanggal dan waktu tersebut arah kiblat dapat diketahui dengan hanya menancapkan sebuah tongkat tegak lurus di atas permukaan datar, lalu amati bayang-bayang benda saat jatuh waktunya, garis bayangan tongkat, maka garis tersebut adalah arah kiblat tempat tersebut.

Metode rasdul qiblat global ini hanya dapat dilakukan di siang hari dan berlaku di daerah yang waktu lokalnya berselisih maksimum sekitar 5 hingga 5,5 jam dari ka'bah, baik disebelah timur (Asia) atau barat (Afrika dan Eropa) kecuali untuk daerah abnormal atau tempat yang intervalnya siang dan malamnya tidak seimbang atau ekstrimnya di dekat kutub utara ketika matahari selalu ada di atas ufuk. Jadi pada tanggal 27-28 Mei maupun 15-16 Juli, tempat-tempat yang bisa melakukan metode ini adalah seluruh Afrika dan Eropa, Rusia, serta seluruh Asia, kecuali Indonesia Timur (Papua). Di Papua, Australia ataupun kepulauan di Samudera Pasifik tidak terjadi rasdul qiblat karena matahari sudah tenggelam.

Untuk mengantisipasi daerah yang tidak mengalami siang di saat terjadi rasdul qiblat tersebut, maka Thomas Djamaluddin membuat rumusan jadwal rasdul qiblat global sebagai berikut :

- Daerah yang mengalami siang bersamaan dengan Mekah :
26 – 30 Mei, pukul 16:18 WIB (09:18 UT/GMT)
14 – 18 Juli, pukul 16:27 WIB (09:27 UT/GMT)
Arah kiblat adalah dari ujung bayangan ke pangkai tongkat.
- Daerah yang mengalami siang berlawanan dengan Mekah :

12 – 16 Januari, pukul 04:30 WIB (11 – 15 Jan , 21:30 UT)

27 Nov – 1 Des, pukul 04:09 WIB (26 – 30 Nov, 21:09 UT)

Arah kiblat adalah dari pangkal tongkat ke ujung bayangan.

b) *Rasdul Qiblat* Harian (Lokal).

Rasdul Qiblat Lokal ialah salah satu metode pengukuran arah kiblat dengan memanfaatkan posisi matahari ketika menyentuh lingkaran kiblat suatu tempat, sehingga semua benda yang berdiri tegak lurus pada saat tersebut bayangannya akan menunjuk arah kiblat di tempat tersebut.

Rasdul qiblat lokal dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Rumus I} = \text{Cotan } A = \text{Tan } AQ \cdot \text{Sin } LT$$

$$\text{Rumus II} = \text{Cos } B = \text{Tan } D \cdot \text{Cos } A : \text{Tan } LT$$

$$\text{Rumus III} = RQ = 12 + / - (A + B) / 15$$

Keterangan :

- LT = Lintang Tempat
- AQ = Arah Qiblat dihitung dari U atau S
- A = Sudut Bantu
- B = Sudut Bantu 2.
- Jika A positif maka B negatif dan sebaliknya.
- Jika arah kiblat ke barat, maka 12 + , jika ke timur, maka 12 - .
- D = Deklinasi Matahari
- RQ = Rasdul Qiblat Lokal Istiwa' (Waktu Hakiki).

Bila lokasi yang akan diukur arah kiblatnya berada di wilayah bujur timur (BT), maka Rasdul Qiblat Waktu Daerah = $WH - e + (BT^d - BT^x) / 15$. Jika lokasi yang akan diukur arah kiblatnya berada di wilayah bujur barat (BB), maka Rasdul Qiblat Waktu Daerah = $WH - e - (BB^d - BB^x) / 15$.

Namun walaupun begitu, ada tiga keadaan dimana rasdul kiblat lokal tidak akan terjadi, yaitu:

1. Ketika harga mutlak deklinasi lebih besar dari harga mutlak 90 –Arah Kiblat.
2. Ketika harga deklinasi matahari sama dengan harga lintang tempat.
3. Harga mutlak sudut waktu rasdul kiblat lebih besar dari setengah busur siang.

Contoh Perhitungan :

Markaz : Kuala Lumpur
 Tanggal : 17 Agustus 2017
 Lintang Tempat : 3° 9' LU
 Bujur Tempat : 101° 41' BT
 AQ : 67° 28' 1,06" dari Utara ke Barat
 Deklinasi Matahari : 13° 22' 12"
 Equation of time (e) : -00^j 4^m 6^d

$$\text{Rumus I} = \text{Cotan A} = \text{Tan AQ} \cdot \text{Sin LT}$$

$$\text{Cotan A} = \text{Tan } 67^{\circ} 28' 1,06'' \cdot \text{Sin } 3^{\circ} 9' = 82^{\circ} 27' 19,25''$$

$$\text{Rumus II} = \text{Cos B} = \text{Tan Dek} \cdot \text{Cos A} : \text{Tan LT}$$

$$\text{Cos B} = \text{Tan } 13^{\circ} 22' 12'' \times \text{Cos } 82^{\circ} 27' 19,25'' : \text{Tan } 3^{\circ} 9' = 55^{\circ} 27' 16,58''$$

Karena A dan B sama-sama positif maka B dinegatifkan.

$$\text{Rumus III} = \text{RQ} = 12 + / - (A + B) / 15$$

$$\text{Karena Arah Kiblat (AQ) ke Barat maka } \text{RQ} = 12 + (A + B) / 15$$

$$\text{RQ} = 12 + (82^{\circ} 27' 19,25'' + -55^{\circ} 27' 16,58'') : 15 = 13:48:0,18 \text{ WH}$$

Jadi waktu *Rasdul Qiblat* Hakiki (Waktu Istiwa') adalah pukul 13:48:0,18 WH

Rumus mengubah WH ke WD.

Karena Bujur tempatnya adalah bujur timur, maka :

$$\text{Waktu Daerah} = \text{WH} - e + (\text{BT}^d - \text{BT}^x) / 15$$

Keterangan:

BT^d = bujur daerah. Dapat diketahui dari zona waktu x 15, bujur daerah Malaysia adalah = 8 x 15 = 120°

$$\text{Waktu Daerah} = 13:48:0,18 \text{ WH} - (-00^j 4^m 6^d) + (120^\circ - 101^\circ 41' \text{ BT})$$

$$:15 = 15 : 5 : 22,18 \text{ WD}$$

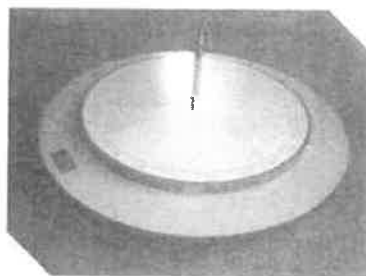
Jadi *Rasdul Qiblat* lokal di Kuala Lumpur pada tanggal 17 Agustus 2017 jatuh pada pukul 15 : 5 : 22,18 WD. Dengan demikian apabila pada jam tersebut didirikan sebuah tongkat lurus yang berdiri diatas bidang yang datar maka bayang-bayang yang terbentuk dari tongkat tersebut akan menunjuk ke arah kakkbah (kiblat), dimulai dari pangkal ke ujung bayangan tongkat.

F. Instrumen Pengukur Arah Kiblat

a) Mizwala Qibla Finder

Mizwala merupakan sebuah alat praktis karya Hendro Setyanto untuk mengukur arah kiblat secara praktis dengan menggunakan bantuan sinar matahari. Metode ini memanfaatkan penggunaan *Mizwah (back azimuth)* sebagai patokan arah. Pengambilan bayangannya dapat dilakukan kapan pun pada waktu yang dikehendaki, asalkan masih ada cahaya matahari.

Pengukuran arah kiblat dengan menggunakan Mizwala ini sangat mudah, yaitu dengan menggunakan sinar matahari, mengambil bayangan pada waktu yang dikehendaki, kemudian bidang dial diputar sebesar sudut yang ada pada program (sudut *mizwah*), setelah itu bidang dial dipatenkan, maksudnya ialah bidang dial tidak boleh diputar atau digerakkan lagi. Selanjutnya tarik benang sebesar azimuth kiblat tempat tersebut, maka garis benang tersebut adalah arah kiblatnya.



Gambar 3 : Mizwala Qibla Finder

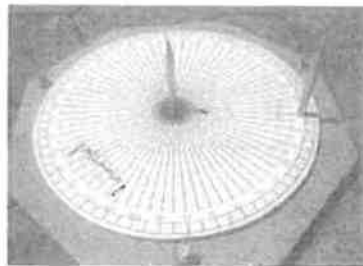
b) Istiwaaini

Istiwaaini adalah *tasniyah* dari kata *istiwak*. Yaitu sebuah alat sederhana yang terdiri dari dua tongkat *istiwak*, dimana satu tongkat berada di titik pusat lingkaran dan satunya lagi berada di titik 0° lingkaran. Alat praktis ciptaan Slamet Hambali ini juga

memanfaatkan cahaya matahari sebagai dasar pengukuran arah kiblat. Pengukuran arah kiblat dengan menggunakan *Istiwaaini* mempunyai beberapa syarat yang harus dipenuhi. Adapun persyaratannya ialah :

- Tongkat *istiwak* yang di titik pusat lingkaran harus benar-benar berada di titik pusat dalam posisi tegak lurus.
- Lingkaran yang dijadikan landasan kedua tongkat *istiwak* harus benar-benar dalam posisi datar.
- Tongkat *istiwak* yang berada di titik 0° harus benar-benar di titik 0° dalam posisi tegak lurus.

Langkah-langkah penggunaan alat ini sangat mudah. Tepatkan bayangan gnomon yang berada di titik 0° berhimpit dengan garis 0° yang menuju ke gnomon pusat, bersamaan dengan itu catat waktunya. Hitunglah azimuth kiblat tempat tersebut, sudut waktu matahari, azimuth matahari dan beda azimuth antara kiblat-matahari. Setelah diketahui beda azimuthnya, maka penentuan arah kiblat dapat dilakukan dengan cara menarik benang dari tongkat *istiwak* di titik pusat sebesar beda azimuth. Arah benang dari tongkat *istiwak* di titik pusat menunjukkan arah kiblatnya.



Gambar 4 : *Istiwaaini*

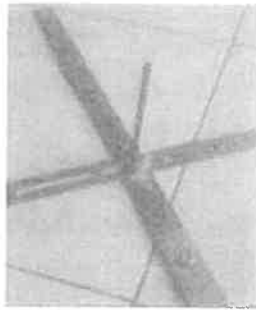
c) *Khattul Qiblat*

Khattul Qiblat adalah alat pengukur arah kiblat yang memanfaatkan cahaya Matahari sebagai dasar pengukurannya. alat ini berbentuk sebuah penggaris plus mempunyai sisi yang sama panjang, dengan 4 sudut 90 derajat di setiap pojoknya, skala nol terpancang pada setiap sudut siku-siku dari penggaris, dan ada sebuah gnomon yang berdiri tegak lurus di tengah-tengahnya.

Uniknya metode pengukuran arah kiblat menggunakan alat *Khattul Qiblat*, tetap dapat dipraktekkan dan digunakan meski tanpa alat *Khattul Qiblat* itu sendiri, hanya

cukup menyediakan sebuah penggaris, gnomon, waterpass dan alat tulis saja, tentu prinsip penggunaannya akan disesuaikan dengan alat sebenarnya meski dengan alat terbatas.

Mengenai langkah-langkah mengukur arah kiblat dengan menggunakan Khattul Qiblat sangat mudah, posisikan bayang-bayang gnomon pada garis tempat jatuhnya bayangan gnomon, setelah jatuh persis pada tempatnya, catat waktu bidik saat itu juga, data-data meliputi lintang tempat, bujur tempat, tanggal, bulan, tahun dan waktu pembidikan tersebut dimasukkan dalam program yang telah tersedia, program akan memproses perhitungan dan menampilkan data *output* yang dibutuhkan, meliputi area segitiga, garis bayangan (vertikal), garis siku bayangan (horizontal), arah penarikan kiblat. Arah kiblat dapat diketahui dengan menghubungkan dua ujung garis bayangan dan garis siku bayangan menjadi sebuah bidang segitiga siku-siku.



Gambar 5 : Khattul Qiblat

d) *Theodolite*

Theodolite merupakan alat yang dipakai untuk mengukur tinggi dan azimuth bintang (Matahari), sering pula digunakan dalam menentukan peta mata angin. Selain itu alat ini banyak digunakan sebagai piranti pemetaan pada survei geologi dan geodesi. Sejauh ini theodolite dianggap sebagai alat yang paling akurat di antara metode-metode pengukuran arah kiblat yang sudah ada. Dengan berpedoman pada posisi dan pergerakan benda-benda langit dan bantuan satelit-satelit GPS, theodolite dapat menunjukkan suatu posisi hingga satuan detik busur ($1/3600$). Alat ini juga dilengkapi dengan pembesaran lensa yang bervariasi. Oleh sebab itu, pengukuran arah kiblat menggunakan alat ini akan menghasilkan data yang paling akurat.



Gambar 6 : Theodolite

Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam metode pengukuran arah kiblat menggunakan alat bantu theodolite adalah :

- Memasang baterai yang masih bagus pada theodolite.
- Memasang theodolite dalam posisi yang benar-benar tegak lurus ke segala arah dengan memperhatikan water pass (nivo) yang ada pada theodolite.
- Membidik Matahari dengan teknik-teknik pembidikan tidak langsung (tidak menggunakan mata telanjang melainkan dengan pantulan cahaya dari lensa), diusahakan waktunya sesingkat mungkin agar tidak ada bagian theodolite yang leleh karena kuatnya cahaya Matahari dan jangan lupa catat waktu bidiknya.
- Setelah Matahari terbidik gerak horizontal harus dikunci, kemudian dinolkan
- Menghitung arah kiblat dan azimuth kiblat masjid atau mushalla atau tempat yang akan diukur arah kiblatnya.
- Menghitung data yang berkaitan dengan Matahari, meliputi: sudut waktu Matahari, arah Matahari dan azimuth Matahari pada saat pengukuran arah kiblat.
- Menghitung jarak ke arah kiblat dari posisi Matahari, dengan langkah azimuth kiblat dikurangi azimuth Matahari. Jika hasilnya negatif, maka ditambahkan 360° .
- Lepas kunci horizontal theodolite, kemudian putar theodolite ke kanan ke kiri sampai pada bilangan arah kiblat dari posisi Matahari.
- Theodolite sudah mengarah ke arah kiblat. Selanjutnya adalah pengaturan lensa untuk pengukuran arah kiblat. Caranya bidik benda acuan (biasanya

penggaris) buat 2 titik bidikan, lalu hubungkan kedua titiknya, maka garis itu adalah arah kiblat tempat tersebut.

G. Praktek pengukuran arah kiblat.

Berikut adalah algoritma perhitungan azimuth matahari dan azimuth kiblat yang diperlukan dalam praktek instrument tersebut.

Hitung Azimut Kiblat terlebih dahulu sesuai dengan algoritma yang telah diterangkan sebelumnya.

LT = Lintang Tempat

BT = Bujur Tempat

BD = Bujur Daerah

WD = Waktu Daerah (waktu pembidikan Matahari)

Rumus Interpolasi = (Data 2 – Data 1) x Sisa Waktu Bidik + Data 1

Dek = Interpolasi Deklinasi Matahari

e = Interpolasi Equation Of Time

t = Sudut Waktu Matahari = Abs ((WD + e) x 15 – BD + BT – 180)

- Jika Bujur Tempat adalah Bujur Timur, maka Bujur Tempat dan Bujur Daerah positif.
- Jika Bujur Barat, maka Bujur Tempat dan Bujur Daerah negatif.

Cotan AM = Tan Dek Cos LT : Sin t – Sin LT : Tan t

- Jika hasil AM Positif, maka AM dihitung dari Utara. Jika hasil AM Negatif, maka AM dihitung dari Selatan.
- Jika waktu daerah sebelum kulminasi, maka AM dihitung ke Timur. Jika waktu daerah setelah kulminasi, maka AM dihitung ke Barat.

Ketentuan Azimut Matahari =

- Jika AM dihitung dari Utara ke Timur, maka Azimut Matahari = AM
- Jika AM dihitung dari Utara ke Barat, maka Azimut Matahari = 360 – AM
- Jika AM dihitung dari Selatan ke Timur, maka Azimut Matahari = 180 + AM
- Jika AM dihitung dari Selatan ke Barat, maka Azimut Matahari = 180 – AM.

Utara Sejati = 360 – Azimut Matahari

Beda Azimut = Azimut Kiblat – Azimut Matahari

- Beda Azimut tidak boleh negatif, jika hasilnya negatif maka harus ditambah 360

$$\text{Azimut Mizwah} = \text{Azimut Matahari} - 180$$

- Azimut Mizwah tidak boleh lebih dari 360, jika lebih dari 360 maka hasilnya harus dikurangi 360.

$$\text{BAz2} = \text{Beda Azimut} - 0 \text{ atau } 90 \text{ atau } 180 \text{ atau } 270$$

- Hasil BAz2 harus positif dan tidak boleh lebih dari 90

Ketentuan Khattul Qiblat =

- Jika BAz2 antara 0 s/d 45, maka area segitiga jatuh pada area 4, garis bayangan = 10 Cm, garis siku bayangan = $\text{Tan BAz2} \times 10$, Arah penarikan kiblat dari ujung garis bayangan menuju ke ujung garis siku bayangan
- Jika BAz2 antara 45 s/d 90, maka area segitiga jatuh pada area 2, garis bayangan = $1/\text{Tan BAz2} \times 10$, garis siku bayangan = 10 Cm, Arah penarikan kiblat dari ujung garis siku bayangan menuju ke ujung garis bayangan
- Jika BAz2 antara 90 s/d 135, maka area segitiga jatuh pada area 1, garis bayangan = $\text{Tan BAz2} \times 10$, garis siku bayangan = 10 Cm, Arah penarikan kiblat dari ujung garis siku bayangan menuju ke ujung garis bayangan
- Jika BAz2 antara 135 s/d 180, maka area segitiga jatuh pada area 3, garis bayangan = 10 Cm, garis siku bayangan = $1/\text{Tan BAz2} \times 10$, Arah penarikan kiblat dari ujung garis bayangan menuju ke ujung garis siku bayangan
- Jika BAz2 antara 180 s/d 225, maka area segitiga jatuh pada area 2, garis bayangan = 10 Cm, garis siku bayangan = $\text{Tan BAz2} \times 10$, Arah penarikan kiblat dari ujung garis bayangan menuju ke ujung garis siku bayangan
- Jika BAz2 antara 225 s/d 270, maka area segitiga jatuh pada area 4, garis bayangan = $1/\text{Tan BAz2} \times 10$, garis siku bayangan = 10 Cm, Arah penarikan kiblat dari ujung garis siku bayangan menuju ke ujung garis bayangan
- Jika BAz2 antara 270 s/d 315, maka area segitiga jatuh pada area 3, garis bayangan = $\text{Tan BAz2} \times 10$, garis siku bayangan = 10 Cm, Arah penarikan kiblat dari ujung garis siku bayangan menuju ke ujung garis bayangan

- Jika $BAz2$ antara 315 s/d 360, maka area segitiga jatuh pada area 1, garis bayangan = 10 Cm, garis siku bayangan = $1/\tan BAz2 \times 10$, Arah penarikan kiblat dari ujung garis bayangan menuju ke ujung garis siku bayangan.

a) Praktek Mizwala Qibla Finder

- Bidik matahari menggunakan gnomon yang tersedia
- Luruskan benang selurus dengan bayangan gnomon
- Catat waktu bidik
- Hitung sesuai algoritma di atas
- Patenkan benang dan putar bidang dial sehingga benang menunjukkan nilai sebesar nilai hasil Azimut Mizwah
- Patenkan bidang dial dan arahkan benang menuju Azimut Kiblat
- Tarik garis sesuai garis benang, maka itulah arah kiblat tempat tersebut.

b) Praktek Istiwaini

- Bidik matahari menggunakan gnomon yang tersedia, bayangan gnomon yang berada di skala nol harus di arahkan ke arah gnomon yang berada di tengah bidang dial sesuai garis lurus yang ada
- Catat waktu bidik dan patenkan bidang dialnya
- Hitung sesuai algoritma di atas
- Tarik benang pada skala dial seharga nilai hasil Beda Azimut
- Tarik garis sesuai garis benang, maka itulah arah kiblat tempat tersebut.

c) Praktek Khattul Qiblat

- Cek kedataran tempat menggunakan waterpass, cari tempat yang terkena sinar matahari dan datar yang dapat digambar dengan bulpoin atau spidol
- Dirikan gnomon lurus tegak di atas permukaan datar tersebut
- Garisi bayangan gnomon dan catat waktu bidiknya
- Buat garis siku dari bayangan yang telah dibuat tersebut.
- Namai area segitiga, area 1 jatuh pada bagian atas kanan dari garis bayangan tersebut, area 2 jatuh pada bagian bawah kanan dari garis bayangan, area 3 jatuh pada bagian bawah kiri dari garis bayangan dan area 4 jatuh pada bagian atas kiri dari garis bayangan.

- Hitung sesuai algoritma di atas
- Ukur garis bayangan dan garis siku bayangan pada area segitiga yang sesuai dengan hasil ketentuan Khattul Qiblat dan tandai dengan dua titik
- Buatlah garis pada dua titik tersebut sesuai dengan hasil arah penarikan kiblat pada ketentuan Khattul Qiblat.
- Garis miring itulah kiblat tempat tersebut

d) Praktek Theodolite

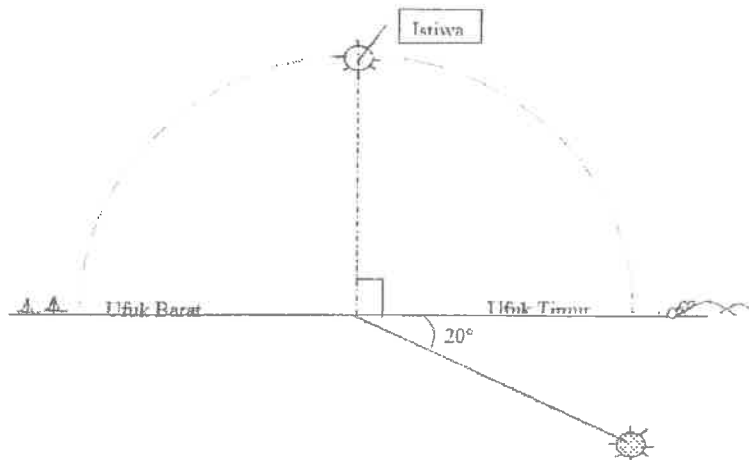
- Dirikan theodolite dengan benar, posisi harus datar dan rata
- Bidik matahari menggunakan bantuan bayangan teleskop yang tersedia. Ingat jangan melihat matahari secara langsung lewat teleskop.
- Kunci gerak horizontal dan catat waktu bidiknya
- Hitung sesuai algoritma di atas
- Hidupkan theodolite dan buka kunci horizontal
- Putar theodolite sebesar hasil nilai Beda Azimut
- Jika sudah hampir tepat di skala tersebut, kunci gerak horizontal lagi
- Haluskan gerak horizontal agar skala benar-benar tepat sesuai nilai Beda Azimut
- Bidik dua titik di lantai yang datar dengan menggunakan teleskop yang tersedia
- Hubungkan dua titik tersebut dengan garis, maka garis itulah kiblat tempat tersebut.

