

Fase-Fase Bulan pada Bulan Kamariah (Kajian Akurasi Perhitungan Data *New Moon* dan *Full Moon* dengan Algoritma Jean Meeus)

Li'izza Diana Manzil

Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang

Email: manzilli19@gmail.com

Abstract

In general, the Moon has four phases, New Moon, First Quarter, Full Moon, and Last Quarter. In contrast to the other two phases of the Moon, the New Moon and Full Moon phases are often used in the study of the Kamariah month because it's still associated with the worship of Muslims such as salat, fasting, hajj and others. Many versions of the method used for the calculation of the New moon and Full Moon ranging from *taqribi*, *haqiqi*, and Contemporary. One of them uses the calculation of Jean Meeus's algorithm. Calculation of data of Jean Meeus's algorithm to find Julian Day (JD) when New Moon and Full Moon occur in the month of Kamariah. This Data of Jean Meeus's algorithm is taken for the month of Ramadhan 1430 H. the Result of the calculation will then be compared with ephemeris method and *mawaqit* application to know the level of accuracy so can be used to hisab of new moon of Kamariah.

Key words: *Moon phase, New Moon, Full Moon, Accuracy, Algorithm, Jean Meeus*

Abstrak

Pada umumnya Bulan memiliki empat fase utama, yaitu Bulan Baru (*New Moon*), Seperempat Pertama (*First Quarter*), Bulan Purnama (*Full Moon*), dan Seperempat terakhir (*Last Quarter*). Berbeda dengan dua fase bulan lainnya, fase *New Moon* dan *Full Moon* yang paling sering digunakan dalam kajian bulan Kamariah karena masih berkaitan dengan ibadah umat Islam seperti Salat, Puasa, Ibadah Haji, dan lainnya. Banyak versi metode yang digunakan untuk perhitungan *New Moon* dan *Full Moon* mulai dari *taqribi*, *haqiqi*, dan kontemporer. Salah satunya menggunakan perhitungan algoritma Jean Meeus. Perhitungan data algoritma Jean Meeus ini untuk mencari Julian Day (JD) kapan *New Moon* dan *Full Moon* terjadi pada bulan Kamariah. Data algoritma Jean Meeus diambil untuk bulan Ramadhan 1430 H. Hasil perhitungannya kemudian akan dibandingkan dengan metode ephemeris dan aplikasi *mawaqit* untuk mengetahui tingkat keakurasiannya. Dari hasilnya menunjukkan bahwa perbedaannya tidak terlalu signifikan sehingga bisa digunakan sebagai hisab awal bulan Kamariah.

Kata Kunci: *Fase Bulan, New Moon, Full Moon, Akurasi, Algoritma, Jean Meeus.*

1. Pendahuluan

Bulan adalah satelit alami Bumi. Ketika seseorang yang menatap Bulan akan memperhatikan bahwa bentuknya keliatan berubah setiap malam dan berjalan melalui satu daur lengkap dalam waktu sekitar satu bulan. Perubahan bentuk itu atau fase bulan disebabkan oleh perubahan posisi relatif Bulan, Matahari dan Bumi (Danang Endarto, 2014: 354).

Bulan merupakan benda langit yang tidak bisa memancarkan cahaya sendiri melainkan mendapatkan pantulan atau refleksi dari cahaya Matahari. Pada saat-saat tertentu bentuk Bulan yang terkena pantulan sinar Matahari mengalami perubahan dari fase ke fase.

Pada umumnya Bulan memiliki empat fase, yaitu Bulan Baru (*New Moon*), Seperempat Pertama (*First Quarter*), Bulan Purnama (*Full Moon*), dan Seperempat terakhir (*Last Quarter*). Hal ini seperti yang dijelaskan dalam Surat Yasin ayat 39 (Departemen Agama, 2009: 442) :

وَالْقَمَرَ قَدَرْتَهُ مَنَارِلَ حَتَّىٰ عَادَ كَالْعُرْجُونِ الْقَدِيمِ

Artinya: Dan telah Kami tetapkan bagi bulan manzilab-manzilab, sehingga (setelah dia sampai ke manzilab yang terakhir) kembalilah dia sebagai bentuk tandan yang tua.

Dalam kajian ilmu falak teori maupun praktek tidak pernah lepas dengan objek yang satu ini yakni Bulan. Pada dasarnya Bulan juga memberikan pengaruh penting terhadap penanggalan Islam Kamariah yang masih memiliki keterkaitan dengan pelaksanaan ibadah umat Islam seperti puasa, salat, ibadah haji dan sebagainya. Banyak metode yang digunakan saat ini untuk menghitung kapan terjadinya fase-fase bulan dalam hisab bulan kamariah, mulai yang *taqribi*, *haqiqi*, hingga kontemporer. Salah satu metode kontemporer yang digunakan adalah dengan algoritma Jean Meeus.

