

BAB II

BULAN HIJRIAH, METODE HISAB, *EPHEMERIS JEAN MEEUS*

A. BULAN HIJRIAH

Permulaan awal bulan Hijriah sering menjadi persoalan dan perselisihan dalam penentuannya di kalangan umat Islam, tidak hanya di negara Indonesia, di negara-negara lain pun dalam penentuan permulaan awal bulan Hijriah masih menjadi perselisihan yang setiap tahunnya terjadi. Adanya perbedaan pendapat mengenai permulaan munculnya tanggal satu bulan Hijriah, khususnya pada bulan Ramadhan, Syawal dan Dzulhijjah terlepas dari perbedaan metode dan perbedaan sistem penentuannya, juga dapat terjadi disebabkan adanya perbedaan mathla⁴³. Persoalan mathla' dalam penentuan awal bulan Hijriah juga terdapat perbedaan pendapat di kalangan ulama, khususnya di kalangan empat mazhab seperti Mazhab Hanafi, Maliki, Hanbali dan Syafi'i.⁴³

Penentuan awal bulan Hijriah adalah suatu hal yang sangat penting dan suatu yang sangat diperlukan bagi umat Islam, dikarenakan kegiatan ibadah sehari-hari umat Islam masih berkaitan dengan awal bulan Hijriah. Dalam perjalanannya hingga sekarang, umat Islam telah melakukan berbagai kegiatan untuk menentukan awal bulan Hijriah. Kegiatan penentuan awal bulan Hijriah ini telah mengalami berbagai perkembangan dan modifikasi, baik yang menyangkut metode maupun yang lainnya. Perkembangan ini terjadi

⁴³ Aris Tiono Hamdani, 'Analisis Perspektif Empat Madzhab Terhadap Matla' Dalam Penentuan Awal Bulan Hijriah', *AL - AFAQ: Jurnal Ilmu Falak Dan Astronomi*, 4.1 (2022), 32–39.

disebabkan adanya perbedaan penafsiran dalam memahami ayat-ayat al-Qur'an dan hadis Nabi.⁴⁴

1. Pengertian Kalender Hijriah

Dalam berbagai literatur yang ada di dalam bahasa arab, istilah kalender biasa disebut dengan *Tarikh*, *takwim*, *almanak*, dan penanggalan, yang pada prinsipnya memiliki makna yang sama.⁴⁵ Kalender menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah daftar hari dan bulan,⁴⁶ dan Hijriah adalah nama *tarikh* Islam yang dimulai ketika Nabi Muhammad saw. berpindah ke Madinah.⁴⁷

Dalam *Leksikon Islam* Kalender Hijriah atau Tarikh Hijriah adalah sebuah perhitungan islam yang mana dimulai ketika peristiwa Hijrah Rasulullah SAW.⁴⁸

2. Awal Penetapan Kalender Hijriah

Pertama kali bulan hijriah ditetapkan secara formalitas baru terlegitimasi pada masa Khalifah Umar bin Khatab, tepatnya pada tahun ke-17 setelah hijrahnya Nabi Muhammad SAW yakni sejak adanya persoalan

⁴⁴ Aris Tiono Hamdani, 'Analisis Perspektif Empat Madzhab Terhadap Matla' Dalam Penentuan Awal Bulan Hijriah', *AL - AFAQ: Jurnal Ilmu Falak Dan Astronomi*, 4.1 (2022), 34.

⁴⁵ Isfihani Isfihani, 'Hisab Rukyat Untuk Penentuan Awal Bulan Hijriah Dalam Al Qur'an Dan Al Hadis', *Sanaamul Quran : Jurnal Wawasan Keislaman*, 4.1 (2023), 1-23.

⁴⁶ Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Kamus Besar Bahasa Indonesia, (Jakarta: Balai Pustaka, cet. II 1989), 380 dan 904

⁴⁷ Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Kamus Besar Bahasa Indonesia, (Jakarta: Balai Pustaka, cet. II 1989), 307.

⁴⁸ Tim Penyusun Pustaka-Azet, *Leksikon Islam*, Jilid II, (Jakarta: Pustaka Azet, cet. I, 1988), 711.

menyangkut sebuah surat dari Khalifah Umah bin Khatab kepada Gubernur Abu Musa Asy'ari yang tidak mencantumkan penanggalan tahunnya. Abu Musa Asy'ari mengatakan:

إنه يأتينا منك كتب ليس لها تاريخ

“Telah sampai kepada kami beberapa surat dari anda (Amirul Mukminin) yang tidak tercantum tanggal”⁴⁹

Dengan adanya kejadian tersebut, Khalifah menganggap perlu segera diadakan patokan hitungan dalam islam, kemudian dibentuklah seperangkat tim formatur yang mana terdiri dari beberapa sahabat terdekat Nabi Muhammad SAW untuk merumuskan penentuan awal tahun Islam agar persoalan tersebut tidak terulang dan tidak lagi membingungkan umat , maka dicetuskanlah penanggalan hijriah. Hal tersebut atas usulan dari Ali bin Abi Thalib maka penanggalan hijriahnya Nabi Muhammad SAW.⁵⁰