AWAL WAKTU SHALAT

A. Pengertian Awal Waktu Shalat

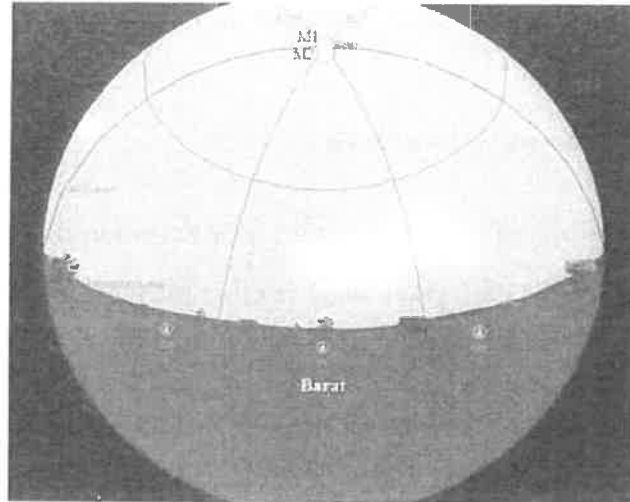
Shalat salah satu rukun Islam yang wajib ditunaikan oleh setiap Mukallaf. Perintah wajib mengerjakan shalat lima waktu sehari semalam telah diterima oleh Rasulullah S.A.W semasa peristiwa Israk Mikraj. Baginda telah menerima wahyu secara langsung dari Allah SWT dalam peristiwa tersebut. Ada lima waktu shalat yang wajib dilakukan oleh Mukallaf setiap harinya, waktu tersebut adalah waktu Subuh, Dluhur, Ashar, Maghrib dan Isya.

Waktu Subuh di mulai dari terbitnya fajar shadiq hingga pada saat matahari terbit. kedudukan matahari pada saat fajar shadiq adalah sekitar -20 derajat di bawah ufuk timur. Ditandai dengan munculnya cahaya merah horizontal yang mulai terlihat di ufuk timur. Setelah waktu shubuh berakhir, kedudukan matahari semakin tinggi, sehingga ketika tinggi matahari mencapai $4,5$ derajat, mulai memasuki waktu Dhuha hingga matahari sampai menuju titik zenith.



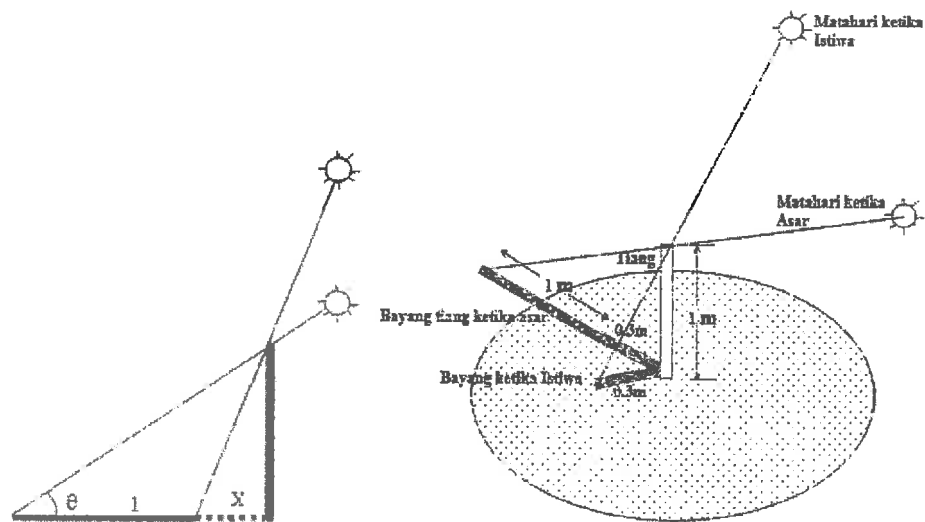
Gambar 1 : Kedudukan matahari waktu Shubuh

Apabila matahari sedang berkulminasi di zenith, maka titik pusat matahari berkedudukan di meridian, saat itulah ujung bayang-bayang benda yang terpancang tegak lurus di permukaan datar menunjuk tepat ke arah utara-selatan sejati, setelah titik pusat matahari dalam perjalanan menuju ke arah barat, melepaskan diri dari meridian, maka bayangan benda pun juga akan melepaskan diri dari arah utara-selatan sejati perlahan membelok ke sebelah timur. Keadaan demikian disebut dengan tergelincirnya matahari, yang merupakan tanda masuknya awal waktu Dhuhur.



Gambar 2 : Kedudukan Matahari waktu Dhuhur

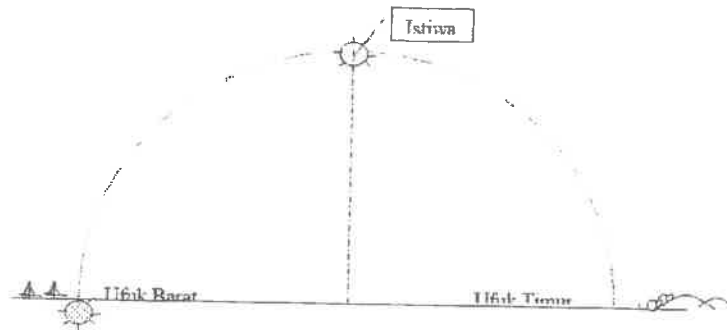
Apabila matahari sedang berkulminasi, bayangan suatu benda mempunyai panjang tertentu, panjang ini merupakan panjang bayangan yang tepat menuju arah utara-selatan sejati. Untuk selanjutnya matahari bergerak ke arah barat, panjang bayangan berangsur bertambah hingga sepanjang tinggi tongkat tersebut. Jika bayangan sudah melebihi panjang tongkat ditambah dengan bayangan saat kulminasi, maka saat itulah mulai masuk waktu Ashar. Jadi tinggi matahari saat Ashar adalah panjang bayangan tongkat + panjang bayangan saat kulminasi.



Gambar 3: Bayang-Bayang tongkat memasuki waktu Ashar

Waktu Maghrib dimulai tepat ketika matahari terbenam di garis ufuk barat. Matahari dikatakan terbenam apabila seluruh piringan matahari sudah berada di bawah ufuk, artinya piringan atas matahari sudah bersinggungan dengan garis ufuk horizon di sebelah barat. Titik pusat matahari sudah agak jauh di bawah ufuk sekitar 16 menit busur derajat, jarak dari ufuk ke

titik pusat matahari sebesar setengah dari diameternya, sehingga nilai semi diameter dari piringan matahari itu sendiri adalah $16'$.

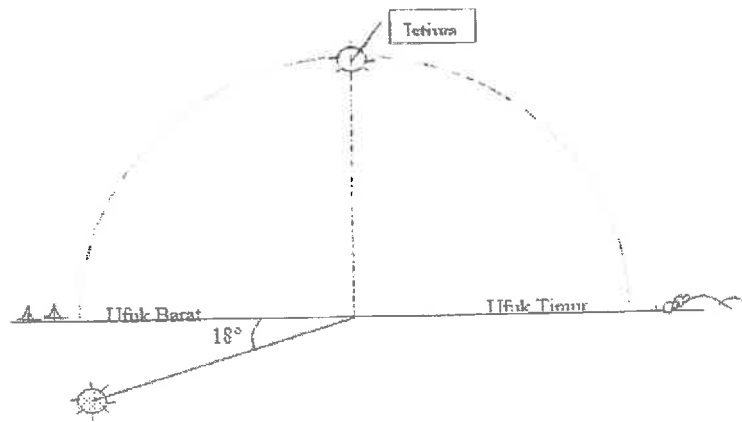


Gambar 4 : Kedudukan Matahari waktu Maghrib

Mulai waktu Isya apabila warna merah di langit bagian barat tempat matahari terbenam sudah hilang. Warna merah ini terjadi karena pembiasan cahaya matahari, sinar yang tampak oleh mata pada umumnya berwarna putih, yang sebenarnya terdiri dari berbagai warna, akan tetapi yang paling sering terlihat oleh mata selain putih adalah warna biru dan merah. Warna biru merupakan warna yang mempunyai ukuran panjang terpendek, sedangkan merah adalah yang terpanjang. Cahaya biru disebarkan 9 kali lebih kuat dibanding cahaya merah, akibatnya saat hari cerah, cahaya yang diterima mata terbanyak adalah warna biru, hal ini menyebabkan warna langit menjadi biru saat siang hari.

Pada waktu matahari terbenam, cahaya yang berasal dari matahari sudah terlalu banyak kehilangan unsur warna pendek sebelum sampai mata pengamat, sehingga warnanya kelihatan kuning bahkan merah, jika partikel masih menerima hamburan sinar matahari, cahaya merah masih dapat dilihat, jika sudah tidak menerima hamburan sinar tersebut maka semua partikel tidak dapat kelihatan lagi (gelap), ketika gelap itulah mulai waktu isyak.

Dalam ilmu Astronomi beberapa saat masa setelah matahari terbenam atau sebelum matahari terbenam disebut sebagai *twilight*, yang dibagi menjadi tiga tingkatan secara berturut, *Civil Twilight*, *Nautical Twilight*, *Astronomical Twilight*. Batas *Civil Twilight* adalah tinggi matahari 6 derajat di bawah ufuk, benda-benda yang berada di lapangan terbuka masih tampak batas-batas bentuknya, bintang paling terang sudah dapat dilihat. Setelah itu matahari mulai masuk *Nautical Twilight*, batasannya adalah ketinggian 12 derajat di bawah ufuk, masa ini garis ufuk hampir tidak kelihatan sehingga semua bintang terang dapat dilihat. Dan masa terakhir adalah *Astronomical Twilight*, jika matahari 18 derajat di bawah ufuk maka gelap malam telah sempurna, artinya sudah mulai masuk waktu isyak.



Gambar 5 : Kedudukan Matahari waktu Isyak.

Selain waktu-waktu tersebut, ada beberapa waktu lain yang sering dimunculkan dalam literatur ilmu Astronomi, yakni sebagai berikut :

- a) Waktu Imsak yaitu waktu tertentu sebagai batas akhir makan sahur bagi orang yang akan melaksanakan puasa pada siang harinya. Tenggang waktu ini sebenarnya merupakan waktu antisipasi atau kehati-hatian agar mukallaf tidak sampai terlanjut sahur di waktu shubuh. Tenggang waktu antara waktu imsak dengan waktu shubuh sekitar selama membaca ayat al-Qur'an 50 ayat yakni sekitar 10-12 menit. Sedangkan posisi matahari pada waktu itu berkedudukan -23 derajat di bawah ufuk timur.
- b) Waktu Terbit ialah waktu ketika piringan atas matahari bersinggungan dengan ufuk mar'i (ufuk yang terlihat) di sebelah ufuk horizon timur (kaki langit sebelah timur).
- c) Waktu Dluha ialah tenggang waktu yang di mulai sekitar 15 menit setelah matahari terbit sampai menjelang matahari berkulminasi atas di titik zenith. Ketinggian matahari pada awal waktu dluha adalah 4,5 derajat di atas ufuk sebelah timur.
- d) Lama Siang adalah tenggang waktu di mulai dari terbitnya matahari hingga terbenamnya matahari.
- e) Lama Malam yaitu tenggang waktu di mulai dari terbenamnya matahari hingga terbitnya matahari kembali.
- f) Sepertiga Malam Terakhir merupakan waktu mustajab untuk melakukan *Qiyamul Lail*. Tenggang waktu ini merupakan sepertiga dari lama malam di waktu malam terakhir.

B. Data-Data Untuk Menghitung Awal Waktu Shalat.

a) Deklinasi Matahari

Deklinasi Matahari atau *Mailu al-Syams* adalah jarak sepanjang lingkaran deklinasi dihitung dari equator sampai Matahari berada, dalam astronomi dilambangkan dengan δ (dibaca *delta*). Apabila Matahari berada di utara equator maka deklinasi Matahari bertanda positif (+), dan apabila Matahari berada di sebelah selatan equator maka deklinasi Matahari bertanda negatif (-).

Harga deklinasi berubah sepanjang waktu selama satu tahun, akan tetapi pada tanggal-tanggal tertentu harga deklinasi Matahari mempunyai nilai yang hampir sama. Dari tanggal 21 Maret hingga tanggal 23 September, harga deklinasi positif artinya posisi Matahari pada waktu tersebut berada di sebelah utara equator, lalu mulai tanggal 24 September hingga tanggal 20 Maret, harga deklinasi negatif disebabkan Matahari berada di sebelah selatan equator, maka pada tanggal 21 Maret dan 23 September Matahari berkedudukan di equator dengan nilai deklinasi 0° , sedangkan pada tanggal 21 Juni Matahari mencapai deklinasi tertinggi di sebelah utara equator, yaitu $23^\circ 27'$ dan pada tanggal 22 Desember Matahari mencapai deklinasi tertinggi di selatan equator, yaitu $-23^\circ 27'$.

b) Equation Of Time

Equation Of Time atau *Ta'dil al-Waqt* atau *Ta'dil al-Zaman* yang artinya Perata Waktu, yaitu selisih waktu antara waktu Matahari hakiki dengan waktu Matahari rata-rata (pertengahan), dalam ilmu falak biasa dilambangkan dengan huruf *e* (kecil). Waktu Matahari hakiki adalah waktu yang berdasarkan pada perputaran Bumi pada sumbunya di mana sehari semalam tidak tentu 24 jam, melainkan kadang kurang dan kadang lebih dari 24 jam.

Data deklinasi Matahari dan equation of time diperoleh dari program *ephemeris* atau dapat dihitung dengan algoritma Jean Meuss maupun VSOP87.

c) Bujur Daerah

Bujur daerah ialah garis bujur tertentu sebagai dasar waktu pertengahan daerah. Di Indonesia ada tiga zona waktu daerah, Waktu Indonesia Barat (WIB) didasarkan pada

bujur daerah 105, Waktu Indonesia Tengah (WITA) didasarkan pada bujur daerah 120, dan Waktu Indonesia Timur (WIT) didasarkan pada bujur daerah 135.

d) Ketinggian Tempat

Ketinggian lokasi dari permukaan laut (H). Ketinggian lokasi dari permukaan laut (H) menentukan waktu kapan terbit dan terbenamnya matahari. Tempat yang berada tinggi di atas permukaan laut akan lebih awal menyaksikan matahari terbit serta lebih akhir melihat matahari terbenam, dibandingkan dengan tempat yang lebih rendah. Satuan H adalah meter.

C. Aplikasi Menghitung Waktu Shalat.

Markaz : Kuala Lumpur

Tanggal : 17 Agustus 2017

- Data :
1. Lintang tempat (ϕ) = $3^{\circ} 09'$ (LU)
 2. Bujur tempat (λ) = $101^{\circ} 41'$ (BT)
 3. Deklinasi matahari (δ) = $13^{\circ} 22' 12''$
 4. Equation of time (e) = $-00^j 04^m 06^d$
 5. Dip (KU) = $0^{\circ} 1,76' \times \sqrt{\text{Tinggi Tempat Mdpl}}$
 $= 0^{\circ} 1,76' \times \sqrt{100} = 0^{\circ} 17' 6''$
 6. Refraksi (Ref) = $0^{\circ} 34' 30''$
 7. Semi diameter (Sdm) = $0^{\circ} 16'$

- Meridian Pass (Mer Pass / pada saat matahari berkulminasi)

Rumus : $12^j - e$ (equation of time)

$$12^j - (-0^j 04^m 06^d) = 12^j 04^m 06^d$$

- Koreksi Waktu Daerah (KWD / merubah waktu istiwak menjadi waktu daerah (WIB/WITA/WIT)

RUMUS: (Bujur daerah – Bujur tempat) : 15

$$\text{Bujur daerah WIB} = 105^{\circ}$$

$$\text{Bujur daerah WITA} = 120^{\circ}$$

$$\text{Bujur daerah WIT} = 135^{\circ}$$

$$\text{Bujur daerah Malaysia} = 120^{\circ}$$

$$\text{Kuala Lumpur} = (120^{\circ} - 101^{\circ} 41') : 15 = 1^j 13^m 16^d$$

- Waktu Dzuhur : Mer Pass = $12^j 04^m 06^d$ LMT
 KWD = $\frac{1^j 13^m 16^d}{13^j 17^m 22^d}$
 Ihtiyat = $\frac{0^j 03^m 00^d}{13^j 20^m 22^d}$ WD
 DZUHUR = $13^j 20^m 22^d$ WD

- Waktu Ashar

Tinggi matahari waktu ashar :

$$\text{RUMUS} = \text{Cotan } h_{as} = (\tan \text{Abs}(\phi - \delta) + 1)$$

Perhitungan :

$$\tan^{-1} (\tan \text{Abs}(3^\circ 09' - 13^\circ 22' 12'') + 1)^{-1}$$

$$h_{as} = 40^\circ 16' 22,61''$$

$$\text{RUMUS} = \cos t = \sin h_{as} : \cos \phi : \cos \delta - \tan \phi \times \tan \delta$$

Perhitungan :

$$\cos t = \sin 40^\circ 16' 22,61'' : \cos 3^\circ 09' : \cos 13^\circ 22' 12'' - \tan 3^\circ 09' \times \tan 13^\circ 22' 12''$$

$$t = 49^\circ 16' 48,03''$$

$$\text{Mer Pass} = 12^j 04^m 06^d$$

$$t : 15 = \frac{3^j 17^m 7,2^d}{15^j 21^m 13,2^d} \text{ LMT}$$

$$\text{KWD} = \frac{1^j 13^m 16^d}{16^j 34^m 29,2^d}$$

$$\text{Ihtiyath} = \frac{0^j 02^m 00^d}{16^j 36^m 29,2^d} \text{ WD}$$

$$\text{Ashar} = 16^j 36^m 29,2^d \text{ WD}$$

- Waktu Maghrib

Tinggi matahari waktu Maghrib dan Terbit :

$$\text{RUMUS} = -\text{Dip} - \text{Ref} - \text{Sdm}$$

Perhitungan :

$$h = -0^\circ 17' 6'' - 0^\circ 34' 30'' - 0^\circ 16''$$

$$h = -1^\circ 7' 36''$$

$$\text{RUMUS : } \cos t = \sin h : \cos \phi : \cos \delta - \tan \phi \times \tan \delta$$

Perhitungan :

$$\cos t = \sin -1^{\circ} 7' 36'' : \cos 3^{\circ} 09' : \cos 13^{\circ} 22' 12'' - \tan 3^{\circ} 09' \times \tan 13^{\circ} 22' 12''$$

$$t = 91^{\circ} 54' 34,32''$$

$$\text{Mer Pass} = 12^{\text{j}} 04^{\text{m}} 06^{\text{d}}$$

$$t : 15 = \underline{6^{\text{j}} 07^{\text{m}} 38,29^{\text{d}}} +$$

$$18^{\text{j}} 11^{\text{m}} 44,29^{\text{d}} \text{ LMT}$$

$$\text{KWD} = \underline{1^{\text{j}} 13^{\text{m}} 16^{\text{d}}} +$$

$$19^{\text{j}} 25^{\text{m}} 00,29^{\text{d}}$$

$$\text{Ihtiyath} = \underline{00^{\text{j}} 02^{\text{m}} 00,00^{\text{d}}} +$$

$$\text{Maghrib} = 19^{\text{j}} 27^{\text{m}} 00,29^{\text{d}} \text{ WD}$$

- Waktu Isya

Tinggi matahari waktu Isya' :

$$\text{RUMUS} = -17 - \text{Dip} - \text{Ref} - \text{Sdm}$$

Perhitungan :

$$h = -17 - 0^{\circ} 17' 6'' - 0^{\circ} 34' 30'' - 0^{\circ} 16''$$

$$h = -18^{\circ} 7' 36''$$

$$\text{RUMUS : } \cos t = \sin h : \cos \phi : \cos \delta - \tan \phi \times \tan \delta$$

Perhitungan :

$$\cos t = \sin -18^{\circ} 7' 36'' : \cos 3^{\circ} 09' : \cos 13^{\circ} 22' 12'' - \tan 3^{\circ} 09' \times \tan 13^{\circ} 22' 12''$$

$$t = 109^{\circ} 28' 20''$$

$$\text{Mer Pass} = 12^{\text{j}} 04^{\text{m}} 06^{\text{d}}$$

$$t : 15 = \underline{7^{\text{j}} 17^{\text{m}} 53,34^{\text{d}}} +$$

$$19^{\text{j}} 21^{\text{m}} 59,34^{\text{d}} \text{ LMT}$$

$$\text{KWD} = \underline{1^{\text{j}} 13^{\text{m}} 16^{\text{d}}} +$$

$$20^{\text{j}} 35^{\text{m}} 15,34^{\text{d}}$$

$$\text{Ihtiyath} = \underline{00^{\text{j}} 02^{\text{m}} 00,00^{\text{d}}} +$$

$$\text{Isya'} = 20^{\text{j}} 37^{\text{m}} 15,34^{\text{d}} \text{ WD}$$

- Waktu Shubuh

Tinggi matahari waktu Shubuh :

$$\text{RUMUS} = -19 - \text{Dip} - \text{Ref} - \text{Sdm}$$

Perhitungan :

$$h = -19 - 0^\circ 17' 6'' - 0^\circ 34' 30'' - 0^\circ 16''$$

$$h = -20^\circ 7' 36''$$

$$\text{RUMUS} : \cos t = \sin h : \cos \phi : \cos \delta - \tan \phi \times \tan \delta$$

Perhitungan :

$$\cos t = \sin -20^\circ 7' 36'' : \cos 3^\circ 09' : \cos 13^\circ 22' 12'' - \tan 3^\circ 09' \times \tan 13^\circ 22' 12''$$

$$t = 111^\circ 32' 56,6''$$

$$\text{Mer Pass} = 12^j 04^m 06^d$$

$$t : 15 = \frac{7^j 26^m 11,78^d}{-}$$

$$04^j 37^m 54,22^d \text{ LMT}$$

$$\text{KWD} = \frac{1^j 13^m 16^d}{+}$$

$$05^j 51^m 10,22^d$$

$$\text{Ihtiyath} = \frac{00^j 02^m 00,00^d}{+}$$

$$\text{Shubuh} = 05^j 53^m 10,22^d \text{ WD}$$

- Waktu Imsak

$$\text{RUMUS} : \text{Waktu Shubuh} - 10 \text{ Menit}$$

Perhitungan :

$$\text{Shubuh} = 05^j 53^m 10,22^d \text{ WD}$$

$$\frac{00^j 10^m 00,00^d}{-}$$

$$\text{Imsak} = 05^j 43^m 10,22^d \text{ WD}$$

- Waktu Terbit

Tinggi matahari waktu Maghrib dan Terbit :

$$\text{RUMUS} = - \text{Dip} - \text{Ref} - \text{Sdm}$$

Perhitungan :

$$h = -0^{\circ} 17' 6'' - 0^{\circ} 34' 30'' - 0^{\circ} 16''$$

$$h = -1^{\circ} 7' 36''$$

$$\text{RUMUS : } \cos t = \sin h : \cos \phi : \cos \delta - \tan \phi \times \tan \delta$$

