

**STUDI KOMPARASI HISAB GERHANA BULAN TOTAL
DENGAN SISTEM *JEAN MEEUS* DAN *EPHEMERIS***

SKRIPSI

**Oleh:
Dina Kamilia Rosyidah
NIM. C88215031**



**Universitas Islam Negeri Sunan Ampel
Fakultas Syariah Dan Hukum Jurusan
Hukum Perdata Islam
Prodi Ilmu Falak
Surabaya**

2022

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dina Kamilia Rosyidah
NIM : C88215031
Fakultas/Jurusan/prodi : Syariah Dan Hukum/ Hukum Perdata Islam/ Ilmu
Falak
Judul Skripsi : Studi Komparasi Hisab Gerhana Bulan Total Dengan
Sistem Jean Meeus Dan Ephemeris

Menyampaikan bahwa skripsi ini secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali pada bagian-bagian yang dirujuk sumbernya.

Surabaya , 31 Januari 2022
Saya yang menyatakan,



Dina Kamilia Rosyidah
NIM. C88215031

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi yng ditulis oleh Dina Kamilia Rosyidah NIM. C88215031 ini telah diperiksa dan disetujui untuk dimunaqasahkan.

Surabaya, 31 Januari 2022

Pembimbing,



Siti Tatmainul Qulub, S.H.I., M.S.I

NIP. 198912292015032007

PENGESAHAN

Skripsi ini ditulis oleh Dina Kamilia Rosyidah NIM. C88215031 ini telah dipertahankan di depan sidang Majelis Munaqasah Skripsi Fakultas Syariah dan Hukum UIN Sunan Ampel pada hari Kamis, tanggal 03 Februari 2022, dan dapat diterima sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program sarjana strata satu dalam Ilmu Syariah.

Majelis Munaqasah Skripsi :

Penguji I,



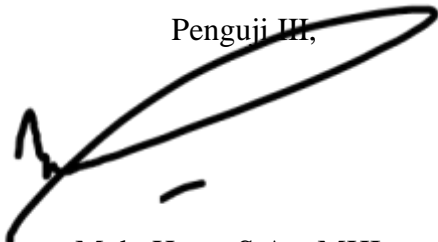
Siti Tatmainul Qulub, M.S.I.
NIP.198912292015032007

Penguji II,



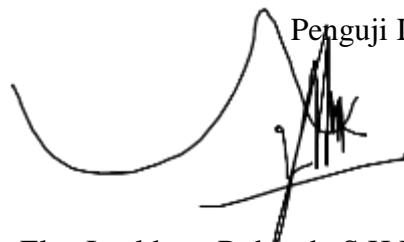
Dr. H. Abdul Basith Junaidy, M.Ag
NIP.1971102120011202

Penguji III,



Moh. Hatta, S.Ag, MHI.
NIP.197110262007011012

Penguji IV,



Elva Imeldatur Rohmah, S.H.I., MH.
NIP.199204022020122018

Surabaya , 03 Februari 2022

Mengesahkan,

Fakultas Syariah Dan Hukum

Universitas Islam Negeri Sunan Ampel

Dekan,



Prof. Dr. H. Masruhan, M.Ag
NIP. 195904041988031003



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : DINA KAMILIA ROSYIDAH
NIM : C88215031
Fakultas/Jurusan : SYARIAH DAN HUKUM/ILMU FALAK
E-mail address : dinakamilia90@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Sekripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :
STUDI KOMPARASI HISAB GERHANA BULAN TOTAL DENGAN SISTEM

JEAN MEEUS DAN EPHEMERIS

berserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 30 Agustus 2022

Penulis

(Dina Kamalia Rosyidah)

ABSTRAK

Skripsi yang berjudul “Studi Komparasi Hisab Gerhana Bulan Total Dengan Sistem *Jean meeus* dan *Ephemeris*” ini untuk menjawab pertanyaan dalam rumusan masalah yang tertuang dalam skripsi, meliputi: 1) Bagaimana hisab gerhana bulan total dengan sistem *Jean meeus* dan *Ephemeris* 2) Bagaimana akurasi perhitungan hisab gerhana bulan total dengan sistem *Jean meeus* dan *Ephemeris*.

Dalam penulisan skripsi ini penulis menggunakan metode studi pustaka (*Library research*) dengan data kualitatif. Berdasarkan data primer astronomical algorithm oleh *Jean meeus* dan Hisab *Ephemeris* serta didukung dari sumber sekunder yaitu buku-buku ilmu falak yang membahas tentang perhitungan gerhana Bulan dan literature-literatur terkait dengan penelitian ini. Teknik pengumpulan data dalam penelitian menggunakan metode dokumentasi. Adapun teknik analisis data penulis menggunakan metode komparatif, yaitu dengan mengkomparasikan antara metode perhitungan *Jean meeus* dan *Ephemeris*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode hisab gerhana Bulan dalam *Jean meeus* dan *Ephemeris* termasuk dalam kategori hisab hakiki kontemporer yang beraliran heliosentris, tetapi terdapat beberapa perbedaan yaitu adanya koreksi-koreksi yang dipotong seperti dalam langkah-langkah menghitung JDE (*Julian Day Ephemeris*), anomali rata-rata Matahari (M), anomali rata-rata Bulan (M'), argumen lintang Bulan (F), bujur titik naik Bulan omega (Ω) pada rumus T yang berpangkat 3 dan 4. Perbandingan data hisab gerhana Bulan *Ephemeris* hanya berselisih sedikit dengan data hasil hisab gerhana Bulan *Jean meeus*. Pada kontak umbra 1 ($U1$) dan kontak umbra 2 ($U2$) terdapat perbedaan yaitu selisih +2, dengan data hasil hisab gerhana Bulan *Ephemeris* lebih cepat 2 detik dibandingkan *Jean meeus*. Selanjutnya pada kontak umbra 3 ($U3$) terdapat perbedaan dengan selisih +2, dengan data hasil hisab gerhana Bulan *Ephemeris* lebih cepat 2 detik dibandingkan *Jean meeus*. Kemudian pada kontak umbra 4 ($U4$) dan kontak penumbra 4 ($P4$) terdapat perbedaan yaitu selisih +1, dengan data hasil hisab gerhana Bulan *Ephemeris* lebih cepat 1 detik dibandingkan *Jean meeus*.

Metode hisab gerhana Bulan *Jean meeus* dan *Ephemeris* memiliki akurasi yang baik dengan langkah perhitungan yang sistematis dan mudah untuk dipahami bagi pemula karena di dalam metode tersebut memaparkan langkah dan juga contoh secara bersamaan. Pada metode *Jean meeus* perlu ada penyempurnaan, perlu adanya penambahan perhitungan untuk menentukan cakupan wilayah yang akan dilewati oleh gerhana Bulan dan perhitungan *moonrise* serta *moonset* untuk menentukan keadaan gerhana di suatu tempat. Penelitian ini hanya menganalisis metode hisab gerhana Bulan total dalam *Jean meeus* dan *Ephemeris*, sehingga diharapkan ada penelitian lain yang menganalisis metode hisab gerhana Bulan total dengan metode lainnya.

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL DALAM.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TRANSLITERASI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah	6
C. Batasan Masalah	6
D. Rumusan Masalah	7
E. Kajian Pustaka	7
F. Tujuan Penelitian	9
G. Kegunaan Hasil Penelitian	9
H. Definisi Operasional	10
I. Metode Penelitian	10
J. Sistematika Pembahasan	12
BAB II TINJAUAN UMUM GERHANA BULAN	
A. Pengertian Gerhana Bulan	14
B. Dasar Hukum Gerhana	16
C. Macam-Macam Gerhana Bulan	20
D. Periode Saros Gerhana	21
E. Objek Kajian Gerhana Bulan	23
F. Proses Gerhana Bulan	25

BAB III HISAB GERHANA BULAN JEAN MEEUS DAN EPHEMERIS	
A. Tinjauan Umum Sistem Hisab Jean Meeus.....	29
B. Tinjauan Umum Sistem Hisab Ephemeris.....	37
BAB IV KOMPARASI AKURASI METODE HISAB GERHANA BULAN SISTEM JEAN MEEUS DAN EPHEMERIS	
A. Analisis Metode Hisab Gerhana Bulan Menurut Jeans Meeus dan Ephemeris.....	48
B. Analisis Tingkat Akurasi Metode Hisab Gerhana Bulan Total Menurut Jean Meeus dan Ephemeris	54
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan	64
B. Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	66



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

Tabel	Tema	Halaman
Tabel 3.1	Data Matahari dan Bulan 26 Mei 2021	42
Tabel 4.1	Perbandingan Koreksi-Koreksi <i>Jean meeus</i> dan <i>Ephemeris</i>	49
Tabel 4.2	Data Perbandingan Hisab Gerhana Bulan Total 26 Mei 2021 <i>Jean meeus</i> dengan <i>Ephemeris</i>	55
Tabel 4.3	Waktu Kejadian Gerhana Bulan Total 26 Mei 2021	55
Tabel. 4.4	Perbandingan Hasil Perhitungan Metode <i>Jean meeus</i> dan <i>Ephemeris</i>	59
Tabel 4.5	Perbandingan Hasil Magnitude dan Radius Metode <i>Jean meeus</i> dan <i>Ephemeris</i>	59
Tabel. 4.6	Perbandingan Hasil Perhitungan Metode <i>Jean meeus</i> dan <i>Ephemeris</i>	60
Tabel 4.7	Perbandingan Hasil Magnitude dan Radius Metode <i>Jean meeus</i> dan <i>Ephemeris</i>	61
Tabel. 4.8	Perbandingan Hasil Perhitungan Metode <i>Jean meeus</i> dan <i>Ephemeris</i>	61
Tabel 4.9	Perbandingan Hasil Magnitude dan Radius Metode <i>Jean meeus</i> dan <i>Ephemeris</i>	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Tema	Halaman
Gambar 4.1	Gerhana Bulan Total 26 Mei 2021	54

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Menurut bahasa “Falak” berasal dari bahasa arab *falakun* yang mempunyai arti orbit atau lintasan benda-benda langit. Dengan demikian ilmu falak didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang lintasan benda-benda langit. Diantaranya bumi, bulan dan matahari. Benda-benda langit tersebut berjalan sesuai dengan orbitnya masing-masing. Dengan adanya orbitnya tersebut dapat digunakan untuk mengetahui posisi benda-benda langit antara yang satu dengan yang lain.¹ Ilmu ini disebut dengan ilmu hisab, karena ilmu ini menggunakan perhitungan (*Alhisab* = perhitungan).²

Ilmu hisab lebih populer di kalangan masyarakat karena sebagian kegiatan yang paling menonjol di dalamnya adalah perhitungan-perhitungan. Akan tetapi dalam ilmu falak pada dasarnya menggunakan dua pendekatan dalam mengetahui waktu-waktu ibadah dan posisi benda-benda langit, yakni pendekatan hisab (perhitungan) dan pendekatan rukyat (pengamatan) benda-benda langit, karenanya terkadang disebut juga dengan ilmu hisab rukyat.³

Ilmu falak juga dapat disebut dengan ilmu astronomi, karena didalamnya juga membahas tentang bumi dan antariksa (*kosmografi*).

¹ Kementerian Agama Republik Indonesia, *Ilmu Falak Praktik* (Jakarta: Sub Direktorat Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat, 2011),1.

² Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, (Jogjakarta: Buana Pustaka, 2005), cet 1, 30.

³ Maskufa, *Ilmu Falaq*, (Jakarta: GP Press, 2009), 4-5.

Perhitungan-perhitungan dalam ilmu falak berkaitan dengan benda-benda langit, walaupun hanya sebagian kecil dari benda-benda langit yang menjadi objek perhitungan. Karena secara istilah astronomi adalah suatu cabang ilmu yang mempelajari tentang peredaran benda-benda langit, baik fisik, gerakannya, ukurannya, dan segala sesuatu yang berhubungan dengannya.⁴

Pembahasan ilmu falak yang dipelajari dalam Islam adalah yang ada kaitannya dengan pelaksanaan ibadah, sehingga pada umumnya ilmu falak ini mempelajari 4 bidang, yaitu:

- 1) Arah Kiblat dan bayangan arah Kiblat.
- 2) Waktu-waktu shalat.
- 3) Awal bulan.
- 4) Gerhana.

Dalam penelitian ini hanya membahas tentang gerhana, yang membandingkan metode perhitungan, akurasi perhitungan, perbedaan dan persamaan metode perhitungan dalam sistem *Jean meeus* dan *Ephemeris*.

Dalam ajaran Islam, peristiwa gerhana merupakan tanda kebesaran Allah SWT. sebagai rasa syukur, umat Islam disunnahkan untuk melaksanakan shalat gerhana saat berlangsungnya gerhana, baik gerhana matahari maupun gerhana bulan sebagaimana yang telah disebutkan dalam hadist:

إِنَّ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ آيَاتَانِ مِنْ آيَاتِ اللَّهِ لَا يَخْسِفَانِ لِمَوْتِ أَحَدٍ وَلَا لِحَيَاتِهِ فَإِذَا رَأَيْتُمْ ذَلِكَ فَادْعُوا اللَّهَ وَكَبِّرُوا وَصَلُّوا وَتَصَدَّقُوا

“Sesungguhnya matahari dan bulan adalah sebagian dari tanda-tanda (kekuasaan) Allah ‘azza wa jalla. Tiadalah terjadinya gerhana

⁴ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Jogjakarta: Buana Pustaka, 2004),191.

matahari dan gerhana bulan itu karena matinya seseorang dan juga bukan karena hidup atau kelahiran seseorang, maka apabila kamu melihatnya, segeralah kamu melaksanakan shalat” (HR Al-Bukhari No. 986).⁵

Gerhana dalam bahasa Inggris dikenal dengan istilah “*Eclipse*” dan dalam bahasa arab dikenal dengan *kusuf* dan *khusuf*. Pada dasarnya istilah *kusuf* atau *khusuf* dipergunakan untuk menyebut gerhana matahari maupun gerhana bulan. Hanya saja, kata *kusuf* lebih dikenal untuk menyebut gerhana matahari, sedangkan kata *khusuf* untuk gerhana bulan. Kusuf berarti “menutupi”. Ini menggambarkan adanya fenomena alam bahwa (dilihat dari bumi) bulan menutupi matahari, sehingga terjadi gerhana matahari. Sedangkan khusuf berarti “memasuki”, menggambarkan adanya fenomena alam bahwa bulan memasuki bayangan bumi, sehingga terjadi gerhana bulan.⁶

Gerhana dapat diartikan dengan suatu peristiwa tertutupnya arah pandang pengamat ke benda langit oleh benda langit lain yang posisinya lebih dekat dengan pengamat.⁷ Gerhana merupakan fenomena yang hampir selalu terjadi setiap tahunnya, salah satunya adalah gerhana bulan. Gerhana bulan terjadi saat sebagian atau keseluruhan penampakan bulan tertutup oleh bayangan bumi, itu terjadi apabila bumi berada diantara matahari dan bulan pada garis yang sama, sehingga sinar matahari tidak dapat mencapai bulan karena sinar matahari terhalang oleh bumi dimana bulan terletak dibelakang bumi dan bumi berada diantara bulan dan matahari.