Berbicara jauh mengenai awal mula penetapan awal bulan hijriah, maka pada era sekarang ini akan kita dapati sebuah fenomena yang menurut Ahmad Izzudin sebagai persoalan klasik yang senantiasa aktual yakni dalam penetapan kapan dimulainya awal bulan tersebut, yang kerap kali memicu adanya pro-kontra seputar metode dalam penetapan awal bulan hijriah

⁴⁹ Kusdiyana Kusdiyana, ‘Penentuan Awal Bulan Hijriah Menurut Mazhab Sya fii’, *Mahkamah : Jurnal Kajian Hukum Islam*, 5.2 (2020), 231.

⁵⁰ Kusdiyana Kusdiyana, ‘Penentuan Awal Bulan Hijriah Menurut Mazhab Sya fii’, *Mahkamah : Jurnal Kajian Hukum Islam*, 5.2 (2020), 232.

sekarang ini, yang mana dalam era sekarang pengkajian tersebut dibahas dalam sebuah ilmu yang disebut dengan ilmu Falak.⁵¹

A. METODE HISAB

Mengenai penetapan awal bulan hijriah, umat islam di Indonesia menggunakan dua metode yang digunakan, terlepas dari beberapa golongan yang ada dalam penetapannya mungkin hanya menggunakan metode hisab. Akan tetapi sesuai ketetapan dari pemerintah Indonesia, dalam penetapan awal bulan hijriah di Indonesia menggunakan dua metode, yakni metode Hisab dan Rukyah.

Kata hisab sendiri berasal dari bahasa Arab, yaitu *حسب يحسب حسابا* yang artinya menghitung, mengukur, dan kalkulasi. Hisab disini berarti sebuah metode perhitungan gerak nyata bulan yang akan dimanfaatkan dalam penetapan awal bulan qamariyah atau secara spesifik diartikan sebagai metode yang digunakan dalam penetapan hilal awal bulan Qamariyah.⁵²

Kata *al-hisab* dalam al-Qur'an yak memiliki makna perhitungan waktu terdapat dalam surat Yunus ayat 5, kata al-hisab dalam QS. Yusuf ayat 5 secara nyata menyatakan makna perhitungan waktu, karena diikuti dengan kalimat *li ta'lamu 'adada as-siniina*, yaitu bilangan tahun. Definisi yang hampir sama ditunjukkan dalam QS. Al-Isra ayat 12, dimana kata yang hampir sama

⁵¹ Kusdiyana Kusdiyana, 'Penentuan Awal Bulan Hijriah Menurut Mazhab Sya fii', *Mahkamah : Jurnal Kajian Hukum Islam*, 5.2 (2020), 234.

⁵² Tasnim Rahman Fitra and Rahmadi, 'Historiografi Hisab Rukyah', *Jurnal Pendidikan Sejarah*, 12.1 (2023), 21.

ditunjukkan dalam surat al-israa ayat 12, dimana kata *al-hisab* dalam ayat tersebut diikuti oleh kalimat *li ta'lim 'adada as-siniina*.⁵³

Selain dalam al-Qur'an, istilah hisab juga diungkapkan dalam hadits Rasul, seperti hadits riwayat Ibnu 'Umar ra. Sebagai berikut:

إننا أمة أمية لا نكتب ولا نحسب الشهر هكذا وهكذا يعني مرة تسعة وعشرين ومرة ثلاثين (رواه الخاري و مسلم)

“Sesungguhnya kami adalah umay manusia yang ummi; kami tidak bisa menulis dan tidak bisa melakukan hisab. Bulan itu adalah demikian-demikian. Maksudnya adalah kadang-kadang dua puluh Sembilan hari, dan kadang-kadang tiga puluh hari”(HR. Bukhari dan Muslim).⁵⁴

Sementara itu, perkembangan metode penentuan bulan Hijriah di Indonesia menggunakan metode hisab memiliki beragam metode hisab. Diantaranya ada hisab *'urfi* yang menggunakan perhitungan sederhana (menurut kebiasaan) dari jumlah hari pada setiap Hijriah yaitu 29/30 hari. Hisab *'urfi* telah digunakan sejak zaman Khalifah Umar bin Khattab r.a (tahun 17 H) dengan menyusun dan menentukan kalender Hijriah sebagai kalender Islam untuk jangka waktu Panjang.⁵⁵ Yang kedua Hisab Hakiki,yang dibagi lagi menjadi hisab hakiki taqribi, kemudian berkembang menjadi hisab hakiki tahqiqi, dan saat ini yang mempunyai hasil paling

⁵³ Tasnim Rahman Fitra and Rahmadi, 'Historiografi Hisab Rukyah', *Jurnal Pendidikan Sejarah*, 12.1 (2023), 22.