Perhitungan :

$$\cos t = \sin -1^{\circ} 7' 36'' : \cos 3^{\circ} 09' : \cos 13^{\circ} 22' 12'' - \tan 3^{\circ} 09' \times \tan 13^{\circ} 22' 12''$$

$$t = 91^{\circ} 54' 34,32''$$

$$\text{Mer Pass} = 12^{\text{j}} 04^{\text{m}} 06^{\text{d}}$$

$$t : 15 = \underline{6^{\text{j}} 07^{\text{m}} 38,29^{\text{d}}} -$$

$$05^{\text{j}} 56^{\text{m}} 27,71^{\text{d}} \text{ LMT}$$

$$\text{KWD} = \underline{1^{\text{j}} 13^{\text{m}} 16^{\text{d}}} +$$

$$07^{\text{j}} 09^{\text{m}} 43,71^{\text{d}}$$

$$\text{Ihtiyath} = \underline{00^{\text{j}} 02^{\text{m}} 00,00^{\text{d}}} -$$

$$\text{Terbit} = 07^{\text{j}} 07^{\text{m}} 43,71^{\text{d}} \text{ WD}$$

- Waktu Dhuha

Tinggi matahari waktu Dhuha :

$$h = 4,5^{\circ}$$

$$\text{RUMUS : } \cos t = \sin h : \cos \phi : \cos \delta - \tan \phi \times \tan \delta$$

Perhitungan :

$$\cos t = \sin 4,5^{\circ} : \cos 3^{\circ} 09' : \cos 13^{\circ} 22' 12'' - \tan 3^{\circ} 09' \times \tan 13^{\circ} 22' 12''$$

$$t = 86^{\circ} 7' 7,98''$$

$$\text{Mer Pass} = 12^{\text{j}} 04^{\text{m}} 06^{\text{d}}$$

$$t : 15 = \underline{5^{\text{j}} 44^{\text{m}} 28,53^{\text{d}}} -$$

$$06^{\text{j}} 19^{\text{m}} 37,47^{\text{d}} \text{ LMT}$$

$$\text{KWD} = \underline{1^{\text{j}} 13^{\text{m}} 16^{\text{d}}} +$$

$$07^{\text{j}} 32^{\text{m}} 53,47^{\text{d}}$$

$$\text{Ihtiyath} = \underline{00^{\text{j}} 02^{\text{m}} 00,00^{\text{d}}} +$$

$$\text{Terbit} = 07^{\text{j}} 34^{\text{m}} 53,47^{\text{d}} \text{ WD}$$

- Lama Siang

$$\text{RUMUS : Cos SBS} = - \tan \phi \times \tan \delta$$

Perhitungan :

$$\text{Cos SBS} = - \tan 3^{\circ} 09' \times \tan 13^{\circ} 22' 12''$$

$$\text{SBS} = 90^{\circ} 44' 58,09''$$

$$\text{BS} = \text{SBS} \times 2$$

$$= 90^{\circ} 44' 58,09'' \times 2$$

$$= 181^{\circ} 29' 56,18''$$

$$\text{Lama Siang} = \text{BS} : 15$$

$$= 181^{\circ} 29' 56,18'' : 15$$

$$= 12^{\text{j}} 5^{\text{m}} 59,75^{\text{d}}$$

- Lama Malam

$$\text{RUMUS : Cos SBM} = \tan \phi \times \tan \delta$$

Perhitungan :

$$\text{Cos SBM} = \tan 3^{\circ} 09' \times \tan 13^{\circ} 22' 12''$$

$$\text{SBM} = 89^{\circ} 15' 1,91''$$

$$\text{BM} = \text{SBS} \times 2$$

$$= 89^{\circ} 15' 1,91'' \times 2$$

$$= 178^{\circ} 30' 3,82''$$

$$\text{Lama Malam} = \text{BS} : 15$$

$$= 178^{\circ} 30' 3,82'' : 15$$

$$= 11^{\text{j}} 54^{\text{m}} 0,25^{\text{d}}$$

- Sepertiga Malam Terakhir

$$\text{RUMUS : Waktu Maghrib} + 2 / 3 \times \text{Lama Malam}$$

Perhitungan :

$$\text{Sepertiga Malam Terakhir} = 19^{\text{j}} 27^{\text{m}} 00,29^{\text{d}} \text{WD} + 2 / 3 \times 11^{\text{j}} 54^{\text{m}} 0,25^{\text{d}}$$

$$= 27^{\text{j}} 23^{\text{m}} 0,46^{\text{d}} - 24^{\text{j}}$$

$$= 3^{\text{j}} 23^{\text{m}} 0,46^{\text{d}}$$

AWAL BULAN HIJRIYYAH

A. Konsep Kriteria Awal Bulan Hijriyyah di Indonesia

Ada beberapa kriteria menentukan awal bulan Hijriyyah di Indonesia, di antaranya yang paling terkenal ialah sebagai berikut :

a) Kriteria Wujudul Hilal

Metode penetapan awal bulan Hijriyyah menggunakan wujudul hilal berarti bahwa awal bulan Hijriyyah dimulai sejak terbenam matahari setelah terjadi ijtimak dan pada saat itu hilal sudah berada di atas ufuk/terlah wujud. Yang dimaksud hilal telah wujud adalah bila matahari terbenam lebih dulu dari terbenamnya bulan atau bulan terbenam setelah matahari terbenam (moonset after sunset) dengan tidak ada batasan tertentu, pokok asal hilal sudah wujud (di atas ufuk) walaupun hanya 1° tingginya dan beberapa menit saja kemunculannya.

Secara umum kriteria yang dijadikan dasar untuk menetapkan awal bulan qamariah oleh metode ini adalah :

1. Ijtimak terjadi sebelum terbenam matahari (ijtima' qabla ghurub).
2. Awal bulan Hijriyyah dimulai sejak saat terbenam matahari setelah terjadi ijtimak.
3. Hilal sudah berada di atas ufuk pada saat matahari terbenam (positif).

Apabila pada saat terbenam matahari setelah terjadi ijtimak (akhir bulan Hijriyyah) hilal sudah berada (wujud) di atas ufuk, maka sejak saat itu mulai masuk (tanggal 1) bulan baru Hijriyyah. Sebaliknya, jika pada saat itu hilal masih berada di bawah ufuk (negatif), maka saat itu masih dianggap sebagai hari terakhir dari bulan Hijriyyah yang sedang berlangsung (istikmal).

Di Indonesia konsep ini digunakan oleh Muhammadiyah dalam menetapkan awal bulan Hijriyyah dengan kriteria tersebut ditambah prinsip wilayahul hukmi. Prinsip wilayahul hukmi adalah jika hilal membelah wilayah kesatuan (Indonesia)—di sebagian wilayah hilal sudah wujud dan di wilayah lain belum, maka wilayah yang belum wujud (timur) mengikut wilayah yang sudah wujud (barat). Wujudul hilal telah digunakan oleh Muhammadiyah sejak 1969, karena Muhammadiyah berpendapat di Indonesia belum

ada kriteria yang shahih secara ilmiah bagi imkanur rukyah. Bahkan sampai saat ini kriteria imkanur rukyah masih beragam.

Dalam penentuan awal bulan Hijriyyah, Muhammadiyah selalu mengkorelasikan antara dimensi ideal-wahyu dan peradaban manusia. Ini sebagaimana tertuang dalam HPT (Himpunan Putusan Tarjih) Muhammadiyah bahwa berpuasa dan Idul Fitri itu dengan rukyah dan tidak berhalangan dengan hisab. Menurut Djarnawi Hadikusuma, teks tersebut hasil dari keputusan muyawarrah Tarjih tanggal 1-7 Mei 1932 di Makassar. Ini berarti Muhammadiyah secara implisit mengakui rukyah dan hisab dalam arti memposisikan di tengah-tengah (menggunakan sistem rukyah dan hisab). Hisab wujudul hilal Muhammadiyah bukan untuk menentukan atau memperkirakan hilal mungkin bisa dilihat atau tidak, tetapi menjadi dasar dalam penetapan awal bulan Hijriyyah dan sekaligus dijadikan bukti bulan baru Hijriyyah sudah masuk atau belum.

Sehingga ada dua alasan mengapa Muhammadiyah menggunakan konsep wujudul hilal dalam menentukan awal bulan Hijriyyah. Pertama, sistem wujudul hilal merupakan sikap tengah dari dua konsep penentuan awal bulan Hijriyyah, yaitu antara sistem 'ijtima' qablal ghurub (sudah menganggap bulan baru ketika terjadi ijtima' sebelum terbenam matahari meski hilal belum wujud pada saat matahari terbenam) dan sistem imkanur rukyah (menganggap bulan baru jika kemungkinan hilal bisa dilihat). Wujudul hilal adalah tengah-tengah dari dua sistem tersebut, dengan kriteria ijtima' sudah terjadi dan hilal harus sudah wujud (ketika matahari tenggelam), meski tidak bisa terlihat—karena keterbatasan mata manusia. Kedua, wujudul hilal menempati posisi tengah-tengah antara sistem hisab murni (tidak mempedulikan terjadinya hilal) dan sistem rukyah murni (sangat mempeduliakn terlihatnya hilal). Wujudul hilal berada di tengah-tengah dua sistem di atas yang mempedulikan hilal meski tidak terlihat.

b) Kriteria MABIMS (Menteri Agama Brunei, Indonesia, Malaysia dan Singapura)

Kriteria MABIMS merupakan hasil kesepakatan menteri-menteri agama Brunei Darussalam, Indonesia, Malaysia dan Singapura pada 24-26 Maret 1998. Kriteria ini didasarkan kepada keberadaan hilal saat terbenam Matahari dengan keadaan : Tinggi hilal minimal 2 derajat, Elongasi (busur titik pusat Matahari ke titik pusat Bulan) minimal 3 derajat dan Umur hilal minimal 8 jam pasca konjungsi geosentris.

Kriteria ini berlaku secara wilayatul hukmi dan menjadi basis penyusunan kalender Kementerian Agama RI dan taqwim standar serta sebagai filter laporan rukyatul hilal. Kriteria ini didasarkan pada posisi hilal sebagaimana dinyatakan dalam laporan rukyatul hilal awal Syawwal 1404 H tanggal 29 Juni 1984 yang teramati di Jakarta, Pelabuhan Ratu dan Pare-pare (Sulawesi Selatan).

Adapun NU menerima kriteria imkanu ruyah MABIMS akan tetapi harus tetap melaksanakan rukyatul hilal atau harus benar-benar ada kesaksian hilal, jika seluruh wilayah Indonesia berawan, hujan dan hilal tidak dapat dilihat, maka umur bulan digenapkan menjadi 30 hari (istikmal). Sedangkan Al Washliyah mengikuti pemerintah menggunakan kriteria MABIMS tanpa harus melaksanakan rukyatul hilal.

Namun kriteria imkan 2 derajat yang disepakati tersebut masih banyak menuai kritikan. Banyak dari kalangan astronom yang memandang kriteria imkan 2 derajat tidak didasarkan pada realitas, bahkan telah digugat oleh anggota MABIMS sendiri pada saat Muzakarah Rukyat dan Taqwim Islam Negara Anggota MABIMS pada tanggal 21-23 Mei 2014, kecuali delegasi Indonesia.

Berdasarkan simulasi program planetarium menunjukkan bahwa pada 29 Juni 1984 di langit barat terdapat planet Venus yang berdekatan dengan Bulan sehingga sangat berpotensi terlihat sebagai "hilal palsu" karena kecerahan planet Venus bisa ratusan kali lebih besar dibanding hilal. Meski disusun demi kemaslahatan umat dan untuk mempersatukan umat Islam Indonesia, kriteria imkanu ruyah MABIMS masih menemui kendala dalam validitas dan reliabilitasnya, sehingga perlu adanya evaluasi.

Namun, jika kriteria imkanu ruyah MABIMS dinaikkan sedangkan Muhammadiyah tetap menggunakan kriteria wujudul hilal, bisa dipastikan perbedaan penetapan pemerintah dengan Muhammadiyah akan lebih sering lagi, hanya pada saat tinggi hilal negatif saja yang tidak berbeda karena sama-sama istikmal 30 hari. Hal ini yang menjadi dasar pemikiran delegasi Indonesia agar rencana menaikkan kriteria imkanu ruyah MABIMS ditunda sampai berakhirnya kesepakatan taqwim Hijriyah menggunakan kriteria MABIMS pada tahun 2020.

c) Kriteria LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional)

Kriteria LAPAN merupakan upaya perbaikan dari kriteria MABIMS oleh prof. Dr. Thomas Djamaluddin (kepala LAPAN dan astronom ITB) yang berlandaskan pada

kajian astronomi. Kriteria ini muncul atas keprihatinan terhadap kriteria yang digunakan oleh ormas-ormas Islam yang dinilai tidak sesuai dengan prinsip dan teori ilmu astronomi.

Kriteria ini menetapkan awal bulan dengan mempertimbangkan adanya kesesuaian antara beda azimut dan tinggi hilal. Jika salah satu tidak terpenuhi maka dianggap belum masuk bulan baru. Kriteria berbasis beda tinggi dan beda azimut Bulan-Matahari dianggap cocok karena telah dikenal oleh para pelaksana hisab rukyat sekaligus dapat menggambarkan posisi Bulan dan Matahari pada saat rukyatul hilal.

Kriteria LAPAN disusun berdasarkan analisis validitas terhadap laporan rukyatul hilal Kementerian Agama RI periode 1962-1997. Kriteria ini diharapkan dapat digunakan untuk menghindari rukyat yang meragukan. Adapun kriteria LAPAN yang ditetapkan adalah sebagai berikut :

Dengan mempertimbangkan aspek kontras latar depan di ufuk barat, maka :

1. Tinggi hilal minimal 4 derajat, dengan mensyaratkan semakin rendah ketinggian hilal maka semakin besar nilai beda azimuth Bulan-Matahari, atau dengan kata lain tinggi hilal minimum tergantung dari beda azimut Bulan-Matahari.
2. Elongasi (busur titik pusat Matahari ke titik pusat Bulan) minimal 6.4 derajat, karena jika jarak Bulan dan Matahari terlalu dekat menyebabkan cahaya hilal kalah oleh cahaya syafak yang cukup kuat disekitar Matahari.

Adapun ormas Islam yang menggunakan kriteria LAPAN dan tidak perlu melaksanakan rukyatul hilal diantaranya Persis dan Al-Irsyad.

d) Kriteria RHI (Rukyatul Hilal Indonesia)

Adanya harapan untuk menyatukan kalender hijriyah di Indonesia mendorong lembaga Rukyatul Hilal Indonesia (RHI) melalui anggotanya yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia untuk melaksanakan observasi hilal secara terus menerus di setiap bulan sejak Dzulhijjah 1427 H/Januari 2007 M. Observasi menerus ini bertujuan untuk menciptakan basis data lokal yang berisi data visibilitas hilal di Indonesia, baik positif (imkan) maupun negatif (tidak imkan).

Hasil penting yang bisa diperoleh dari analisis data salah satunya adalah definisi hilal berdasarkan Lag Bulan. Berdasarkan analisis, hilal adalah Bulan dengan Lag minimum 24 menit. Sebagai konsekuensinya maka Bulan dengan kondisi Lag antara 0 menit hingga 24 menit tidak didefinisikan sebagai hilal, melainkan Bulan gelap. Dengan ketinggian hilal ideal berharga minimum 4.6 derajat atau dibulatkan menjadi 5 derajat yang terjadi pada beda azimuth 7.5 derajat ketika Matahari terbenam dihitung dari ufuk hakiki saat dilihat dari dataran rendah dengan elevasi hingga 30 mdpl. Dengan elongasi minimum 7.23 derajat yang dicapai menggunakan alat bantu optik.

Persamaan tersebut selanjutnya disebut sebagai kriteria RHI dan menjadi persamaan batas untuk elemen posisi Bulan dan Matahari agar hilal terlihat (imkanu rukyat). Kriteria RHI menunjukkan bahwa ketinggian hilal dipengaruhi oleh nilai beda azimuthnya.

B. Hisab Awal Bulan Hijriyyah Dalam Kitab Irsyadul Murid

a) Algoritma Tahwil Sanah Hijriyyah ke Masehi

D = Tanggal H, M = Bulan H, Y = Tahun M

| TABEL JALAN BULAN MILADI | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Bulan | | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Ags | Sep | Okt | Nov | Des |
| Jumlah Hari | | 31 | 28/29 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| Jalan Bulan | B | 31 | 59 | 90 | 120 | 151 | 181 | 212 | 243 | 273 | 304 | 334 | 365 |
| | K | 31 | 60 | 91 | 121 | 152 | 182 | 213 | 244 | 274 | 305 | 335 | 366 |

$$AW^1 = 227016$$

$$AH = \text{Int}^2 \left(\frac{.11 \times Y}{30} \right) + \text{Int} (354 \times Y) + \text{Int} (30 \times M) - \text{Int} \left(\frac{M-1}{2} \right) + D - 384$$

$$AM = AH + AW$$

$$AMa = \text{Int} (AM / 1461)$$

$$AMb = AMa \times 4$$

$$AMc = AMa \times 1461$$

$$AMd = AM - AMc$$

$$AMe = \text{Int} (AMd / 365)$$

$$AMf = AMe \times 365$$

$$AMg = AMd - AMf$$

¹ Selisih hari antara 1 Muharram 1 H yang bertepatan pada 15 Juli 622 M dengan 1 Januari 1 M

² Integer, yakni fungsi untuk mengambil angka bulat dalam suatu bilangan, contoh : $\text{Int} (23,435) = 23$

$$\begin{aligned}
Y \text{ Msh} &= AMb + AMe + 1 \\
B &= 2 - \text{Int} (Y \text{ Msh} / 100) + \text{Int} (\text{Int} (Y \text{ Msh} / 100) / 4) \\
Yaum &= AMg - B \\
\text{Tahun M} &= Y \text{ Msh} \\
\text{Tanggal M} &= Yaum - \text{Jalan Bulan M terdekata dan lebih kecil} \\
\text{Bulan M} &= \text{Bulan setelahnya dari Jalan Bulan M terdekata dan lebih kecil} \\
\text{Hari}^3 &= AM - \text{Int} (AM / 7) \times 7 \quad \rightarrow \text{Dihitung dari 0 = Jumuah} \\
\text{Pasaran}^4 &= AM - \text{Int} (AM / 5) \times 5 \quad \rightarrow \text{Dihitung dari 0 = Wage}
\end{aligned}$$

b) Algoritma Hisab Mengetahui Ijtima' dan Posisi Hilal Saat Maghrib

Perhitungan untuk mengetahui akhir bulan dan awal bulanH

Lokasi : Lintang : Bujur :
TZ : TT : Mtr

" حساب الإجتامع "

M = Bulan H, Y = Tahun H

$$\begin{aligned}
HY &= Y + (M \times 29.53) / 354.3671 \\
K^5 &= (HY - 1410) \times 12 \\
T &= K / 1200 \\
JD^6 &= 2447740.652 + 29.53058868 \times K + 0.0001178 \times T^2 \\
M^7 &= \text{Frac}^8 ((207.9587074 + 29.10535608 \times K + -0.0000333 \times T^2) / 360) \times 360 \\
M'^9 &= \text{Frac} ((111.1791307 + 385.81691806 \times K + 0.0107306 \times T^2) / 360) \times 360 \\
F^{10} &= \text{Frac} ((164.2162296 + 390.67050646 \times K + -0.0016528 \times T^2) / 360) \times 360 \\
T1 &= (0.1734 - 0.000393 \times T) \times \sin M \\
T2 &= 0.0021 \times \sin 2M \\
T3 &= -0.4068 \times \sin M' \\
T4 &= 0.0161 \times \sin 2M'
\end{aligned}$$

³ Kode Hari, 0 = Jumuah, 1 = Sabtu, 2 = Ahad, 3 = Senin, 4 = Selasa, 5 = Rabu, 6 = Kamis.

⁴ Kode Pasaran, 0 = Wage, 1 = Kliwon, 2 = Legi, 3 = Pahing, 4 = Pon.

⁵ Jika hasil K desimalnya lebih dari 0,5 maka dibulatkan menjadi 1, contoh : 307,787777 maka dibulatkan 308.

⁶ Julian Day, jumlah hari menurut system kalender penanggalan syamsiah oleh Julius Caesar.

⁷ Khoosshotu As-Syams, yaitu busur sepanjang ekliptika yang diukur dari titik pusat Matahari hingga titik Aries sebelum bergerak.

⁸ Fraction adalah suatu fungsi untuk mengambil angka desimal dalam suatu bilangan, contoh : $\text{Frac} (23,456) = 0,456$.

⁹ Khoosshotu al-Qomar, yaitu busur sepanjang ekliptika yang diukur dari proyeksi titik pusat Bulan di bujur astronomi hingga titik Aries sebelum bergerak

¹⁰ Hissotu al-'Ardl, yaitu nilai gerak bulan karena ketidak-aturan semu dan ketidak-aturan gerak nyata bulan itu sendiri.

$$T5 = -0.0004 \times \sin 3M'$$

$$T6 = 0.0104 \times \sin 2F$$

$$T7 = -0.0051 \times \sin (M + M')$$

$$T8 = -0.0074 \times \sin (M - M')$$

$$T9 = 0.0004 \times \sin (2F + M)$$

$$T10 = -0.0004 \times \sin (2F - M)$$

$$T11 = -0.0006 \times \sin (2F + M')$$

$$T12 = 0.0010 \times \sin (2F - M')$$

$$T13 = 0.0005 \times \sin (M + 2M')$$

$$MT = \text{Jumlah } T1 \text{ s/d } T13$$

$$JD \text{ Ijtima}' = JD + 0.5 + MT$$

$$\text{Waktu Ijtima}' \text{ UT (WI UT)} = \text{Frac} (JD \text{ Ijtima}') \times 24$$

$$\text{Waktu Ijtima}' \text{ WD (WI WD)} = WI \text{ UT} + TZ \rightarrow \text{Hasil lebih dari 24, maka dikurangi 24}$$

$$Z = \text{Int} (JD \text{ Ijtima}'^0)$$

$$AA = \text{Int} ((Z - 1867216.25) / 36524.25)$$

$$A = Z + 1 + AA - \text{Int} (AA / 4)$$

$$B = A + 1524$$

$$C = \text{Int} ((B - 122.1) / 365.25)$$

$$D = \text{Int} (365.25 \times C)$$

$$E = \text{Int} ((B - D) / 30.6001)$$

$$\text{Tanggal M} = \text{Int} (B - D - \text{Int} (30.6001 \times E)) \rightarrow \text{Jika WI WD dikurangi 24, maka ditambah 1}$$

$$\text{Bulan M} = E - 1$$

$$\text{Tahun M} = C - 4716$$

$$PA = Z + 2 \rightarrow \text{Jika WI WD dikurangi 24, maka ditambah 1}$$

$$\text{Hari}^{11} = PA - \text{Int} (PA / 7) \times 7 \rightarrow \text{Dihitung dari 0 = Sabtu}$$

$$\text{Pasaran}^{12} = PA - \text{Int} (PA / 5) \times 5 \rightarrow \text{Dihitung dari 0 = Wage}$$

" حساب الهلال "

D = Tanggal M, M = Bulan M, Y = Tahun M

Time UT = Ghurub matahari WD - Time Zone

$$B = 2 - \text{Int} (Y/100) + \text{Int} (\text{Int}(Y/100)/4)$$

¹¹ Kode Hari, 0 = Sabtu, 1 = Ahad, 2 = Senin, 3 = Selasa, 4 = Rabu, 5 = Kamis, 6 = Jumuah.