⁵ Hadst Shahih Al-Bukhari No. 986 – Kitab Jum’at, <https://WWW.hadist.id/hadist/bukhari/986>.

⁶ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Jogjakarta:Buana Pustaka, 2004) 187.

⁷ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktik*, (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012), 106.

Bayangan yang dibentuk oleh bumi mempunyai dua garis bagian yaitu, pertama bagian yang paling luar yang disebut dengan bayangan *penumbra*⁸ atau bayangan semu dan bagian dalam yang disebut dengan bayangan *umbra*.⁹ Oleh karena itu, bentuk lingkaran matahari lebih besar dari pada lingkaran bumi sehingga bayangan umbra bumi membentuk kerucut sedangkan bentuk dari bayangan penumbra di bumi berbentuk kerucut terpancung dengan puncaknya di bumi yang semakin jauh dari bayangan ini, semakin membesar sampai menghilang di ruang angkasa.

Gerhana bulan itu ada dua macam, yaitu gerhana bulan total dan gerhana bulan sebagian. Gerhana bulan total atau sempurna atau *kulliy* terjadi manakala posisi bumi-bulan-matahari pada satu garis lurus, sehingga seluruh piringan bulan berada didalam bayangan inti bumi. Sehingga gerhana bulan sebagian atau *Ba'dliyy* terjadi dimana posisi bumi-bulan-matahari tidak pada satu garis lurus, sehingga hanya sebagian piringan bulan saja yang memasuki bayangan inti bumi.¹⁰ Perlu diketahui pada saat gerhana bulan total ini, meski bulan berada pada umbra bumi, bulan tidak sepenuhnya gelap total, karena sebagian cahaya masih bisa sampai ke permukaan bumi oleh *refraksi atmosfer*¹¹ bumi.

Pada dasarnya perhitungan gerhana bulan adalah menghitung waktu, yakni kapan atau jam berapa terjadi kontak gerhana bulan. Untuk gerhana bulan sempurna atau total akan terjadi empat kali kontak, yakni:

⁸ Bayang-bayang semu disekeliling umbra.

⁹ Umbra kerucut bayangan gelap bulan atau bumi dibelakang benda langit itu terhadap matahari dari dalam umbra kita sama sekali tidak dapat melihat matahari.

¹⁰ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004), 188-189.

¹¹ Lapisan gas yang melingkupi sebuah planet termasuk bumi dari permukaan planet tersebut sampai jauh diluar angkasa.

- 1) Ketika piringan bulan mulai menyentuh masuk pada bayangan bumi.
- 2) Ketika seluruh piringan bulan sudah memasuki bayangan bumi.
- 3) Ketika piringan bulan mulai menyentuh untuk keluar dari bayangan bumi.
- 4) Ketika seluruh piringan bulan sudah keluar dari bayangan bumi.

Cara yang digunakan untuk menghitung gerhana Bulan sendiri terdapat beberapa metode, yaitu: pertama, metode hisab *urfi*. Metode ini menggunakan sistem perhitungan tanggal berdasarkan peredaran rata-rata Bulan mengelilingi Bumi (dapat ditetapkan umur Bulan rata-rata). Hisab *urfi*, hanya digunakan untuk penanggalan muamalah secara internasional, bukan digunakan untuk pelaksanaan ibadah secara syar'i. Kedua, metode hisab hakiki, ialah metode hisab yang berdasarkan pada peredaran Bulan dan Bumi sebenarnya sehingga umur tiap Bulan tidak beraturan atau konstan melainkan tergantung pada posisi hilal setiap awal Bulan.¹² Sistem hisab hakiki dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:¹³

- 1) Hisab hakiki *taqribi*, kelompok sistem ini menggunakan data Bulan dan Matahari berdasarkan pada data dan tabel hisab Ulugh Beikh dengan proses dan sistem perhitungan yang sederhana (tanpa menggunakan teori sistem ilmu segitiga bola).
- 2) Hisab hakiki *tahkiki*, kelompok sistem ini menggunakan tabel-tabel yang sudah dikoreksi dan menggunakan perhitungan yang relatif lebih

¹² Susiknan Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*, (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, cet III, 2012), 78.

¹³ Ahmad Izzuddin, *Fiqih Hisab Rukyah (Menyaatukan NU & MUHAMMADIYYAH dalam Penentuan Awal Ramadhan, Idul Fitri dan Idhul Adha)*, (Jakarta: Penerbit Erlangga, 2007), 7.

rumit dibandingkan hisab hakiki taqribi karena memakai teori segitiga bola.

- 3) Hisab hakiki kontemporer, kelompok sistem ini dalam teori dan aplikasinya telah menggunakan media komputerisasi dan peralatan canggih seperti: Kompas, Theodolit, GPS, dan sebagainya. Dalam perhitungan data hisab hisabnya menggunakan rumus yang sangat rumit. Disamping menggunakan rumus segitiga bola, semua data hisab diprogramkan melalui perangkat komputerisasi untuk memperkecil kesalahan dalam perhitungan serta akurasi hasil perhitungan sesuai dengan kenyataan di tempat observasi.

Bulan pada tabel astronomi berdasarkan pada pusat massa bulan, sementara peristiwa gerhana yang terlihat dari bumi didasarkan pada titik bulan yang terlihat oleh mata pengamat, padahal titik pusat massa dan titik pusat yang terlihat itu tidak sama. Ketidaksamaan antara kedua titik tersebut dikarenakan adanya ketidakaturan semu dan ketidakaturan nyata gerak bulan yang dikenal dengan istilah *Librasi*.¹⁴

Gerhana bulan total merupakan objek penelitian penulis. Perhitungan *Jean meeus* dan *Ephemeris* ini diprogramkan melalui komputerisasi oleh karena itu kedua metode tersebut memiliki akurasi yang cukup tinggi, tidak menutup kemungkinan perhitungan tersebut memiliki perselisihan sekitar $\pm 0^{\circ} 2' 0''$. Data yang diperlukan memiliki perbedaan dan cara perhitungannya pun berbeda.

Dalam metode *Jean meeus* perhitungan gerhana bulan, untuk

¹⁴ Ahmad Izzuddin, *Fiqih Hisab Rukyah*, (Jakarta: Penerbit Erlangga, 2007), 42.

menentukan terjadinya gerhana bulan ada 37 langkah perhitungan mulai dari langkah pertama yaitu menentukan perkiraan tahun, menghitung JD (Julian Day) sampai langkah terakhir yaitu menghitung fase penumbra. Julian Day yaitu Hari Julian dimana hitungan hari yang digunakan oleh para astronom sejak priode Julian. Angka Julian Day adalah bilangan bulat yang ditetapkan untuk keseluruhan hari Matahari dalam hari Julian dihitung mulai siang waktu Universa, dimana angka 0 pada hari Julian ditetapkan untuk hari, terhitung siang pada tanggal 1 Januari 4713 SM kalender Julian atau 24 November 4714 SM kalender Gregorius.¹⁵

Perhitungan gerhana bulan dengan menggunakan data *Ephemeris* Hisab Rukyat sebagaimana yang dijelaskan Muhyidin Khazin ini juga pernah diterangkan dalam buku Ilmu Falak Praktik yang diterbitkan oleh Kementrian Agama RI. Namun dalam lampiran. Buku *Ephemeris* ini justru mengambil data gerhana yang bukan berasal dari hasil perhitungan menggunakan data *Ephemeris* Hisab Rukyat.

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis melakukan penelitian lebih jauh mengenai perhitungan hisab hakiki kontemporer (*Jean meeus* dan *Ephemeris*). Untuk mengetahui akurasi hasil perhitung, persamaan dan perbedaan perhitungan kedua metode tersebut. Oleh karenanya, penulis bermaksud menulis skripsi dengan judul **“Studi Komparasi Hisab Gerhana Bulan Total dengan Sistem *Jean Meeus* dan *Ephemeris*.”**

¹⁵ Miftach Rizcha Afifi, “Akurasi Perhitungan Gerhana Bulan Menurut *Jean Meeus* dengan Menggunakan Software Matlab”, (Skripsi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya, 2019), 6.

B. Identifikasi Masalah

Adapun diidentifikasi masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Metode hisab gerhana bulan.
2. Dasar hukum gerhana bulan.
3. Cara yang digunakan dalam perhitungan Gerhana Bulan.
4. Data yang dibutuhkan metode *Jean meeus* dan *Ephemeris*.
5. Akurasi hisab gerhana bulan total dengan metode *Jean meeus* dan *Ephemeris*.
6. Persamaan dan perbedaan metode *Jean meeus* dan *Ephemeris* dalam hisab gerhana.

C. Batasan Masalah

Dari masalah ini penulis akan membatasi batasan masalah yakni :

1. Masalah hisab gerhana bulan total dengan metode *Jean meeus* dan *Ephemeris*.
2. Akurasi perhitungan hisab gerhana dengan sistem *Jean meeus* dan *Ephemeris*.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hisab gerhana bulan total dengan metode *Jean meeus* dan *Ephemeris*?
2. Bagaimana akurasi perhitungan hisab gerhana bulan total dengan metode *Jean meeus* dan *Ephemeris*?

E. Kajian Pustaka

Kajian pustaka adalah deskripsi ringkas tentang kajian penelitian yang sudah pernah dilakukan seputar masalah yang akan diteliti, sehingga terlihat jelas bahwa kajian yang akan dilakukan ini tidak merupakan pengulangan atau duplikasi dari kajian atau penelitian yang telah ada.¹⁶

Penelitian atau kajian terkait perhitungan gerhana bulan total banyak ditemukan, baik penelitian yang sudah berupa buku atau masih dalam bentuk laporan, namun masih belum ada penelitian yang membahas masalah perbandingan hisab gerhana bulan total dengan menggunakan perhitungan *Jean meeus* dan *Ephemeris*.

Berikut beberapa penelitian atau kajian yang penulis temukan:

1. Zenudin Nurjaman dalam skripsinya yang berjudul “sistem gerhana bulan Analisis pendapat KH Noor Ahmad SS dalam kitab Nur al-Anwar”¹⁷ merupakan sistem hisab yang berpijak pada teori heliosentris dan termasuk kategori *hisab Hakiki bi Al-Tahqiq*.¹⁸ Metode hisabnya menggunakan nilai batas *ekliptis* 120. Rumus-rumus trigonometri yang ada dalam kitab tersebut merupakan hasil modifikasi dan transformasi bentuk rumus-rumus logaritma yang ada dalam kitab al-Khulasah al-Wafiyah. Tingkat akurasi hasil kitab ini untuk setiap fase gerhana memiliki nilai yang variatif. Nilai akurasinya berbanding lurus dengan tingkat kejelasan penampakan bulan saat berlangsungnya gerhana.

¹⁶ Tim Penyusun Fakultas Syariah dan Hukum, *Petunjuk Teknis Penulisan Skripsi*, 8.

¹⁷ Zaenudin Nurjaman, “Sistem Hisab Gerhana Bulan Analisis Pendapat KH. Noor Ahmad SS dalam Kitab Nur Al-Anwar”, (Skripsi, IAIN Walisongo Semarang , 2012).

¹⁸ Perhitungan posisi benda-benda langit berdasarkan gerak benda langit yang sebenarnya, sehingga hasilnya cukup akurat.

2. Wahyu Fitria dalam skripsinya yang berjudul “Studi Komparatif hisab gerhana dalam kitab al-Khulasah al-Wafiyah dan *Ephemeris*”¹⁹. Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa metode hisab dalam kitab al-Khulasah al-Wafiyah jika dibandingkan dengan hisab kontemporer hasilnya tetap dibawah hisab kontemporer, karena data yang dihasilkan oleh hisab kontemporer lebih valid dan lebih akurat, dan dalam pengambilan datanyapun sudah menggunakan table yang sudah deprogram dalam komputer.
3. Yadi Setiadi dalam skripsinya yang berjudul “Akurasi Perhitungan Terjadinya Gerhana dengan Rubu’ al-Mujayyab”²⁰. Penelitian ini membahas mengenai akurasi rubu’al-Mujayyab sebagai alat bantu hitung untuk menentukan hisab terjadinya gerhana menggunakan rumus hitung Muhyiddin Khazin dalam buku ilmu falak dalam teori dan praktik. Dalam hasil penelitiannya ditemukan rubu’ al-Mujayyab sudah cukup akurat dengan kehati-hatian dan ketelitian dalam penggunaannya untuk menentukan terjadinya gerhana.
4. Sukarini dalam skripsinya yang berjudul “Metode Hisab gerhana Bulan Ahmad Ghozali dalam kitab Irsyad al-Murid”²¹. Penelitian ini menjelaskan bahwa kitab Irsyad al-Murid menggunakan metode hisab kontemporer dan merupakan pengembangan dari buku *Astronomical Algorithms* karangan *Jean meeus*. Perbedaan antara kitab Irsyad al-Murid dengan *Astronomical Algorithms* ialah kitab Irsyad al-Murid

¹⁹ Wahyu Fitria, “Studi Komparatif Hisab Gerhana Bulan dalam Kitab al-Khulashah al-Wafiyah dan *Ephemeris*”, (Skripsi, IAIN Walisongo Semarang ,2011).

²⁰ Yadi Setiadi, “Akurasi Perhitungan terjadinya Gerhana dengan Rubu’ Al-Mujayyab”, (Skripsi, IAIN Walisongo Semarang, 2012).

²¹ Sukarni, “Metode Hisab Gerhana Bulan Ahmad Ghozali dalam Kitab Irsyad Al-Murid”, (Skripsi, IAIN Walisongo Semarang, 2014).

menggunakan tahun *tam* dan mengimput tahun hijriyah dalam perhitungannya, sedangkan buku *Astronomical Algorithms* menggunakan tahun masehi dalam perhitungannya. Keakurasiannya kitab ini sudah cukup akurat, hanya berkisar antara 1-2 menit saja hasil dengan NASA.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya yaitu dalam penelitian ini mengkomparasikan hisab Gerhana Bulan dengan *Jean meeus* dan *Ephemeris* yang pada penelitian sebelumnya belum ada yang melakukan penelitian terkait hisab Gerhana Bulan dengan *Jean meeus* dan *Ephemeris*.

F. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam pembuatan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui bagaimana metode yang digunakan sistem *Jean meeus* dan sistem *Ephemeris*
2. Mengetahui akurasi perhitungan hisab gerhana menggunakan sistem *Jean Meeus* dan *Ephemeris*.

G. Kegunaan Hasil Penelitian

Dalam hasil penelitian ini ada beberapa aspek dari sebuah pentingnya penelitian secara teoritis dan praktis yakni antara lain:

1. Segi teoritis

- a. Untuk mengetahui tentang hisab gerhana bulan total berdasarkan penelitian ini.
 - b. Untuk memberikan informasi tentang hisab gerhana bulan total yang telah dikaji dalam penelitian ini.
 - c. Agar mahasiswa atau masyarakat paham tentang hisab gerhana bulan total berdasarkan perhitungan sistem *Jean meeus* dan *Ephemeris*.
2. Segi praktis
- a. Untuk menjadikan wawasan keilmuan dalam memahami hisab gerhana bulan total.
 - b. Untuk menunjukkan akurasi hisab gerhana bulan total berdasarkan perhitungan sistem *Jean meeus* dan *Ephemeris* dengan metode perhitungan lain yang berkaitan dengan hisab gerhana bulan total.