⁵⁴ Tasnim Rahman Fitra and Rahmadi, 'Historiografi Hisab Rukyah', *Jurnal Pendidikan Sejarah*, 12.1 (2023), 22.

⁵⁵ Zahrotun Nadhifah, 'PENENTUAN AWAL BULAN HIJRIAH (Studi Hadis Tentang Hilal Sebagai Tanda Awal Bulan Hijriah)', *Elfalaky*, 4 (2020), 2.

akurat adalah hisab kontemporer.⁵⁶ Setelah melakukan perhitungan berbagai variabel terkait bulan dan matahari, mulai dari ijtimak, terbenam matahari, tinggi bulan saat matahari terbenam, elongasi bulan dan matahari dan lainnya, maka untuk menentukan masuk tidaknya awal bulan secara hisab diperlukan kriteria awal bulan.

Kriteria hisab awal bulan Hijriah juga beragam. Setidaknya ada 3 kriteria hisab awal bulan Hijriah yang berkembang di Indonesia, yaitu: 1) Kriteria *Ijtimak Qoblal Ghrurb* (IQB), dinyatakan masuk awal bulan bila secara hisab ijtimak terjadi sebelum matahari terbenam. 2) Kriteria Wujud Hilal, pengembangan kriteria IQB awal bulan dinyatakan masuk apabila secara hisab ijtimak sudah terjadi sebelum matahari terbenam, dengan matahari terbenam lebih dahulu dari pada bulan, serta bulan ketinggiannya positif (di atas 0^0). 3) Kriteria *Imkanur Rukyat*, yaitu menggabungkan kriteria wujudul hilal dengan ditambahkan hisab cahaya sabit bulan sudah bisa terlihat (*visible*).⁵⁷

B. EPHEMERIS JEAN MEEUS

1. Sejarah Ephemeris

Ephemeris, juga disebut sebagai panduan astronomi, adalah suatu tabel yang berisi data tentang benda-benda di langit. Ephemeris atau program software data astronomis, juga disebut Hisab for Windows versi 1.0. Secara keseluruhan, hasil yang dihasilkan sebanding dengan *nautical almanac*. Pada

⁵⁶ Nadhifah.

⁵⁷ Zahrotun Nadhifah, 'PENENTUAN AWAL BULAN HIJRIAH (Studi Hadis Tentang Hilal Sebagai Tanda Awal Bulan Hijriah)', *Elfalaky*, 4 (2020), 5.

tahun 1998 M, program tersebut diperbarui dan menjadi Winhisab versi 2.0, yang dimiliki oleh Badan Hisab Rukyat Kementerian Agama Republik Indonesia. Perhitungan ini kemudian dikenal sebagai sistem ephemeris hisab rukyat.⁵⁸

2. Unsur-unsur Ephemeris

a. *Ecliptic Longitude*

Dalam bahasa Indonesia, *ecliptic longitude* juga disebut sebagai *ekliptika panjang*, *taqwim*, atau *thul al-syams*. Data ini didasarkan pada pengukuran jarak Matahari dari titik Aries sepanjang ekliptika. Nilai bujur astronomis bulan sama dengan nilai bujur astronomis matahari, akan terjadi *ijtima'*, dan data ini diperlukan untuk *ijtima'* dan gerhana lainnya.⁵⁹

b. *Ecliptic Latitude*

Ecliptic Latitude dalam bahasa Indonesia dikenal sebagai Lintang Astronomis. Data ini adalah jarak dari titik pusat Matahari pada lingkaran ekliptika. Sebenarnya ekliptika itu adalah sebuah lingkaran yang ditempuh oleh gerak semu Matahari secara tahunan dan data ini dihubungkan untuk perhitungan gerhana.⁶⁰

⁵⁸ Firdausi Amalia Khoir and others, *KOMPARASI METODE EPHEMERIS*, JEAN MEEUS, DAN *KITAB AL-DURR AL-AN I'Q TERHADAP FENOMENA GERHANA BULAN 08 NOVEMBER 2022*, 2023.