¹² Kode Pasaran, 0 = Wage, 1 = Kliwon, 2 = Legi, 3 = Pahing, 4 = Pon

$$JD = \text{Int} (365.25 \times (Y + 4716)) + \text{Int} (30.6001 \times (M + 1)) + D + (\text{Time UT} / 24) + B - 1524.5$$

$$T = (JD - 2451545) / 36525$$

DATA MATAHARI

$$S^{13} = \text{Frac} ((280.46645 + 36000.76983 \times T) / 360) \times 360$$

$$m^{14} = \text{Frac} ((357.52910 + 35999.05030 \times T) / 360) \times 360$$

$$N^{15} = \text{Frac} ((125.04 - 1934.136 \times T) / 360) \times 360$$

$$K' = (17.264 / 3600) \times \sin N + (0.206 / 3600) \times \sin 2N$$

$$K'' = (-1.264 / 3600) \times \sin 2S$$

$$R' = (9.23 / 3600) \times \cos N - (0.090 / 3600) \times \cos 2N$$

$$R'' = (0.548 / 3600) \times \cos 2S$$

$$Q'^{16} = 23.43929111 + R' + R'' - (46.8150 / 3600) \times T$$

$$E = (6898.06 / 3600) \times \sin m + (72.095 / 3600) \times \sin 2m + (0.966 / 3600) \times \sin 3m$$

$$S'^{17} = S + E + K' + K'' - 20.47''$$

$$\delta^{18} = \sin^{-1} (\sin S' \times \sin Q')$$

$$PT^{19} = \tan^{-1} (\tan S' \times \cos Q')$$

- Jika $S' = 00$ s/d 90 , maka $PT = PT$
- Jika $S' = 90$ s/d 270 , maka $PT = PT + 180$
- Jika $S' = 270$ s/d 360 , maka $PT = PT + 360$

$$e^{20} = (-1.915 \times \sin m + -0.02 \times \sin 2m + 2.466 \times \sin 2S' + -0.053 \times \sin 4S') / 15$$

$$s.d^{21} = 0.267 / (1 - 0.017 \times \cos m)$$

$$\text{Dip}^{22} = (1.76/60) \times \sqrt{TT}$$

$$h^{23} = - (s.d + 34.5' + \text{Dip})$$

¹³ Washtu As-Syams, yaitu busur sepanjang ekliptika yang diukur dari Matahari hingga ke titik Aries sesudah bergerak.

¹⁴ Khoosshotu As-Syams.

¹⁵ Uqdatu As-Syams atau Titik Simpul, yang dalam astronomi sering dikenal dengan nama *Node*, yaitu titik perpotongan antara lintasan bulan dengan ekliptika.

¹⁶ Mailul Kully atau Mail A'dham, adalah kemiringan ekliptika dari Equator. Dalam Astronomi sering disebut True Obliquity.

¹⁷ Thulu As-Syams, Bujur Astronomi Matahari, adalah busur sepanjang lingkaran ekliptika ke arah timur diukur dari titik Aries sampai Matahari.

¹⁸ Mailu As-Syams, Deklinasi Matahari, yaitu jarak sepanjang lingkaran deklinasi dihitung dari equator sampai Matahari.

¹⁹ Matholi'u Al-Mustaqim Li As-Syams, Panjatan Tegak, yaitu busur sepanjang lingkaran equator yang dihitung mulai titik Aries (haml) ke arah Timur sampai ke titik perpotongan antara lingkaran equator dengan lingkaran deklinasi yang melalui Matahari.

²⁰ Ta'dilu Az-Zaman, Ta'dilu Al-Auqat, Ta'dilu Al-Waqt, yaitu selisih waktu antara waktu Matahari hakiki dengan waktu Matahari rata-rata. Dalam astronomi biasa disebut Equation Of Time.

²¹ Nisfu Qothri As-Syams, adalah jarak antara titik pusat piringan Matahari dengan piringan luarnya, atau seperdua garis tengah piringan Matahari, dalam astronomi sering disebut Semidiameter Matahari.

²² Inkhifadu Al-Ufuq, Ikhtilafu al-Ufuq, kerendahan ufuk, yaitu perbedaan kedudukan antara ufuk yang sebenarnya (hakiki) dengan ufuk yang terlihat (mar'i) oleh seorang pengamat.

$$t^{24} = \text{Cos}^{-1} (-\tan \phi \times \tan \delta + \text{Sin } h / \text{Cos } \phi / \text{Cos } \delta)$$

$$\text{Ghurub WD} = t / 15 + (12 - e) + (\text{TZ} \times 15 - \text{Bujur Tempat}) / 15$$

$$\text{Umur Hilal} = \text{Ghurub WD} - \text{Waktu Ijtima' WD}$$

DATA BULAN

$$M^{25} = \text{Frac} ((218.31617 + 481267.88088 \times T) / 360) \times 360$$

$$A^{26} = \text{Frac} ((134.96292 + 477198.86753 \times T) / 360) \times 360$$

$$F^{27} = \text{Frac} ((093.27283 + 483202.01873 \times T) / 360) \times 360$$

$$D = \text{Frac} ((297.85027 + 445267.11135 \times T) / 360) \times 360$$

$$T1 = (22640 / 3600) \times \text{Sin } A$$

$$T2 = (-4586 / 3600) \times \text{Sin } (A - 2D)$$

$$T3 = (2370 / 3600) \times \text{Sin } 2D$$

$$T4 = (769 / 3600) \times \text{Sin } 2A$$

$$T5 = (-668 / 3600) \times \text{Sin } m$$

$$T6 = (-412 / 3600) \times \text{Sin } 2F$$

$$T7 = (-212 / 3600) \times \text{Sin } (2A - 2D)$$

$$T8 = (-206 / 3600) \times \text{Sin } (A + m - 2D)$$

$$T9 = (192 / 3600) \times \text{Sin } (A + 2D)$$

$$T10 = (-165 / 3600) \times \text{Sin } (m - 2D)$$

$$T11 = (148 / 3600) \times \text{Sin } (A - m)$$

$$T12 = (-125 / 3600) \times \text{Sin } D$$

$$T13 = (-110 / 3600) \times \text{Sin } (A + m)$$

$$T14 = (-55 / 3600) \times \text{Sin } (2F - 2D)$$

$$C = \text{Jumlah } T1 \text{ s.d } T14$$

$$Mo^{28} = (M + C + K' + K'' - 20.47'')$$

$$A'^{29} = A + T2 + T3 + T5$$

²³ Irtifa'u As-Syams, ketinggian Matahari, yaitu ketinggian matahari sepanjang lingkaran vertikal dihitung dari ufuk sampai Matahari.

²⁴ Nisfu Qousi An-Nahaar, Setengah busur siang, yaitu busur sepanjang lingkaran harian suatu benda langit diukur dari titik terbit atau titik terbenam sampai titik kulminasi atasnya.

²⁵ Washtu Al-Qomar, yaitu busur sepanjang ekliptika yang diukur dari titik proyeksi Bulan di bujur astronomi hingga ke titik Aries sesudah bergerak.

²⁶ Khossotu Al-Qomar.

²⁷ Hissotu Al-'Ardl.

²⁸ Thulu Al-Qomar, Bujur Astronomi Bulan, adalah busur sepanjang lingkaran ekliptika ke arah timur diukur dari titik Aries sampai bujur astronomi yang melewati bulan.

²⁹ Khoosotu al-Mu'addal, Khoosotu al-Qomar yang telah dikoreksi

$$L'^{30} = (18461 / 3600) \times \sin F + (1010 / 3600) \times \sin (A + F) + (1000 / 3600) \times \sin (A - F) - (624 / 3600) \times \sin (F - 2D) - (199 / 3600) \times \sin (A - F - 2D) - (167 / 3600) \times \sin (A + F - 2D)$$

$$x^{31} = \tan^{-1} (\sin Mo \times \tan Q')$$

$$y^{32} = (L' + x)$$

$$\delta c^{33} = \sin^{-1} (\sin Mo \times \sin Q' \times \sin y / \sin x)$$

$$PTc^{34} = \cos^{-1} (\cos Mo \times \cos L' / \cos \delta c)$$

- Jika $Mo = 00$ s/d 180 , maka $PTc = PTc$
- Jika $Mo = 180$ s/d 360 , maka $PTc = 360 - PTc$

$$tc^{35} = (PT - PTc) + t$$

$$\text{Tinggi Hilal Hakiki (hc)}^{36} = \sin^{-1} (\sin \phi \times \sin \delta c + \cos \phi \times \cos \delta c \times \cos tc)$$

$$p^{37} = (384401 \times (1 - 0.0549^2)) / (1 + 0.0549 \times \cos (A' + T1))$$

$$p' = p / 384401$$

$$HP^{38} = 0.9507 / p'$$

$$s.d.c^{39} = (0.5181 / p') / 2$$

$$p^{40} = HP \times \cos hc$$

$$Ref^{41} = 0.0167 / \tan (hc + 7.31 / (hc + 4.4))$$

$$\text{Tinggi Hilal Mar'i (hc')}^{42} = hc - P + s.d.c + Ref + Dip$$

$$\text{Arah Matahari Dari Titik Barat (Az TB)} = \tan^{-1} (-\sin \phi / \tan t + \cos \phi \times \tan \delta / \sin t)$$

$$\text{Azimut Matahari UTSB (Az)}^{43} = Az TB + 270$$

³⁰ 'Ardlu al-Qomar, Lintang Bulan, Lintang Astronomi Bulan, yaitu busur sepanjang lingkaran kutub ekliptika dihitung dari titik pusat bulan hingga lingkaran ekliptika. Nilai lintang bulan antara 0 sampai 5° 8'. Jika di utara ekliptika maka bertanda positif, dan jika di selatan ekliptika maka bertanda negative.

³¹ Mailu Tsani Li Al-Qomar, busur antara bulan dengan equator dihitung sepanjang bujur astronomi yang ditempati bulan tersebut.

³² Hisshotu Al-Bu'di, Jarak bulan sepanjang lingkaran bujur astronomi yang dihitung dari bulan sampai titik perpotongan lintasan bulan dengan ekliptika (Node)

³³ Bu'du Al-Qomar, Mailu Al-Qomar, Deklinasi Bulan, yaitu jarak sepanjang lingkaran deklinasi dihitung dari equator hingga bulan.

³⁴ Matholi'u Al-Mustaqim Li Al-Qomar, yaitu busur sepanjang lingkaran equator yang dihitung mulai titik Aries (haml) ke arah Timur sampai ke titik perpotongan antara lingkaran equator dengan lingkaran deklinasi yang melalui Bulan.

³⁵ Fadllu Ad-Daair Li Al-Qomar, Sudut Waktu, adalah busur sepanjang lingkaran harian Bulan dari titik kulminasi atas sampai Bulan tersebut, dalam astronomi sering disebut dengan Hour Angle.

³⁶ Irtifa' Hilal Hakiki, yaitu ketinggian Hilal sepanjang lingkaran vertikal dihitung dari ufuk hakiki hingga posisi bulan tersebut.

³⁷ Bu'du Hakiki Baina Al-Ardli wa Markazi Al-Qomar, yaitu Jarak sebenarnya antara pusat Bumi dengan pusat Bulan dihitung dengan satuan K.M.

³⁸ Ikhtilafi Al-Mandhor Li Al-Qomar 1, Beda Lihat, yaitu beda lihat terhadap suatu benda langit bila dilihat dari titik pusat bumi dengan dilihat dari permukaan bumi, dalam Astronomi sering disebut Horizon Parallaks.

³⁹ Nisfu Qothri Al-Qomar, adalah jarak antara titik pusat piringan Bulan dengan piringan luarnya, atau seperdua garis tengah piringan Bulan, dalam astronomi sering disebut Semidiameter Bulan.

⁴⁰ Ikhtilafi Al-Mandhor Li Al-Qomar 2, Parallaks

⁴¹ Inkisar As-Sya'ar, Daqoiq Al-Ikhtilaf, Refraksi, artinya Pembiasan sinar, yaitu perbedaan antara tinggi bulan yang terlihat dengan tinggi bulan yang sebenarnya sebagai akibat adanya pembiasan sinar. Pembiasan ini terjadi karena sinar yang datang menuju ke mata kita telah melewati lapisan-lapisan atmosfer, sehingga posisi bulan akan lebih tinggi dari posisi sebenarnya.

⁴² Irtifa' Hilal Mar'i, yaitu ketinggian Hilal sepanjang lingkaran vertikal dihitung dari ufuk mar'i atau ufuk yang terlihat oleh pengamat hingga posisi bulan tersebut.

$$\text{Arah Hilal Dari Titik Barat (Azc TB)} = \tan^{-1} (-\sin \phi / \tan tc + \cos \phi \times \tan \delta c / \sin tc)$$

$$\text{Azimut Hilal UTSB (Azc)}^{44} = \text{Azc TB} + 270$$

$$\text{Posisi Hilal Dari Matahari (z)}^{45} = \text{Azc} - \text{Az}$$

$$\text{Lama Hilal Di Atas Ufuk (Dc)}^{46} = (\text{PTc} - \text{PT}) / 15$$

$$\text{AL} = \cos^{-1} (\cos \text{Abs} (hc' - h) \times \cos \text{Abs} (\text{Azc} - \text{Az}))$$

$$\text{Lebar Hilal (Cw)}^{47} = (1 - \cos \text{AL}) \times \text{s.d.c} \times 60$$

$$\text{Elongasi (EL)}^{48} = \cos^{-1} (\cos (\text{Mo} - \text{S}') \times \cos \text{L}')$$

$$\text{Fla} = \cos^{-1} (-\cos \text{EL})$$

$$\text{Nurul Hilal (Fl)}^{49} = (1 + \cos \text{Fla}) / 2$$

$$\text{Hilal Tenggelam (Ms)} = \text{Ghurub} + \text{Dc}$$

$$\text{R}^{50} = 1.00014 - 0.01671 \times \cos m - 0.00014 \times \cos 2m$$

$$\text{R} = \text{R} \times 149597870$$

c) Menghitung Tahwil Sanah 29 Ramadhan 1439 H

$$\text{D} = 29 \quad \text{M} = 9 \quad \text{Y} = 1439$$

$$\text{AW} = 227016$$

$$\text{AH} = \text{Int} ((11 \times 1439) / 30) + \text{Int} (354 \times 1439) + \text{Int} (30 \times 9) - \text{Int} ((9 - 1) / 2) + 29 - 384 = 509844$$

$$\text{AM} = 509844 + 227016 = 736860$$

$$\text{AMa} = \text{Int} (736860 / 1461) = 504$$

$$\text{AMb} = 504 \times 4 = 2016$$

$$\text{AMc} = 504 \times 1461 = 736344$$

$$\text{AMd} = 736860 - 736344 = 516$$

⁴³ Simtu Irtifa' As-Syasm, Jihah As-Syams, Arah Matahari, yaitu sudut yang dihitung sepanjang horizontal dari titik utara ke timur searah jarum jam sampai titik perpotongan antara lingkaran vertikal yang melewati Matahari dengan lingkaran horizon, dalam Astronomi sering disebut dengan Azimut Matahari.

⁴⁴ Simtu Irtifa' Al-Qomar, yaitu sudut yang dihitung sepanjang horizontal dari titik utara ke timur searah jarum jam sampai titik perpotongan antara lingkaran vertikal yang melewati Bulan dengan lingkaran horizon, dalam Astronomi sering disebut dengan Azimut Bulan.

⁴⁵ Bu'du Al-Hilal Min As-Syams, Beda Azimut, Selisih Azimut, yaitu sudut yang dihitung sepanjang horizontal dari titik perpotongan lingkaran vertikal Matahari terhadap lingkaran horizon sampai titik perpotongan antara lingkaran vertikal yang melewati Bulan dengan lingkaran horizon, jika nilai beda azimuth negatif maka posisi bulan ada di sebelah selatan Matahari dan jika positif, maka posisi Bulan ada di sebelah utara Matahari.

⁴⁶ Muktsu Al-Hilal Fauq Al-Ufuq, Lama Hilal di atas ufuk, yaitu tenggang waktu dimulai dari Matahari terbenam hingga terbenamnya Bulan.

⁴⁷ Simku Al-Hilal, Lebar Hilal, Crescent Width, yaitu lebar piringan hilal yang bercahaya dilihat dari Bumi, lebar bulan ini dinyatakan dalam satuan Meter.

⁴⁸ Zaawiyah Al-Istitholah, yaitu sudut pada bumi yang dibentuk oleh garis hubung antara Bulan dan Bumi. Elongasi bernilai 0 pada saat konjungsi, 90 ketika kwartir pertama, 180 ketika oposisi, dan 270 ketika kwartir kedua.

⁴⁹ Nurul Hilal, Cahaya Hilal, yaitu tebal piringan hilal yang bercahaya dihitung dari tepi piringan menuju ke pusat piringan itu, dalam astronomi sering disebut dengan Fraction Illumination, yang dinyatakan dalam bentuk desimal. Jika Fraction illumination sebesar 1 maka bulan dalam keadaan purnama. Untuk membuat nurul hilal menjadi satuan persen maka Fraction Illumination dikali dengan 100.

⁵⁰ Bu'du Baina Markaz Al-'Ard' wa Markaz As-Syams, Jarak Bumi Terhadap Matahari, yaitu jarak dihitung dari titik pusat bumi menuju ke titik pusat Matahari, jarak ini dinyatakan dengan satuan AU, jika ingin mengubah menjadi satuan KM maka jarak AU x 149597870.

$$\begin{aligned}
AMe &= \text{Int} (516 / 365) = 1 \\
AMf &= 1 \times 365 = 365 \\
AMg &= 516 - 365 = 151 \\
Y \text{ Msh} &= 2016 + 1 + 1 = 2018 \\
B &= 2 - \text{Int} (2018 / 100) + \text{Int} (\text{Int} (2018 / 100) / 4) = -13 \\
Yaum &= 151 - (-13) = 164 \\
\text{Tahun M} &= \mathbf{2018} \text{ (Basitoh)} \\
\text{Tanggal M} &= 164 - 151 \text{ (Mei Basitoh)} = \mathbf{13} \\
\text{Bulan M} &= \text{Bulan setelah Mei} = \mathbf{Juni} \\
\text{Hari} &= 736860 - \text{Int} (736860 / 7) \times 7 = 5 \rightarrow \mathbf{Rabu} \\
\text{Pasaran} &= 736860 - \text{Int} (736860 / 5) \times 5 = 0 \rightarrow \mathbf{Wage}
\end{aligned}$$

Kesimpulan :

Jadi tanggal **29 Ramadhan 1439 H** bertepatan pada hari **Rabu Wage, 13 Juni 2018 M**

d) Menghitung waktu Ijtima' dan posisi Hilal saat Matahari terbenam.

Perhitungan untuk mengetahui akhir bulan Ramadhan 1439 H dan awal bulan Syawal 1439 H

$$\begin{aligned}
\text{Lokasi}^{51} : \text{Kuala Lumpur} & \quad \text{Lintang} : 3^{\circ} 9' \text{ LU} & \quad \text{Bujur} : 101^{\circ} 41' \text{ BT} \\
\text{TZ} & : \text{GMT} + 8 & \quad \text{TT} : 100 & \quad \text{Mtr}
\end{aligned}$$

" حساب الإجتامع "

$$M = 9, \quad Y = 1439$$

$$\begin{aligned}
HY &= 1439 + (9 \times 29,53) / 354,3671 = 1439,749985 \\
K &= (1439,749985 - 1410) \times 12 = 356,9998196 = 357 \\
T &= 357 / 1200 = 0,2975 \\
JD &= 2447740,652 + 29,53058868 \times 357 + 0,0001178 \times 0,2975^2 = 2458283,072 \\
M &= \text{Frac} ((207,9587074 + 29,10535608 \times 357 + -0,0000333 \times 0,2975^2) / 360) \times 360 = \\
&= 158^{\circ} 34' 14,97'' \\
M' &= \text{Frac} ((111,1791307 + 385,81691806 \times 357 + 0,0107306 \times 0,2975^2) / 360) \times 360 = \\
&= 327^{\circ} 49' 11,3'' \\
F &= \text{Frac} ((164,2162296 + 390,67050646 \times 357 + -0,0016528 \times 0,2975^2) / 360) \times 360 = \\
&= 313^{\circ} 35' 12,73'' \\
T1 &= (0,1734 - 0,000393 \times 0,2975) \times \sin 158^{\circ} 34' 14,97'' = 0^{\circ} 3' 47,91''
\end{aligned}$$

⁵¹ Koordinat tempat yang digunakan diambil dari tabel koordinat dalam kitab Irsyadul Murid

$$\begin{aligned}
T2 &= 0.0021 \times \sin(2 \times 158^\circ 34' 14,97'') = -0^\circ 0' 5,14'' \\
T3 &= -0.4068 \times \sin 327^\circ 49' 11,3'' = 0^\circ 12' 59,96'' \\
T4 &= 0.0161 \times \sin(2 \times 327^\circ 49' 11,3'') = -0^\circ 0' 52,25'' \\
T5 &= -0.0004 \times \sin(3 \times 327^\circ 49' 11,3'') = 0^\circ 0' 1,43'' \\
T6 &= 0.0104 \times \sin(2 \times 313^\circ 35' 12,73'') = -0^\circ 0' 37,39'' \\
T7 &= -0.0051 \times \sin(158^\circ 34' 14,97'' + 327^\circ 49' 11,3'') = -0^\circ 0' 14,78'' \\
T8 &= -0.0074 \times \sin(158^\circ 34' 14,97'' - 327^\circ 49' 11,3'') = 0^\circ 0' 4,97'' \\
T9 &= 0.0004 \times \sin(2 \times 313^\circ 35' 12,73'' + 158^\circ 34' 14,97'') = 0^\circ 0' 1,31'' \\
T10 &= -0.0004 \times \sin(2 \times 313^\circ 35' 12,73'' - 158^\circ 34' 14,97'') = -0^\circ 0' 1,36'' \\
T11 &= -0.0006 \times \sin(2 \times 313^\circ 35' 12,73'' + 327^\circ 49' 11,3'') = 0^\circ 0' 1,77'' \\
T12 &= 0.0010 \times \sin(2 \times 313^\circ 35' 12,73'' - 327^\circ 49' 11,3'') = -0^\circ 0' 3,14'' \\
T13 &= 0.0005 \times \sin(158^\circ 34' 14,97'' + (2 \times 327^\circ 49' 11,3'')) = 0^\circ 0' 1,8'' \\
MT &= \text{Jumlah } T1 \text{ s/d } T13 = 0^\circ 15' 5,09'' \\
JD \text{ Ijtima}' &= 2458283,072 + 0.5 + 0^\circ 15' 5,09'' = 2458283,824 \\
\text{Waktu Ijtima}' \text{ UT} &= \text{Frac}(2458283,824) \times 24 = 19:45:57,4 \text{ UT} \\
\text{Waktu Ijtima}' \text{ WD} &= 19:45:57,4 + 8 = 27:45:57,4 - 24 = 03:45:57,4 \text{ WD} \\
Z &= \text{Int}(2458283,824) = 2458283 \\
AA &= \text{Int}((2458283 - 1867216.25) / 36524.25) = 16 \\
A &= 2458283 + 1 + 16 - \text{Int}(16 / 4) = 2458296 \\
B &= 2458296 + 1524 = 2459820 \\
C &= \text{Int}((2459820 - 122.1) / 365.25) = 6734 \\
D &= \text{Int}(365.25 \times 6734) = 2459593 \\
E &= \text{Int}((2459820 - 2459593) / 30.6001) = 7 \\
\text{Tanggal } M &= \text{Int}(2459820 - 2459593 - \text{Int}(30.6001 \times 7)) = 13 + 1 = 14 \\
\text{Bulan } M &= 7 - 1 = 6 \rightarrow \text{Juni} \\
\text{Tahun } M &= 6734 - 4716 = 2018 \\
PA &= 2458283 + 2 + 1 = 2458286 \\
\text{Hari} &= 2458286 - \text{Int}(2458286 / 7) \times 7 = 5 \rightarrow \text{Kamis} \\
\text{Pasar} &= 2458286 - \text{Int}(2458286 / 5) \times 5 = 1 \rightarrow \text{Kliwon}
\end{aligned}$$