Artikel ini bertujuan untuk memaparkan algoritma Jean Meeus tentang fase-fase bulan khususnya Bulan Baru (*New Moon*) dan Bulan Purnama (*Full Moon*) untuk bulan Kamariah. Perhitungan yang digunakan mengambil data Matahari dan Bulan pada bulan Ramadhan 1450 H/ September 2009. Kemudian hasil keakurasian perhitungannya akan dikaji menggunakan metode ephemeris dan aplikasi *mawaqit*.

2. Pembahasan

2.1. Biografi Singkat Jean Meeus

Jean meeus adalah seorang astronom Belgia yang mengkhususkan diri dalam mekanika langit, matematika dan astronomi bola. Meeus lahir pada tahun 1928. Meeus belajar matematika di university of Leuven Belgia dan mendapatkan gelar diploma pada tahun 1953. Sejak itu meeus menjadi seorang ahli meteorologi di Brussels Airport.

Meeus menjadi anggota beberapa asosiasi astronomi dan penulis berbagai karya ilmiah. Pada tahun 1966 menjadi penulis kedua *the Canon of Solar Eclipses*, *the Canon of Lunar Eclipses* pada tahun 1979, dan *the Canon of Solar Eclipses* pada tahun 1983. Pada tahun 1979 dan 1982, Rumus-ramus astronomi Meeus yang ada di kalkulator telah banyak diakui oleh astronom amatir dan profesional. Selanjutnya, karya-karya Meeus diterbitkan oleh Willmann-Bell, Inc, seperti *Astronomical Table of the Sun, Moon and*

Planets (1983), *Elements of Solar Eclipse 1951-2200* (1989) dan *Transit* (1989). Karena kontribusi yang banyak terhadap astronomi, maka untuk menghormatinya pada tahun 1981 *the International Astronomical Union* mengumumkan penamaan asteroid 2213 Meeus yang merupakan salah satu asteroid temuannya (Jean Meeus, xx: 354).

Pada tahun 1986 Meeus memenangkan amatir achievement award dari *Astronomical Society of the Pacific*. Meeus merupakan anggota *Astronomical Society of France* (SAF) sejak tahun 1948, ia juga menerima medali dari 60 tahun pada tahun 2008. Dia telah menerbitkan lebih dari seratus artikel dalam jurnal astronomi yang diterbitkan oleh SAF. Meeus adalah seorang editor dari almanak yang diterbitkan oleh perusahaan selama 25 tahun., dan sampai akhir hayatnya beliau mengabdikan diri sebagai seorang meteorologis di airport Brussels (1953 – 1999) (<http://en.wikipedia.org/>).

2.2. Terminologi Fase-fase Bulan

Bulan merupakan benda langit yang mengorbit ke Bumi. Bulan tidak bisa memancarkan cahaya sendiri, oleh karena itu sumber cahaya Bulan yang terlihat dari Bumi adalah pantulan sinar Matahari. Periode revolusi bulan pada bidang orbitnya dihitung dari posisi fase bulan baru sampai kembali lagi ke posisi fase Bulan baru, yang secara rata-rata ditempuh dalam waktu 29,530681 hari (29 hari 12 jam 44 menit 10 detik). Masa ini disebut periode *sinodis*. (Ahmad Mussonnif, 2011: 51). Perubahan bentuk Bulan yang tampak dari Bumi selalu berbeda-beda ini disebut fase-fase Bulan. Setengah bagian Bulan yang menghadap Matahari akan terlihat terang sedangkan sisi lain yang membelakanginya akan tampak gelap. Akan tetapi fase-fase tersebut tergantung pada kedudukan relatif Matahari, Bulan, dan Bumi (cdn.bmkg.go.id). Terdapat empat fase utama Bulan, yaitu:

1. Bulan Baru (*New Moon*)

Para ahli astronomi mendefinisikan *New Moon* dengan *conjunction* (konjungsi), sedangkan para ahli falak menyebutnya ijtimak, yaitu posisi Matahari dan Bulan berada pada satu bujur astronomi (Muhyiddin Khazin, 2005: 32). Pengertian ijtimak bila dikaitkan dengan bulan baru kamariah adalah suatu peristiwa saat Bulan dan Matahari terletak pada posisi garis bujur yang sama. Dalam keadaan ijtimak pada hakikatnya masih ada bagian Bulan (yang menghadap Bumi) yang mendapat pantulan sinar Matahari. Namun kadang kala, karena tipisnya, hal ini tidak dapat dilihat dari Bumi, karena Bulan yang sedang berijtimak itu berdekatan letaknya dengan Matahari (Susiknan Azhari, 2005: 73).