⁵⁹ Khoir and others., *KOMPARASI METODE EPHEMERIS*, JEAN MEEUS, DAN *KITAB AL-DURR AL-AN I'Q TERHADAP FENOMENA GERHANA BULAN 08 NOVEMBER 2022*, 2023

⁶⁰ Khoir and others., *KOMPARASI METODE EPHEMERIS*, JEAN MEEUS, DAN *KITAB AL-DURR AL-AN I'Q TERHADAP FENOMENA GERHANA BULAN 08 NOVEMBER 2022*, 2023

c. *Apparent Right Ascension*

Apparent Right Ascension dalam bahasa Indonesia disebut dengan ascension rekta atau Panjang tegak. Data ini adalah jarak matahari dari titik aries diukur sepanjang lingkaran equator dan data ini diperlukan untuk perhitungan ijtimaq, ketinggian hilal dan gerhana⁶¹

d. *Apparent Declination*

Apparent declination atau deklinasi Matahari atau Bulan atau mail al-syams atau al-qamar, yaitu jarak antara Matahari atau Bulan dari equator diukur sepanjang lingkaran deklinasi. Lingkaran deklinasi adalah lingkaran besar yang mengelilingi bola langit dan melalui titik-titik kutub langit. Nilai deklinasi positif berarti Matahari atau Bulan berada di sebelah utara garis equator. Sedangkan jika nilai negatif berarti Matahari atau Bulan berada di sebelah selatan garis equator. Data ini diperlukan untuk menentukan waktu sholat, bayang-bayang kiblat, ketinggian hilal.⁶²

e. *Semi Diameter*

Untuk mengetahui kapan Matahari terbenam atau terbit, kita dapat menggunakan semi diameter, yaitu jarak antara titik pusat Bulan dan

⁶¹Khoir and others. , *KOMPARASI METODE EPHEMERIS , JEAN MEEUS , DAN KITAB AL-DURR AL-AN I`Q TERHADAP FENOMENA GERHANA BULAN 08 NOVEMBER 2022, 2023*

⁶²Khoir and others. , *KOMPARASI METODE EPHEMERIS , JEAN MEEUS , DAN KITAB AL-DURR AL-AN I`Q TERHADAP FENOMENA GERHANA BULAN 08 NOVEMBER 2022, 2023*

piringan luarnya. Karena bulan memiliki piringan bulatan penuh 30° ($\frac{1}{2}$ derajat), nilai semi diameter bulan rata-rata adalah $15'$.⁶³

f. True Geocentric

Data geocentric yang benar menggambarkan jarak antara Bumi dan Matahari, dengan nilai rata-rata sekitar 150 juta km.⁶⁴

g. True Obliquity

True obliquity digunakan untuk menghitung ijtima' dan gerhana. Ini adalah besarnya sudut kemiringan antara ekuator dan ekliptika.

h. Equation Of Time

Equation of time adalah selisih antara waktu kulminasi matahari nyata dengan waktu kulminasi matahari rata-rata, yang digunakan untuk menentukan waktu shalat.⁶⁵

3. Biografi Jean Meeus

Jean Meeus adalah astronom Belgia yang lahir pada 12 Desember 1928.

Jean Meeus belajar matematika di Universitas Leuven di Belgia, dan dia lulus

⁶³ Khoir and others., *KOMPARASI METODE EPHEMERIS , JEAN MEEUS , DAN KITAB AL-DURR AL-AN I`Q TERHADAP FENOMENA GERHANA BULAN 08 NOVEMBER 2022, 2023*

⁶⁴ Khoir and others., *KOMPARASI METODE EPHEMERIS , JEAN MEEUS , DAN KITAB AL-DURR AL-AN I`Q TERHADAP FENOMENA GERHANA BULAN 08 NOVEMBER 2022, 2023*

⁶⁵ Khoir and others., *KOMPARASI METODE EPHEMERIS , JEAN MEEUS , DAN KITAB AL-DURR AL-AN I`Q TERHADAP FENOMENA GERHANA BULAN 08 NOVEMBER 2022, 2023*

dengan gelar sarjana pada tahun 1953. Sampai pensiun tahun 1993, ia bekerja sebagai meteorolog di Bandara Brussels. Karena ia sering melakukan perhitungan terhadap peristiwa astronomi yang langka, Jean Meeus mendapat julukan *Master of Astronomical Calculations*.⁶⁶

Jean Meeus adalah anggota *Astronomical Society of France* (SAF) sejak tahun 1990, dan pada tahun 1986 dia menerima Penghargaan Prestasi Amatir dari *Astronomical Society of The Pacific*. Pada tahun 1948 lebih dari seratus artikel telah diterbitkan dalam jurnal astronomi yang diterbitkan oleh SAF, dan selama 25 tahun ia juga merangkap sebagai editor dari almanak yang diterbitkan oleh perusahaan. Asteroid 2213 Meeus, yang ditemukan Jean Meeus dan berkontribusi padanya, diberi nama setelah diberikan oleh *International Astronomical Union* pada tahun 1981.⁶⁷

4. Data Ephemeris Matahari menurut Jean Meeus

Menurut Jean Meeus data-data ephemeris matahari dapat diperoleh dengan menetapkan beberapa hal., diantaranya:

- a. Menentukan Tanggal, Bulan dan Tahun perhitungan
- b. Mengubah Tanggal, Bulan, dan Tahun menjadi Julian Day (JD)
- c. Mencari Delta T (ΔT)

⁶⁶ Numadiyah Syuhada and Abdul Kohar, 'Algoritma Astronomi Bola Dalam Aplikasi Ilmu Falak Modern Dan Muslim', 2022.