Kesimpulan :

Jadi Ijtima' Akhir Ramadhan 1439 H bertepatan pada hari Kamis Kliwon, 14 Juni 2018 M pukul 03:45:57,4 WD

" حساب الهلال "

$$D = 14 \quad M = 6 \quad Y = 2018$$

$$\text{Time UT} = 19:23:54 - 8 = 11:23:54 \text{ UT}$$

$$B = 2 - \text{Int} (2018 / 100) + \text{Int} (\text{Int}(2018 / 100) / 4) = -13$$

$$\text{JD} = \text{Int} (365.25 \times (2018 + 4716)) + \text{Int} (30.6001 \times (6 + 1)) + 14 + (11^\circ 23' 54'' / 24) + (-13) - 1524.5 = 2458283,975$$

$$T = (2458283,975 - 2451545) / 36525 = 0,184503078$$

DATA MATAHARI

$$S = \text{Frac} ((280.46645 + 36000.76983 \times 0,184503078) / 360) \times 360 = 82^\circ 43' 9,48''$$

$$m = \text{Frac} ((357.52910 + 35999.05030 \times 0,184503078) / 360) \times 360 = 159^\circ 27' 52,89''$$

$$N = \text{Frac} ((125.04 - 1934.136 \times 0,184503078) / 360) \times 360 = -231^\circ 48' 50,5'' + 360 = 128^\circ 11' 9,44''$$

$$K' = (17.264 / 3600) \times \text{Sin} 128^\circ 11' 9,44'' + (0.206 / 3600) \times \text{Sin} (2 \times 128^\circ 11' 9,44'') = 0^\circ 0' 13,37''$$

$$K'' = (-1.264 / 3600) \times \text{Sin} (2 \times 82^\circ 43' 9,48'') = -0^\circ 0' 0,32''$$

$$R' = (9.23 / 3600) \times \text{Cos} 128^\circ 11' 9,44'' - (0.090 / 3600) \times \text{Cos} (2 \times 128^\circ 11' 9,44'') = -0^\circ 0' 5,68''$$

$$R'' = (0.548 / 3600) \times \text{Cos} (2 \times 82^\circ 43' 9,48'') = -0^\circ 0' 0,53''$$

$$Q' = 23.43929111 + -0^\circ 0' 5,68'' + -0^\circ 0' 0,53'' - (46.8150 / 3600) \times 0,184503078 = 23^\circ 26' 6,6''$$

$$E = (6898.06 / 3600) \times \text{Sin} 159^\circ 27' 52,89'' + (72.095 / 3600) \times \text{Sin} (2 \times 159^\circ 27' 52,89'') + (0.966 / 3600) \times \text{Sin} (3 \times 159^\circ 27' 52,89'') = 0^\circ 39' 33,22''$$

$$S' = 82^\circ 43' 9,48'' + 0^\circ 39' 33,22'' + 0^\circ 0' 13,37'' + -0^\circ 0' 0,32'' - 20.47'' = 83^\circ 22' 35,28''$$

$$\delta = \text{Sin}^{-1} (\text{Sin} 83^\circ 22' 35,28'' \times \text{Sin} 23^\circ 26' 6,6'') = 23^\circ 16' 10,2''$$

$$\text{PT} = \text{Tan}^{-1} (\text{Tan} 83^\circ 22' 35,28'' \times \text{Cos} 23^\circ 26' 6,6'') = 82^\circ 47' 13,17'' (\text{S}' 0 \text{ s/d } 90 = \text{Tetap})$$

$$e = (-1.915 \times \text{sin} 159^\circ 27' 52,89'' + -0.02 \times \text{sin} (2 \times 159^\circ 27' 52,89'') + 2.466 \times \text{sin} (2 \times 83^\circ 22' 35,28'') + -0.053 \times \text{sin} (4 \times 83^\circ 22' 35,28'')) / 15 = -0^\circ 0' 16,77''$$

$$\text{s.d} = 0.267 / (1 - 0.017 \times \text{Cos} 159^\circ 27' 52,89'') = 0^\circ 15' 46,14''$$

$$\text{Dip} = (1.76 / 60) \times \sqrt{100} = 0^\circ 17' 36''$$

$$h = - (0^\circ 15' 46,14'' + 34.5' + 0^\circ 17' 36'') = -1^\circ 7' 52,14''$$

$$t = \text{Cos}^{-1} (-\text{tan} 3^\circ 9' \times \text{tan} 23^\circ 16' 10,2'' + \text{Sin} (-1^\circ 7' 52,14'') / \text{Cos} 3^\circ 9' / \text{Cos} 23^\circ 16' 10,2'') = 92^\circ 35' 23,84''$$

$$\text{Ghurub WD} = 92^\circ 35' 23,84'' / 15 + (12 - -0^\circ 0' 16,77'') + (8 \times 15 - 101^\circ 41') / 15 = 19:23:54,36 \text{ WD}$$

$$\text{Umur Hilal} = 19:23:54,36 - 03:45:57,4 = 15 \text{ Jam } 37 \text{ Menit } 56,96 \text{ Detik}$$

DATA BULAN

$$\begin{aligned}M &= \text{Frac}((218.31617 + 481267.88088 \times 0,184503078) / 360) \times 360 = 93^{\circ} 43' 17,53'' \\A &= \text{Frac}((134.96292 + 477198.86753 \times 0,184503078) / 360) \times 360 = 339^{\circ} 37' 22,07'' \\F &= \text{Frac}((093.27283 + 483202.01873 \times 0,184503078) / 360) \times 360 = 325^{\circ} 31' 57,29'' \\D &= \text{Frac}((297.85027 + 445267.11135 \times 0,184503078) / 360) \times 360 = 11^{\circ} 0' 10,25'' \\T1 &= (22640 / 3600) \times \text{Sin } 339^{\circ} 37' 22,07'' = -2^{\circ} 11' 23,23'' \\T2 &= (-4586 / 3600) \times \text{Sin}(339^{\circ} 37' 22,07'' - 2 \times 11^{\circ} 0' 10,25'') = 0^{\circ} 51' 31,34'' \\T3 &= (2370 / 3600) \times \text{Sin}(2 \times 11^{\circ} 0' 10,25'') = 0^{\circ} 14' 48,04'' \\T4 &= (769 / 3600) \times \text{Sin}(2 \times 339^{\circ} 37' 22,07'') = -0^{\circ} 8' 22,02'' \\T5 &= (-668 / 3600) \times \text{Sin } 159^{\circ} 27' 52,89'' = -0^{\circ} 3' 54,32'' \\T6 &= (-412 / 3600) \times \text{Sin}(2 \times 325^{\circ} 31' 57,29'') = 0^{\circ} 6' 24,47'' \\T7 &= (-212 / 3600) \times \text{Sin}(2 \times 339^{\circ} 37' 22,07'' - 2 \times 11^{\circ} 0' 10,25'') = 0^{\circ} 3' 8,49'' \\T8 &= (-206 / 3600) \times \text{Sin}(339^{\circ} 37' 22,07'' + 159^{\circ} 27' 52,89'' - 2 \times 11^{\circ} 0' 10,25'') = -0^{\circ} 3' 3,41'' \\T9 &= (192 / 3600) \times \text{Sin}(339^{\circ} 37' 22,07'' + 2 \times 11^{\circ} 0' 10,25'') = 0^{\circ} 0' 5,46'' \\T10 &= (-165 / 3600) \times \text{Sin}(159^{\circ} 27' 52,89'' - 2 \times 11^{\circ} 0' 10,25'') = -0^{\circ} 1' 51,56'' \\T11 &= (148 / 3600) \times \text{Sin}(339^{\circ} 37' 22,07'' - 159^{\circ} 27' 52,89'') = -0^{\circ} 0' 0,41'' \\T12 &= (-125 / 3600) \times \text{Sin } 11^{\circ} 0' 10,25'' = -0^{\circ} 0' 23,86'' \\T13 &= (-110 / 3600) \times \text{Sin}(339^{\circ} 37' 22,07'' + 159^{\circ} 27' 52,89'') = -0^{\circ} 1' 12,04'' \\T14 &= (-55 / 3600) \times \text{Sin}(2 \times 325^{\circ} 31' 57,29'' - 2 \times 11^{\circ} 0' 10,25'') = 0^{\circ} 0' 54,99'' \\C &= \text{Jumlah } T1 \text{ s.d } T14 = -1^{\circ} 13' 18,06'' \\Mo &= (93^{\circ} 43' 17,53'' + -1^{\circ} 13' 18,06'' + 0^{\circ} 0' 13,37'' + (-0^{\circ} 0' 0,32'') - 20,47'') = 92^{\circ} 29' 52,05'' \\A' &= 339^{\circ} 37' 22,07'' + 0^{\circ} 51' 31,34'' + 0^{\circ} 14' 48,04'' + -0^{\circ} 3' 54,32'' = 340^{\circ} 39' 47,13'' \\L' &= (18461 / 3600) \times \text{Sin } 325^{\circ} 31' 57,29'' + (1010 / 3600) \times \text{Sin}(339^{\circ} 37' 22,07'' + 325^{\circ} 31' 57,29'') + (1000 / 3600) \times \text{Sin}(339^{\circ} 37' 22,07'' - 325^{\circ} 31' 57,29'') - (624 / 3600) \times \text{Sin}(325^{\circ} 31' 57,29'' - 2 \times 11^{\circ} 0' 10,25'') - (199 / 3600) \times \text{Sin}(339^{\circ} 37' 22,07'' - 325^{\circ} 31' 57,29'' - 2 \times 11^{\circ} 0' 10,25'') - (167 / 3600) \times \text{Sin}(339^{\circ} 37' 22,07'' + 325^{\circ} 31' 57,29'' - 2 \times 11^{\circ} 0' 10,25'') = -2^{\circ} 51' 59,88'' \\x &= \text{Tan}^{-1}(\text{Sin } 92^{\circ} 29' 52,05'' \times \text{Tan } 23^{\circ} 26' 6,6'') = 23^{\circ} 24' 55,08'' \\y &= (-2^{\circ} 51' 59,88'' - 23^{\circ} 24' 55,08'') = 20^{\circ} 32' 55,19'' \\δc &= \text{Sin}^{-1}(\text{Sin } 92^{\circ} 29' 52,05'' \times \text{Sin } 23^{\circ} 26' 6,6'' \times \text{Sin } 20^{\circ} 32' 55,19'' / \text{Sin } 23^{\circ} 24' 55,08'') = 20^{\circ} 32' 43,58'' \\PTc &= \text{Cos}^{-1}(\text{Cos } 92^{\circ} 29' 52,05'' \times \text{Cos } -2^{\circ} 51' 59,88'' / \text{Cos } 20^{\circ} 32' 43,58'') = 92^{\circ} 39' 51,24'' \\&(\text{Mo } 00 \text{ s/d } 180, \text{ maka Tetap}) \\tc &= (82^{\circ} 47' 13,17'' - 92^{\circ} 39' 51,24'') + 92^{\circ} 35' 23,84'' = 82^{\circ} 42' 45,77''\end{aligned}$$

$$\text{Tinggi Hilal Hakiki (hc)} = \sin^{-1} (\sin 3^{\circ} 9' \times \sin 20^{\circ} 32' 43,58'' + \cos 3^{\circ} 9' \times \cos 20^{\circ} 32' 43,58'' \times \cos 82^{\circ} 42' 45,77'') = 7^{\circ} 55' 31,05''$$

$$p = (384401 \times (1 - 0.0549^2)) / (1 + 0.0549 \times \cos (340^{\circ} 39' 47,13'' + -2^{\circ} 11' 23,23'')) = 364621,0176$$

$$p' = 364621,0176 / 384401 = 0^{\circ} 56' 54,76''$$

$$\text{HP} = 0.9507 / 0^{\circ} 56' 54,76'' = 1^{\circ} 0' 8,19''$$

$$\text{s.d.c} = (0.5181 / 0^{\circ} 56' 54,76'') / 2 = 0^{\circ} 16' 23,17''$$

$$P = 1^{\circ} 0' 8,19'' \times \cos 7^{\circ} 55' 31,05'' = 0^{\circ} 59' 33,73''$$

$$\text{Ref} = 0.0167 / \tan (7^{\circ} 55' 31,05'' + 7.31 / (7^{\circ} 55' 31,05'' + 4.4)) = 0^{\circ} 6' 41,39''$$

$$\text{Tinggi Hilal Mar'i (hc')} = 7^{\circ} 55' 31,05'' - 0^{\circ} 59' 33,73'' + 0^{\circ} 16' 23,17'' + 0^{\circ} 6' 41,39'' + 0^{\circ} 17' 36'' = 7^{\circ} 36' 37,88'' \text{ Di Atas Ufuk}$$

$$\text{Arah Matahari Dari Titik Barat (Az TB)} = \tan^{-1} (-\sin 3^{\circ} 9' / \tan 92^{\circ} 35' 23,84'' + \cos 3^{\circ} 9' \times \tan 23^{\circ} 16' 10,2'' / \sin 92^{\circ} 35' 23,84'') = 23^{\circ} 22' 45,88'' \text{ Dari Barat ke Utara}$$

$$\text{Azimut Matahari UTSB (Az)} = 23^{\circ} 22' 45,88'' + 270 = 293^{\circ} 22' 45,88'' \text{ UTSB}$$

$$\text{Arah Hilal Dari Titik Barat (Azc TB)} = \tan^{-1} (-\sin 3^{\circ} 9' / \tan 82^{\circ} 42' 45,77'' + \cos 3^{\circ} 9' \times \tan 20^{\circ} 32' 43,58'' / \sin 82^{\circ} 42' 45,77'') = 20^{\circ} 19' 0,2'' \text{ Dari Barat ke Utara}$$

$$\text{Azimut Hilal UTSB (Azc)} = 20^{\circ} 19' 0,2'' + 270 = 290^{\circ} 19' 0,2'' \text{ UTSB}$$

$$\text{Posisi Hilal Dari Matahari (z)} = 290^{\circ} 19' 0,2'' - 293^{\circ} 22' 45,88'' = -3^{\circ} 3' 45,68'' \text{ Di Selatan Matahari, Miring ke Selatan}$$

$$\text{Lama Hilal Di Atas Ufuk (Dc)} = (92^{\circ} 39' 51,24'' - 82^{\circ} 47' 13,17'') / 15 = 39 \text{ Menit } 30,54 \text{ Detik}$$

$$\text{AL} = \cos^{-1} (\cos \text{Abs} (7^{\circ} 36' 37,88'' - -1^{\circ} 7' 52,14'') \times \cos \text{Abs} (290^{\circ} 19' 0,2'' - 293^{\circ} 22' 45,88'')) = 9^{\circ} 15' 31,41''$$

$$\text{Lebar Hilal (Cw)} = (1 - \cos 9^{\circ} 15' 31,41'') \times 0^{\circ} 16' 23,17'' \times 60 = 0,213480986 \text{ M}$$

$$\text{Elongasi (EL)} = \cos^{-1} (\cos (92^{\circ} 29' 52,05'' - 83^{\circ} 22' 35,28'') \times \cos -2^{\circ} 51' 59,88'') = 9^{\circ} 33' 27,15''$$

$$\text{Fia} = \cos^{-1} (-\cos 9^{\circ} 33' 27,15'') = 170^{\circ} 26' 32,85''$$

$$\text{Nurul Hilal (FI)} = (1 + \cos 170^{\circ} 26' 32,85'') / 2 \times 100 = 0,6940324429 \%$$

$$\text{Hilal Tenggelam (Ms)} = 19:23:54,36 + 39 \text{ Menit } 30,54 \text{ Detik} = 20:03:24,9 \text{ WD}$$

$$R = 1.00014 - 0.01671 \times \cos 159^{\circ} 27' 52,89'' - 0.00014 \times \cos (2 \times 159^{\circ} 27' 52,89'') = 1,015682637 \text{ AU}$$

$$R = 1,015682637 \times 149597870 = 151943959,1 \text{ KM}$$

Kesimpulan :

| | |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Ijtima' akhir Ramadhan 1439 H | : Kamis Kliwon, 14 Juni 2018 M, pukul 03:45:57,4 WD |
| Terbenam Matahari | : 19:23:54,36 WD |
| Tinggi Hilal Haqiqy (Geo) | : 7° 55' 31,05" Di Atas Ufuk Hakiki |
| Tinggi Hilal Mar'iy (Topo) | : 7° 36' 37,88" Di Atas Ufuk Mar'i |
| Azimut Hilal | : 290° 19' 0,2" UTSB |
| Azimut Matahari | : 293° 22' 45,88" UTSB |
| Posisi Hilal dari Matahari | : -3° 3' 45,68" Di Selatan Matahari, Miring ke Selatan |
| Nurul Hilal | : 0,6940324429 % |
| Lebar Hilal | : 0,213480986 M |
| Lama Hilal | : 39 Menit 30,54 Detik |
| Umur Hilal | : 15 Jam 37 Menit 56,96 Detik |
| Elongasi | : 9° 33' 27,15" |
| Awal bulan Jatuh pada hari | : Jumuah Legi, 15 Juni 2018 M. |

GERHANA

A. Pengertian Gerhana

Gerhana dalam bahasa Inggris adalah *eclipse*. Pada dasarnya kata ini digunakan untuk gerhana Bulan dan gerhana Matahari. Istilah ini digunakan secara umum, baik gerhana Bulan maupun gerhana Matahari. Namun dalam penyebutannya, terdapat dua istilah, yaitu *eclipse of the moon* untuk gerhana Bulan, dan *eclipse of the sun* untuk gerhana Matahari. Selain itu ada juga yang menggunakan *lunar eclipse* untuk gerhana Bulan dan *solar eclipse* untuk gerhana Matahari.

Gerhana dalam bahasa Arab dikenal dengan istilah *khusuf* dan *kusuf*. Ada yang mengatakan bahwa *khusuf al-Qamar* untuk gerhana Bulan atau *kusuf al syams* untuk gerhana Matahari. Pada dasarnya istilah *khusuf* dan *kusuf* dapat digunakan untuk menyebut gerhana Bulan atau gerhana Matahari. Hanya saja, kata *kusuf* lebih dikenal untuk menyebut gerhana Matahari, sedangkan kata *khusuf* untuk gerhana Bulan.

Kata *khusuf* menurut bahasa berarti menenggelamkan. Dikatakan *khusuf* berarti menenggelamkan segala sesuatu yang ada di atasnya. Kata ini diambil dari kalimat *khusuf al-Qamar*, artinya Bulan telah menghilang cahayanya. Sedangkan *Kusuf* menurut bahasa berarti menutupi. Dikatakan *kusuf al-syams* berarti menutupi, menyembunyikan dan menjadikan gelap sesuatu. Kata *kusuf* dan *khusuf* bagi Matahari dan Bulan bermakna perubahan dan berkurangnya sinar keduanya. Kedua kalimat ini memiliki arti yang sama dan keduanya digunakan pada hadits-hadits shahih, sedangkan al-Qur'an menggunakan kata *khusuf* untuk Bulan.

Gerhana Matahari atau *Kusuf al-Syams* adalah terhalangnya sinar Matahari yang menuju ke Bumi, karena terhalang oleh Bulan yang berada dalam satu garis lurus antara Bumi dan Matahari, atau piringan Bulan menutupi piringan Matahari dilihat dari Bumi baik sebagian atau seluruhnya. Walaupun Bulan lebih kecil, bayangan Bulan mampu melindungi cahaya Matahari sepenuhnya karena Bulan dengan jarak rata-rata 384.400 kilometer adalah lebih dekat kepada Bumi dibanding Matahari yang mempunyai jarak rata-rata 149.680.000 kilometer. Keadaan demikian ini hanya akan terjadi pada Bulan mati atau *ijtimak* serta posisi Matahari dan Bulan berada di sekitar titik simpul (*titik haml atau aries*).

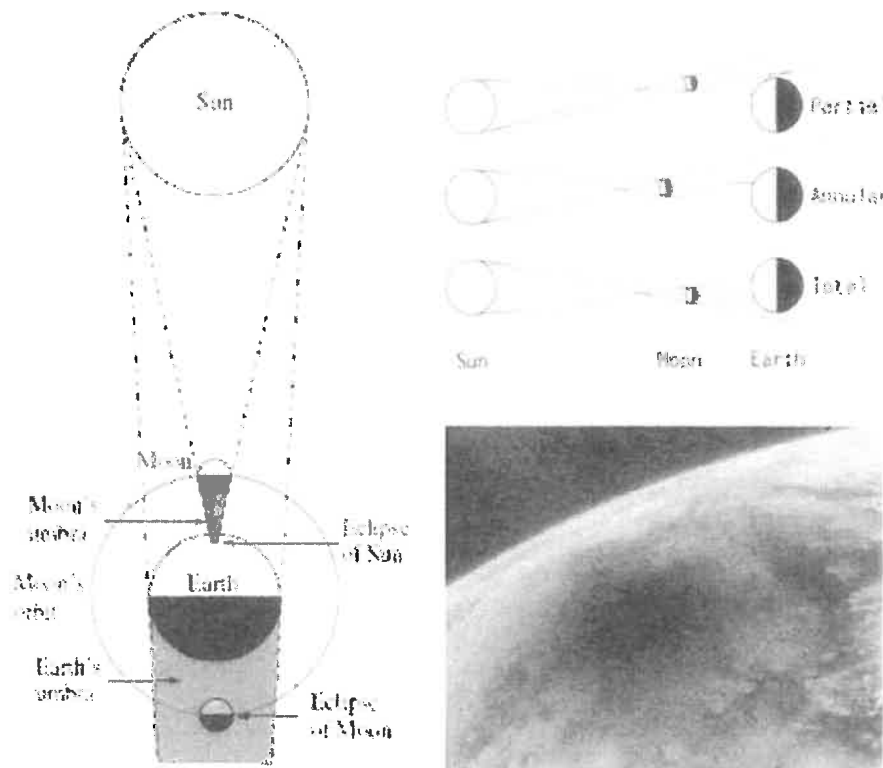
Sedangkan gerhana Bulan atau *khusuf al-Qamar* menggambarkan Bulan memasuki bayangan Bumi. Sehingga Bumi berada di antara Bulan dan Matahari atau yang di kenal dengan *oposisi* atau *istiqbal*, pada waktu itulah terjadinya gerhana Bulan. Oleh karena itu dalam ilmu

astronomi, fenomena gerhana diartikan tertutupnya arah pandangan pengamat ke benda langit oleh benda langit lainnya yang lebih dekat dengan pengamat, merupakan sampel fenomena fisik gerhana yang diketahui oleh masyarakat luas.