H. Definisi Operasional

Agar menghindari adanya pemahaman yang menyimpang terhadap skripsi ini, maka diperlukan penjelasan dan pemahaman tentang beberapa istilah yakni :

1. Komparasi artinya membandingkan, yaitu membandingkan seberapa besar tingkat perbedaan dan persamaan antara satu hal dengan hal yang lainnya.
2. Hisab gerhana bulan yang dimaksud adalah perhitungan yang terjadi pada saat keseluruhan penampakan bulan tertutup bayangan

bumi.

3. Gerhana bulan total terjadi karena matahari-bulan-bumi berada pada posisi sejajar atau melintasi kesesuaian.
4. Sistem *Jean meeus* merupakan salah satu metode perhitungan *Ephemeris* planet di tata surya yang memiliki akurasi tinggi, metode ini dikenal oleh ahli Astronomi Belgia yaitu *Jean meeus*.²²
5. *Ephemeris* Hisab Rukyat adalah buku yang diterbitkan setiap tahun oleh Departemen Agama RI. (sejak tahun 2005 ditanda tangani oleh Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah). Buku ini memuat data Astronomi Matahari dan Bulan pada setiap jam dalam satu tahun. Data Astronomi ini dapat pula dilihat dan diketik melalui software program WinHisab versi 2.0.²³

I. Metode Penelitian

Metode penelitian adalah suatu cara yang digunakan penelitian dalam mengumpulkan data penelitiannya dan dibandingkan dengan standar ukuran yang telah ditentukan.²⁴ Adapun metode penelitian dalam skripsi ini sebagai berikut:

1. Jenis penelitian

Jenis penelitian dalam skripsi ini merupakan jenis penelitian

²² Agus Minanur Rohman, "Visual Gerak semu Bulan dan Matahari serta pengaruhnya terhadap pasang surut air laut", (Skripsi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, 2016), 34.

²³ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004), 152-153

²⁴ Suharsini Arikunto, *Prosedur penelitian: Suatu Pendekatan Praktek*, (Jakarta: Rineka Cipta, 2012), 126-127.

kualitatif. Oleh Karena itu data yang dikumpulkan umumnya berbentuk kata- kata, dan kebanyakan angka-angka. Kalaupun ada angka-angka sifatnya hanya sebagai penunjang. Penelitian ini dilaksanakan untuk membangun pengetahuan melalui pemahaman penemuan.²⁵

2. Data yang dikumpulkan

Terdapat dua langkah untuk memperoleh data yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

- a. Pengumpulan data secara primer berupa studi pustaka, yakni mengkaji dan memahami hisab gerhana bulan dalam almanac *Ephemeris* dan buku *Astronomical Algorithms*.
- b. Pengumpulan data secara sekunder berupa mengkaji buku-buku maupun sumber lain yang membahas mengenai hisab gerhana bulan total.

3. Sumber data

a. Sumber data primer

Sumber data primer yaitu referensi atau rujukan utama untuk mendapatkan informasi penting yang berkaitan dengan penelitian. Sumber data primer ini meliputi:

- 1) Perhitungan awal gerhana bulan *Jean meeus* dan *Ephemeris*
- 2) Data-data pendukung perhitungan gerhana Bulan.

²⁵ Sudarwin Danim, *Menjadi Penelitian Kualitatif*, (Bandung: CV Pustaka Setia, 2002), 36.

b. Sumber data sekunder

Sumber sekunder merupakan referensi tambahan yang digunakan untuk menunjang keberhasilan dari penelitian yang akan bersifat memperkuat argument terkait ilmu falak dan gerhana bulan.

4. Metode pengumpulan data

Untuk memperoleh data yang diinginkan, penulis menggunakan metode dokumentasi. Dokumen sudah lama digunakan dalam penelitian sebagai sumber data karena dalam banyak hal dokumen sebagai sumber data dimanfaatkan untuk menguji, menafsirkan, bahkan meramalkan.²⁶ Untuk memperoleh data yang diperlukan dalam penelitian, maka teknik yang diperlukan adalah pengumpulan data, data dari telaah, berupa buku-buku yang menjelaskan hisab gerhanabulan total dan perhitungannya, ensiklopedia, Makala-makala seminar dan sumber lain yang berkenaan dengan permasalahan yang diteliti.

5. Metode Analisa Data

Metode analisis data merupakan kegiatan yang mempelajari data yang sudah terkumpul dalam penarikan kesimpulan yang merupakan jawaban atas masalah atau pertanyaan yang dapat diangkat dalam penelitian.²⁷

a. Tahap pengumpulan data

²⁶ Lexy J. Moleong, *Metodologi Penelitian Kualitatif*, (Bandung: PT Remaja Rosdakarya cet, ke 35, 2016), 217.

²⁷ Irfan Tamwif, *Metode Penelitian*, (Sidoarjo: CV Intan XII 2014), 240.

Pada tahap ini penulis mengumpulkan data-data yang diperlukan dianalisa untuk mendukung perhitungan gerhana Bulan yang akan dilakukan. Pada tahap ini penulis akan melakukan penelaahan dokumen baik berupa buku-buku, literature, maupun artikel yang berkaitan dengan perhitungan gerhana Bulan yang akan dilakukan penulis.

b. Komparatif

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode komparatif, yaitu dengan mengkomparasikan antara metode perhitungan *Jean meeus* dan *Ephemeris*, kemudian dapat diketahui apakah hasil perhitungan dari kedua metode ini sama, meskipun data yang diproses memiliki perbedaan.

J. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada penelitian ini, akan penulis susun dalam lima bab yang terdiri dari beberapa sub pembahasan:

BAB I: Pendahuluan

Bab ini merupakan pola dasar keseluruhan isi yang ada dalam skripsi ini. Dalam pendahuluan akan dibahas terkait gerhana bulan, hukum gerhana bulan, hisab gerhana bulan, cara perhitungan gerhana bulan dan gambaran singkat mengenai hisab gerhana bulan dengan metode *Jean meeus* dan *Ephemeris* serta bagaimana akurasi perhitungan hisab gerhana bulan dengan metode *Jean meeus* dan *Ephemeris*.

BAB II : Tinjauan Umum Gerhana Bulan

Bab ini merupakan subyek pembahasan dan dijadikan landasan teori sebagai tolak ukur dalam pembahasan bab berikutnya. Dalam bab dua ini akan dibahas tentang gerhana bulan total, dan penentuan terjadinya gerhana bulan total, bab ini juga merupakan objek pembahasan.

BAB III : Hisab Gerhana Bulan *Jean meeus* dan *Ephemeris*

Pada bab ini membahas tentang tinjauan secara umum sistem *Jean meeus* dan *Ephemeris*, teori yang digunakan untuk menentukan gerhana bula total menurut sistem *Jean meeus* dan *Ephemeris*. Dan didalamnya akan mengulas tentang penyajian data tentang perhitungan gerhana bulan total menurut *Jean meeus* dan *Ephemeris*.

BAB IV : Komparasi Akurasi Metode Hisab Gerhana Bulan Sistem *Jean meeus* dan *Ephemeris*

Pada bab ini menguraikan tentang perhitungan gerhana bulan total menurut *Jean meeus* dan *Ephemeris*. Menghitung keakurasian hasil perhitungan kedua sistem tersebut. Dan mengulas mengenai persamaan dan perbedaan kedua sistem tersebut

BAB V : Penutup

Dalam bab ini, penulis akan membagi dua bab: pertama, kesimpulan, yang menguraikan hasil dari seluruh pembahasan dan sekaligus menjawab pokok permasalahan yang telah dikemukakan. Kedua, saran-saran, mungkin ada kelebihan dan kekurangan dalam penelitian perhitungan tersebut, maka penulis meminta saran pada pembaca.

BAB II

TINJAUAN UMUM GERHANA BULAN

A. Pengertian Gerhana Bulan

Gerhana, disebut Eclipse dalam bahasa Inggris, yang berarti gerhana matahari dan bulan, dan juga dapat diartikan sebagai frustrasi. Namun dalam penyebutannya terdapat dua istilah yaitu Gerhana Matahari untuk Gerhana Matahari, dan Gerhana Bulan untuk Gerhana Bulan yang disebut juga Gerhana Matahari untuk Gerhana Matahari dan Gerhana Bulan untuk Gerhana Bulan.¹

Sedangkan dalam bahasa Arab Kusuf atau Khusuf digunakan untuk gerhana. Kedua kata ini digunakan untuk gerhana matahari dan bulan. Namun, kata Kusuf dikenal untuk merujuk pada gerhana matahari (Kusuf al-syams), sedangkan kata Khusuf dikenal untuk merujuk pada gerhana bulan (Khusuf al-qamr).²

Kusuf artinya menimpa. Ini menggambarkan fenomena alam Bulan menutupi Matahari (dilihat dari Bumi), menyebabkan gerhana matahari. Dan Khusuf memiliki banyak arti menembus, melubangi, menyusut. Jelaskan fenomena alam bulan memasuki bayangan bumi sehingga terjadi gerhana bulan.³

Adapun yang terkenal, menurut para ahli fiqh (fuqaha), lafadh Kusuf adalah gerhana matahari dan Khusuf adalah gerhana bulan, menurut Tsa'lab. Al Jauhari bilang lebih lancar (standar). Al Qadhi Iyadh mengutip beberapa ahli hukum yang bertentangan (Khusuf singkatan matahari dan Kusuf untuk bulan). Beberapa ulama percaya bahwa, sebagaimana dinyatakan dalam hadits Nabi SAW, kata Kusuf dan Khusuf dapat digunakan untuk menyatakan bulan). Namun, tidak diragukan lagi bahwa makna kusuf lafadh secara bahasa berbeda dengan khusuf. Kusuf artinya

¹ Muhyiddin Khazin , *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004), 187.

² Sub Direktorat Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah Direktorat Jederal Bimbingan Masyarakat Islam Kementerian Agama Republik Indonesia, *Ilmu Falak Praktik*, (Jakarta: Direktorat Peradilan Agama, 2013), 109.

³ Muhyiddin khazin , *Ilmu,....*, 187.

menghitam, dan khusuf artinya kekurangan dan kehinaan. Jika kata Kusuf dan Khusuf digunakan untuk mengartikan gerhana matahari karena variasi dan kekurangannya, maka hal ini dapat diterima, seperti halnya gerhana bulan. Tapi bukan berarti kedua kata itu sinonim.⁴

Pandangan lain adalah bahwa Khusuf merupakan awal dari gerhana matahari, dan Kusuf merupakan akhir dari gerhana matahari. Disebutkan pula bahwa Kusuf digunakan pada saat cahaya benar-benar padam (gerhana matahari total) dan Khusuf digunakan pada cahaya sebagian. Yang lain mengatakan gunakan khusuf lafazh ketika semua warna hilang (tidak terlihat) dan kusuf lafazh untuk perubahan.⁵

Gerhana secara harfiah berarti peristiwa di mana sumber cahaya terhalang oleh objek lain. Para astronom menjelaskan bahwa gerhana matahari terjadi ketika orbit Bumi, Bulan dan Matahari berpotongan.⁶ Dari sudut pandang astronomi, gerhana matahari adalah penutupan arah pandang benda langit yang diamati oleh benda langit lain yang lebih dekat dengan pengamat. Gerhana matahari juga dapat diartikan sebagai berkurangnya jarak pandang atau hilangnya suatu benda dari pandangan karena suatu benda memasuki bayangan yang dibentuk oleh benda lain.⁷

Definisi di atas menjelaskan bahwa dari segi bahasa, gerhana matahari tidak hanya berkaitan dengan gerhana matahari atau bulan, tetapi juga segala bentuk pemblokiran cahaya suatu sumber cahaya oleh objek lain. Namun jika pengertian gerhana matahari relevan dengan pengetahuan umum masyarakat luas, khususnya masyarakat muslim yang berorientasi pada aliran sesat, maka pertanyaan tentang gerhana matahari hanya akan menyangkut dua hal, yaitu gerhana matahari dan gerhana bulan.

Gerhana bulan terjadi ketika Bulan berada dalam posisi berlawanan (istiqbal), yaitu Bulan berada pada atau di dekat salah satu simpul lainnya, dan Matahari berjarak 1800 bujur astronomis dari Bulan. Gerhana ini

⁴ Al Imam Al Hafiz Ibnu Hajar Al-Asqalani, *Fathul Bari*, Jilid 6, (Jakarta: Pustaka Azzam, cet ke 3, 2011), 32.

⁵ Ibid, 33.

⁶ Muhammad Faizal bin Jani, *Muzakirah Ilmu Falak (Fi Ithna Asyara Syahran)*, (Malaysia: UKM, 2011), 83.

⁷ Slamet Hambali,, 229

berarti hanya terjadi pada saat bulan purnama, bukan di lokasi saat gerhana. Selanjutnya, ini juga berarti bahwa, seperti pada gerhana matahari, bulan pada saat itu memotong bidang ekliptika pada orbitnya.⁸

Gerhana bulan dapat terjadi 2 atau 3 kali dalam setahun, dan bahkan jika itu terjadi, mungkin tidak akan pernah ada gerhana bulan dalam setahun. Gerhana bulan atau khusuf al-qamar adalah seperti bayangan bumi yang jatuh di permukaan bulan ketika matahari, bumi dan bulan berada dalam satu garis lurus atau ketika sebagian atau seluruh piringan bulan memasuki kerucut bulan. Bayangan inti bumi (umbra). Kondisi ini mencegah sinar matahari mencapai Bulan karena terhalang oleh Bumi. Akibatnya, bulan tidak dapat memantulkan sinar matahari ke Bumi.⁹ Gerhana bulan adalah hilangnya cahaya bulan karena bayangan bumi, dan posisi bulan, bumi, dan matahari berada dalam satu garis lurus, karena cahaya bulan bergantung pada cahaya matahari.¹⁰

B. Dasar Hukum Gerhana

Gerhana matahari adalah peristiwa langka yang tidak terlihat setiap kali terjadi. Dalam Islam, ada beberapa dalil yang dapat dijadikan sebagai sumber hukum gerhana, yaitu:

1. -

a. Surat al-An'am: 96

فَالِقُ الْإِصْبَاحِ وَجَعَلَ اللَّيْلَ سَكَنًا وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ حُسْبَانًا ذَلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ ٩٦

Artinya: "Dia menyingsingkan pagi dan menjadikan malam untuk beristirahat, dan menjadikan) matahari dan bulan untuk perhitungan. Itulah ketentuan Allah yang Maha Perkasa lagi Maha mengetahui".

Kata "ح ابص افئلى" Allah SWT "dia bangun pagi" adalah na'at (sifat) dari nama Allah SWT. Artinya, Allah, Tuhanmu, bangun di pagi

⁸ Ichtijanto dkk, *Almanak Hisab Rukyat*, (Jakarta: Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam, 1981), 145-146.