Pada fase ini Bulan yang terkena sinar Matahari hanya sedikit sekali, berbentuk sabit dan semakin hari semakin membesar. Dalam ilmu astronomi, proses semakin besarnya Bulan tersebut dinamakan *waxing crescent Moon*. Saat Bulan sabit pertama kali dapat dilihat inilah yang disebut dengan hilal yang menandai awal bulan dalam kalender Kamariah (Tono Saksono, 2007: 33).

Bulan baru terbit disebelah timur hampir bersamaan dengan terbitnya Matahari, dan berada di tengah langit juga sekitar waktu tengah hari dan tenggelam juga hampir bersamaan dengan tenggelamnya Matahari di Barat. Namun saat Matahari terbit sampai hampir tenggelam, kita tidak dapat melihat bulan sabit karena intensitas cahayanya kalah dengan sinar Matahari. Bulan akan nampak

ketika Matahari menjelang terbenam dengan bentuk seperti sabit karena intensitas cahaya Matahari pada saat itu melemah (Tono Saksono, 2007: 33).

2. Seperempat Pertama (*first Quarter*)

Pada fase ini, Bulan sabit mulai bergerak dari hari ke hari hingga posisi Bulan sabit semakin tinggi di atas horizon. Sekitar tujuh hari sejak awal bulan, bagian Bulan yang terkena sinar Matahari semakin bertambah besar sehingga Bulan akan tampak dari Bumi dengan bentuk setengah lingkaran (Tono Saksono, 2007: 35). Fase ini dinamakan kuartal pertama atau *tarbi' al-awwal* (Muhyiddin Khazin, 2005: 134). Pada fase kedua ini, terbit dan tenggelamnya Bulan lebih lambat dari Matahari, diperkirakan mencapai 6 jam. Terbitnya di ufuk timur pada tengah hari, berada di tengah langit sekitar Matahari terbenam, dan tenggelam di ufuk Barat sekitar tengah malam (Muhyiddin Khazin, 2005: 134).

3. Bulan Purnama (*Full Moon*)

Pada pertengahan Bulan sekitar tanggal 15 kamariah, sampailah Bulan pada posisi oposisi dengan Matahari. Bagian Bulan yang menerima sinar Matahari hampir semuanya terlihat dari Bumi, dan Bulan nampak seperti bulatan penuh. Kondisi seperti ini dinamakan Bulan Purnama atau *Full Moon* (Muhyiddin Khazin, 2005: 134).

Pada saat bulan purnama, Bulan terlambat sekitar 12 jam dari Matahari. Bulan terbit ketika Matahari terbenam, berada ditengah langit saat tengah malam dan tenggelam ketika Matahari terbit. Apabila pada saat itu posisi Bulan segaris dengan Bumi dan Matahari, maka akan terjadi gerhana Bulan, karena bayangan Bumi menutupi Bulan (Tono Saksono, 2007: 37).

4. Seperempat akhir (*Last Quarter*)

Bulan akan terus bergerak dan bentuk Bulan yang terlihat dari Bumi akan semakin mengecil. Sekitar 7 hari setelah Bulan Purnama, Bulan akan tampak separuh seperti pada kuartal pertama namun pada arah yang berlawanan. Fase ini disebut dengan kuartal terakhir atau *tarbi' al-Tsani* (Muhyiddin Khazin, 2005: 134).

Pada fase ini, Bulan terbit lebih awal sekitar 6 jam dari pada Matahari. Ini berarti, Bulan terbit di ufuk timur sekitar tengah malam, tepat berada di tengah langit sekitar Matahari terbit dan tenggelam di ufuk Barat sekitar hari (Tono Saksono, 2007: 38).

2.3. Algoritma Jean Meeus dan Perhitungannya untuk Fase-fase Bulan

Definisi keempat fase tersebut tidak menggunakan luasan cahaya cakram Bulan, namun selisih antara bujur ekliptika nampak (*apparent ecliptical longitude*) Bulan dan Matahari (Rinto Anugraha, 2005: 114).

- Fase Bulan Baru adalah ketika bujur ekliptika Bulan = bujur ekliptika Matahari
- Fase seperempat pertama adalah ketika bujur ekliptika Bulan = bujur ekliptika Matahari +90°.
- Fase Bulan Purnama adalah ketika bujur ekliptika Bulan = bujur ekliptika Matahari +180°.