B. Tipe-Tipe Gerhana

I. Gerhana Matahari

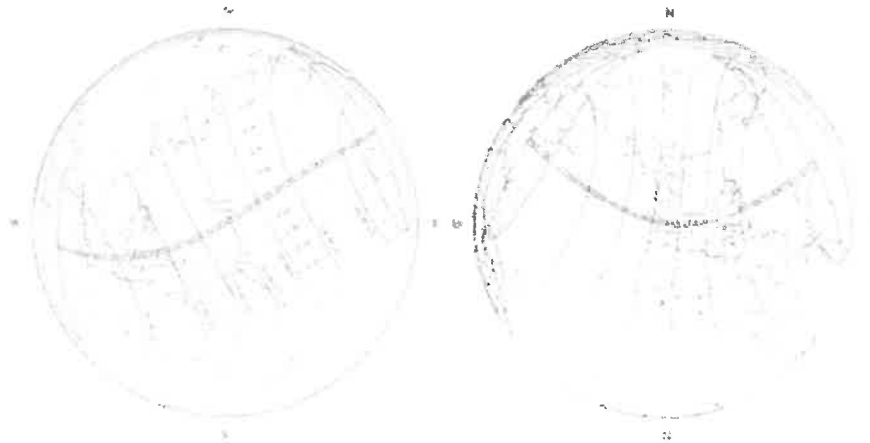
Secara sederhana, gerhana matahari terjadi ketika matahari, bulan dan bumi berada pada suatu garis lurus. Sedangkan gerhana bulan terjadi matahari, bumi dan bulan berada pada suatu garis lurus. Gerhana matahari terjadi pada fase bulan baru (new moon), namun tidak setiap bulan baru akan terjadi gerhana matahari. Sedangkan gerhana bulan terjadi pada fase bulan purnama (full moon), namun tidak setiap bulan purnama akan terjadi gerhana bulan. Hal ini disebabkan bidang orbit bulan mengitari bumi tidak sejajar dengan bidang orbit bumi mengitari matahari (bidang ekliptika), namun miring membentuk sudut sebesar sekitar 5 derajat. Seandainya bidang orbit bulan mengitari tersebut terletak tepat pada bidang ekliptika, maka setiap bulan baru akan selalu terjadi gerhana matahari, dan setiap bulan purnama akan selalu terjadi gerhana bulan.



Gambar 1 : Ilustrasi gerhana matahari dan bulan (kiri), pembagian gerhana matahari (kanan atas), Foto dari stasiun ruang angkasa MIR berupa bayangan umbra bulan di permukaan bumi pada gerhana matahari total 11 Agustus 1999 (kanan bawah). (Sumber: Eclipse, Duncan Steel)

Untuk suatu tempat di permukaan bumi yang dapat mengamati suatu gerhana matahari, gerhana tersebut dapat berupa gerhana total, parsial atau cincin. Lihat Gambar 1. Namun jika kita tinjau sebuah gerhana matahari untuk bumi secara umum, sesungguhnya ada 6 tipe gerhana:

- Tipe P : tipe gerhana matahari parsial, dimana hanya sebagian dari kerucut umbra bulan yang mengenai bumi. Pengamat di daerah yang tidak terkena garis sentral hanya dapat melihat sebuah gerhana parsial. Lihat Gambar 2.



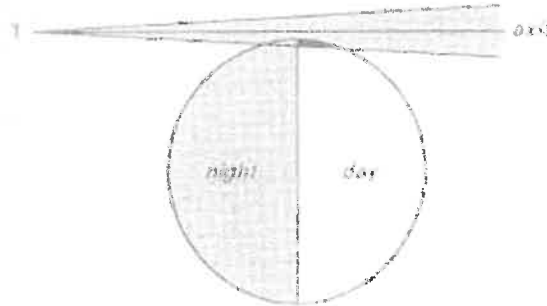
Gambar 2. Lintasan gerhana total dan daerah gerhana parsial pada 9 Maret 2016(kiri) serta gerhana cincin pada 26 Desember 2019 (Sumber: NASA)

- tipe T: tipe gerhana total yaitu gerhana sentral yang mana kerucut umbra mengenai bumi. Pada gerhana sentral, sumbu bayangan bulan mengenai permukaan bumi. Pada jenis gerhana ini, dikenal istilah garis sentral (*central line*) dimana garis ini menghubungkan pusat cakram bulan ke pusat cakram matahari. Lihat Gambar 2.



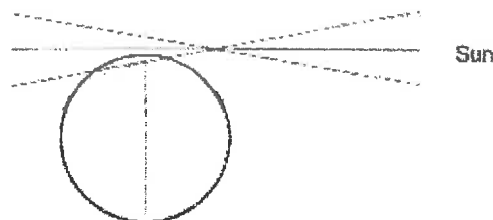
Gambar 3. Lintasan gerhana hybrid dan daerah gerhana parsial pada 20 April 2023 (kiri). (Sumber: NASA). Ilustrasi gerhana hybrid (kanan). (Sumber: Jean Meeus)

- tipe A atau R : tipe gerhana cincin yaitu gerhana sentral yang mana perpanjangan kerucut umbra mengenai bumi. Lihat Gambar 2.
- tipe A-T : tipe cincin-total atau hybrid yaitu gerhana sentral dimana sebagian gerhana berupa gerhana total sedang sebagian lainnya berupa gerhana cincin. Lihat Gambar 3.
- (T) : gerhana non-sentral total, dimana hanya sebagian dari kerucut umbra yang mengenai permukaan bumi (yaitu di daerah kutub), tetapi sumbu kerucut umbra tidak mengenai permukaan bumi, sehingga gerhana ini bukan gerhana sentral. Lihat Gambar 4.



Gambar 4. Ilustrasi gerhana non-sentral total. (Sumber: Jean Meeus)

- (A) : gerhana non-sentral cincin, dimana hanya sebagian dari perpanjangan kerucut umbra yang mengenai (yaitu di daerah kutub), tetapi sumbu kerucut umbra tidak mengenai permukaan bumi. Lihat Gambar 5.



Gambar 5. Ilustrasi gerhana non-sentral cincin.

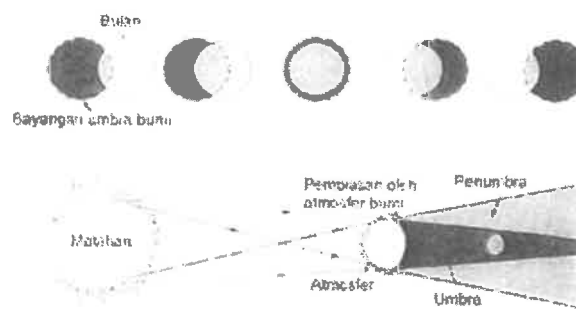
Tipe gerhana yang paling sering muncul adalah tipe P, T dan A. Ketika sebuah gerhana matahari bukan gerhana sentral, tipe yang paling sering adalah tipe P. Perlu diketahui bahwa gerhana total maupun cincin terlihat sebagai gerhana total atau gerhana cincin hanya dari lintasan yang cukup sempit (lintasan garis sentral) di permukaan bumi. Di sebelah utara maupun selatan lintasan tersebut, sebagian besarnya hanya dapat menyaksikan gerhana parsial.

II. Gerhana Bulan

Berdasarkan keadaan saat fase puncak gerhana, gerhana Bulan dapat dibedakan menjadi tiga yaitu gerhana Bulan total, gerhana Bulan sebagian dan gerhana Bulan penumbral.

- Tipe T : Gerhana Bulan total atau *kully*

Gerhana Bulan total terjadi apabila posisi Matahari, Bumi, dan Bulan dalam satu garis lurus, sehingga seluruh piringan Bulan berada di dalam bayangan inti Bumi. Jadi saat fase gerhana, keseluruhan Bulan masuk ke dalam bayangan inti atau umbra Bumi, maka gerhana tersebut dinamakan gerhana Bulan total. Gerhana Bulan total ini maksimum durasinya bisa mencapai lebih dari 1 jam 47 menit.

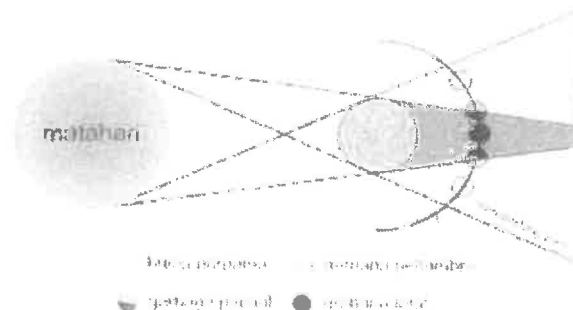


GERHANA BULAN TOTAL

Gambar 6. Gambaran Gerhana Bulan Total

- Tipe P : Gerhana Bulan Sebagian atau *ba'dly*

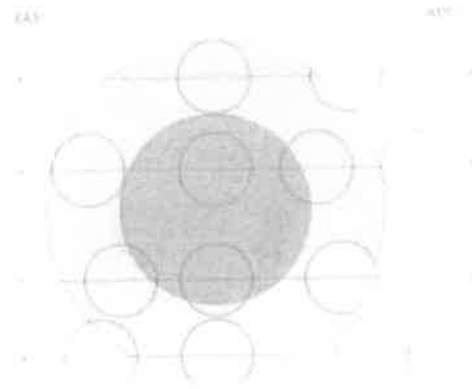
Gerhana Bulan sebagian terjadi manakala posisi Matahari Bumi dan Bulan tidak satu garis lurus, sehingga hanya sebagian piringan Bulan saja yang memasuki bayangan inti Bumi, (Khazin, 2005:191). Pada saat terjadi gerhana ini, tidak seluruh bagian Bulan terhalangi dari Matahari oleh Bumi, sehingga masih ada sebagian sinar Matahari yang sampai ke permukaan Bumi (Hambali, 2012:233).



Gambar 7. Gambaran Gerhana Bulan Sebagian

- Tipe N : Gerhana Bulan Penumbra

Gerhana Bulan penumbra terjadi jika seluruh bagian Bulan berada dibagian penumbra, sehingga Bulan masih dapat dilihat . Gerhana bulan penumbra hampir-hampir tidak dapat dideteksi secara visual, kecuali jika magnitudenya lebih besar daripada 0,7. Teori dan statistik gerhana tidak akan lengkap tanpa gerhana bulan penumbra, sehingga jenis gerhana ini perlu dihitung kontribusinya.



Gambar 8 : Tipe gerhana bulan

Beberapa tipe gerhana bulan dilukiskan pada Gambar 8. Bayangan umbra bumi berwarna gelap dan bayangan penumbra bumi berwarna abu-abu. Ketika bulan melewati bayangan penumbra dan atau umbra dari barat ke timur, ada empat kemungkinan tipe gerhana, yaitu A total penumbral, B total, C parsial dan D parsial penumbral.

C. Gerhana Pada Masa Rasulullah

Menurut Jumhur, Rasul SAW diangkat menjadi Rasulullah SAW saat menerima wahyu pertama di gua Hira' pada tanggal 17 Ramadhan tahun Gajah (Agustus 610 M). Rasul SAW mengakhiri dakwahnya dan wafat pada tanggal 12 Rabiul awal 11 H (Juni 632). Selama kurun waktu dari Agustus 610 M s/d Juni 632 M, hanya ada lima kali gerhana Matahari yang melintasi kawasan Mekkah-Madinah.

Dari tahun 610 M sampai dengan tahun 632 M, gerhana Matahari yang pernah terjadi di muka Bumi ini ada sebanyak 36 kali gerhana Matahari. Gerhana Matahari pertama berupa GMT terjadi pada tanggal 30 Maret 610 M. Selanjutnya gerhana Matahari cincin pada tanggal 22 September 610 M. Seterusnya sampai gerhana ke-36 yakni berupa gerhana Matahari Cincin 23 Juli 632 M. Diantara ke-36 gerhana Matahari itu, yang benar2 dialami Rasul SAW dan menjadi

asbab al-wurud hadits tentang gerhana adalah gerhana Matahari Cincin pada tanggal 27 Januari 632 M.

Dan dari banyak data gerhana selama kurun 610 M – 632 M ini, secara astronomis hanya gerhana sebagian yang teramati di wilayah Rasul SAW berada. Selebihnya tidak teramati karena jalur gerhana Matahari total/cincin melintasi selatan atau utara kedua kota suci itu. Gerhana Matahari Total yang terjadi pada tanggal 23 Juli 613 M juga sempat melintas tidak jauh di sebelah selatan kota Makkah.

Total gerhana yang dialami Rasul SAW ada 5 kali. Empat gerhana masing-masing terjadi sebelum Rasul SAW hijrah ke Madinah dan hanya satu yang terjadi setelah Rasul SAW hijrah ke Madinah, yakni GMC 27/1/632 M.

Dalam kaitannya dengan shalat gerhana, Nabi melaksanakannya setelah *isra mi'raj* (27 Rajab 1 SH) yang membawa perintah shalat wajib. Hadits-hadits tentang shalat gerhana mengisyaratkan bahwa pada saat itu telah ada shalat wajib. Misalnya, hadits riwayat Ahmad dan Nasa'i menyatakan perintah Nabi, "Bila kamu melihat gerhana maka shalatlah sebagaimana shalat wajib yang biasa kamu kerjakan.

Khutbah gerhana pertama kali disampaikan Rasul SAW berkaitan dengan dugaan banyak orang bahwa gerhana yang terjadi saat itu berkaitan dengan wafatnya putra Rasulullah SAW, Ibrahim bin Muhammad yang baru berumur 16 Bulan. Itu terjadi pada tahun 10 Hijriyah, sebelum beliau melaksanakan haji wada'.

Analisis astronomis menunjukkan bahwa gerhana yang terjadi di Madinah pada tahun 10 H adalah gerhana cincin pada pagi 27 Januari 632 M. Pada saat itu di Madinah mengalami gerhana sebagian dengan kegelapan sekitar 85%.

Dari kronologi riwayat, tampaknya Ibrahim bin Muhammad dimakamkan di pemakaman Baqi pada pagi hari. Kemudian sekitar pukul 9 terjadi gerhana Matahari. Orang-orang mengira gerhana Matahari sebagai mu'jizat atau tanda Matahari pun turut bersedih atas wafatnya putra Rasulullah SAW. Maka, se usai shalat gerhana Nabi menjelaskan dalam khutbahnya bahwa gerhana semata-mata bukti kekuasaan Allah, tidak ada kaitannya dengan kematian seseorang.

Jadi, shalat gerhana itu merupakan shalat gerhana Matahari yang pertama dan yang terakhir yang dilaksanakan Rasulullah. Sebab sekitar 4 Bulan setelah itu, 12 Rabiul awal 11 H (Juni 632 M), Rasulullah SAW wafat (*AR. Sugeng Riyadi, Makalah Seminar Gerhana Matahari Total Di Masjid Agung Jawa Tengah.*)

D. Hisab Waktu Gerhana Bulan Dan Posisinya dalam Kitab Ad-Durrul Aniq

Menghitung Gerhana Bulan di Kuala Lumpur Tanggal 31 Januari 2018

| Nama Data Input | Nilai | |
|----------------------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| Lintang Tempat (ϕ) | 3° 9' LU | |
| Bujur Tempat (λ) | 101° 41' BT | |
| Time Zone (TZ) | 8 | |
| Delta T | 70,57 | |
| Tarikh H | Pertengahan Jumadil Awal 1439 H | |
| Tarikh M | 31 Januari 2018 M | |
| Tipe Gerhana | Total | |
| TD | 14 | |
| x0 | 801,1560 | |
| x1 | 2067,2400 | |
| y0 | -1266,6315 | |
| y1 | -381,8327 | |
| L10 | 5666,6774 | |
| L11 | -1,1621 | |
| L20 | 3718,9974 | |
| L21 | -1,1509 | |
| L30 | 1728,7809 | |
| L31 | -0,6596 | |
| Sc0 | 995,1083 | |
| Sc1 | -0,2457 | |
| M0 | 206,4093 | |
| M1 | 14,3984 | |
| dm0 | 16,9389 | |
| dm1 | -0,1178 | |
| Rumus Proses | Nama | Hasil |
| $x1^2 + y1^2$ | n^2 | 4419277.428 |
| $\sqrt{n^2}$ | n | 2102.207751 |
| $-(x0 \cdot x1 + y0 \cdot y1) / n^2$ | T | -0.484202019 |
| $TD + T - \text{Delta T} / 3600 + \text{TZ}$ | T0 / Tengah Gerhana | 21:29:46 WD |
| $L10 + L11 \times T$ | L1 | 5667,240091 |
| $L20 + L21 \times T$ | L2 | 3719,554668 |
| $L30 + L31 \times T$ | L3 | 1729,10028 |

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $Sc0 + Sc1 \times T$ $\sqrt{(x0 + x1 \times T)^2 + (y0 + y1 \times T)^2}$ $(L1 - m) / (2 \times Sc)$ $(L2 - m) / (2 \times Sc)$ Jika Mag Umbra ≥ 1 , maka STG = Total Jika Mag Umbra < 1 , maka STG = Partial / Sebagian Jika Mag Umbra < 0 , maka STG = Penumbral | Sc m Magnitude Penumbra Magnitude Umbra STG / Spesifik Tipe Gerhana | 995,2272684 1100,045294 2,294548663 1,316035773 TOTAL |
| $M0 + M1 \times T + \lambda - 0,00417807 \times \text{Delta } T$ $dm0 + dm1 \times T$ $ASin (\sin \phi \sin dm + \cos \phi \cos dm \cos H)$ $\sin dm \cos \phi - \cos dm \sin \phi \cos H$ $-\cos dm \sin H$ $ATan (y / x)$ Jika x & $y = Az$, jika $-x$ & $-y$ atau $-x$ & $y = Az + 180$, jika x & $-y = Az + 360$ | H dm Altitude T0 x y Azimut T0 | 300.8260342 16.995939 + 30° 21' 22.39" 0.264933789 0.821222645 72.11983367 72° 7' 11.4" UTSB |
| Jika STG = Partial, maka "T3" diabaikan, Jika STG = Penumbral, maka "T2" & "T3" diabaikan | | |
| $(x0 \cdot y1 - y0 \cdot x1) / n$ $\sqrt{(L1^2 - \Delta^2) / n}$ $\sqrt{(L2^2 - \Delta^2) / n}$ $\sqrt{(L3^2 - \Delta^2) / n}$ | Δ T1 T2 T3 | 1100.045294 2.644577998 1.690206788 0.634594522 |
| $T0 - T1$ $T0 + T1$ $H - M1 \times T1$ $H + M1 \times T1$ $dm - dm1 \times T1$ $dm + dm1 \times T1$ | Awal Penumbra Akhir Penumbra Hap Hkp dmap dmkp | 18:51:06 WD 00:08:27 WD 262.7483424 338.9037261 17.30747029 16.68440771 |
| $ASin (\sin \phi \sin dmap + \cos \phi \cos dmap \cos Hap)$ $\sin dmap \cos \phi - \cos dmap \sin \phi \cos Hap$ $-\cos dmap \sin Hap$ $ATan (y / x)$ Jika x & $y = Az$, jika $-x$ & $-y$ atau $-x$ & $y = Az + 180$, jika x & $-y = Az + 360$ | Altitude Awal Penmbr x y Azimut Awal Penmbra | - 5° 58' 6.79" 0.303672036 0.947085483 72.22215111 72° 13' 19.74" UTSB |
| $ASin (\sin \phi \sin dmkp + \cos \phi \cos dmkp \cos Hkp)$ $\sin dmkp \cos \phi - \cos dmkp \sin \phi \cos Hkp$ $-\cos dmkp \sin Hkp$ $ATan (y / x)$ Jika x & $y = Az$, jika $-x$ & $-y$ atau $-x$ & $y = Az + 180$, | Altitude Akhir Penmbr x y Azimut Akhir Penmbr | + 65° 14' 51.11" 0.237557137 0.344783062 55.43297709 |

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------|
| Jika x & $-y = Az + 360$ | | 55° 25' 58.72" UTSB |
| Akhir Penumbra – Awal Penumbra | Durasi Penumbra | 5' 17" 21 ^d |
| Jika STG = Penumbra, maka perhitungan selesai sampai di tahap ini | | |
| T0 – T2 | Awal Umbra | 19:48:22 WD |
| T0 + T2 | Akhir Umbra | 23:11:11 WD |
| H – M1 x T2 | Hau | 276.4897608 |
| H + M1 x T2 | Hku | 325.1623077 |
| dm – dm1 x T2 | dmau | 17.19504536 |
| dm + dm1 x T2 | dmku | 16.79683264 |
| ASin (Sin ϕ Sin dmau + Cos ϕ Cos dmau Cos Hau) | Altitude Awal Umbra | + 7° 7' 34.35" |
| Sin dmau Cos ϕ – Cos dmau Sin ϕ Cos Hau | x | 0.289245598 |
| -Cos dmau Sin Hau | y | 0.949182409 |
| ATan (y / x) | Azimut Awal Umbra | 73.05237983 |
| Jika x & $y = Az$, jika $-x$ & $-y$ atau $-x$ & $y = Az + 180$, jika x & $-y = Az + 360$ | | 73° 3' 8.57" UTSB |
| ASin (Sin ϕ Sin dmku + Cos ϕ Cos dmku Cos Hku) | Altitude Akhir Umbra | + 53° 10' 22.43" |
| Sin dmku Cos ϕ – Cos dmku Sin ϕ Cos Hku | x | 0.245364841 |
| -Cos dmku Sin Hku | y | 0.546881376 |
| ATan (y / x) | Azimut Akhir Umbra | 65.83604302 |
| Jika x & $y = Az$, jika $-x$ & $-y$ atau $-x$ & $y = Az + 180$, jika x & $-y = Az + 360$ | | 65° 50' 9.75" UTSB |
| Akhir Umbra – Awal Umbra | Durasi Umbra | 3' 22" 49 ^d |
| Jika STG = Umbra, maka perhitungan selesai sampai di tahap ini | | |
| T0 – T3 | Awal Total | 20:51:42 WD |
| T0 + T3 | Akhir Total | 22:07:51 WD |
| H – M1 x T3 | Hat | 291.6888885 |
| H + M1 x T3 | Hkt | 309.96318 |
| dm – dm1 x T3 | dmat | 17.07069423 |
| dm + dm1 x T3 | dmkt | 16.92118376 |
| ASin (Sin ϕ Sin dmat + Cos ϕ Cos dmat Cos Hat) | Altitude Awal Total | + 21° 38' 47.97" |
| Sin dmat Cos ϕ – Cos dmat Sin ϕ Cos Hat | x | 0.273694832 |
| -Cos dmat Sin Hat | y | 0.888266574 |
| ATan (y / x) | Azimut Awal Total | 72.87476233 |
| Jika x & $y = Az$, jika $-x$ & $-y$ atau $-x$ & $y = Az + 180$, jika x & $-y = Az + 360$ | | 72° 52' 29.14" UTSB |
| ASin (Sin ϕ Sin dmkt + Cos ϕ Cos dmkt Cos Hkt) | Altitude Akhir Total | + 39° 1' 1.7" |

| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------|
| $\text{Sin dmkt Cos } \phi - \text{Cos dmkt Sin } \phi \text{ Cos Hkt}$ | x | 0.256849967 |
| $-\text{Cos dmkt Sin Hkt}$ | y | 0.733274384 |
| $\text{ATan } (y / x)$ | Azimut Akhir Total | 70.69575935 |
| Jika x & y = Az , jika -x & -y atau -x & y = Az + 180, jika x & -y = Az + 360 | | 70° 41' 44.73" UTSB |
| Akhir Total – Awal Total | Durasi Total | 1^j 16^m 09^d |

| Kesimpulan Waktu Gerhana Bulan dan Posisinya | | | |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Tanggal Masehi | 31 Januari 2018 M | | |
| Tanggal Hijriyyah | Pertengahan Jumadil Awal 1439 H | | |
| Markaz | Kuala Lumpur (3° 9' LU, 101° 41' BT, GMT + 8, 100 MpdI) | | |
| Fase Gerhana | Waktu | Altitude / Tinggi Gerhana | Azimut / Arah Gerhana |
| Awal Penumbra | 18:51:06 WD | - 5° 58' 6.79" di bawah ufuk | 72° 13' 19.74" UTSB |
| Awal Umbra | 19:48:22 WD | + 7° 7' 34.35" di atas ufuk | 73° 3' 8.57" UTSB |
| Awal Total | 20:51:42 WD | + 21° 38' 47.97" di atas ufuk | 72° 52' 29.14" UTSB |
| Tengah Gerhana | 21:29:46 WD | + 30° 21' 22.39" di atas ufuk | 72° 7' 11.4" UTSB |
| Akhir Total | 22:07:51 WD | + 39° 1' 1.7" di atas ufuk | 70° 41' 44.73" UTSB |
| Akhir Umbra | 23:11:11 WD | + 53° 10' 22.43" di atas ufuk | 65° 50' 9.75" UTSB |
| Akhir Penumbra | 00:08:27 WD | + 65° 14' 51.11" di atas ufuk | 55° 25' 58.72" UTSB |
| Durasi Penumbra | 5 ^j 17 ^m 21 ^d | Tipe Gerhana | TOTAL |
| Durasi Umbra | 3 ^j 22 ^m 49 ^d | Magnitude Penumbra | 2,294548663 |
| Durasi Total | 1 ^j 16 ^m 09 ^d | Magnitude Umbra | 1,316035773 |