⁶⁷ Syuhada and Kohar. 'Algoritma Astronomi Bola Dalam Aplikasi Ilmu Falak Modern Dan Muslim', 2022.

Untuk mencari nilai ΔT dari rentang waktu 2005 sampai 2050 dapat menggunakan rumus:

$$\Delta T = 62,92 + 0.32217 * (\text{Tahun} - 2000) + 0.005589$$

$(\text{Tahun} - 2000) * (\text{Tahun} - 2000)$, keterangan

* ΔT memiliki satuan detik (*Second*) untuk rumus diatas.⁶⁸

d. Mencari Julian Ephemeris Day (JDE), Nilai T dan nilai t (tau)

Untuk mencari nilai Julian Ephemeris Day dengan cara menjumlahkan nilai JD dengan koreksi ΔT , atau dapat dirumuskan si bawah ini:

$$JDE = JD + \Delta T$$

Selanjutnya untuk mencari nilai T menggunakan rumus di bawah ini:

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

Kemudian untuk mencari nilai t (tau) dapat menggunakan rumus di bawah ini:

$$t = T/10^{69}$$

e. Menghitung nilai nutasi dan kemiringan Ekliptika

⁶⁸ Khoir and others. , *KOMPARASI METODE EPHEMERIS , JEAN MEEUS , DAN KITAB AL-DURR AL-AN I`Q TERHADAP FENOMENA GERHANA BULAN 08 NOVEMBER 2022, 2023*

⁶⁹ Khoir and others. , *KOMPARASI METODE EPHEMERIS , JEAN MEEUS , DAN KITAB AL-DURR AL-AN I`Q TERHADAP FENOMENA GERHANA BULAN 08 NOVEMBER 2022, 2023*

Dalam perhitungan koreksi rotasi dan sumbu Bumi, terlebih dahulu menentukan parameter yang digunakan untuk perhitungan antara lain:

- 1) Menggunakan nilai Julian day yang telah dihitung sebelumnya
- 2) Menggunakan bilangan Abad Julian (T) yang telah dihitung sebelumnya
- 3) Menggunakan nilai bilangan millennium Julian (t) yang telah dihitung sebelumnya.

- 4) Elongasi rata-rata Bulan (D), dengan rumus;

$$D = 297,85036 + 445267,11148 * T - 0,0019142 * T^2 + T^3/189474$$

- 5) Anomali rata-rata matahari (M), dengan rumus:

$$M = 357,52772 + 35999,05034$$

$$* T - 0,0001603 T^2 - T^3/300000$$

- 6) Anomali rata-rata Bulan (M'), dengan rumus:

$$M' = 134,96298 + 477198,867398$$

$$* T + 0,0086972 T^2 + T^3/5650$$

- 7) Argumen Lintang (F), dengan rumus:

$$F = 93,27191 + 483202,017538$$

$$* T + 0,0020708 * T^2 + T^3/450000$$

- 8) Bujur Ascending Node (Ω) dengan rumus:

$$\Omega = 125,044521943.136261$$

$$* T + 0.0020708 * T^2 + T^3/450000$$

- 9) Kemiringan sumbu rotasi Bumi, rata-rata (ϵ_0):

$$\begin{aligned} \varepsilon_0 = & 23^\circ 26' 21,448'' - 4680,93 * (T/100) - 1,55 * (T/100)^2 + 1999,25 \\ & * (T/100)^3 - 51,38 * (T/100)^4 - 249,67 * (T/100)^5 + 39,05 * (T/100)^6 \\ & + 7,12 * (T/100)^7 + 27,87 * (T/100)^8 + 5,79 * (T/100)^9 + 2,45 \\ & * (T/100)^{10} \end{aligned}$$

10) Greenwich sidereal Time (θ_0):

$$\begin{aligned} & (280,46061837^\circ + 360,98564736629 \times (\text{JD maghrib} - 2451545) + \\ & 0,000387933 \times T^2 + T^3 / 38710000) \div 15 \end{aligned}$$

11) Menghitung koreksi Nutasi ($\Delta\omega$), dapat dihitung dengan beracuan pada tabel (terlampir)

Diterapkan dengan rumus berikut, hasil = (Koefisien 1 + Koefisien 2 x T) x SIN(D (D x d + M x m + M' x m' + F x f + OMEGA x omega)

Tabel 2. 1 Data Psi Ephemeris

Delta Psi (Nutasi)						
D	M	M>	F	OMEGA	koefisien 1	koefisien 2
0	0	0	0	1	-172009	-174,2
-2	0	0	2	2	-13187	-1,6
0	0	0	2	2	-2274	-0,2
0	0	0	0	2	2062	0,2
0	1	0	0	0	1426	-3,4
0	0	1	0	0	712	0,1
-2	1	0	2	2	-517	1,2