- Fase seperempat akhir adalah ketika bujur ekliptika Bulan = bujur ekliptika Matahari +270°.

Cara menentukan fase-fase Bulan dalam algoritma Meeus, yaitu:

- Untuk tahun Hijriah Y dan Bulan Hijriah B, maka lunasi (k0) = 12*Y+B-17050. Nilai k0 sudah pasti harus bilangan bulat.
- Untuk Bulan baru, k = k0.
- Untuk seperempat pertama, k = k0 + 0.25
- Untuk bulan purnama, k = k0 + 0.50
- Untuk seperempat akhir, k = k0 + 0.75
- Nilai k = 0 bersesuaian dengan bulan baru tanggal 6 Januari 2000
- Selanjutnya menentukan T (waktu dalam abad Julian dengan epoch 2000) = k/1236.85

Dari nilai k dan T diatas, dapat dihitung empat buah sudut yaitu M (rata-rata anomali Matahari), M' (rata-rata anomali Bulan), F (lintang argumen Bulan) dan Ω (bujur titik daki (ascending node) peredaran Bulan) yang bersatuan derajat (0° - 360°), rumusnya yaitu:

$$\begin{aligned}
 M &= 2.5534 + 29.105\ 356\ 69\ k \\
 &\quad - 0.000\ 0218\ T^2 \\
 &\quad - 0.000\ 000\ 11\ T^5 \\
 M' &= 201.5643 + 385.816\ 935\ k \\
 &\quad + 0.010\ 7438\ T^2 \\
 &\quad + 0.000\ 012\ 39\ T^3 \\
 &\quad - 0.000\ 000\ 058\ T^4 \\
 F &= 160.7108 + 390.670\ 502\ 74\ k \\
 &\quad + 0.001\ 6341\ T^2 \\
 &\quad + 0.000\ 002\ 27\ T^3 \\
 &\quad - 0.000\ 000\ 011\ T^4 \\
 \Omega &= 124.7746 - 1.563\ 75580\ k \\
 &\quad + 0.0020691\ T^2 \\
 &\quad + 0.000\ 002\ 15\ T^3
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dihitung pula 14 buah argumen (komponen) sebagai pengaruh planet-planet (*Planetary Argument*) yang juga bersatuan derajat. Rumusnya sebagai berikut (Jean Meeus, 1991: 321):

$$\begin{aligned}
 A_1 &= 299.77 + 0.107\ 408\ k - 0.009\ 173\ T^2 \\
 A_2 &= 251.88 + 0.016\ 321\ k \\
 A_3 &= 251.83 + 26.651\ 886\ k \\
 A_4 &= 349.42 + 36.412\ 478\ k \\
 A_5 &= 84.66 + 18.206\ 239\ k \\
 A_6 &= 141.74 + 53.303\ 771\ k \\
 A_7 &= 207.14 + 2.453\ 732\ k
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_8 &= 154.84 + 7.306\ 860\ k \\
 A_9 &= 34.52 + 27.261\ 239\ k \\
 A_{10} &= 207.19 + 0.121\ 824\ k \\
 A_{11} &= 291.34 + 1.844\ 379\ k \\
 A_{12} &= 161.72 + 24.198\ 154\ k \\
 A_{13} &= 239.56 + 25.513\ 099\ k \\
 A_{14} &= 331.55 + 3.592\ 518\ k
 \end{aligned}$$

Kemudian menghitung waktu terjadinya rata-rata fase-fase Bulan, dengan memperhitungkan pengaruh aberasi Bulan dan Matahari dan waktu perjalanan Bulan sampai pada posisi pengamat (*Moon's light time*). Dengan rumus sebagai berikut (Jean Meeus, 1991: 391):

$$\begin{aligned}
 \text{JDE} &= 2451\ 550.09765 & + 29.530\ 588\ 853\ k \\
 & & + 0.000\ 1337\ T^2 \\
 & & - 0.000\ 000\ 150\ T^3 \\
 & & + 0.000\ 000\ 000\ 73\ T^4
 \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan saat-saat fase-fase tampak sejati, tambahkan koreksi berikut (dalam hari) ke JDE yang diperoleh di atas (Jean Meeus, 1991: 321-322):