⁹ Abdul Karim dan M. Rifa Jamaluddin Nasir, *Mengenal Ilmu Falak (Teori dan Implementasi)*, (Yogyakarta: Qudsi Media, cet I, 2012), 37.

¹⁰ Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah, *Irsyad al-Murid*, (Madura: Lafal, 2005), 157.

hari. Ada yang mengatakan itu berarti bahwa Allah yang bangun di pagi hari. Kata "خابصا" dan "حابصا" berarti "siang". Hal yang sama berarti "كَلَّ حَابِصًا". Ayat "siang hari setiap hari" berarti fajar. Kata "كَلَّ حَابِصًا" adalah masdar dari "خابصاً". Artinya adalah terang dalam gelap dan menghalau kegelapan.¹¹

Sesuai dengan arti "قنّاف", Hasan, Isa bin Umar, Hamzah dan al-Kisa'i membaca lafadz ارض "biarkan malam beristirahat", tidak termasuk huruf alif, dan membaca kata "وَبَا" dengan harakat fathah" pada dua di atas Tempat. Keduanya berarti "berpisah". Karena itulah yang terjadi. Jadi ditafsirkan seperti ini.¹²

Arti kata ابطد berkaitan dengan kemaslahatan hamba. Ibnu Abbas Ra berkata: "Allah SWT اِطْلَبُ ا artinya dengan perhitungan. Makna dari ayat di atas adalah bahwa Allah SWT menyelesaikan perjalanan matahari dan bulan dengan perhitungan yang tidak terbatas (pasti). Dengan semua ini, Allah SWT menunjukkan kepada mereka Nya kekuasaan dan keesaan, dan Allah ingin menunjukkan bahwa segala sesuatu yang terjadi di dunia ini sesuai dengan kehendak- Nya. Maksud dari ayat "Perjalanan" ini adalah bahwa Allah telah mengatur cara matahari dan bulan bergerak dan bahwa kehadiran matahari atau gerhana bulan juga diatur oleh Allah SWT dalam Al Quran.¹³

b. Surat Yasin ayat 38-40

وَالشَّمْسُ تَجْرِي لِمُسْتَقَرٍّ لَهَا ذَلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ ٣٨
لَا الشَّمْسُ يَنْبَغِي لَهَا أَنْ تُدْرِكَ الْقَمَرَ وَلَا الْقَمَرُ قَدْرُهُ مَنَازِلَ حَتَّىٰ عَادَ كَالْعُرْجُونِ الْقَدِيمِ ٣٩
الْيَلُ سَابِقُ النَّهَارِ وَكُلٌّ فِي فَلَكٍ يَسْبَحُونَ ٤٠

Artinya: "Dan matahari berjalan ditempat peredarannya. Demikianlah ketetapan yang Maha Perkasa lagi Maha mengetahui. Dan telah Kami tetapkan bagi bulan manzilah-manzilah, sehingga (setelah Dia sampai ke manzilah yang terakhir) Kembalilah Dia

¹¹ Syaikh Imam al-Qurthubi, *Tafsir al-Qurthubi*, (Jakarta: Pustaka Azzam, Cet. I, 2018), 113

¹² Ibid., 115.

¹³ Ibid., 116.

sebagai bentuk tandan yang tua. Tidaklah mungkin bagi matahari mendapatkan bulan dan malampun tidak dapat mendahului siang. dan masing-masing beredar pada garis edarnya.

Kata "takdir" pada pasal 38 di atas digunakan untuk memberi sesuatu tingkat dan sistem tertentu dan menyeluruh, dan bisa juga berarti tingkat pengaturan sesuatu dalam kaitannya dengan materi dan waktu. Allah telah menetapkan matahari untuk berputar dengan hati-hati dalam siklusnya dan pada saat yang sama Allah mengatur tingkat waktu siklusnya, dari mana ia mengarah ke siang dan malam dan kegelapan dan cahaya.¹⁴

Ayat-ayat di atas juga menjelaskan sistem peredaran bulan dalam manzilah manzilah atau posisi tertentu yang membuat bulan tampak kecil atau sabit pada awal kemunculannya dan mengalami pembesaran dari malam ke malam hingga akhirnya menyusut kembali (fase bulan). Disebutkan pula bahwa bulan digambarkan sebagai massa baru yang tumbuh dan menua dari waktu ke waktu, kemudian mengering dan membengkok hingga mencapai manzillah terakhir. Bulan akan kembali menjadi tandan yang layu.¹⁵

Allah SWT telah menjadikan Matahari dan Bulan pada garis edarnya masing-masing dengan sangat teliti dan konsisten. Sehingga masing-masing tidak akan keluar dari garis edarnya ataupun saling mendahului satu sama lain.¹⁶

c. Dalil al-Hadits

Hadist Riwayat Imam Bukhari:

Artinya: Abdullah bin Muhammad menceritakan kepada kami: Hasyim bin al-Qasim menceritakan kepada kami: Syaiban Abu Mu'awiyah dari Ziad bin 'Illaqoh memberi tahu kami Mughiroh bin Syu'bah berkata: Gerhana terjadi pada hari ketika Nabi Muhammad SAW masih hidup Ibrahim (putra Nabi) meninggal. Dikatakan juga bahwa gerhana terjadi

¹⁴ M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Misbah, (Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an)*, vol II, Cet. V, (Jakarta: Lentera Hati, 2015), 153.

¹⁵ Ibid., 153.

¹⁶ Ibid, 154.

karena kematian Ibrahim. Kemudian Rasulullah (SAW) berkata: “Benar bahwa gerhana matahari dan bulan tidak terjadi karena kematian atau kelahiran seseorang, jadi ketika Anda melihat gerhana matahari, berdoa dan berdoa kepada Allah”. (H.R. Bukhari).

Nabi Muhammad SAW bersabda bahwa matahari dan bulan adalah tanda-tanda kebesaran Allah. Gerhana tidak terjadi karena kematian atau kelahiran seseorang atau sehubungan dengan bencana yang akan datang, dll. Namun, gerhana matahari adalah perintah Allah dan hanya bagian dari Hadis Kaunia, manifestasi kitab suci Allah di alam semesta.¹⁷

Melalui gerhana matahari, Allah telah menunjukkan kekuasaannya atas alam semesta, tentang bagaimana mengatur keteraturan siklus orbit setiap benda langit seperti matahari dan bulan, meskipun mereka tampak sama dalam cahaya, sifat cahaya, dan gerakannya berbeda. Hal ini agar umat Islam lebih bersyukur dan takut akan kekuasaan Allah dan segera berdzikir atau memohon ampun atas khilaf atau dosa.¹⁸

C. Macam-Macam Gerhana Bulan

Gerhana bulan terjadi ketika Matahari, Bulan, dan Bumi berada dalam satu garis lurus dan sejajar. Posisi bumi berada di antara matahari dan bulan. Ada tiga jenis gerhana bulan yaitu gerhana bulan total, gerhana bulan sebagian, dan gerhana bulan penumbra.¹⁹

1. Gerhana Bulan total

Gerhana bulan total atau lunar terjadi ketika posisi Bumi, Bulan dan Matahari berada dalam satu garis lurus. Seluruh piringan bulan berada di bawah bayangan inti atau di wilayah umbra.²⁰ Selama gerhana bulan total, bahkan jika bulan berada di umbra bumi, warna bulan tidak sepenuhnya redup karena cahaya masih dapat mencapai permukaan bumi melalui pembiasan oleh atmosfer bumi. Gerhana bulan total dimulai saat bulan memasuki penumbra. Setelah itu, bulan secara bertahap memasuki wilayah umbra. Lamanya bulan berada di

¹⁷ Muhammad Hadi Bashori, *Pengantar Ilmu Falak*, (Jakarta: Pustaka Al Kautsar, 2015), 238.

¹⁸ Ibid, 239.

¹⁹ Ibid, 233.

²⁰ Ahmad Izzudin, *Ilmu Falak Praktis*, (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012), 109.

umbra adalah antara 50 dan 102 menit. Setelah melewati umbra, bulan akan kembali memasuki penumbra, memantulkan cahaya matahari seperti semula.²¹

2. Gerhana Bulan parsial

Gerhana bulan parsial atau gerhana bulan sebagian terjadi ketika posisi Bumi-Bulan-Matahari tidak dalam satu garis lurus, sehingga hanya sebagian piringan bulan yang jatuh ke dalam bayangan inti bumi atau umbra bumi. Selama gerhana bulan parsial, hanya sebagian bulan yang redup di umbra. Gerhana bulan Badi memiliki dua kontak, yaitu: 1) Kontak pertama, ketika piringan bulan mulai menyentuh bayangan bumi, yang menandai dimulainya gerhana bulan. 2) Kontak kedua adalah ketika piringan bulan telah muncul dari bayangan Bumi, yang menandai berakhirnya gerhana.²²

3. Gerhana Bulan penumbra

Pada gerhana bulan penumbra, Bulan hanya melewati penumbrabumi dan tidak masuk ke wilayah umbra bumi. Dengan cara ini semua bagian bulan berada di penumbra bumi dan bulan masih dapat terlihat. Gerhana bulan penumbra terlihat ketika ukuran gerhana bulan melebihi 0,7. Setiap jenis gerhana bulan, baik total maupun sebagian, melalui proses gerhana bulan penumbra terlebih dahulu. Jadi gerhana penumbrajuga perlu diperhitungkan.²³

D. Periode Saros Gerhana

Gerhana yang dipisahkan oleh periode Sara memiliki karakteristik yang sangat mirip dan dikelompokkan ke dalam suatu rangkaian yang disebut dengan rangkaian Sari. Fitur termasuk:

- 1) Bulan sinodik adalah selang waktu antara fase bulan purnama dan kembalinya bulan purnama. Panjang satu bulan sinodik adalah 29.53059 atau 29 hari, 12 jam dan 44 menit.
- 2) Tahun gerhana adalah selang waktu yang dibutuhkan Bumi untuk

²¹ Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak*, (Banyuwangi: Bismillah Publisher, 2012), 232

²² Muhammad Hadi Bashori, *Pengantar Ilmu Falak*, (Jakarta: Pustaka Al Kautsar), 2015), 235.

²³ Ahmad Izzudin, *Ilmu Falak Praktis*, (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012), 111.

bergerak dari porosnya. Lamanya satu tahun gerhana kurang lebih 346,6 hari atau setara dengan 346 hari 14 jam 24 menit.

- 3) Bulan anomali adalah selang waktu yang dibutuhkan Bulan untuk berpindah dari perigee ke perigee lagi. Panjang bulan tidak normal adalah 27.55455 hari atau 27 hari 13 jam 19 menit.

Gerhana yang dipisahkan oleh 233 bulan lunar memiliki karakteristik yang sama. Ini karena satu bulan sinodik sama dengan gerhana matahari sekitar 19 tahun, hanya dipisahkan 11 jam, yang berarti selama saros, bulan juga akan kembali ke fase dan simpul yang sama.

Efek dari periode Saros ini adalah lamanya satu hari hanya sebagian kecil dari $\frac{1}{3}$ hari, atau setara dengan 8 jam. Jadi, pada saat gerhana matahari berikutnya, Bumi sudah berotasi $\frac{1}{3}$ hari. Akibatnya, lintasan gerhana akan bergeser ke arah barat sebesar 120° .

Uniknya gerhana matahari dapat diamati di wilayah geografis yang sama setiap 3 siklus Saros (54 tahun 34 hari). Namun rangkaian saros ini tidak berlangsung lama, karena periode saros lebih pendek satu hari dari gerhana 19 tahun. Akibatnya, puncak siklus Saros pertama akan bergerak 05° , sehingga titik-titik tersebut begitu jauh dari matahari atau bulan sehingga gerhana tidak mungkin lagi terjadi.²⁴

Rangkaian gerhana bulan Saros akan dimulai atau lahir ketika bulan purnama berada $16,5^\circ$ timur dari puncak. Ketika saros terjadi, gerhana bulan adalah sebagai berikut:

- a. Gerhana bulan penuh yang terjadi adalah gerhana penumbra (semu), disusul dengan gerhana bulan penumbra, dengan total sekitar 7-15 gerhana penumbra. Dari gerhana bulan penumbra ke gerhana bulan penumbra, ukuran bulan secara bertahap meningkat. Hal ini karena siklus Saros lebih pendek dari 19 tahun gerhana, yang mengakibatkan setelah siklus Saros, node akan bergerak ke timur sebesar $0,5^\circ$, yang secara otomatis akan mengubah besaran

²⁴ Sub Direktorat Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat Kementerian Agama Republik Indonesia, *Ilmu Falak Praktik*, (Jakarta:Kemenag, 2013), 113

gerhana penumbra berikutnya hingga Bulan mendekati bulan penumbra bumi.

- b. Selanjutnya akan terjadi 10-29 gerhana matahari sebagian, dengan magnitudo yang semakin meningkat, hingga akhirnya seluruh piringan bulan masuk ke dalam bayangan umbra bumi.
- c. Akan terjadi 12-30 gerhana bulan total diikuti dengan bertambahnya jarak bulan ke arah barat dari pusat bayangan bumi.
- d. Akan ada 10 hingga 20 gerhana bulan parsial, di antaranya, besarnya akan berkurang dari satu gerhana ke gerhana berikutnya.
- e. Setelah gerhana penumbra 7-15, deret Saros akan berakhir kira-kira $16,5^\circ$ di sebelah barat puncak.²⁵

Serangkaian sara memakan waktu sekitar 13-14 abad dari lahir sampai mati. Setiap seri Saros terdiri dari 70-85 gerhana, dimana 45-55 adalah gerhana umbra. Dalam gerhana bulan, selain piroda saros, ada siklus tritos, yang memiliki 135 alur (11 tahun 1 bulan). Adapun siklus siklus Matius, siklusnya 235 lunas atau sekitar 19 tahun dan seterusnya. Tapi periode yang kami gunakan sejauh ini adalah periode seri Moon Saros.

E. Objek Kajian Gerhana Bulan

Gerhana bulan terjadi karena posisi Matahari, Bumi, dan Bulan dalam satu garis lurus. Oleh karena itu, proses terjadinya gerhana bulan tidak terlepas dari tiga benda langit.