0	0	0	2	1	-386	-0,4
-2	-1	0	2	2	217	-0,5
-2	0	0	2	1	129	0,1
0	0	1	0	1	63	0,1

Delta Psi (Nutasi)						
D	M	M>	F	OMEGA	koefisien 1	koefisien 2
0	0	-1	0	1	-58	-0,1
0	2	0	0	0	17	-0,1
-2	2	0	2	2	-16	0,1
0	0	1	2	2	-301	0
-2	0	1	0	0	-158	0
0	0	-1	2	2	123	0
2	0	0	0	0	63	0
2	0	-1	2	2	-59	0
0	0	1	2	1	-51	0
-2	0	2	0	0	48	0
0	0	-2	2	1	46	0
2	0	0	2	2	-38	0
0	0	2	2	2	-31	0
0	0	2	0	0	29	0
-2	0	1	2	2	29	0
0	0	0	2	0	26	0
-2	0	0	2	0	-22	0

0	0	-1	2	1	21	0
2	0	-1	0	1	16	0
0	1	0	0	1	-15	0
-2	0	1	0	1	-13	0
0	-1	0	0	1	-12	0
0	0	2	-2	0	11	0
2	0	-1	2	1	-10	0
2	0	1	2	2	-8	0

Delta Psi (Nutasi)						
D	M	M>	F	OMEGA	koefisien 1	koefisien 2
0	1	0	2	2	7	0
-2	1	1	0	0	-7	0
0	-1	0	2	2	-7	0
2	0	0	2	1	-7	0
2	0	1	0	0	6	0
-2	0	2	2	2	6	0
-2	0	1	2	1	6	0
2	0	-2	0	1	-6	0
2	0	0	0	1	-6	0
0	-1	1	0	0	5	0

-2	-1	0	2	1	-5	0
-2	0	0	0	1	-5	0
0	0	2	2	1	-5	0
-2	0	2	0	1	4	0
-2	1	0	2	1	4	0
0	0	1	-2	0	4	0
-1	0	1	0	0	-4	0
-2	1	0	0	0	-4	0
1	0	0	0	0	-4	0
0	0	1	2	0	3	0
0	0	-2	2	2	-3	0
-1	-1	1	0	0	-3	0
0	1	1	0	0	-3	0
0	-1	1	2	2	-3	0
2	-1	-1	2	2	-3	0
Delta Psi (Nutasi)						
D	M	M>	F	OMEGA	koefisien 1	koefisien 2
0	0	3	2	2	-3	0
2	-1	0	2	2	-3	0

Menghitung koreksi kemiringan sumbu Bumi, dapat dihitung dengan beracuan pada table II (Terlampir)

Diterapkan dengan rumus berikut:

hasil =(koefisien 1+ koefisien 2 x T) x COS(D x d + M x m + M' x m'+ F x f + OMEGA x omega).

Tabel 2. 2 Data Epsilon

Delta Epsilon (Kemiringan sumbu rotasi bumi)						
D	M	M>	F	OMEGA	koefisien 1	koefisien 2
0	0	0	0	1	92025	8,9
-	0	0	2	2	5736	-3,1
2						
0	0	0	2	2	977	-0,5
0	0	0	0	2	-895	0,5
0	1	0	0	0	54	-0,1
-	1	0	2	2	224	-0,6
2						
0	0	1	2	2	129	-0,1
-	-1	0	2	2	-95	0,3
2						
0	0	1	0	0	-7	0
0	0	0	2	1	200	0
-	0	0	2	1	-70	0
2						

0	0	-1	2	2	-53	0
0	0	1	0	1	-33	0
2	0	-1	2	2	26	0
0	0	-1	0	1	32	0

Delta Epsilon (Kemiringan sumbu rotasi bumi)						
D	M	M>	F	OMEGA	koefisien 1	koefisien 2
0	0	1	2	1	27	0
0	0	-2	2	1	-24	0
2	0	0	2	2	16	0
0	0	2	2	2	13	0
- 2	0	1	2	2	-12	0
0	0	-1	2	1	-10	0
2	0	-1	0	1	-8	0
- 2	2	0	2	2	7	0
0	1	0	0	1	9	0
- 2	0	1	0	1	7	0
0	-1	0	0	1	6	0
2	0	-1	2	1	5	0
2	0	1	2	2	3	0
0	1	0	2	2	-3	0
0	-1	0	2	2	3	0

2	0	0	2	1	3	0
-	0	2	2	2	-3	0
2						
-	0	1	2	1	-3	0
2						
2	0	-2	0	1	3	0
2	0	0	0	1	3	0
-	-1	0	2	1	3	0
2						
-	0	0	0	1	3	0
2						
0	0	2	2	1	3	0

f. Perhitungan bujur Ekliptika matahari

1) Menghitung Koreksi bujur Ekliptika Matahari

Dalam perhitungan bujur ekliptika Matahari Algoritma Jean Meeus, ada sekitar 129 suku koreksi bujur ekliptika. Seluruh suku ini dibagi menjadi enam bagian, yaitu L0 (64 suku), L1 (20 suku), L3 (7 Suku), L4 (3 suku), dan L5 (1 suku). Setiap suku memiliki bentuk: $A * \cos(B + C * \tau)$.⁷⁰