| <u>Bulan Baru</u> | | <u>Bulan Purnama</u> | | |
|-------------------|------------------|----------------------|-------|-----------|
| -0.40720 | | - 0.40624 | x sin | M' |
| +0.17241 | x E | +0.17302 | x E | M |
| +0.01608 | | +0.01614 | | 2M' |
| +0.01039 | | +0.01043 | | 2F |
| +0.00739 | x E | +0.00734 | x E | M' - M |
| -0.00514 | x E | -0.00515 | x E | M' + M |
| +0.00208 | x E ² | +0.00209 | x E | 2M |
| -0.00111 | | -0.00111 | | M' - 2F |
| -0.00057 | | -0.00057 | | M' + 2F |
| +0.00056 | x E | +0.00056 | x E | 2M' + M |
| -0.00042 | | -0.00042 | | 3M' |
| +0.00042 | x E | +0.00042 | x E | M + 2F |
| +0.00038 | x E | +0.00038 | x E | M - 2F |
| -0.00024 | x E | -0.00024 | x E | 2M' - M |
| -0.00017 | | -0.00017 | | Ω |
| -0.00007 | | -0.00007 | | M' + 2M |
| +0.00004 | | +0.00004 | | 2M' - 2F |
| +0.00004 | | +0.00004 | | 3M |
| +0.00003 | | +0.00003 | | M'+ M -2F |
| +0.00003 | | +0.00003 | | 2M' + 2F |
| +0.00003 | | +0.00003 | | M'+M +2F |
| +0.00003 | | +0.00003 | | M'- M+ 2F |
| -0.00002 | | -0.00002 | | M'- M- 2F |

$$\begin{array}{rcl} -0.00002 & -0.00002 & 3M' + M \\ +0.00002 & +0.00002 & 4M' \end{array}$$

Perempat Pertama dan Terakhir

| | | | |
|----------|------------------|---|--------------------|
| -0.62801 | | x | <i>sin M'</i> |
| +0.17172 | x E | | <i>M</i> |
| -0.01183 | x E | | <i>M' + M</i> |
| +0.00862 | | | <i>2M'</i> |
| +0.00804 | | | <i>2F</i> |
| +0.00454 | x E | | <i>M' - M</i> |
| +0.00204 | x E | | <i>2M</i> |
| -0.00180 | | | <i>M'-2F</i> |
| -0.00070 | | | <i>M' + 2F</i> |
| -0.00040 | | | <i>3M'</i> |
| -0.00034 | x E | | <i>2M' - M</i> |
| +0.00032 | x E | | <i>M + F</i> |
| +0.00032 | x E | | <i>M - 2F</i> |
| -0.00028 | x E ² | | <i>M' + 2M</i> |
| +0.00027 | x E | | <i>2M' + M</i> |
| -0.00017 | | | Ω |
| -0.00005 | | | <i>M' - M - 2F</i> |
| +0.00004 | | | <i>2M' + 2F</i> |
| -0.00004 | | | <i>M' + M + 2F</i> |
| +0.00004 | | | <i>M' - 2M</i> |
| +0.00003 | | | <i>M' + M - 2F</i> |
| +0.00003 | | | <i>3M</i> |
| +0.00002 | | | <i>2M' - 2F</i> |
| +0.00002 | | | <i>M' - M + 2F</i> |
| -0.00002 | | | <i>3M' + M</i> |

Rumus untuk perhitungan Perempat Pertama dan Perempat terakhir Bulan, yaitu (Jean Meeus, 1991: 322):

$$\begin{aligned} W &= 0.00306 - 0.000038 E \cos M + 0.00026 \cos M' \\ &= -0.00002 \cos (M' - M) + 0.00002 \cos (M' + M) + 0.00002 \cos 2F \end{aligned}$$

Koreksi-koreksi tambahan:

| | |
|-------------------------|------|
| Untuk perempat pertama | : +W |
| Untuk perempat terakhir | : -W |

Koreksi-koreksi tambahan untuk semua perhitungan fase-fase Bulan, yaitu:

| | | | |
|-----------|----------|-----------|---------|
| +0.000325 | x sin A1 | +0.000056 | x sin A |
| 165 | A2 | 047 | A9 |

| | | | |
|-----|----|-----|-----|
| 164 | A3 | 042 | A10 |
| 126 | A4 | 040 | A11 |
| 110 | A5 | 037 | A12 |
| 062 | A6 | 035 | A13 |
| 060 | A7 | 023 | A14 |

Akhirnya waktu-waktu untuk empat fase Bulan (dinyatakan dalam Julian Day Ephemeris JDE bersatuan TD) dengan memperhitungkan semua faktor koreksi dirumuskan sebagai berikut (Rinto Anugraha, 2005: 115):