1. Bulan

Bulan adalah benda langit yang mengikuti atau mengorbit bumi (satelit bumi). Bulan sendiri tidak memancarkan cahaya, hanya memantulkan cahaya matahari jika dilihat dari Bumi. Jarak antara bulan dan bumi sekitar 384.446 kilometer. Permukaan bulan dingin dan kering, dengan suhu minimum -177 derajat Celcius dan suhu maksimum 184 derajat Celcius. Karena perbedaan suhu yang ekstrim ini, bulan tidak dapat

²⁵ Sub Direktorat Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat Kementerian Agama Republik Indonesia, *Ilmu Falak Praktik*, (Jakarta: Kemenag, 2013), 113.

dihuni oleh kehidupan.²⁶

Bulan memiliki diameter 3476 kilometer dan keliling 3500 kilometer. Dalam satu siklus mengelilingi Bumi, Bulan membutuhkan periode waktu yang disebut siklus sidereal, berlangsung selama 27 hari, 7 jam, 43 menit, 11 detik (periode orbit), dan perubahan periodik dalam sistem Bumi-Bulan-Matahari bertanggung jawab. Untuk fase lunar yang terjadi setiap 29 hari 12 jam 44 menit 3 detik (periode reuni) diulang satu kali. Dalam proses mengorbit bumi, bulan berputar dan berotasi. Dalam satu kali revolusi, bulan hanya melakukan satu kali revolusi, yang mengakibatkan hanya satu permukaan bulan yang dapat dilihat dari Bumi. Bulan dan bumi mengelilingi matahari dari barat ke timur.²⁷

Bulan memiliki fase-fase cahaya sejak ijtima dan tidak bersinar sampai bulan purnama, dan lebih jelas lagi fase-fase bulan meliputi:

- a) Konjungsi atau ijtima', jika Bulan berada pada arah yang sama dengan Matahari. Dalam kondisi tertentu, konjungsi dapat menyebabkan gerhana matahari dan awal pergantian bulan dalam perhitungan Hijriah.
- b) Oposisi adalah posisi Bulan yang berlawanan arah dengan Matahari jika dilihat dari Bumi. Pada posisi ini, bulan menyala penuh atau purnama. Dalam kondisi tertentu, gerhana bulan terjadi.
- c) Kuartal adalah posisi Bulan tegak lurus dengan garis Bumi-Matahari. Pada tahap ini, Bulan hanya setengah terang seperti yang terlihat dari Bumi.²⁸

2. Bumi

Bumi adalah satu-satunya planet di tata surya yang dihuni oleh manusia. Jarak rata-rata dari bumi ke matahari adalah sekitar 150 juta kilometer. Massa jenis (densitas) Bumi sekitar 5,52 gram per sentimeter kubik, yang menjadikan Bumi sebagai planet terpadat di tata surya. Bumi memiliki satu satelit alami, bulan. Bumi berbentuk bulat dengan diameter

²⁶ Abdul Karim, Rifa Jamaluddin Nasir, *Mengenal Ilmu Falak (Teori dan Implementasi)*, (Yogyakarta: Qudsi Media, 2012), 36.

²⁷ Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu falak.....*, 113.

²⁸ Maskufa, *Ilmu Falak*, (Jakarta: Gaung Persada Press, 2010), 50-51

12756776 kilometer di khatulistiwa dan jarak 12713824 kilometer dari kutub.²⁹

Bumi berputar (berputar) pada poros imajinernya dari barat ke timur dengan periode 23 jam 56 menit. Jadi, jika dilihat dari Bumi, benda langit itu tampak dalam siklus semu dari timur ke barat setiap hari. Rotasi bumi juga menyebabkan angin membelok ke kanan di belahan bumi utara (BBU) dan ke kiri di belahan bumi selatan (BBS). Bumi juga berputar, yaitu berputar mengelilingi matahari, dengan periode 365, 2422 hari. Selain revolusi dan rotasi, bumi juga memiliki presisi dan nutasi.³⁰

3. Matahari

Matahari adalah benda langit yang berbentuk bola gas panas yang menyala dan sangat panas. Suhu matahari bisa mencapai 15 juta derajat Celcius. Matahari adalah bintang terdekat dengan Bumi pada jarak rata-rata 149.680.000 kilometer (93.026.724 mil). Matahari dikenal sebagai pusat tata surya, dan delapan planet berputar mengelilinginya dengan orbit dan periodenya masing-masing. Matahari diklasifikasikan sebagai bintang tipe G kecil dengan usia 4,5 miliar tahun, massa $1,99 \times 10^{30}$ kg, dan periode orbit 26 hari di sekitar khatulistiwa. Matahari memiliki beberapa lapisan: fotosfer, kromosfer, dan korona.³¹

F. Proses Gerhana Bulan

Gerhana bulan adalah fenomena di mana piringan bulan memasuki kerucut bayangan bumi, sehingga piringan bulan tampak gelap. Fenomena ini hanya terjadi pada saat bulan purnama dan bulan berada di dekat simpul naik atau turun.³² Proses terjadinya gerhana bulan tidak luput dari pergerakan matahari, bumi dan bulan, terutama revolusi antara bumi dan bulan. Gerhana bulan dapat terjadi ketika bulan berada 12 derajat atau kurang dari puncaknya. Lebih khusus lagi, ketika pusat bayangan bumi berada 10,9 derajat dari titik puncak. Gerhana bulan total pasti terjadi ketika bayangan bumi membentuk sudut 5,2 derajat terhadap puncak, dan

²⁹ Bayong Tjasyono, *Ilmu kebumihan dan Antariksa*, (Bandung: Remaja Rosdakarya, 2013), 4.

³⁰ Ibid, 5.

³¹ Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak, ..., 114*

³² Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, (Yogyakarta: Universitas Gadjad Mada, 2012), 135.

daerah 10,9 derajat timur-barat dari puncak disebut sabuk gerhana.³³

Meskipun simpul-simpul tersebut merupakan perpotongan antara bidang orbit Bumi dan Bulan, sebenarnya terdapat dua simpul pada orbit keduanya, sehingga ketika sebuah garis khayal diberikan pada dua titik ini, garis tersebut disebut garis simpul, yang garis tidak tetap, selalu berputar dengan kecepatan 19 derajat timur-barat dengan rotasi titik, dan setelah sekitar 18 tahun 11 hari, garis kembali ke posisi semula, sehingga ketika terjadi gerhana mirip dengan gerhana sebelumnya. Perubahan puncak inilah yang menyebabkan musim gerhana terjadi pada interval 6 bulan yang lebih pendek yaitu 173,3 hari, dan dua musim gerhana membentuk tahun gerhana 346,6 hari. Jadi 18,6 hari lebih pendek dari tahun Masehi.³⁴

Bayangan yang dibentuk oleh bumi memiliki dua bagian, bagian luar berwarna abu-abu disebut penumbra, dan bagian inti yang lebih gelap disebut umbra. Jika bulan hanya melewati penumbra, maka gerhana tersebut disebut gerhana penumbra, namun sayangnya sulit untuk melihat perbedaan kecerahan bulan saat bulan masih berada di luar penumbra dan di dalam penumbra karena gelapnya intensitas sangat kecil, sehingga gerhana seperti ini biasanya tidak diperhatikan. Gerhana bulan biasanya berarti saat bulan memasuki bayangan umbra, gerhana matahari seperti ini merupakan intensitas kegelapan yang dapat diamati dengan mata telanjang. Jika piringan bulan masuk seluruhnya maka disebut gerhana total, dan jika masuk sebagian saja disebut gerhana sebagian.³⁵

Jadi secara umum dilihat dari piringan gelap bulan yang memasuki bayangan bumi, dapat dibedakan menjadi 4 jenis gerhana bulan:

1. Gerhana bulan total, yaitu bayangan umbra tempat seluruh piringan bulan memasuki Bumi.
2. Gerhana umbra parsial adalah saat sebagian piringan bulan memasuki bayangan umbra bumi.
3. Gerhana bulan penumbra total (Semu Total), ketika seluruh

³³ Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005), 45.

³⁴ Ahmad Izzudin, *Ilmu Falak Praktis*, (Semarang: PT Pustaka Rizki Putra, 2012), 110

³⁵ Badan Hisab & Rukyat Departemen Agama, *Almanak Hisab Rukyat*, 146

piringan bulan memasuki bayangan penumbra bumi.

4. Gerhana bulan penumbral parsial (Semu Parsial) mengacu pada bayangan penumbral dari sebagian piringan bulan yang memasuki Bumi.³⁶

Pada gerhana bulan lengkap terdapat 8 kontak gerhana, kontak tersebut merupakan kontak pertama piringan bulan dengan penumbra atau umbra bumi, baik saat masuk maupun keluar bayangan, 8 kontak tersebut adalah sebagai berikut :

1. P1: Saat piringan Bulan mulai menyentuh penumbra Bumi. Pada saat inilah gerhana bulan penumbra dimulai.
2. P2: Saat piringan bulan sepenuhnya memasuki penumbra bumi. Kali ini adalah awal dari gerhana total, tetapi P2 sering diabaikan dalam perhitungan gerhana.
3. U1: Saat piringan bulan mulai menyentuh umbra bumi. Ini disebut waktu mulai gerhana umbra.
4. U2: Ketika piringan bulan sepenuhnya memasuki bayangan umbra. Di lokasi inilah gerhana bayangan penuh dimulai.
5. U3: Saat piringan bulan mulai menyentuh bayangan umbra. Inilah saat totalitas umbra berakhir.
6. U4: Ketika piringan bulan benar-benar keluar dari bayangan umbra. Lokasi ini dikenal sebagai waktu akhir gerhana bayangan.
7. P3: Saat piringan bulan mulai menyentuh penumbra. Waktu ini dikenal sebagai waktu akhir dari totalitas penumbra. Mirip dengan kontak P2, kontak P3 sering diabaikan dan tidak dihitung dalam perhitungan gerhana.
8. P4: Saat piringan bulan benar-benar keluar dari bayangan penumbra. Kali ini dikenal sebagai waktu terakhir gerhana penumbra.³⁷

Selama gerhana bulan umbra total, terjadi 8 kontak sempurna, dan

³⁶ Ahmad Izzan, dkk, *Studi Ilmu Falak*, (Banten: Pustaka Aufa Media, 2013), 176-177

³⁷ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004), 191-192.

gerhana bulan umbra tidak termasuk kontak U2 dan U3. Kemudian hanya ada 4 gerhana bulan total penumbra, P1, P2, P3 dan P4. Pada akhirnya, gerhana sebagian hanya terjadi dua kali kontak, yaitu P1 dan P4.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB III

HISAB GERHANA BULAN *JEAN MEEUS* DAN *EPHEMERIS*

A. Tinjauan Umum Sistem Hisab *Jean meeus*

Lahir pada 12 Desember 1928, *Jean meeus* adalah astronom Belgia yang berspesialisasi dalam mekanika langit, matematika, dan astronomi bola. *Jean meeus* belajar matematika di Universitas Leuven di Belgia, menerima gelar sarjana pada tahun 1953. Pada tahun 1986, *Jean meeus* menerima Penghargaan Prestasi Amatir dari Astronomical Society of the Pacific. *Jean meeus* juga telah menjadi anggota Masyarakat Astronomi Prancis (ASF) sejak 1948. *Jean meeus* telah menerbitkan lebih dari 100 artikel dari ASF. *Jean meeus* juga menjabat sebagai editor buku tahunan perusahaannya selama 25 tahun. Salah satu penemuan *Jean meeus* adalah asteroid 2213 Meeus. Hingga akhir hayatnya, *Jean meeus* bekerja menjadi ahli meteorologi di Bandara Brussel.¹

Di bidang astronomi, ia adalah penulis banyak buku, termasuk Canon of Eclipses (1966), Canon of Lunar Eclipses (1979), dan Canon of Eclipses (1983). Banyak karyanya yang diterbitkan oleh Willmann-Bell, Inc., termasuk Tabel Astronomi Matahari, Bulan, dan Planet (1983), Eclipses of the Elements 1951 – 2200 (1989), Transit (1989), dan Astronomical Algorithms (1991). Antara 1979 dan 1982, ia juga menciptakan dan terus mengembangkan formula astronomi untuk kalkulator yang diakui secara luas oleh astronom amatir dan profesional untuk keakuratan hasil mereka..

Adapun cara menggunakan buku algoritma astronomi untuk menghitung gerhana bulan sebagai berikut:²

a. Menghitung K

$$k = (\text{tahun} - 2000) \times 12,3685$$

Rumus untuk mencari k adalah rumus perkiraan. "Tahun" yang

¹ Jean Meeus, *Mathematical Astronomy Morsels*, (Virginia: Willman-Bell, Inc, 1997), iii

² Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, (Virginia: Willman-Bell, Inc, 1991), 320-353

digunakan dalam rumus di atas adalah tanggal yang dinyatakan sebagai tahun. Nilai integer k mewakili bulan baru. jika ingin menghitung:

$$K = \text{INT}(((\text{Tahun} + \text{Bulan}/12) - 2000) \times 12,3685)$$

b. Menghitung Julian Day *Ephemeris* (JDE)

JDE adalah waktu terjadinya new moon (yang ingin di cari) dinyatakan dalam Julian Day dalam waktu *ephemeris* (E T) atau waktu dinamik (DT).

$$T = K/1236,85$$

$$\text{JDE} = 2451550,09765 + 29,530588853 \times k + 0,0001337 \times T^2 - 0,000000150 \times T^3 + 0,00000000073 \times T^4$$

c. Menghitung M

M adalah sun's mean anomaly pada waktu JDE

$$M = 2,5534 + 29,1053569 \times k - 0,0000218 \times T^2 - 0,00000011 \times T^3$$

Hasil dari M dalam derajat dan harus diubah ke radian, jadi caranya harus diubah ke derajat antara 0°-360° dan kemudian dikonversi ke radian:

$$M \times /180$$

Jika hasil M negatif, seperti -8234, 262544 derajat, cara mengubah ke radian adalah dengan mencari kelipatan 360 (positif) yang mendekati nilai M, yaitu 8280.

$$\begin{aligned} 8280 - 8234,262544 &= 45,73745559 \text{ derajat} \\ &= 45,73745559 \times \pi /180 \\ &= 0,798269192 \text{ radians} \end{aligned}$$

d. Menghitung M'

M' adalah moon's mean anomaly.

$$M' = 201,5643 + 385,81693528 \times k + 0,0107438 \times T^2 + 0,00001239 \times T^3 - 0,000000058 \times T^4$$

Jika hasil derajat M' negatif, maka caranya seperti di atas, begitu juga untuk langkah-langkah selanjutnya.

e. Menghitung F

F adalah argumen lintang Bulan.

$$F = 160,7108 + 390,67050274 \times k - 0,0016341 \times T^2 - 0,00000227 \times T^3 + 0,000000011 \times T^4$$

kemungkinan gerhana matahari. Jadi jika F-number antara $0^\circ - 13^\circ 54'$, $166^\circ 6' - 193^\circ 54'$, atau $346^\circ 6' - 360$, F-number harus di-overshadow. Gerhana dapat terjadi atau tidak terjadi jika nilai F antara $14^\circ - 21^\circ$, $159^\circ - 165^\circ$, $194^\circ - 201^\circ$, atau $339^\circ - 345^\circ$.