Keterangan:

A = Suku terbesar (Radian)

⁷⁰ Khoir and others. , *KOMPARASI METODE EPHEMERIS , JEAN MEEUS , DAN KITAB AL-DURR AL-AN I`Q TERHADAP FENOMENA GERHANA BULAN 08 NOVEMBER 2022, 2023*

B dan C = Berurutan menurut table (Radian)

- Koreksi Bujur Ekliptika (L_0) beracu pada nilai τ (Bilangan Milenium Julian), dapat dihitung dengan tabel III
- Koreksi Bujur Ekliptika (L_1) beracu pada nilai τ (Bilangan Milenium Julian), dapat dihitung dengan tabel III
- Koreksi Bujur Ekliptika (L_2) beracu pada nilai τ (Bilangan Milenium Julian), dapat dihitung dengan tabel III
- Koreksi Bujur Ekliptika (L_3) beracu pada nilai τ (Bilangan Milenium Julian), dapat dihitung dengan tabel III
- Koreksi Bujur Ekliptika (L_4) beracu pada nilai τ (Bilangan Milenium Julian), dapat dihitung dengan tabel III
- Koreksi Bujur Ekliptika (L_5) beracu pada nilai τ (Bilangan Milenium Julian), dapat dihitung dengan tabel III
- Menjumlah L dan mencari bujur rata-rata Matahari, dengan rumus:

$$O \text{ (Total koreksi)} = L_0 + L_1 \tau + L_2 \tau^2 + L_3 \tau^3 + L_4 \tau^4 + L_5 \tau^5$$

$$\lambda_1 = 0 + 180^{0.71}$$

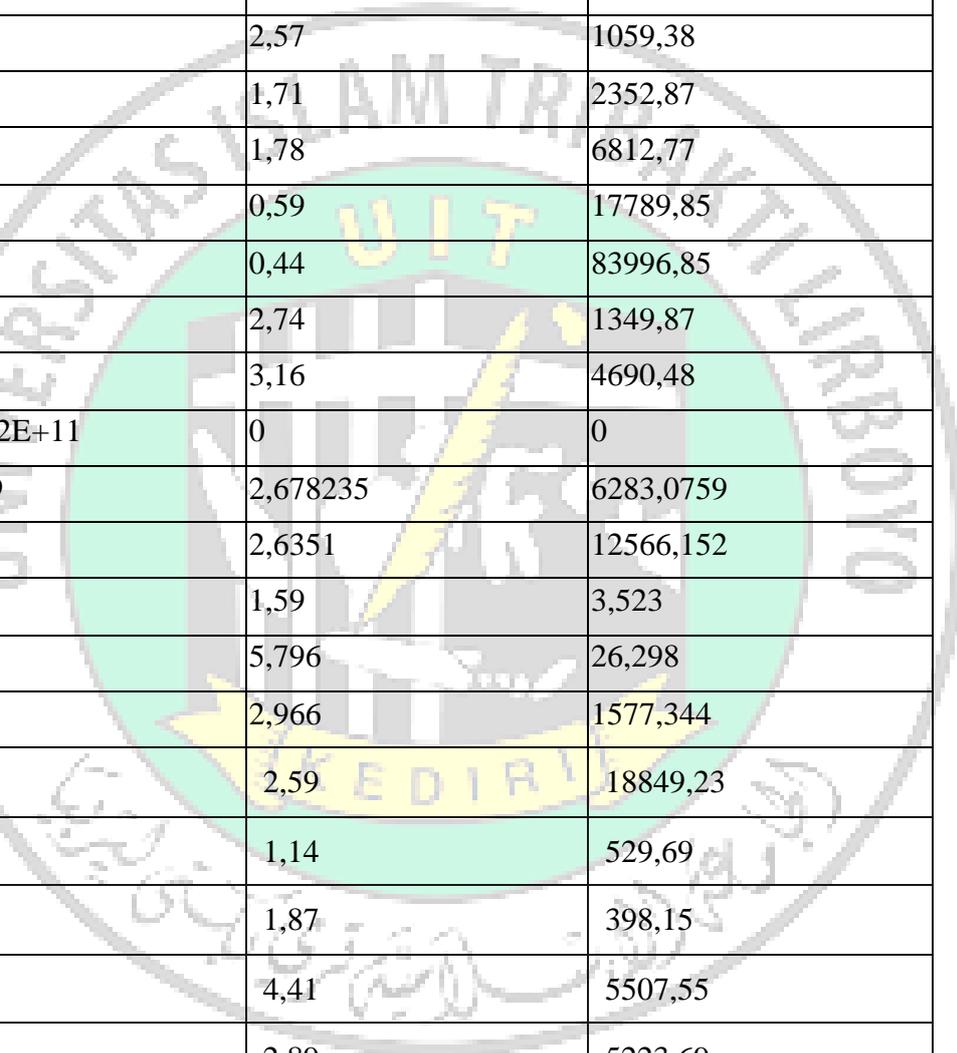
⁷¹ Penambahan Angka 180° ini sebenarnya merupakan manifestasi dari posisi Bumi menurut Matahari yang menjadi lawan dari posisi Matahari menurut Bumi. Perhitungan dengan model suku periodik Meeus menggunakan perhitungan tidak langsung artinya untuk menentukan bujurekliptika Matahari yang diukur menurut pusat Bumi (Geosentris), terlebih dahulu dihitung bujurekliptika Bumi yang diukur menurut pusat Matahari. Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, 2023, hlm. 68-69.