- JDE bulan baru terkoreksi = JDE Bulan baru rata-rata + Koreksi Bulan Baru + Koreksi argumen planet.
- JDE fase seperempat pertama terkoreksi = JDE fase seperempat pertama rata-rata + Koreksi fase quarter + Koreksi argumen planet + W
- JDE Bulan purnama terkoreksi = JDE Bulan Purnama rata-rata + koreksi Bulan Purnama + Koreksi argumen planet
- JDE fase seperempat akhir terkoreksi = JDE fase seperempat akhir rata-rata + koreksi fase quarter + koreksi argumen planet – W

Waktu-waktu di atas masih dalam Dynamical Time (TD). Agar dinyatakan dalam Universal Time (UT) atau GMT, maka waktu dalam TD harus dikurangi delta T.

Contoh:

hitunglah *New Moon* dan *Full Moon* untuk bulan Ramadhan 1430 H (Rinto Anugraha, 2005: 115-116).

Ramadhan bulan ke 9, maka B = 9

Lunasi (k0) = $12 * 1430 + 9 - 17050 = 119$

Untuk *New Moon* (NM), k = 119 dan T = 0.0962121518

Untuk *Full Moon* (FM), k = 119.50 dan T = 0.0966164045

| <i>New Moon</i> | |
|-----------------|----------------------------|
| Simbol | Hasil |
| JDE | 2455064.237 |
| M | 3466.0990846 226.090846 |
| M' | 46113.77969 33.77969 |
| F | 46650.50064 210.50064 |
| Ω | -61.31232104 |
| A ₁ | 312.5514671 |
| A ₂ | 253.822199 |
| A ₃ | 3423.404434 |
| A ₄ | 4682.504882 |
| A ₅ | 2251.202441 |

| | |
|-----------------|--------------|
| A ₆ | 6484.888749 |
| A ₇ | 499.134108 |
| A ₈ | 1024.35634 |
| A ₉ | 3278.607441 |
| A ₁₀ | 221.687056 |
| A ₁₁ | 510.821101 |
| A ₁₂ | 3041.3003262 |
| A ₁₃ | 3275.618781 |
| A ₁₄ | 759.059642 |

| <i>Full Moon</i> | |
|------------------|---------------------------|
| Simbol | Hasil |
| JDE | 2455079.002 |
| M | 3480.643524 240.643524 |
| M' | 46306.68816 226.68816 |
| F | 46845.83589 45.83589 |
| Ω | -62.09419878 |
| A ₁ | 312.6051704 |
| A ₂ | 253.8303595 |
| A ₃ | 3436.730377 |
| A ₄ | 4700.711121 |
| A ₅ | 2260.305561 |
| A ₆ | 6511.540635 |
| A ₇ | 500.360974 |
| A ₈ | 1028.00977 |
| A ₉ | 3292.238061 |
| A ₁₀ | 221.747968 |
| A ₁₁ | 511.7432905 |
| A ₁₂ | 3053.399403 |
| A ₁₃ | 3288.37533 |
| A ₁₄ | 760.855901 |

Koreksi argumen planet untuk *New Moon* = -0.000226 hari

Koreksi Argumen Planet untuk *Full Moon* = -0.000192 hari

Koreksi *New Moon* = -0.319038 hari

Koreksi *Full Moon* = 0,166378 hari

Akhirnya Nilai JDE terkoreksi untuk *New Moon* dan *Full Moon*, yaitu:

- JDE terkoreksi *New Moon* = 2455063.918461
- JDE terkoreksi *Full Moon* = 2455079.169205

Niali delta T untuk bulan Agustus tahun 2009 adalah sekitar 66,5 detik atau 0,000770 hari. Karena untuk mencari nilai JD dalam satuan UT (GMT) adalah $JD_E - \text{delta T}$, maka konversi dalam penanggalan Gregorian (Masehi) adalah:

- *New Moon* Ramadhan 1430 H = JD 2455063.918461
= 20 Agustus 2009
= pukul 10: 01: 28 UT/GMT
- *Full Moon* Ramadhan 1430 H = JD 2455079.169205
= 4 September 2009
= pukul 16: 02: 33 UT/GMT

2.4. Kajian *New Moon* dan *Full Moon* Algoritma Jean Meeus

Hasil perhitungan *New Moon* dan *Full Moon* algoritma Jean Meeus di atas akan dilihat tingkat keakurasian perhitungannya menggunakan sistem ephemeris dan aplikasi *mawaqit*. Untuk aplikasi *mawaqit* hanya memasukkan tanggal data yang dicari, kemudian akan muncul sendiri hasilnya jika mencari perhitungan fase-fase bulan. Sedangkan untuk perhitungan ephemeris (Kemenag RI, 2009), caranya sebagai berikut:

Perhitungan *New Moon*

1. Konversi tanggal

29 Syakban 1430 H atau 29-08-1430 H

Waktu yang telah dilalui sebanyak 1429 tahun, 7 bulan, 29 hari

1437 : 30 = 47 daur lebih 19 tahun

47 daur = 47 x 10631 = 499657 hari

27 tahun = (27 x 354) + 7 = 6733 hari

7 bulan = (30x4) + (29x3) = 207 hari

29 hari = 29 hari +

= 506626 hari

Selisih H – M = 227016 hari

Anggaran Gregorius = 13 hari +

= 733655 hari

733655 : 1461 = 502 siklus 233 hari

502 siklus x 4 tahun = 2008

233 hari = 7 bulan 21 hari

506626 : 7 = sisa 1 = Jumat

506626 : 5 = sisa 1 = Legi

Waktu yang terlewati 2008 tahun 7 bulan 21 hari

Atau Jumat Legi, 21 Agustus 2009.

2. Mencari ijtimak akhir bulan, caranya yaitu

1) FIB (*Fraction Illumination Bulan*) terkecil tanggal 20 Agustus 2009 adalah 0.00045 yaitu pada jam 10 GMT

2) Menghitung sabaq Matahari

ELM jam 10 = 147 31 30

ELM jam 11 = 147 33 55

- Selisih B1 = 0 02 25
- 3) Menghitung sabaq bulan
 ALB jam 10 = 147° 29' 52"
 ALB jam 11 = 148° 07' 11"
 Selisih B2 = 0° 37' 19"
- 4) Menghitung jarak Matahari dan Bulan, dengan rumus:

$$\mathbf{MB = ELM - ALB}$$

$$= 147^{\circ} 31' 30'' - 147^{\circ} 29' 52''$$

$$= \mathbf{0^{\circ} 1' 38''}$$
- 5) Menghitung sabaq Bulan perjam, dengan rumus:

$$\mathbf{SB = ALB_1 - ALB_2}$$

$$= 0^{\circ} 37' 19'' - 0^{\circ} 02' 25''$$

$$= \mathbf{0^{\circ} 34' 54''}$$
- 6) Menghitung titik ijtimak
 Titik ijtimak = MB : SB
 = 0° 02' 48.48"
- 7) Menghitung waktu ijtimak, dengan rumus:

$$\mathbf{Waktu\ ijtimak = jam\ FIB - titik\ ijtimak}$$

$$= \mathbf{10 : 02 : 48.48\ GMT}$$

Jadi New Moon untuk bulan Ramadhan 1430 H terjadi pada 20 Agustus 2009 pukul 10: 02: 48.48 GMT

Perhitungan Full Moon

1. Konversi tanggal
 15 Ramadhan 1430 H atau 15-09-1430 H
 Waktu yang telah dilalui sebanyak 1429 tahun, 8 bulan, 15 hari
- | | |
|---------------------------|--------------------------|
| 1437 : 30 | = 47 daur lebih 19 tahun |
| 47 daur = 47 x 10631 | = 499657 hari |
| 19 tahun = (19 x 354) + 7 | = 6733 hari |
| 8 bulan = (30x4) + (29x4) | = 236 hari |
| 15 hari | = 15 hari + |
| | = 506641 hari |
| Selisih H – M | = 227016 hari |
| Anggaran Gregorius | = 13 hari + |
| | = 733670 hari |
| 733670 : 1461 | = 502 siklus 248 hari |
| 502 siklus x 4 tahun | = 2008 |
| 248 hari | = 8 bulan 5 hari |
| 506641 : 7 | = sisa 2 = Sabtu |
| 506641 : 5 | = sisa 1 = Legi |
- Waktu yang terlewati 2008 tahun 8 bulan 5 hari
 Atau Sabtu Legi, 5 September 2009.