Jika nilai F mendekati 0° atau 360° , maka gerhana matahari terjadi di dekat titik asal terbitnya bulan. Jika nilai F mendekati 180° , gerhana matahari terjadi di dekat penurunan bulan.

f. Menghitung Ω

Ω adalah bujur astronomi Bulan dari ascending node atau titik simpul naik orbit Bulan.

$$\Omega = 124,7746 - 1,56375580 \times k + 0,0020691 \times T^2 + 0,00000215 \times T^3$$

g. Menghitung E

E adalah eksentrisitas orbit Bumi mengitari Matahari yang dikoreksi dengan T.

$$E = 1 - 0,002516 \times T - 0,0000074 \times T^2$$

h. Menghitung koreksi untuk mengetahui tengah gerhana

1) Koreksi pertama dengan rumus :

$$= -0,4065 \times \sin M'$$

2) Koreksi kedua dengan rumus :

$$= 0,1727 \times E \times \sin M$$

3) Koreksi ketiga dengan rumus :

$$= 0,0161 \times \sin (2 \times M')$$

4) Koreksi keempat dengan rumus :

$$= 0,0097 \times \sin (2 \times F1)$$

5) Koreksi kelima dengan rumus :

- = $0,0073 \times E \times \sin (M' - M)$
- 6) Koreksi keenam dengan rumus :
= $-0,0050 \times E \times \sin (M' + M)$
- 7) Koreksi ketujuh dengan rumus :
= $-0,0023 \times \sin (M'' - (2 \times F1))$
- 8) Koreksi kedelapan dengan rumus :
= $0,0021 \times E \times \sin 2M$
- 9) Koreksi kesembilan dengan rumus :
= $0,0012 \times \sin (M' + (2 \times F1))$
- 10) Koreksi kesepuluh dengan rumus :
= $0,0006 \times E \times \sin (2 \times M' + M)$
- 11) Koreksi kesebelas dengan rumus :
= $-0,0004 \times \sin (3 \times M')$
- 12) Koreksi kedua belas dengan rumus :
= $-0,0003 \times E \times \sin (M + (2 \times F1))$
- 13) Koreksi ketiga belas dengan rumus :
= $0,0003 \times \sin A1$
- 14) Koreksi keempat belas dengan rumus :
= $-0,0002 \times E \times \sin (M - (2 \times F1))$
- 15) Koreksi kelima belas dengan rumus :
= $-0,0002 \times E \times \sin (2 \times M' - M)$
- 16) Koreksi keenam belas dengan rumus :
= $-0,0002 \times \sin \Omega$
- 17) Menjumlahkan nilai koreksi :
= koreksi 1 s/d koreksi 16

Dalam bukunya, *Jean meeus* mengatakan bahwa ketika digunakan untuk menghitung gerhana antara tahun 1951 dan 2050, rata-rata kesalahan koreksi Sino-Jepang adalah 0,36 menit (21,6 detik). Kesalahan maksimum mencapai 1,1 menit. Selain itu, untuk mengetahui kapan gerhana dimulai dan berakhir, beberapa elemen perlu diperhitungkan. Elemen-elemen ini adalah P, Q, W, dan U, yang dihitung dengan langkah-langkah berikut:

- i. Menghitung nilai P pertama dengan rumus :

- 1) Koreksi nilai P pertama dengan rumus :

$$= 0,2070 \times E \times \sin M$$
 - 2) Koreksi nilai P kedua dengan rumus :

$$= 0,0024 \times E \times \sin 2M$$
 - 3) Koreksi nilai P ketiga dengan rumus:

$$= -0,0392 \times \sin M'$$
 - 4) Koreksi nilai P keempat dengan rumus :

$$= 0,0116 \times \sin 2M'$$
 - 5) Koreksi nilai P kelima dengan rumus :

$$= -0,0073 \times E \times \sin (M' + M)$$
 - 6) Koreksi nilai P keenam dengan rumus :

$$= 0,0067 \times E \times \sin (M' - M)$$
 - 7) Koreksi nilai P ketujuh dengan rumus :

$$= 0,0118 \times \sin (2 \times F1)$$
 - 8) Mencari nilai P dengan rumus :

$$= P1 \text{ s/d } P7$$
- j. Menghitung nilai Q dengan koreksi-koreksi sebagai berikut:
- 1) Koreksi Q pertama dengan rumus :

$$= -0,0048 \times E \times \cos M$$
 - 2) Koreksi Q kedua dengan rumus :

$$= 0,0020 \times E \times \cos 2M$$
 - 3) Koreksi Q ketiga dengan rumus :

$$= -0,3299 \times \cos M'$$
 - 4) Koreksi Q keempat dengan rumus :

$$= -0,0060 \times E \times \cos (M' + M)$$
 - 5) Koreksi Q kelima dengan rumus :

$$= 0,0041 \times E \times \cos (M' - M)$$
 - 6) Mencari nilai Q dengan rumus :

$$= 5,2207 + Q1 \text{ s/d } Q5$$
- k. Mencari nilai W dengan rumus :

$$= \text{Abs} (\cos F1)$$

l. Mencari nilai γ dengan rumus :

$$= (P \times \cos F1 + Q \times \sin F1) \times (1 - 0,0048 \times W)$$

Jika bernilai positif, pusat bulan melewati utara dari sumbu bayangan bulan. Jika bernilai negatif, pusat bulan melewati bagian selatan sumbu bayangan bulan.

m. Menghitung nilai U dengan koreksi-koreksi sebagai berikut :

1) Koreksi U pertama dengan rumus :

$$= 0,0046 \times E \times \cos M$$

2) Koreksi U kedua dengan rumus :

$$= -0,0182 \times \cos M'$$

3) Koreksi U ketiga dengan rumus :

$$= 0,0004 \times \cos 2M'$$

4) Koreksi U keempat dengan rumus :

$$= 0,0005 \times \cos (M + M')$$

5) Mencari nilai U dengan rumus

$$= 0,0059 + U1 \text{ s/d } U4$$

n. Menghitung magnitudo gerhana penumbra dengan rumus:

$$= (1,5573 - u - \text{ABS}(\gamma))/0,545$$

o. Menghitung magnitudo gerhana umbra dengan rumus:

$$= (1,0128 - u - \text{ABS}(\gamma))/0,545$$

Untuk langkah n dan o untuk menentukan jenis gerhana bulan, sebagai berikut:

a) Gerhana bulan total terjadi jika hasil perhitungan ukuran gerhanabulan umbra bernilai positif dan bernilai 1 ke atas.

b) Jika hasil perhitungan ukuran umbra positif dan nilainya kurang dari 1, maka akan terjadi gerhana bulan sebagian.

c) Gerhana bulan penumbra terjadi jika perhitungan besaran gerhananegatif dan perhitungan besaran gerhana penumbra positif.

d) Jika hasil hitung magnitudo gerhana umbra negatif dan hasil hitung magnitudo gerhana penumbra negatif maka tidak terjadi gerhana.

p. Menghitung P' dengan rumus:

$$=1,0128 - u$$

q. Menghitung T dengan rumus:

$$= 0,4678 - u$$

r. Menghitung H dengan rumus:

$$=1,5573 + u$$

s. Menghitung n dengan rumus:

$$= 0,5458 + 0,0400 \times \cos M'$$

t. Menghitung Semi durasi fase penumbra dengan rumus:

$$= \frac{60}{n} \sqrt{h^2 - y^2}$$

u. Menghitung Semi durasi fase parsial umbra dengan rumus:

$$= \frac{60}{n} \sqrt{p^2 - y^2}$$

v. Menghitung Semi durasi fase total umbra dengan rumus:

$$= \frac{60}{n} \sqrt{T^2 - y^2}$$

w. Menghitung awal penumbra, awal umbra, awal total, akhir total, akhir umbra, akhir penumbra.

- 1) Awal penumbra = pertengahan gerhana - setengah durasi tahap penumbra
- 2) Umbra start = tengah gerhana - durasi setengah fase
- 3) Permulaan totalitas = pertengahan gerhana - durasi hemifase
- 4) Akhir totalitas = tengah totalitas + durasi semi-holisme
- 5) Ujung umbra = pertengahan gerhana + setengah durasi fase parsial
- 6) Akhir penumbra = pertengahan gerhana + setengah durasi fase penumbra

x. Menghitung JDE Terrestrial Dynamical Time (TDT) terkoreksi

$$\text{JDE (TDT)} = \text{JDE} + \text{koreksi tengah gerhana}$$

y. Menghitung delta T

$$\text{Delta T} = ((102,3 + 123,5 \times T + 32,5 \times T^2)/3600)$$

z. Menghitung JDE Universal Time (UT) dan Mengonversi JDE(UT) menjadi waktu lokal

$$\text{JDE (UT)} = \text{JDE (TDT)} - \text{delta T}$$

Mengubah JD ke Gregorian memberikan hasil yang valid bahkan untuk menghitung tahun negatif (sebelum aseh), yaitu dengan menambahkan 0,5 ke JD. maka Z adalah hasil dari nilai integer dan f adalah hasil dari desimal atau desimal.

$$\text{JDE UT} + 0,5$$

Jika hasil $Z < 2299161$, maka $A = Z$, namun jika Z lebih ataupun sama dengan 2299161, maka menghitung :

$$\alpha = \text{INT}((Z - 1867216,25)/36524,25)$$

$$A = Z + 1 + \alpha - \text{INT}(\alpha / 4)$$

Kemudian menghitung :

$$B = A + 1524$$

$$C = \text{INT}((B - 122,1)/365,25)$$

$$D = \text{INT}(365,25 \times C)$$

$$E = \text{INT}((B - D)/30,6001)$$

Tanggal terjadinya tengah gerhana bisa diketahui dengan menghitung rumus di bawah ini :

$$\text{Tanggal} = B - D - \text{INT}(30,6001 \times E)$$

Waktu gerhana matahari dapat ditentukan dengan mengubah nilai desimal f dari hari Julian menjadi satuan jam:

$$\text{Jam} = f \times 24$$

Bulan (m) terjadinya tengah gerhana bisa diketahui dengan

:Jika $E < 14$, maka $m = E - 1$

Jika $E = 14$ atau 15 , maka $m = E - 13$

Tahun terjadinya gerhana matahari dapat diketahui dengan menghitung :

$$\text{Jika } m > 2, \text{ maka } y = C - 4716$$

$$\text{Jika } m = 1 \text{ atau } 2, \text{ maka } y = C - 4715$$

B. Tinjauan Umum Sistem Hisab Ephemeris

Hisab Kontemporer *Ephemeris* adalah sistem yang menggunakan data *ephemeris* untuk menghitung awal bulan di Qamaariyah. Data *ephemeris* adalah data yang memuat per jam matahari dan bulan yang diterbitkan oleh Biro Pengembangan Peradilan Syariah Kementerian

Agama Republik Indonesia, diolah oleh Biro Agama Islam dan pembinaan Syariah sejak tahun 2005.

Ephemeris adalah tabel yang menunjukkan data matahari dan bulan yang digunakan untuk menentukan arah kiblat, waktu shalat, awal bulan Qamaariyah, dan gerhana matahari. Data ini disusun sejak 1993 oleh Biro Pembinaan Peradilan Syariah, Kementerian Agama, Republik Indonesia. *Ephemeris* juga disebut *Astronomical Manual*, dan dalam bahasa Arab disebut *Zij* atau *Taqwim*. Data *ephemeris* meliputi:³

1. Data Matahari

a. *Ecliptic Longitude*

Ecliptic Longitude dikenal dalam bahasa Indonesia dengan Bujur Astronomi yang dikenal pula dengan istilah *Taqwim* atau *Thul* (مَيُوزِيَّاتُ لُوطِ) *Thulus Syams* (لُوطِ سَمَشِ لُ) adalah jarak Matahari dari titik Aries (*Vernal Equinox* = لَمَحَلِّ) diukur sepanjang lingkaran Ekliptika.

b. *Ecliptic Latitude*

Ecliptic Latitude dikenal dalam bahasa Indonesia dengan Lintang Astronomi yang dikenal pula dengan *Ardlusy Syams* (ضَرَعِ سَمَشِ). Data ini adalah jarak titik pusat Matahari dari Lingkaran Ekliptika. Sebetulnya Ekliptika itu sendiri adalah jarak yang ditempuh oleh gerak semu Matahari secara tahunan. Oleh karena itu, Matahari seolah-olah selalu berada di Lingkaran Ekliptika. Sebenarnya, jalannya tidak rata persis, namun ada sedikit geseran. Keadaan seperti ini dapat dilihat pada nilai *Ecliptic Latitude* yang selalu mendekati nol. Karena nilainya yang sangat kecil sehingga banyak sistem perhitungan yang mengabaikan nilai data ini.

c. *Apparent Right Ascension*

Apparent Right Ascension dikenal dalam bahasa Indonesia dengan Asensio Rekta. Data ini dikenal juga dengan istilah panjatan Tegak atau *Ash-shu'udul Mustaqim* atau *al Mathali'ul Baladiyah* (دَوَعِصَلِ مَيُوزِيَّاتِ لُوطِ = عَاطِمَلِ قِيْدُلِ بَالِ) adalah jarak Matahari

³ Kementerian Agama RI, *Ephemeris Hisab Rukyat 2021*, (Jakarta, 2020), 1-3

dari titik Aries (*Hamal*) diukur sepanjang Lingkaran Equator.

d. *Apparent Declination*

Apparent Declination dikenal dalam bahasa Indonesia dengan Deklinasi Matahari yang terlihat (bukan Matahari Hakiki), atau dikenal pula dengan istilah *Mail al-Syams* (ليم سمشل) adalah jarak Matahari dari Equator. Bila nilai Deklinasi positif berarti Matahari berada di sebelah utara Equator; tapi bila nilai Deklinasi negatif berarti Matahari berada disebelah selatan Equator.

e. *True Geocentric Distance*

True Geocentric Distance dikenal dalam bahasa Indonesia dengan istilah Jarak Geosentric. Data ini menggambarkan jarak antara Bumi dan Matahari dalam satuan AU (Astronomical Unit). Oleh karena Bumi mengelilingi Matahari tidak merupakan bulat bola, melainkan berbentuk ellips (menyerupai bulat telur), sehingga terkadang dekat dan terkadang jauh. Jarak terdekat antara Bumi dengan Matahari disebut *Perigee* atau *al-Hadhidh* (ضبطضل), sedangkan jarak terjauhnya disebut *Apogee* atau *al-Auj* (جوالا).

f. *Semi Diameter*

Semi Diameter dikenal dalam bahasa Indonesia dengan jari-jari yang dikenal pula dengan *Nisfu Quthr al-Syams* (نصن رطق سمشل) adalah jarak titik pusat Matahari dengan piringan luarnya.

g. *True Obliquity*

True Obliquity dikenal dalam bahasa Indonesia dengan Kemiringan Ekliptika yang dikenal pula dengan istilah *al-Mail al-Kulli* (لكل ليم) atau *al-Mail A'dham* (لیم مظعلا) adalah Kemiringan Ekliptika dari Equator.

h. *Equation of Time*

Equation of Time dikenal dalam bahasa Indonesia dengan Perata Waktu yang dikenal pula dengan *Ta'dil Waqt* atau *Ta'dil Zaman* (لیدعت زمزل = لیدعت نؤول) adalah selisih antara waktu kulminasi Matahari Hakiki dengan waktu kulminasi Matahari Rata-rata. Data ini biasanya dinyatakan dengan huruf "e" kecil.