Koreksi Bujur Ekliptika matahari ditetapkan dengan rumus hasil =

$$A \times \cos(B + C \times \tau)$$

Bujur ekliptika (L0)		
A	B	C
175347046	0	0
3341656	4,6692568	6283,0759
34894	4,6261	12566,152
3497	2,7441	5753,3849
3418	2,8289	3,5231
3136	3,6277	77713,772
2676	4,4181	7860,4194
2343	6,1352	3930,2097
1324	0,7425	11506,77
1273	2,0371	529,691
1199	1,1096	1577,3435
990	5,233	5884,927
902	2,045	26,298
857	3,508	398,149
780	1,179	5223,694
753	2,533	5507,553
505	4,583	18849,228
492	4,205	775,523
357	2,92	0,067
317	5,849	11790,629
284	1,899	796,298

271	0,315	10977,079
243	0,345	5486,778
206	4,806	2544,314
205	1,869	5573,143
202	2,458	6069,777
156	0,833	213,299
132	3,411	2942,463
126	1,083	20,775
115	0,645	0,98
103	0,636	4694,003
102	0,976	15720,839
102	4,267	7,114
99	6,21	2146,17
98	0,68	155,42
86	5,98	161000,69
85	1,3	6275,96
85	3,67	71430,7
80	1,81	17260,15
79	3,04	12036,46
75	1,76	5088,63
74	3,5	3154,69
74	4,68	801,82
70	0,83	9437,76
62	3,98	8827,39
61	1,82	7084,9
57	2,78	6286,6
56	4,39	14143,5
56	3,47	6279,55
52	0,19	12139,55
52	1,33	1748,02



51	0,28	5856,48
49	0,49	1194,45
41	5,37	8429,24
41	2,4	19651,05
39	6,17	10447,39
37	6,04	10213,29
37	2,57	1059,38
36	1,71	2352,87
36	1,78	6812,77
33	0,59	17789,85
30	0,44	83996,85
30	2,74	1349,87
25	3,16	4690,48
6,28332E+11	0	0
206059	2,678235	6283,0759
4303	2,6351	12566,152
425	1,59	3,523
119	5,796	26,298
109	2,966	1577,344
93	2,59	18849,23
72	1,14	529,69
68	1,87	398,15
67	4,41	5507,55
59	2,89	5223,69
56	2,17	155,42
45	0,4	796,3
36	0,47	775,52
29	2,65	7,11

21	5,34	0,98
19	1,85	5486,78
19	4,97	213,3
17	2,99	6275,96
16	0,03	2544,31
16	1,43	2146,17
15	1,21	10977,08
12	2,83	1748,02
12	3,26	5088,63
12	5,27	1194,45
12	2,08	4694
11	0,77	553,57
10	1,3	6286,6
10	4,24	1349,87
9	2,7	242,73
9	5,64	951,72
8	5,3	2352,87
6	2,65	9437,76

6	4,67	4690,48
Bujur ekliptika (L2)		
52919	0	0
8720	1,0721	6283,0758

309	0,867	12566,152
27	0,05	3,52
16	5,19	26,3
16	3,68	155,42
10	0,76	18849,23
9	2,06	77713,77
7	0,83	775,52
5	4,66	1577,34
4	1,03	7,11
4	3,44	5573,14
3	5,14	796,3
3	6,05	5507,55
3	1,19	242,73
3	6,12	529,69
3	0,31	398,15
3	2,28	553,57
2	4,38	5223,69
2	3,75	0,98
Bujur ekliptika (L3)		
289	5,844	6283,076
35	0	0
17	5,49	12566,15
3	5,2	155,42
1	4,72	3,52

1	5,3	18849,23
1	5,97	242,73
Bujur ekliptika (L4)		
114	3,142	0
8	4,13	6283,08
1	3,84	12566,15
Bujur ekliptika (L5)		
1	3,14	0