2. Mencari ijtimak akhir bulan, caranya yaitu
- 1) FIB (*Fraction Illumination Bulan*) terbesar tanggal 4 September 2009 yakni 0.99908 pada jam 16 GMT.
 - 2) Menghitung sabaq Matahari
ELM jam 16 = 162° 15' 17"
ELM jam 17 = 162° 17' 42"
Selisih B1 = 0° 02' 25"
 - 3) Menghitung sabaq bulan
ALB jam 16 = 342° 13' 27"
ALB jam 17 = 342° 44' 14"
Selisih B2 = 0° 30' 47"
 - 4) Menghitung jarak Matahari dan Bulan, dengan rumus:
MB = ELM – (ALB-180)
= 162° 15' 17" – (342° 13' 27"-180)
= **0° 30' 47"**
 - 5) Menghitung sabaq Bulan perjam, dengan rumus:
SB = ALB₁ – ALB₂
= 0° 30' 47" - 0° 2' 25"
= **0° 28' 22"**
 - 6) Menghitung titik istiqlal
Titik istiqlal = MB : SB
= 0° 30' 47" : 0° 28' 22"
= **0° 03' 52.67**
 - 7) Menghitung waktu istiqlal, dengan rumus:
Waktu istiqlal = jam FIB + titik istiqlal – 00: 01: 49.29
= jam 16 + 0° 03' 52.67" - 00: 01: 49.29
= **16 : 02 : 03.38 GMT**

Jadi *full Moon* untuk pertengahan Ramadhan 1430 H terjadi pada 4 September 2009 pukul 16: 02: 03.38 GMT.

Koreksi perbandingan hasil perhitungan

| Metode/fase | <i>New Moon</i> | <i>Full Moon</i> |
|-------------|-----------------|------------------|
| Meeus | 10: 01: 28 | 16: 02: 33 |
| Ephemeris | 10: 02: 48.48 | 16: 02: 03.38 |
| Mawaqit | 10: 01 | 16: 03: 54 |

| Selisih <i>New Moon</i> | Ephemeris | Mawaqit |
|-------------------------|-----------|------------|
| Meeus | 1m 20.48d | 0m 28 d |
| Ephemeris | | 1m 48.48 d |

| Selisih <i>Full Moon</i> | Ephemeris | Mawaqit |
|--------------------------|-----------|------------|
| Meeus | 1m 20.48d | 0m 28 d |
| Ephemeris | | 1m 48.48 d |

Dari tabel koreksi perbandingan diatas, masih terdapat perbedaan selisih hasil perhitungan. Perbedaan tersebut bisa saja dipengaruhi oleh perbedaan penggunaan algoritma masing-masing program atau bisa juga disebabkan oleh perbedaan proses perhitungan, pembulatan desimal, data-data Matahari dan Bulan. Meskipun demikian, nilai hasil dari ketiga algoritma dan program tersebut selisihnya tidak terlalu signifikan karena sudah menggunakan sistem perhitungan yang kontemporer.

3. Kesimpulan

Terjadinya perbedaan oleh suatu metode disebabkan oleh perbedaan koreksi-koreksi yang digunakan dalam perhitungan serta penampilan pembulatan hasil perhitungan oleh suatu metode seperti yang ditunjukkan pada Jean Meeus, Ephemeris dan *Mawaqit* di atas. Meskipun demikian hasil perbedaan yang ditampilkan tidak begitu signifikan yaitu berkisar antara 28 detik sampai 1 menit 50 detik. Dalam algoritma Jean Meeus angka setelah koma itu sangat penting sehingga tidak boleh dihilangkan karena akan berpengaruh terhadap nilai pembulatan dan hasil akhir dari perhitungan. Tingkat keakuratan Jean Meeus lebih teliti dibanding metode ephemeris dan aplikasi *mawaqit* karena algoritma Jean Meeus menggunakan suku-suku koreksi yang lebih banyak. Dari sini menunjukkan bahwa algoritma Jean Meeus ini bisa digunakan untuk hisab awal bulan Kamariah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anugraha, Rinto, *mekanika benda langit*, Yogyakarta: Universitas Gajah Mada, 2005.
- Azhari, Susiknan, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2005.
- Departemen Agama RI, *al-Quran dan Terjemahannya*, (Bandung: PT. Sigma Iksamedia), 2009.
- Endarto, Danang, *Kosmografi*, Yogyakarta: Penerbit Ombak, 2014.
- Khazin, Muhyiddin, *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005.
- Meeus, Jean, *Astronomical Algorithms*, Virginia: Willman Bell, ed.1, 1991.
- Musonnif, Ahmad, *Ilmu Falak*, Yogyakarta: Penerbit Teras, 2011.
- Saksono, Tono, *Mengkompromikan Hisab dan Rukyat*, Jakarta: Amtas Publicita, dan Center for Islamic, 2007.
- cdn.bmkg.go.id/web/fase_fase_bulan_dan_jarak_bumi_bulan_2018.pdf
- http://en.wikipedia.org/wiki/Jean_Meeus
- Ephemeris Kemenag RI Tahun 2009
- Program *Mawaqit*