2. Data Bulan

a. *Apparent Longitude*

Apparent Longitude yaitu Bujur Astronomi Bulan (yang terlihat) yang dalam bahasa Arab dikenal dengan *Thul al-Qamar* (رَمْدُ لَوْط). Data ini adalah jarak antara titik Aries sampai Bulan diukur sepanjang Lingkaran Ekliptika.

b. *Apparent Latitude*

Apparent Latitude diterjemahkan dengan Lintang Astronomi Bulan (yang terlihat) yang dalam istilah Arab disebut *Ardlual-Qomar* (ضَرَع رَمْدُ لَوْط). Data ini adalah jarak antara Bulan dengan Lingkaran Ekliptika diukur sepanjang Lingkaran Kutub Ekliptika. Nilai maksimum Lintang Astronomi Bulan adalah $5^{\circ} 8'$ (lima derajat delapan menit). Nilai positif berarti bulan berada di utara Ekliptika, dan nilai negatif berarti Bulan berada di sebelah selatan Ekliptika.

c. *Apparent Right Ascension*

Apparent Right Ascension dikenal dalam bahasa Indonesia dengan Asensio Rekta Bulan (yang terlihat) yang dikenal pula dengan istilah Panjang Tepakatau *Ash-shu'udu al-Mustaqim* atau *Al-baladiyah Matholi'u* (عَلَطْمَل نِيدُ لَوْط = دَوْع صَل مَبْدُ سَمَل). Data ini adalah jarak titik pusat Bulan dari titik Aries diukur sepanjang lingkaran Equator.

d. *Apparent Declination*

Apparent Declination disini adalah Deklinasi Bulan yang dikenal pula dengan istilah *Mailual-Qamar* (لِيم رَمَقَل). Data ini adalah jarak Bulan dari Equator. Nilai Deklinasi positif jika Bulan di sebelah utara Equator, dan negatif jika di sebelah selatan Equator.

e. *Horizontal Parallax*

Parallax dikenal dalam bahasa Indonesia dengan “Benda Lihat” atau dalam bahasa Arab *Ikhtilafu al-Mandhar* (قَلَتْخ إِ رَظْنَم لَوْط). Sedangkan Horizontal Parallax adalah besaran sudut yang ditarik dari titik pusat Bulan ketika di ufuk (horizon) ke titik pusat Bumi dan garis yang ditarik dari titik pusat Bulan ketika itu ke permukaan

Bumi.

f. *Semi Diameter*

Semi Diameter di sini adalah jari-jari Bulan atau *Nisfu Quthri al-Qamar* (نصير رطق رملال) adalah jarak antara titik pusat Bulan dengan piringan luarnya.

g. *Angle Bright Limb*

Angle Bright Limb dikenal dalam bahasa Indonesia dengan sudut kemiringan hilal, adalah sudut kemiringan piringan hilal yang memancarkan sinar sebagai akibat arah posisi hilal dari Matahari. Sudut ini diukur dari garis yang menghubungkan titik pusat hilal dengan titik *Zenith* (نمس سارال) ke garis yang menghubungkan titik pusat hilal dengan titik pusat Matahari dengan arah sesuai perputaran jarum jam.

h. *Fraction Illumination*

Fraction Illumination adalah besar atau luas piringan Bulan yang menerima sinar Matahari yang tampak dari Bumi. Jika seluruh piringan Bulan yang menerima sinar Matahari terlihat dari Bumi maka bentuknya akan berupa “bulatan penuh”. Dalam keadaan seperti ini nilai *Fraction Illumination* Bulan adalah 1 (satu), yaitu persis pada saat puncak Bulan Purnama. Sedangkan jika Bumi, Bulan dan Matahari sedang persis berada pada satu garis lurus, maka akan terjadi Gerhana Matahari Total. Dalam keadaan seperti ini nilai *Fraction Illumination* Bulan adalah nol. Setelah Bulan Purnama, nilai *Fraction Illumination* akan semakin mengecil sampai pada nilai yang paling kecil, yaitu pada saat ijtima dan setelah itu nilai *Fraction Illumination* ini akan kembali membesar sampai mencapai nilai satu, pada saat Bulan Purnama. Dengan demikian, data *Fraction Illumination* ini dapat dijadikan pedoman untuk mengetahui kapan terjadinya ijtima’ dan kapan bulan purnama (istiqbal=إلال). Demikian pula saat *first quarter* (عبرال لوالا) dan *last quarter* (عبرال بلال) dari bulan dapat diketahui, yaitu dengan mencari nilai *Fraction Illumination* sebesar 0.5 (setengah).

Data matahari dan bulan dalam *ephemeris* ini didasarkan pada Greenwich Mean Time (GMT). Untuk mencari data matahari dan bulan untuk wilayah Indonesia, waktu regional Indonesia harus dikonversi terlebih dahulu ke GMT, melalui:

- 1) GMT = WIB (- 7 jam)
- 2) GMT = WITA (- 8 jam)
- 3) GMT = WIT (- 9 jam)

Tabel 3.1. Data Matahari dan Bulan 26 Mei 2021

DATA MATAHARI

Jam	Ecliptic Longitude *)	Ecliptic Latitude *)	Apparent Right Ascension	Apparent Declination	True Geocentric Distance	Semi Diameter	True Obliquity	Equation Of Time
0	64° 59' 23"	0.46"	63° 02' 11"	21° 07' 33"	1.0129853	15'47.33"	23° 26' 14"	2 m 58 s
1	65° 01' 47"	0.45"	63° 04' 43"	21° 07' 59"	1.0129927	15'47.32"	23° 26' 14"	2 m 58 s
2	65° 04' 11"	0.45"	63° 07' 15"	21° 08' 25"	1.0130001	15'47.31"	23° 26' 14"	2 m 58 s
3	65° 06' 35"	0.44"	63° 09' 47"	21° 08' 51"	1.0130075	15'47.31"	23° 26' 14"	2 m 57 s
4	65° 08' 59"	0.43"	63° 12' 19"	21° 09' 17"	1.0130148	15'47.30"	23° 26' 14"	2 m 57 s
5	65° 11' 23"	0.43"	63° 14' 51"	21° 09' 43"	1.0130222	15'47.29"	23° 26' 14"	2 m 57 s
6	65° 13' 47"	0.42"	63° 17' 23"	21° 10' 09"	1.0130296	15'47.29"	23° 26' 14"	2 m 57 s
7	65° 16' 10"	0.42"	63° 19' 55"	21° 10' 34"	1.0130369	15'47.28"	23° 26' 14"	2 m 56 s
8	65° 18' 34"	0.41"	63° 22' 27"	21° 10' 60"	1.0130443	15'47.27"	23° 26' 14"	2 m 56 s
9	65° 20' 58"	0.41"	63° 24' 59"	21° 11' 26"	1.0130516	15'47.27"	23° 26' 14"	2 m 56 s
10	65° 23' 22"	0.40"	63° 27' 30"	21° 11' 51"	1.0130590	15'47.26"	23° 26' 14"	2 m 56 s
11	65° 25' 46"	0.40"	63° 30' 02"	21° 12' 17"	1.0130663	15'47.25"	23° 26' 14"	2 m 55 s
12	65° 28' 10"	0.39"	63° 32' 34"	21° 12' 42"	1.0130737	15'47.25"	23° 26' 14"	2 m 55 s
13	65° 30' 34"	0.38"	63° 35' 06"	21° 13' 08"	1.0130810	15'47.24"	23° 26' 14"	2 m 55 s
14	65° 32' 58"	0.38"	63° 37' 38"	21° 13' 33"	1.0130883	15'47.23"	23° 26' 14"	2 m 54 s
15	65° 35' 22"	0.37"	63° 40' 10"	21° 13' 59"	1.0130957	15'47.23"	23° 26' 14"	2 m 54 s
16	65° 37' 46"	0.37"	63° 42' 43"	21° 14' 24"	1.0131030	15'47.22"	23° 26' 14"	2 m 54 s
17	65° 40' 10"	0.36"	63° 45' 15"	21° 14' 49"	1.0131103	15'47.21"	23° 26' 14"	2 m 54 s
18	65° 42' 34"	0.36"	63° 47' 47"	21° 15' 15"	1.0131176	15'47.20"	23° 26' 14"	2 m 53 s
19	65° 44' 58"	0.35"	63° 50' 19"	21° 15' 40"	1.0131249	15'47.20"	23° 26' 14"	2 m 53 s
20	65° 47' 22"	0.35"	63° 52' 51"	21° 16' 05"	1.0131323	15'47.19"	23° 26' 14"	2 m 53 s
21	65° 49' 46"	0.34"	63° 55' 23"	21° 16' 30"	1.0131396	15'47.18"	23° 26' 14"	2 m 52 s
22	65° 52' 10"	0.33"	63° 57' 55"	21° 16' 55"	1.0131469	15'47.18"	23° 26' 14"	2 m 52 s
23	65° 54' 34"	0.33"	64° 00' 27"	21° 17' 21"	1.0131542	15'47.17"	23° 26' 14"	2 m 52 s
24	65° 56' 58"	0.32"	64° 02' 59"	21° 17' 46"	1.0131615	15'47.16"	23° 26' 14"	2 m 52 s

*) for mean equinox of date

S U R A B A Y A

DATA BULAN

Jam	Apparent Longitude	Apparent Latitude	Apparent Right Ascension	Apparent Declination	Horizontal Parallax	Semi Diameter	Angle Bright Limb	Fraction Illumination
0	238° 17' 60"	1° 08' 24"	236° 19' 15"	-18° 40' 05"	1° 01' 22"	16' 43.37"	292° 22' 29"	0.99652
1	238° 56' 00"	1° 04' 57"	236° 57' 36"	-18° 51' 45"	1° 01' 22"	16' 43.38"	292° 33' 44"	0.99710
2	239° 34' 00"	1° 01' 30"	237° 36' 03"	-19° 03' 18"	1° 01' 22"	16' 43.39"	292° 49' 51"	0.99763
3	240° 12' 00"	0° 58' 03"	238° 14' 36"	-19° 14' 42"	1° 01' 22"	16' 43.38"	293° 12' 38"	0.99811
4	240° 50' 00"	0° 54' 35"	238° 53' 13"	-19° 25' 58"	1° 01' 22"	16' 43.36"	293° 44' 49"	0.99853
5	241° 27' 60"	0° 51' 07"	239° 31' 56"	-19° 37' 06"	1° 01' 22"	16' 43.34"	294° 30' 49"	0.99890
6	242° 05' 59"	0° 47' 38"	240° 10' 44"	-19° 48' 06"	1° 01' 22"	16' 43.30"	295° 38' 18"	0.99921
7	242° 43' 59"	0° 44' 09"	240° 49' 38"	-19° 58' 57"	1° 01' 22"	16' 43.26"	297° 21' 36"	0.99947
8	243° 21' 58"	0° 40' 40"	241° 28' 36"	-20° 09' 40"	1° 01' 22"	16' 43.21"	300° 11' 10"	0.99968
9	243° 59' 57"	0° 37' 10"	242° 07' 40"	-20° 20' 14"	1° 01' 21"	16' 43.14"	305° 23' 20"	0.99983
10	244° 37' 55"	0° 33' 41"	242° 46' 48"	-20° 30' 39"	1° 01' 21"	16' 43.07"	317° 5' 14"	0.99993
11	245° 15' 53"	0° 30' 11"	243° 26' 02"	-20° 40' 56"	1° 01' 21"	16' 42.99"	352° 18' 32"	0.99998
12	245° 53' 51"	0° 26' 40"	244° 05' 20"	-20° 51' 03"	1° 01' 20"	16' 42.89"	54° 2' 43"	0.99997
13	246° 31' 48"	0° 23' 10"	244° 44' 43"	-21° 01' 02"	1° 01' 20"	16' 42.79"	79° 4' 52"	0.99991
14	247° 09' 44"	0° 19' 40"	245° 24' 11"	-21° 10' 51"	1° 01' 20"	16' 42.68"	88° 3' 41"	0.99979
15	247° 47' 40"	0° 16' 09"	246° 03' 43"	-21° 20' 30"	1° 01' 19"	16' 42.56"	92° 20' 12"	0.99963
16	248° 25' 36"	0° 12' 38"	246° 43' 20"	-21° 30' 01"	1° 01' 19"	16' 42.43"	94° 44' 33"	0.99940
17	249° 03' 31"	0° 09' 08"	247° 23' 02"	-21° 39' 22"	1° 01' 18"	16' 42.29"	96° 13' 55"	0.99913
18	249° 41' 25"	0° 05' 37"	248° 02' 48"	-21° 48' 33"	1° 01' 18"	16' 42.15"	97° 12' 24"	0.99880
19	250° 19' 18"	0° 02' 06"	248° 42' 38"	-21° 57' 35"	1° 01' 17"	16' 41.99"	97° 51' 51"	0.99841
20	250° 57' 11"	0° -1' 24"	249° 22' 32"	-22° 06' 26"	1° 01' 16"	16' 41.82"	98° 18' 44"	0.99798
21	251° 35' 03"	0° -4' 55"	250° 02' 31"	-22° 15' 08"	1° 01' 16"	16' 41.65"	98° 36' 53"	0.99749
22	252° 12' 54"	0° -8' 25"	250° 42' 33"	-22° 23' 40"	1° 01' 15"	16' 41.46"	98° 48' 41"	0.99695
23	252° 50' 44"	0° -11' 55"	251° 22' 40"	-22° 32' 02"	1° 01' 14"	16' 41.27"	98° 55' 46"	0.99635
24	253° 28' 33"	0° -15' 25"	252° 02' 50"	-22° 40' 14"	1° 01' 14"	16' 41.06"	98° 59' 11"	0.99571

Adapun langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk menentukan gerhana bulan berdasarkan *ephemeris* adalah sebagai berikut:

1. Menghitung kemungkinan terjadinya gerhana Bulan berdasarkan tabel kemungkinan terjadinya gerhana

Untuk mengetahui peluang terjadinya gerhana bulan, langkah pertama adalah mendapatkan data dari tabel A berdasarkan golongan tahun, kemudian tabel B berdasarkan satuan tahun, dan tabel C berdasarkan peluang terjadinya gerhana matahari (gerhana bulan). Setelah itu, jumlahkan hasil ketiga data tersebut (data A, B, dan C). Jika hasil penjumlahannya dekat, gerhana bulan dapat terjadi:

- Antara 00° s/d 014°
 - Antara 165° s/d 194°
 - Antara 345° s/d 360°
2. Melakukan perhitungan konversi tanggal atau penanggalan hijriyah ke penanggalan masahi

Gerhana bulan selalu terjadi sekitar waktu istiqbal/bulan purnama sekitar tanggal 15 Qamariyah. Jadi Anda harus menghitung tanggal 15 Kamaria, pada hari mana kemungkinan gerhana bulan

bertepatan dengan kalender Gregorian.

3. Siapkan data astronomis dengan melihat tanggal hasil konversi pada data *ephemeris*. Perangkat lunak Hisab Rukyat atau WinHisab. Beri tahu Anda saat matahari dan bulan berlawanan.
4. Melacak FIB (*Fraction Illumination* Bulan) berdasarkan data jam (waktu Greenwich) yang telah didapatkan.