E. Hisab Waktu Gerhana Bulan Dan Posisinya dalam Kitab Ad-Durrul Aniq

Menghitung Gerhana Matahari di Kuala Lumpur pada 26 Desember 2019

| Nama Data Input | Nilai | |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------|
| Lintang Tempat (ϕ) | 3° 9' LU | |
| Bujur Tempat (λ) | 101° 41' BT | |
| Time Zone (TZ) | 8 | |
| Delta T | 71,59 | |
| Tinggi Tempat (TT) | 100 | |
| Tarikh H | Akhir Rabiul Akhir 1441 H | |
| Tarikh M | 26 Desember 2019 M | |
| Tipe Gerhana | R | |
| TD | 5 | |
| A0 | -0.14038 | |
| A1 | 0.53555 | |
| B0 | 0.42403 | |
| B1 | -0.03665 | |
| d0 | -23.3735 | |
| d1 | 0.00141 | |
| W0 | 254.93673 | |
| W1 | 14.99627 | |
| R0 | 0.55889 | |
| R1 | 0.00012 | |
| S0 | 0.01269 | |
| S1 | 0.00012 | |
| Z0 | 0.00475 | |
| Z1 | 0.00473 | |
| Rumus Proses | Nama | Hasil |
| $0,996650726 \times \sin(\text{ATan}(0,996650726 \times \tan \phi))$ | P1 | 0.054583261 |
| $(TT / 6378140) \times \sin \phi$ | Z | 8.61539E-07 |
| P1 + Z | P'1 | 0.054584123 |
| $\cos(\text{ATan}(0,996650726 \times \tan \phi))$ | P2 | 0.998499179 |
| $(TT / 6378140) \times \cos \phi$ | Z | 1.56549E-05 |
| P2 + Z | P'2 | 0.998514833 |
| $W0 + \lambda - 0,00417807 \times \text{Delta T}$ | H | 356.3209453 |

| | | |
|----------------------------------------------------------------|----------------|--------------|
| $P'2 \times \sin H$ | p | -0.064072202 |
| $P'1 \times \cos d0 - P'2 \times \cos H \times \sin d0$ | q | 0.445422027 |
| $P'1 \times \sin d0 + P'2 \times \cos H \times \cos d0$ | r | 0.893031505 |
| $0,01745329 \times W1 \times P'2 \times \cos H$ | p' | 0.260806934 |
| $0,01745329 \times (W1 \times p \times \sin d0 - r \times d1)$ | q' | 0.00663102 |
| $A0 - p$ | u | -0.076307798 |
| $B0 - q$ | v | -0.021392027 |
| $A1 - p'$ | a | 0.274743066 |
| $B1 - q'$ | b | -0.04328102 |
| $a^2 + b^2$ | n ² | 0.077356999 |
| $-(u.a + v.b) / n^2$ | tm1 | 0.259047918 |
| $A0 + A1 \times tm1$ | A | -0.001646887 |
| $B0 + B1 \times tm1$ | B | 0.414535894 |
| $d0 + d1 \times tm1$ | d | -23.37309474 |
| $W0 + W1 \times tm1$ | W | 258.8214825 |
| $W + \lambda - 0,00417807 \times \Delta T$ | H | 360.2056978 |
| $P'2 \times \sin H$ | p | 0.003584765 |
| $P'1 \times \cos d - P'2 \times \cos H \times \sin d$ | q | 0.446230144 |
| $P'1 \times \sin d + P'2 \times \cos H \times \cos d$ | r | 0.894917374 |
| $0,01745329 \times W1 \times P'2 \times \cos H$ | p' | 0.261343846 |
| $0,01745329 \times (W1 \times p \times \sin d - r \times d1)$ | q' | -0.000394245 |
| $A - p$ | u | -0.005231652 |
| $B - q$ | v | -0.031694251 |
| $A1 - p'$ | a | 0.274206154 |
| $B1 - q'$ | b | -0.036255755 |
| $a^2 + b^2$ | n ² | 0.076503495 |
| $-(u.a + v.b) / n^2$ | tm | 0.00373123 |
| $tm1 + tm$ | tm2 | 0.262779148 |
| $A0 + A1 \times tm2$ | A | 0.000351373 |
| $B0 + B1 \times tm2$ | B | 0.414399144 |
| $d0 + d1 \times tm2$ | d | -23.37308948 |
| $W0 + W1 \times tm2$ | W | 258.8774371 |
| $W + \lambda - 0,00417807 \times \Delta T$ | H | 360.2616523 |
| $P'2 \times \sin H$ | p | 0.004559897 |
| $P'1 \times \cos d - P'2 \times \cos H \times \sin d$ | q | 0.446228484 |
| $P'1 \times \sin d + P'2 \times \cos H \times \cos d$ | r | 0.894913765 |

| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $0,01745329 \times W1 \times P'2 \times \cos H$ $0,01745329 \times (W1 \times p \times \sin d - r \times d1)$ $A - p$ $B - q$ $A1 - p'$ $B1 - q'$ $a^2 + b^2$ $-(u.a + v.b) / n^2$ $tm2 + tm$ | p' q' u v a b n^2 tm $tm3$ | 0.261342805 -0.000495497 -0.004208524 -0.03182934 0.274207195 -0.036154503 0.076496734 4.22703E-05 0.262821419 |
| $A0 + A1 \times tm3$ $B0 + B1 \times tm3$ $d0 + d1 \times tm3$ $W0 + W1 \times tm3$ $R0 + R1 \times tm3$ $S0 + S1 \times tm3$ $W + \lambda - 0,00417807 \times \Delta T$ $P'2 \times \sin HT0$ $P'1 \times \cos d - P'2 \times \cos HT0 \times \sin d$ $P'1 \times \sin d + P'2 \times \cos HT0 \times \cos d$ $0,01745329 \times W1 \times P'2 \times \cos HT0$ $0,01745329 \times (W1 \times p \times \sin d - r \times d1)$ $A - p$ $B - q$ $A1 - p'$ $B1 - q'$ $a^2 + b^2$ $-(u.a + v.b) / n^2$ $tm3 + tm$ | A B d W R S HT0 ρ q r p' q' u v a b n^2 tm tk | 0.000374011 0.414397595 -23.37308942 258.878071 0.558921539 0.012721539 360.2622862 0.004570944 0.446228464 0.894913719 0.261342792 -0.000496644 -0.004196933 -0.031830869 0.274207208 -0.036153356 0.076496658 4.78043E-07 0.262821897 |
| $TD + tk - \Delta T / 3600 + TZ$ $A \sin(\sin \phi \sin d + \cos \phi \cos d \cos HT0)$ $\sin d \cos \phi - \cos d \sin \phi \cos HT0$ $-\cos d \sin HT0$ $ATan(y / x)$ Jika x & y = Az, jika -x & -y atau -x & y = Az + 180, jika x & -y = Az + 360 | T0 / Tengah Gerhana Altitude T0 x y Azimut T0 | 13:14:35 WD + 63° 28' 32.44" -0.446557895 -0.004202098 0.539135838 180.5391358 180° 32' 20.89" UTSB |
| $R - r \times ZO$ | R' | 0.554670698 |

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| $S - r \times Z1$ $\sqrt{u^2 + v^2}$ $(R' - m) / (R' + S')$ Jika $G < 0$, maka tidak terjadi gerhana Jika $m < [S']$ & $-S'$, maka STG = Total Jika $m > S'$, maka STG = Partial / Sebagian Jika $m < S' & S'$, maka STG = Annular / Cincin | S' m G / Magnitude STG / Spesifik Tipe Gerhana | 0.008488597 0.032106361 0.927915674 Terjadi Gerhana Partial |
| $\sqrt{n^2}$ $(a.v - u.b) / (n \times R')$ $Abs((R' / n) \times \sqrt{1 - k^2})$ | n k T1 | 0.276580292 -0.057883644 2.002097465 |
| Jika STG = Partial, maka perhitungan langsung meloncat ke "tm4" | | |
| $(a.v - u.b) / (n \times S')$ $Abs((S' / n) \times \sqrt{1 - y^2})$ | y T2 | |
| $T0 - T2$ $HT0 - (T2 \times 15)$ $ASin(\sin \phi \sin d + \cos \phi \cos d \cos H)$ $\sin d \cos \phi - \cos d \sin \phi \cos H$ $-\cos d \sin H$ $ATan(y / x)$ Jika x & $y = Az$, jika $-x$ & $-y$ atau $-x$ & $y = Az + 180$, jika x & $-y = Az + 360$ | Awal Total / Cincin H Altitude Awl Tot / Cncn x y Azimut Awal Total / Cincin | |
| $T0 + T2$ $HT0 + (T2 \times 15)$ $ASin(\sin \phi \sin d + \cos \phi \cos d \cos H)$ $\sin d \cos \phi - \cos d \sin \phi \cos H$ $-\cos d \sin H$ $ATan(y / x)$ Jika x & $y = Az$, jika $-x$ & $-y$ atau $-x$ & $y = Az + 180$, jika x & $-y = Az + 360$ | Akhir Total / Cincin H Altitude Akr Tot / Cncn x y Azimut Akhir Total / Cincin | |
| Akhir Total / Cincin - Awal Total / Cincin | | Durasi Total / Cincin |
| $tk - T1$ $A0 + A1 \times tm4$ $B0 + B1 \times tm4$ $d0 + d1 \times tm4$ $W0 + W1 \times tm4$ $R0 + R1 \times tm4$ | $tm4$ A B d W R | -1.739275568 -1.071849031 0.48777445 -23.37591238 228.854084 0.558681287 |

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------|
| $W + \lambda - 0,00417807 \times \text{Delta T}$ | H | 330.2382993 |
| $P'2 \times \text{Sin H}$ | p | -0.495656566 |
| $P'1 \times \text{Cos d} - P'2 \times \text{Cos H} \times \text{Sin d}$ | q | 0.394020513 |
| $P'1 \times \text{Sin d} + P'2 \times \text{Cos H} \times \text{Cos d}$ | r | 0.774004976 |
| $0,01745329 \times W1 \times P'2 \times \text{Cos H}$ | p' | 0.226873391 |
| $0,01745329 \times (W1 \times p \times \text{Sin d} - r \times d1)$ | q' | 0.051453009 |
| A - p | u | -0.576192464 |
| B - q | v | 0.093753937 |
| A1 - p' | a | 0.308676609 |
| B1 - q' | b | -0.088103009 |
| $a^2 + b^2$ | n ² | 0.103043389 |
| $\sqrt{n^2}$ | n | 0.321003721 |
| R - r x Z0 | R' | 0.555004763 |
| $(a.v - u.b) / (n \times R')$ | k | -0.122501204 |
| $-(u.a + v.b) / n^2 - (R' / n) \times v \sqrt{1 - k^2}$ | tm5 | 0.090256844 |
| tm4 + tm5 | tm6 | -1.649018724 |
| A0 + A1 x tm6 | A | -1.023511978 |
| B0 + B1 x tm6 | B | 0.484466536 |
| d0 + d1 x tm6 | d | -23.37578512 |
| W0 + W1 x tm6 | W | 230.2076 |
| R0 + R1 x tm6 | R | 0.558692118 |
| $W + \lambda - 0,00417807 \times \text{Delta T}$ | H | 331.5918153 |
| $P'2 \times \text{Sin H}$ | p | -0.475043295 |
| $P'1 \times \text{Cos d} - P'2 \times \text{Cos H} \times \text{Sin d}$ | q | 0.398568085 |
| $P'1 \times \text{Sin d} + P'2 \times \text{Cos H} \times \text{Cos d}$ | r | 0.784530846 |
| $0,01745329 \times W1 \times P'2 \times \text{Cos H}$ | p' | 0.229874464 |
| $0,01745329 \times (W1 \times p \times \text{Sin d} - r \times d1)$ | q' | 0.049311886 |
| A - p | u | -0.548468683 |
| B - q | v | 0.085898451 |
| A1 - p' | a | 0.305675536 |
| B1 - q' | b | -0.085961886 |
| $a^2 + b^2$ | n ² | 0.100826979 |
| $\sqrt{n^2}$ | n | 0.317532643 |
| R - r x Z0 | R' | 0.554965596 |
| $(a.v - u.b) / (n \times R')$ | k | -0.118547178 |
| $-(u.a + v.b) / n^2 - (R' / n) \times v \sqrt{1 - k^2}$ | tm7 | 0.000598909 |

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------|
| tm6 + tm7 | tm8 | -1.648419815 |
| TD + tm8 – Delta T + TZ | Awal Gerhana | 11:19:54 WD |
| $A \sin(\sin \phi \sin d + \cos \phi \cos d \cos H)$ | Altitude Awal Gerhana | + 51° 39' 43.1" |
| $\sin d \cos \phi - \cos d \sin \phi \cos H$ | x | -0.440526566 |
| $-\cos d \sin H$ | y | 0.436701451 |
| $ATan(y / x)$ | Azimut Awal Gerhana | -44.75016578 |
| Jika x & y = Az, jika -x & -y atau -x & y = Az +180, jika x & -y = Az + 360 | | 135.2498342 |
| | | 135° 14' 59.4" UTSB |
| tk + T1 | tm9 | 2.264919362 |
| A0 + A1 x tm9 | A | 1.072597564 |
| B0 + B1 x tm9 | B | 0.341020705 |
| d0 + d1 x tm9 | d | -23.37026646 |
| W0 + W1 x tm9 | W | 288.9020723 |
| R0 + R1 x tm9 | R | 0.55916179 |
| $W + \lambda - 0,00417807 \times \text{Delta T}$ | H | 390.2862876 |
| $P'2 \times \sin H$ | p | 0.503571975 |
| $P'1 \times \cos d - P'2 \times \cos H \times \sin d$ | q | 0.392129712 |
| $P'1 \times \sin d + P'2 \times \cos H \times \cos d$ | r | 0.769844695 |
| $0,01745329 \times W1 \times P'2 \times \cos H$ | p' | 0.225676118 |
| $0,01745329 \times (W1 \times p \times \sin d - r \times d1)$ | q' | -0.052301064 |
| A – p | u | 0.56902559 |
| B – q | v | -0.051109007 |
| A1 – p' | a | 0.309873882 |
| B1 – q' | b | 0.015651064 |
| $a^2 + b^2$ | n ² | 0.096266778 |
| $\sqrt{n^2}$ | n | 0.310268881 |
| R – r x Z0 | R' | 0.555505028 |
| $(a.v - u.b) / (n \times R')$ | k | -0.143558759 |
| $-(u.a + v.b) / n^2 + (R' / n) \times v (1 - k^2)$ | tm10 | -0.051478117 |
| tm9 + tm10 | tm11 | 2.213441245 |
| A0 + A1 x tm11 | A | 1.045028459 |
| B0 + B1 x tm11 | B | 0.342907378 |
| d0 + d1 x tm11 | d | -23.37033905 |
| W0 + W1 x tm11 | W | 288.1300925 |
| R0 + R1 x tm11 | R | 0.559155613 |
| $W + \lambda - 0,00417807 \times \text{Delta T}$ | H | 389.5143078 |

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------|
| $P^2 \times \sin H$ | p | 0.491909235 |
| $P^1 \times \cos d - P^2 \times \cos H \times \sin d$ | q | 0.394790955 |
| $P^1 \times \sin d + P^2 \times \cos H \times \cos d$ | r | 0.776000455 |
| $0,01745329 \times W1 \times P^2 \times \cos H$ | p' | 0.227431427 |
| $0,01745329 \times (W1 \times p \times \sin d - r \times d1)$ | q' | -0.05109051 |
| A - p | u | 0.553119224 |
| B - q | v | -0.051883576 |
| A1 - p' | a | 0.308118573 |
| B1 - q' | b | 0.01444051 |
| $a^2 + b^2$ | n² | 0.095145583 |
| $\sqrt{n^2}$ | n | 0.308456777 |
| R - r x Z0 | R' | 0.555469611 |
| $(a.v - u.b) / (n \times R')$ | k | -0.139919727 |
| $-(u.a + v.b) / n^2 + (R' / n) \times \sqrt{1 - k^2}$ | tm12 | -0.000254303 |
| tm11 + tm12 | tm13 | 2.213186942 |
| TD + tm13 - Delta T + TZ | Akhir Gerhana | 15:11:36 WD |
| $ASin(\sin \phi \sin d + \cos \phi \cos d \cos H)$ | Altitude Akhir Gerhana | + 50° 52' 50.77" |
| $\sin d \cos \phi - \cos d \sin \phi \cos H$ | x | -0.43996974 |
| -Cos d Sin H | y | -0.452224679 |
| ATan(y / x) | Azimut Akhir Gerhana | 45.78694967 |
| Jika x & y = Az, jika -x & -y atau -x & y = Az +180, jika x & -y = Az + 360 | | 225.7869497 |
| | | 225° 47' 13.02" UTSB |
| Akhir Gerhana - Awal Gerhana | Durasi Gerhana | 3^j 51^m 42^d |

| Kesimpulan Waktu Gerhana Matahari | | | |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| Tanggal Masehi | 26 Desember 2019 M | | |
| Tanggal Hijriyyah | Akhir Rabiul Akhir 1441 H | | |
| Fase Gerhana | Pukul | Altitude / Tinggi Gerhana | Azimut / Arah Gerhana |
| Awal Gerhana | 11:19:54 WD | + 51° 39' 43.1" di atas ufuk | 135° 14' 59.4" UTSB |
| Awal Total / Cincin | No | No | No |
| Tengah Gerhana | 13:14:35 WD | + 63° 28' 32.44" di atas ufuk | 180° 32' 20.89" UTSB |
| Akhir Total / Cincin | No | No | No |
| Akhir Gerhana | 15:11:36 WD | + 50° 52' 50.77" di atas ufuk | 225° 47' 13.02" UTSB |
| Durasi Total / Cincin | No | Spesifikasi Tipe Gerhana | Partial |
| Durasi Gerhana | 3^j 51^m 42^d | Magnitude | 0.927915674 |

RUBU' AL-MUJAYYAB

A. Pengertian Rubu' Al-Mujayyab

Rubu' al-Mujayyab atau "Kuadran Sinus" adalah alat hitung astronomis untuk memecahkan permasalahan segitiga bola dalam astronomi. Beberapa tokoh yang berperan dalam pengembangan Rubu' ini di antaranya adalah al-Khawarizmi (770 – 840) dan Ibnu Shatir (Abad 11). Rubu' al-Mujayyab yang berkembang di Indonesia adalah Rubu' al-Mujayyab yang telah dikembangkan oleh Ibnu Shatir.

Secara fungsional, Rubu' al-Mujayyab ini memiliki tiga fungsi utama yakni sebagai :

1. Alat Hitung

Rubu' al-Mujayyab dapat digunakan untuk menghitung dan memecahkan beberapa rumus dalam trigonometri bidang datar, meliputi perhitungan Sinus, Cosinus dan Tangen. Fungsi alat hitung yang dapat dilakukan Rubu' al-Mujayyab ini dapat dimanfaatkan untuk menghitung rumus berkaitan dengan ilmu Falak, seperti menghitung arah kiblat, waktu shalat, rasdu kiblat dan sebagainya.

2. Alat Ukur

Di samping untuk alat hitung, Rubu' al-Mujayyab ini dapat digunakan sebagai alat ukur, pemanfaatan Rubu' al-Mujayyab sebagai alat ukur ini dilakukan secara langsung di lapangan, jadi lebih mengandalkan praktek *real*-nya. Beberapa hal yang dapat dilakukan Rubu' untuk alat ukur adalah mengukur sudut ketinggian benda langit, mengukur sudut azimut, mengukur jarak suatu benda, mengukur tinggi suatu benda dan lain sebagainya.

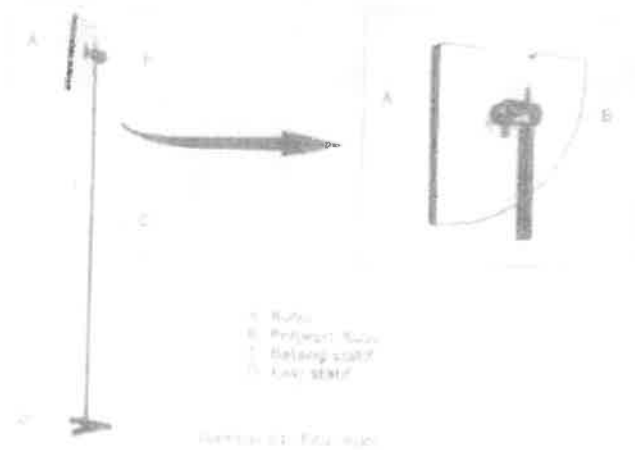
3. Tabel Astronomi

Tabel astronomi yang dimiliki Rubu' al-Mujayyab tidak begitu banyak, namun tabel ini sangat bermanfaat untuk menghitung hal-hal *urgent* dalam penentuan ibadah seperti waktu shalat maktubah, tabel astronomi yang dimaksud adalah bujur ekliptika matahari, deklinasi matahari, dan equation of time meskipun hanya beberapa Rubu' saja yang mencantumkan tabel equation of time tersebut.

B. Fitur Rubu'.

Untuk mempermudah penggunaan Rubu' di lapangan terutama dalam fungsi sebagai alat ukur, maka Rubu' ini dilengkapi dengan batang statif (pasak), kaki statif serta penjepit Rubu'.

Lihat gambar di bawah ini :



Dalam penggunaannya Rubu' bisa dipasang secara vertikal maupun horizontal tergantung keperluannya. Kedudukan vertikal dan horizontal Rubu' dapat dilihat pada gambar berikut ini :

1. Kedudukan Vertikal

Kedudukan vertikal adalah ketika Rubu' dipasang sejajar dengan batang statif. Posisi vertikal ini biasanya digunakan untuk melakukan pengukuran tinggi benda dan jarak benda seperti tinggi bintang, bulan, matahari, gedung, gunung, dll.



Gambar 02. Kedudukan vertikal

2. Kedudukan Horizontal

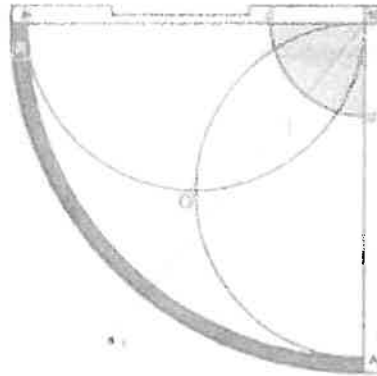
Kedudukan horizontal adalah ketika Rubu' dipasang tegak lurus dengan tiang. Posisi horizontal ini dapat digunakan untuk pengukuran menentukan Utara-Selatan Sejati dan arah kiblat.



Gambar 03. Kedudukan Horizontal

C. Komponen Rubu'

Sebelum melakukan perhitungan dengan menggunakan Rubu' sangatlah penting untuk mengetahui bagian-bagiannya secara terperinci.



Gambar 04. Sketsa Rubu'

1. Markaz (M)

Markaz merupakan titik pusat Rubu'. Pada markaz tersebut dipasang seutas benang yang disebut *Hoith*.

2. Qous al- Irtifa' (busur A-B)

Busur utama Rubu' dibagi dalam 90 skala dengan satuan derajat. Ketelitian pembacaan skalanya sebesar 0,125 derajat.

3. Jaib at-Tamam (garis M-A)

Garis lurus yang ditarik dari markaz ke awal Qous (A). Jaib at-Tamam ini dibagi menjadi 60 (sexagesimal) skala.

4. As-Sittini (garis M-B)

Garis lurus yang ditarik dari markaz ke akhir Qous (B). Jaib as-Sittini juga dibagi menjadi 60 (sexagesimal) skala.

5. Juyub al-Mankus

Garis yang sejajar dengan As-Sittini yang ditarik dari skala Jaib at-Tamam menuju ke busur Qous atau sebaliknya.

6. Juyub al-Mabsuth

Garis yang sejajar dengan Jaib at-Tamam yang ditarik dari skala Jaib as-Sittini menuju ke busur Qous atau sebaliknya.

7. Hadafah (Lubang pada garis M-B)

Lubang pengintai yang terdapat dalam Rubu' posisinya sejajar dengan as-Sittini.

PERINGATAN ! JANGAN MEMBIDIK MATAHARI DENGAN MATA SECARA LANGSUNG !

8. Hoith (I)

Benang yang dipasang pada markaz

9. Syaqui (s)

Bandul atau pendulum yang dipasang pada ujung Hoith, digunakan sebagai pemberat Hoith.

10. Muri

Benang kecil yang dapat digeser, diikatkan pada Hoith dan biasana mempunyai warna yang berbeda dengan warna Hoith agar mudah dilihat. Benang kecil ini berfungsi sebagai penanda skala pada as-Sittini maupun pada Jaib at-Tamam.

11. At-Tajyib (Busur M-O-A dan M-O-B)

Busur setengah lingkaran yang dibuat dengan radius $\frac{1}{2}$ kali radius busur utama. Jika pusat at-Tajyib terletak di as-Sittini pada jaib 30, maka disebut sebagai at-Tajyib Ula (busur M-O-A) dan jika pusatnya terletak di Jaib at-Tamam pada jaib 30, maka disebut sebagai at-Tajyib Tsani (busur M-O-A)

12. Qous al-Ashr

Garis lengkung yang ditarik dari awal Qous hingga ke as-Sittini pada skala jaib as-Sittini sebesar 42,3.

13. Dairot al-Mail al-A'dhom (busur d-d)

Berbentuk $\frac{1}{4}$ lingkaran yang menggambarkan deklinasi maksimum matahari sebesar 23,45 derajat

14. Skala Bujur Ekliptika

Skala 12 zodiak yang berada di bawah busur Qous.

15. Qomah ad-Dzil al-Mabsuth bi al-Aqdam

Garis yang ditarik dari Jaib as-Sittini sebesar 7 menuju busur Qous melewati Juyub al-Mabsuth

16. Qomah ad-Dzil al-Mabsuth bi al-Ushbu'

Garis yang ditarik dari Jaib as-Sittini sebesar 12 menuju busur Qous melewati Juyub al-Mabsuth

17. Qomah ad-Dzil al-Mankus bi al-Aqdam

Garis yang ditarik dari Jaib at-Tamam sebesar 7 menuju busur Qous melewati Juyub al-Mankus

18. Qomah ad-Dzil al-Mankus bi al-Usubu'

Garis yang ditarik dari Jaib at-Tamam sebesar 12 menuju busur Qous melewati Juyub al-Mankus

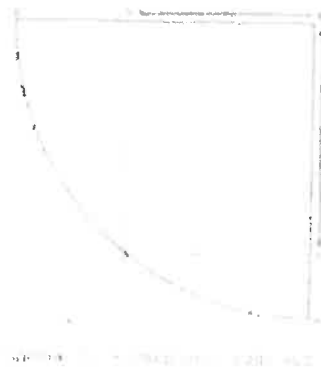
D. Konsep Matematis Rubu'

Fungsi utama Rubu' sebagai alat hitung sudut dikenal sebagai *orthogonal grid*. Untuk permulaan perlu memahami konsep dasar trigonometri pada Rubu' agar tidak menimbulkan kebingungan. Konsep trigonometri Rubu' didasarkan pada hitungan sexagesimal (60) dimana $\text{Sin } 90 = \text{Cos } 0 = 60$ dan $\text{Sin } 0 = \text{Cos } 90 = 0$ bila dibandingkan dengan konsep trigonometri yang sering dipakai adalah $\text{Sin } 90 = \text{Cos } 0 = 1$ dan $\text{Sin } 0 = \text{Cos } 90 = 0$.

Karena perbandingan nilai dari trigonometri Rubu' dan trigonometri biasa adalah 60:1, maka nilai yang diperoleh melalui perhitungan Rubu' harus dibagi dengan nilai 60 agar diperoleh nilai yang sesuai dengan trigonometri biasa atau dengan nilai yang diperoleh melalui kalkulator, atau sebaliknya untuk dapat membuat hasil kalkulator sama dengan hasil dalam Rubu' maka hasil kalkulator harus dikalikan dengan 60.

E. Definisi Sinus

Untuk mengetahui nilai sinus (jaib) dari sebuah sudut (AC) dapat dibaca langsung pada sisi as-Sittini. Perhatikan gambar di bawah ini :



$$\text{Sin AC} = \text{Mx}$$

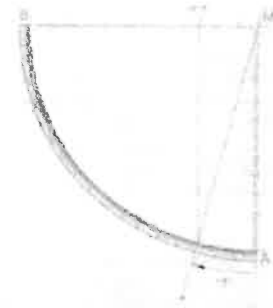
$$\text{Sin}^{-1} \text{Mx} = \text{AC}$$

Dalam bahasa Ribu' :

$$\text{Jaib al-Qous } AC = Mx$$

$$\text{Qous al-Jaib } Mx = AC$$

Untuk menentukan nilai sinus, langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :



Contoh :

Tentukan nilai $\sin 15^\circ$

Berdasarkan data di atas diketahui $AC = 15,5$

1. Letakkan hoith pada sudut 15° dihitung dari Awal Qous
2. Proyeksikan $15,5$ menuju ke as-Sittini (M-B), maka diperoleh nilai 15,5
3. Nilai ini dapat diperoleh dari kalkulator dengan menggunakan rumus $\sin 15^\circ \times 60$
4. Maka nilai $\sin 15^\circ = 15,5 / 60 = 0,2583$

Contoh :

Tentukan nilai $\sin^{-1} (15,5 / 60)$ atau $\sin^{-1} (0,2583)$

Berdasarkan data di atas diketahui $M-B = 15,5$

1. Proyeksikan 15,5 pada as-Sittini (M-B) menuju ke busur Qous melewati Juyub al-Mabsuth, maka diperoleh 15° dihitung dari awal qous
2. Nilai $\sin^{-1} (15,5 / 60) = 15^\circ$ (dalam kalkulator $14^\circ 58' 16,29''$)

F. Definisi Cosinus

Adapun nilai cosinus (Tamam al-Jaib) dari sudut didefinisikan sebagai sinus dari komplemen sudut tersebut.

$$\text{Cos } AC = \text{sin } BC = My \text{ dimana } AC + BC = 90^\circ$$

Untuk menentukan nilai cosinus, lakukan langkah-langkah berikut :

Contoh :

Tentukan nilai $\cos 15^\circ$

Berdasarkan data di atas diketahui $BC = 15^\circ$ karena $AC + BC = 90^\circ$, maka $AC = 90^\circ - 15^\circ = 75^\circ$

1. Letakkan hoith pada sudut 75° dihitung dari awal Qous atau 15° dihitung dari akhir Qous.
2. Proyeksikan menuju ke as-Sittini (garis M-B) melewati Juyub al-Mabsuth, maka diperoleh nilai 57,9.
3. Nilai ini dapat diperoleh dari kalkulator dengan menggunakan rumus $\text{Cos } 15^\circ \times 60$
4. Maka nilai $\text{Cos } 15^\circ = 57,9 / 60 = 0,965$

Contoh :

Tentukan nilai $\text{Cos}^{-1} (57,9 / 60)$ atau $\text{Cos}^{-1} (0,9659)$

Berdasarkan data di atas diketahui $M-B = 57,9$

3. Proyeksikan 57,9 pada as-Sittini (M-B) menuju ke busur Qous melewati Juyub al-Mabsuth, maka diperoleh 15° dihitung dari akhir qous atau jika dihitung dari awal qous sebesar 75° , kemudian $90^\circ - 75^\circ = 15^\circ$
4. Nilai $\text{Cos}^{-1} (57,9 / 60) = 15^\circ$

G. Definisi Tangen dan Cotangen

Nilai tangen dan cotangen suatu sudut dapat dhitung dengan mendefinisikan fungsinya sebagai berikut :

$$\text{Tan } AC = \frac{\text{Sin } AC}{\text{Cos } AC} = \frac{\text{Si } \text{ } AC}{\text{Sin } \text{ } C} = \frac{XM}{YM}$$

$$\text{Cotan } AC = \frac{\text{Cos } AC}{\text{Sin } AC} = \frac{\text{Sin } BC}{\text{Sin } AC} = \frac{YM}{XM}$$

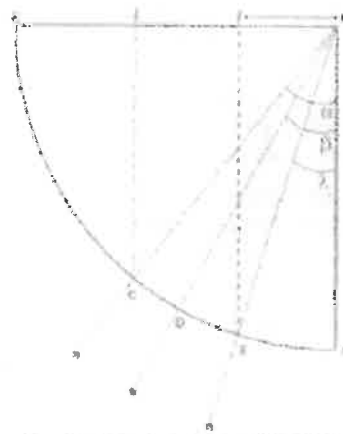
H. Rubu' Sebagai Alat Hitung

Sebagai sebuah alat hitung sudut, Rubu' dapat digunakan untuk menghitung nilai dari perkalian dan pembagian sinus, cosinus, tangen dan cotangen.

a. Perkalian Sinus

Semisal menghitung nilai $\text{Sin } \lambda = \text{Sin } \alpha \times \text{Sin } \beta$, maka langkahnya adalah sebagai berikut (perhatikan gambar) :

1. Cari nilai Jaib sudut α (sudut AMC) dengan memproyeksikannya menuju ke as-Sittini melewati juyub al-mabsuth, maka dapat titik k.
2. Taruh hoith pada as-sittini dan geser murri pada titik k
3. Geser hoith pada sudut β (sudut AMD)
4. Tarik garis lurus dari murri ke as-sittini melewati juyub al-mabsuth, maka dapat titik I
5. Jarak dari markaz ke titik I (garis M-I) merupakan perhitungan $\sin \alpha \times \sin \beta \times 60$
6. Tarik garis lurus dari titik I menuju ke arah busur qous al-irtifa', maka diperoleh titik E, itulah nilai sudut $\lambda =$ sudut AME



Gambar 10: Sketsa perkalian sinus

Contoh perhitungan :

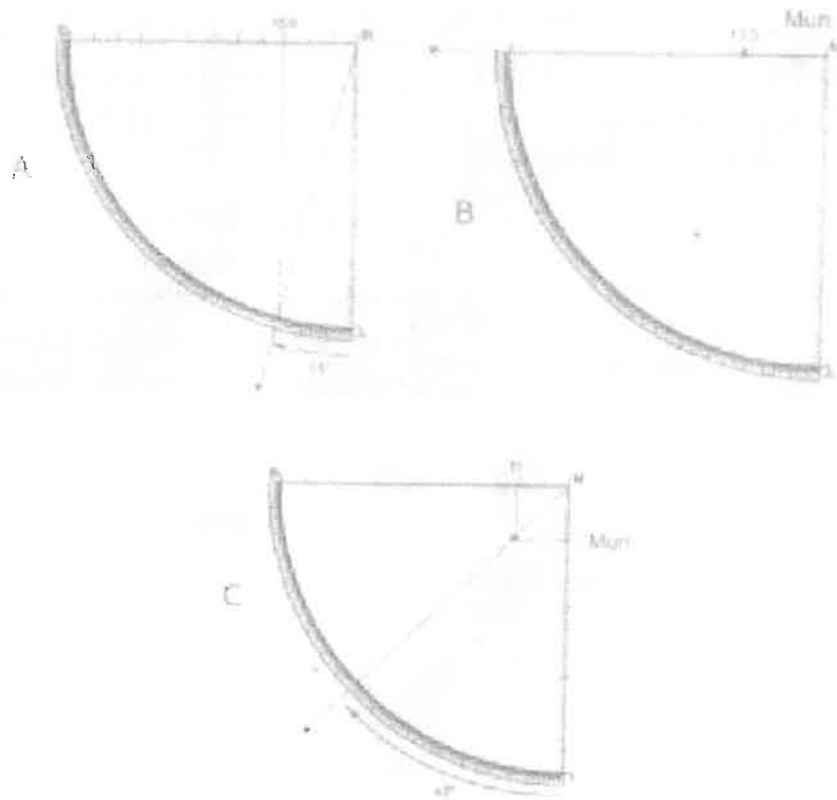
Tentukan nilai $\sin 15^\circ \times \sin 45^\circ$

Diketahui :

$$\alpha = 15^\circ$$

$$\beta = 45^\circ$$

1. Letakkan hoith pada sudut 15° dihitung dari awal qous, kemudian proyeksikan ke garis as-sittini melewati juyub al-mabsuth, maka diperoleh 15,5. Taruh hoith di as-sittini dan geser murri senilai 15,5
2. Geser hoith ke sudut 45° dan tarik garis lurus dari murri ke as-sittini maka hasilnya 10,9
3. Karena Rubu' menggunakan konsep sexagesimal (60), maka $10,9 / 60 = 0,1820$. Jika dibandingkan dengan kalkulator maka hasilnya 0,1830.



Gambar 09 Perkalian sinus

Jika menghendaki menghitung $\text{Sin}^{-1} (10,9 / 60)$, maka tarik garis lurus dari skala as-sittini sebesar 10,9 menuju ke busur qous al-irtifa' melewati juyub al-mabsuth, sudut yang dihasilkan dari awal qous menuju perpotongan garis tersebut adalah hasilnya, yakni $10^{\circ} 30'$ (dibandingkan dengan kalkulator $10^{\circ} 28' 0,67''$)

b. Perkalian Cosinus

Konsepnya sama dengan perkalian sinus, namun merubah persamaannya menjadi komplemen dari sudut sinus. Semisal $\text{Cos } \alpha \times \text{Cos } \beta$ diubah menjadi $\text{Sin } (90-\alpha) \times \text{Sin } (90-\beta)$, sehingga dapat dilakukan langkah yang serupa dengan perkalian sinus.

c. Perkalian Tangen

Misal akan menghitung nilai $R = \text{Tan } \alpha \times \text{Tan } \beta$, maka langkahnya dengan memanipulasi persamaan sebagai berikut :

$$R = \text{Tan } \alpha \times \text{Tan } \beta$$

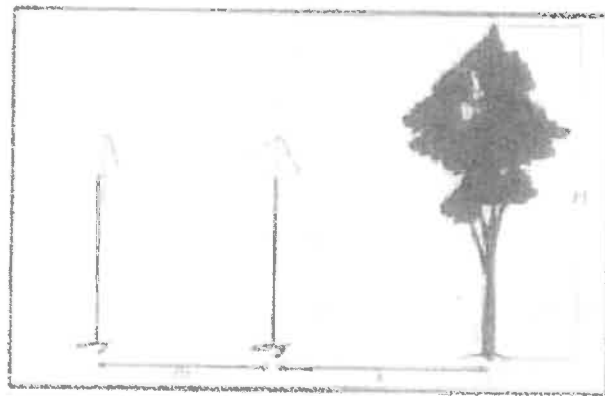
$$R = \frac{\text{Sin } \alpha \times \text{Sin } \beta}{\text{Cos } \alpha \times \text{Cos } \beta}$$

Kemudian didefinisikan :

2. Dari posisi sejauh x meter dari benda yang diukur (semisal pohon), ukurlah ketinggian benda dengan menggunakan Rubu' (hasilnya dalam satuan derajat, dengan cara yang telah disampaikan di atas, semisal A derajat)
3. Kemudian mundurlah sejauh m meter dan ukurlah kembali ketinggian pohon dalam derajat (misal B derajat)

Dari pengukuran tersebut didapatkan data sebagai berikut :

- A. Tinggi lubang Hadafah
- B. Jarak 1 = x meter Sudut 1 = A
- C. Jarak 2 = x+m meter Sudut 2 = B



Gambar 13. Pengukuran tinggi benda

Ketinggian H satuan meter dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$H = m \times \frac{\tan A \times \tan B}{\tan A - \tan B} + \text{Tinggi lubang hadafah}$$

c. Menentukan kedalaman Sumur

Selain untuk mengukur tinggi benda, Rubu' juga dapat digunakan untuk mengukur kedalaman, semisal kedalaman sumur. Langkah-langkah pengukuran kedalaman sumur adalah sebagai berikut :

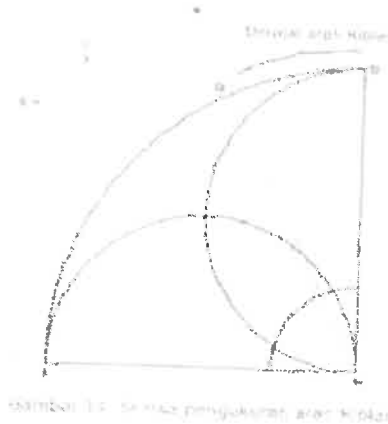
1. Ukur diameter sumur (semisal 3 m)
2. Bidik pojok bawah sumur selurus dengan sisi pojok atas sumur, lihat sudut qous al-irtifa' pada Rubu' (semisal 20). Patenkan hoith.
3. Lalu hitung dengan cara tarik skala sebesar diameter (3 meter) dari as-sittini menuju ke perpotongan hoith (di qous 20 derajat) dengan juyub al-mabsuth, dari perpotongan tersebut tariklah ke samping melalui juyub al-mankus hingga

sampai jaib at-tamam (jatuh di skala sebesar 1,1 meter), maka itulah kedalaman sumur.

d. Menentukan arah kiblat

Disamping itu Rubu' dapat digunakan untuk mengukur arah kiblat. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Posisikan Rubu' secara horizontal. Pastikan bidang / permukaan Rubu' datar (agar dapat lebih datar gunakan waterpass).
2. Arahkan sisi as-sittini atau jaib at-tamam ke arah kutub utara bumi (utara sejati).
3. Geser hoith dari as-sittini ke jaib at-tamam atau dari jaib at-tamam ke as-sittini sebesar arah kiblat yang telah dihitung (semisal sudut BQ).
4. Perpanjangan hoith dari markaz (garis MQ) merupakan arah kiblat di tempat tersebut.



Contoh :

Tentukan arah kiblat Kuala Lumpur

1. Arah Kiblat Kuala Lumpur sebesar $67^{\circ} 28'$ dari Utara ke Barat
2. Untuk mempermudah pengamatan sebaiknya buatlah sebuah patok pada arah utara sejati yang kemudian akan menjadi bidang bidik Rubu'.
3. Bidiklah patok utara tersebut, sehingga berhimpit dengan skala 0 qous al-irtifa'.
4. Maka arah kiblat adalah arah hoith yang digerakkan sejauh $67^{\circ} 28'$ dari arah utara sejati.



J. Rubu' Sebagai Tabel Astronomi.

Dalam fungsi ini, rubu' hanya dapat digunakan menghitung data astronomi berupa bujur ekliptika matahari dan deklinasi matahari.

a. Mengetahui Bujur Ekliptika Matahari⁵².

Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Hitung darojatu as-syams dengan melihat table dibawah

| Bulan | Selisih | Buruj/Rasi | |
|-----------|---------|------------|-------------|
| | | Arab | Latin |
| Maret | 9 | Hut | Pisces |
| April | 10 | Hami | Aries |
| Mei | 10 | Tsur | Taurus |
| Juni | 10 | Jauza | Gemini |
| Juli | 6 | Sarathgn | Cancer |
| Agustus | 8 | Asad | Leo |
| September | 8 | Sunbulah | Virgo |
| Oktober | 7 | Mjzgn | Libra |
| November | 8 | 'Aqrot | Scorpio |
| Desember | 8 | Qous | Sagittarius |
| Januari | 9 | Jadyu | Capricornus |
| Februari | 10 | Dalwa | Aquarius |

2. Jumlahkan tanggal dengan selisih pada bulan yang dicari, semisal pada tanggal 23 mei , maka darojatu as-syamsnya adalah $23 + 10 = 33$ Tsur (Taurus) karena maksimal buruj adalah 30, maka $33 - 30 = 3$ Jauza (Gemini)
3. Darojatu as-syams berada di busur 3 Gemini, maka letakkan hoith pada garis batas Jauza' (Gemini) pada derajat 60 dari awal qous al-irtifa', lalu geser ke kiri sebesar 3 derajat, maka hasilnya adalah 63° .
4. Jadi pada tanggal 23 mei bujur ekliptika matahari berdasarkan rubu' adalah sebesar 63°

b. Mengetahui Mail as-Syams (Deklinasi Matahari)

Langkah-langkahnya adalah :

1. Letakkah hoith di as-sittini, posisikan muri pada skala 23.52, yaitu sebesar garis Dairotu al-Mail al-A'dzam.
2. Geser hoith pada Bujur ekliptika (semisal pada 23 mei = 63°)
3. Tarik garis lurus dari muri ke bawah melalui juyub al-mabsuth menuju ke qous al-irtifa' (mendapatkan busur $20^{\circ} 46'$)
4. Deklinasi matahari adalah busur dari awal qous menuju titik perpotongan tersebut.

⁵² Bujur ekliptika matahari dihitung sepanjang bidang ekliptika dari titik aries. Waktu matahari untuk mengelilingi bidang ekliptika dalam edar semunya didefinisikan sebagai tahun sideris.