Periksa kemungkinan terjadinya gerhana bulan, nilai absolut dan harga garis lintang bulan (pada kolom garis lintang tampak bulan) saat FIB mencapai maksimum. Setelah itu, hitung Sabaq Matahari (B1) dengan menghitung harga mutlak selisih antara jam FIB maksimum dengan data ELM jam berikutnya.

Nilai Sabaq bulanan (B2) kemudian dihitung dengan menghitung harga absolut dari selisih antara jam FIB maksimum dan data ALB (*Apparent Longitude Month*) jam berikutnya.

5. Menghitung jarak Matahari dan Bulan (MB) dengan rumus:

$$\mathbf{MB = ELM - (ALB - 180)}$$

Jika nilai ALB kurang dari 180 derajat, rumus di atas berlaku.

Adapun ALB bernilai lebih dari 180 derajat, gunakan rumus:

$$\mathbf{MB = ELM - (ALB + 180)}$$

6. Menghitung Sabaq Bulan Mu'addal (SB) dengan rumus:

$$\mathbf{SB = B2 - B1}$$

7. Mencari waktu istiqbal

Sebelum mencari waktu Istiqbal, gunakan rumus mencari nilai titikIstiqbal:

$$\mathbf{Titik Istiqbal = MB / SB}$$

Kemudian menghitung waktu istiqbal dengan menggunakan rumus:

$$\mathbf{Istiqbal = Waktu FIB + Titik Istiqbal - 00:01:49.29}$$

8. Melacak data di *Ephemeris* untuk proses meng-interpolasi waktu istiqbal

Data yang diperlukan meliputi:

- a) Diameter setengah bulan (SD') di kolom setengah diameterbulan.
- b) Lunar Horizontal Parallax (HP') pada kolom Moon Horizontal

Parallax.

- c) Lintang bulanan (L') di kolom Lintang Bulanan.
- d) Solar Half Diameter (SD0) pada kolom Solar Half Diameter.
- e) Jarak Bumi (JB) dalam jarak geosentris sebenarnya dari kolom matahari.

9. Mencari nilai kriteria kemungkinan terjadinya gerhana Bulan

Langkah pertama dalam menentukan kriteria gerhana bulan adalah menggunakan rumus menghitung paralaks horizontal matahari (HP0):

$$\mathbf{\sin HP0 = \sin 08.794'' / JB}$$

Kemudian gunakan rumus untuk menghitung jarak dari bulan ke titik puncak (H):

$$\mathbf{\sin H = \sin L' / \sin 5}$$

Langkah selanjutnya adalah menggunakan rumus untuk menghitung garis lintang maksimum (U) bulan yang telah dikoreksi:

$$\mathbf{\tan U = [\tan L' / \sin H]}$$

Selanjutnya, gunakan rumus untuk menghitung garis lintang minimum bulan yang dikoreksi:

$$\mathbf{\sin Z = [\sin U \times \sin H]}$$

Kemudian gunakan rumus untuk menghitung koreksi kecepatan bulan relatif terhadap matahari (K):

$$\mathbf{K = \cos L' \times SB / \cos U}$$

Langkah selanjutnya adalah menggunakan rumus untuk menghitung setengah diameter (D) bayangan inti:

$$\mathbf{D = (HP' + HP0 - SD0) \times 1.02}$$

Kemudian, gunakan rumus untuk menghitung jarak dari pusat bayangan inti ke pusat bulan ketika piringan bulan mulai menyentuh inti (X):

$$\mathbf{X = D + SD'}$$

Setelah itu, gunakan rumus untuk menghitung jarak dari pusat bayangan inti ke pusat bulan ketika seluruh piringan bulan mulai memasuki bayangan inti (Y):

$$Y = D - SD'$$

Langkah selanjutnya adalah menggunakan rumus untuk menghitung jarak dari titik bulan ketika piringan bulan mulai menyentuh bayangan inti bumi ke titik di mana pusat bulan bertepatan dengan bayangan inti bumi (C):

$$\cos C = \cos X / \cos Z$$

Gunakan rumus untuk menghitung waktu yang diperlukan bulan untuk bergerak dari piringan ke bayangan inti bumi ke titik di mana pusat bulan bertepatan dengan bayangan inti bumi (T1):

$$T1 = C / K$$

10. Mencari waktu pertengahan gerhana (tgh)

Untuk mengetahui waktu terjadinya gerhana, langkah pertama yang harus dilakukan adalah menggunakan rumus menghitung nilai E:

$$\cos E = \cos Y : \cos Z$$

Setelah mengetahui nilai T1 pada perhitungan diatas maka diperlukan juga nilai T2 untuk mendapatkan nilai waktu gerhana. Tahap kedua menggunakan rumus mencari nilai T2:

$$T2 = E : K$$

Pada langkah ketiga, karena kecepatan bulan yang berbeda, kecepatan bulan perlu diperbaiki. Untuk pertama kalinya, kecepatan bulan (Ta) dikoreksi dengan rumus:

$$Ta = \cos H : \sin K$$

Koreksi kedua untuk kecepatan bulan (Tb) menggunakan rumus:

$$Tb = \sin L' : \sin K$$

Langkah keempat, gunakan rumus untuk menghitung waktu gerhana (T0):

$$T0 = [\sin 0.05 \times Ta \times Tb]$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung waktu di titik tengah gerhana (Tgh) dengan memfokuskan pada FIB maksimum dan lintang bulan (L') pada kolom Lintang Semu Bulan untuk satu jam berikutnya. Jika nilai absolut dari garis lintang bulan semakin kecil, maka rumus yang digunakan adalah:

$$Tgh = Istiqbal + T0 - \text{delta T}$$

Pada saat yang sama, jika garis lintang absolut bulan semakin besar, maka gunakan rumus:

$$\mathbf{T_{gh} = Istiqbal - T_0 - \text{delta } T}$$

Perhatikan bahwa delta T adalah koreksi waktu dari TT (Waktu Bumi) ke GMT (Waktu Rata-Rata Greenwich)

11. Mencari nilai waktu awal dan berakhirnya gerhana Bulan

Langkah pertama adalah menghitung waktu mulai terjadinya gerhana, dengan menggunakan rumus:

$$\mathbf{\text{Mulai gerhana} = T_{gh} - T_1}$$

Langkah kedua, menghitung waktu mulai gerhana total, dengan rumus:

$$\mathbf{\text{Mulai total} = T_{gh} - T_2}$$

Setelah mengetahui hasil waktu mulai totalitas, Anda perlu mengetahui waktu akhir totalitas dengan menambahkan waktu tengah totalitas ke T₂.

Pada langkah ketiga, hitung waktu selesai gerhana menggunakan rumus berikut:

$$\mathbf{\text{Selesai gerhana} = T_{gh} + T_1}$$

12. Menghitung lebar piringan Bulan yang masuk dalam bayangan inti Bulan pada gerhana Bulan sebagian (LG) dengan menggunakan rumus:

$$\mathbf{LG = (D + S_{Dc} - Z) : (2 \times S_{Dc}) \times 100\%}$$

13. Mengambil kesimpulan dari hasil perhitungan, yakni dengan mencantumkan jam, hari dan tanggal berapa terjadinya gerhana Bulan.

BAB IV KOMPARASI AKURASI METODE HISAB GERHANA BULAN SISTEM *JEAN MEEUS* DAN *EPHEMERIS*

A. Analisis Metode Hisab Gerhana Bulan Menurut *Jean Meeus* dan *Ephemeris*

Perkembangan astronomi pada saat ini sudah sangat maju, bahkan telah mencapai tingkat ketelitian yang tinggi, kematangan yang hampir sempurna, dan kemungkinan terjadinya kesalahan relatif kecil. Hal ini dipengaruhi oleh ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin kompleks. Ilmu komputasi juga akan terus mengalami perubahan data akibat sifat alam semesta yang dinamis. Dapat dipahami bahwa semua benda langit, termasuk bumi, selalu bergerak dan berputar sesuai dengan poros dan orbitnya di tata surya. Setiap pergerakan Bumi, Bulan, dan Matahari selalu menjadi apa yang diamati manusia di Bumi sebagai dasar untuk memahami waktu, penanggalan, awal bulan, dan fenomena langit lainnya, termasuk fenomena gerhana matahari, di mana posisi Bumi, Bulan dan matahari dalam satu garis lurus.

Metode perhitungan gerhana bulan yang digunakan dalam buku *Jean meeus "Algorithms of Astronomy"*. Dalam buku ini, *Jean meeus* menggunakan Hari Julian untuk menghitung gerhana bulan. Hari Julian didefinisikan sebagai jumlah hari sejak tengah hari pada Senin, 1 Januari 4713 SM, atau 12:00:00 GMT, menggunakan zaman standar baru 2000.¹

Sedangkan *Jean meeus* dalam bukunya menggunakan aturan Danjon, yang digunakan oleh Almanac Co²nnaissance des Temps di Prancis sejak tahun 1951, untuk mengetahui pengaruh atmosfer bumi terhadap bayangan bumi dengan memperbesar diameter bumi sebesar 1/85. Metode Danjon berbeda dengan aturan Chauvenet, yang menentukan pengaruh atmosfer bumi terhadap bayangan bumi, yang memanjang 1/50 diameter umbra dan penumbra. Sejak 1891, banyak lembaga negara telah lama menggunakan aturan ini untuk memprediksi gerhana bulan. Aturan

¹ Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak: Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*, (Banyuwangi: Bismillah Publisher, 2012), 223.

² Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, (Virginia: Bell. Inc, 1991), 1.

Chauvernet ini sering disebut sebagai aturan tradisional. NASA memilih untuk menggunakan aturan danjon daripada aturan tradisional di Gerhana selama 2007, yang merupakan pengumpulan data untuk seluruh gerhana matahari dan bulan 2007.³

Hitung ukuran gerhana bulan jika dibandingkan dengan aturan Tanjung dan aturan tradisional. Jika dibandingkan dengan hasil perhitungan magnitudo menurut aturan Tanjung, hasil perhitungan magnitudo menggunakan aturan tradisional adalah 0,005 untuk gerhana umbra dan 0,026 untuk gerhana penumbral. Oleh karena itu, beberapa gerhana mendekati batas gerhana parsial dan penumbra, atau antara gerhana parsial dan total, klasifikasi jenis gerhana mungkin berbeda menggunakan aturan Danjon dan aturan tradisional.⁴

Terdapat beberapa perbedaan algoritma perhitungan gerhana bulan Meeus dan *Ephemeris* yaitu pada perhitungan JDE (Julian Day *Ephemeris*), rata-rata anomali matahari (M), rata-rata anomali bulan (M'), parameter lunar latitude (F), titik kenaikan bulan Longitude Omega (Ω).

Berikut perbandingan rumus algoritme hisab *Jean meeus* dengan *Ephemeris* :

Tabel 4.1. Perbandingan Koreksi-Koreksi *Jean meeus* dan *Ephemeris*

<i>Jean meeus</i>	<i>Ephemeris</i>
$JDE = 2541\ 550,09765 + 29,580\ 588\ 853 + 0,0001337 \times T^2 - 0,000\ 000\ 150 \times T^3 + 0,000\ 000\ 000\ 73 \times T^4$	$JDE = 2541\ 550,09765 + 29,580\ 588\ 853 + 0,0001337 \times T^2$
$M = 2,5534 + 29,1053569 \times k - 0,0000218 \times T^2 - 0,00000011 \times T^3$	$M = 2,5534 + 29,1053569 \times k - 0,0000218 \times T^2$
$M' = 201,5643 + 385,81693528 \times k$	$M'' = 201,5643 + 385,81693528 \times k$

³ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, ..., 383.

⁴ Bao Lin Liu, Alan D.Fiala, *Canon of Lunar Eclipses 1500 B.C.A.D 3000* (Virginia: Willman-Bell, Inc, 1983), 23.

$+ 0,0107438 \times T^2 + 0,00001239 \times T^3 - 0,000000058 \times T^4$	$k + 0,0107438 \times T^2$
$F = 160,7108 + 390,67050274 \times k - 0,0016341 \times T^2 - 0,00000227 \times T^3 + 0,000000011 \times T^4$	$F = 160,7108 + 390,67050274 \times k - 0,0016341 \times T^2$
$\Omega = 124,7746 - 1,56375580 \times k + 0,0020691 \times T^2 + 0,00000215 \times T^3$	$\Omega = 124,7746 - 1,56375580 \times k + 0,0020691 \times T^2$

Tabel di atas menunjukkan pemangkasan dengan mengalikan komponen rumus dengan nilai T pangkat 3 dan 4. Hal ini ia lakukan karena nilai tersebut tidak berpengaruh signifikan terhadap hasil perhitungan, mengingat nilai T dihitung setiap 100 tahun mulai tahun 2000, dan algoritma perhitungannya gerhana bulan antara tahun 1900 dan 2200.

Selain itu, *ephemeris* untuk menentukan nilai delta T didasarkan pada rumus polinomial yang diterbitkan oleh NASA. Delta T adalah perbedaan waktu antara TD (Waktu Dinamis) dan UT (Waktu Universal) dan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\Delta T = TD - UT$$

Universal Time (UT) atau Greenwich Civil Time, yang biasa kita sebut Greenwich Mean Time (GMT), didasarkan pada rotasi Bumi. Tapi ingat, rotasi bumi lambat dan tidak bisa diprediksi. Jadi waktu UT tidak seragam. Tetapi para astronom membutuhkan skala waktu yang seragam untuk mendapatkan perhitungan yang akurat. Oleh karena itu, diperkenalkan sistem waktu terpadu, yaitu waktu dinamis (TD).

Berdasarkan rumus polinomial yang digunakan NASA saat menghitung delta T. Rumus polinomial delta T NASA adalah sebagai berikut:⁵

- a. Untuk delta T antara tahun 1900 – 1920 maka; $\Delta T = -2.79 + 1.494119 \times t - 0.598939 \times t^2 + 0.0061966 \times t^3$

⁵ www.eclipse.gsfc.nasa.gov diakses pada hari Kamis, 13 Januari 2022 jam 20:12 WIB.

$$- 0.000197 \times t^4$$

(dimana $t = \text{year } (y) - 1900$)

- b. Untuk delta T antara tahun 1920 – 1941 maka hitung; $\Delta T = 21.20 + 0.84493 \times t -$

$$0.076100 \times t^2 + 0.0020936 \times t^3$$

Dimana $t = y - 1920$

- c. Untuk delta T antara tahun 1941 – 1961 maka hitung; $\Delta T = 29.07 + 0.407 \times t - t^2/233 + t^3/ 2547$

Dimana $t = y - 1950$

- d. Untuk delta T antara tahun 1961 – 1986 maka hitung; $\Delta T = 45.45 + 1.067 \times t - t^2/260 - t^3/ 718$

Dimana $t = y - 1975$

- e. Untuk delta T antara tahun 1986 – 2005 maka hitung; $\Delta T = 63.86 + 0.3345 \times t -$

$$0.060374 \times t^2 + 0.0017275 \times t^3 + 0.000651814 \times t^4 + 0.00002373599 \times t^5$$

Dimana $t = y - 2000$

- f. Untuk delta T antara tahun 2005 – 2050 maka hitung; $\Delta T = 62.92 + 0.32217 \times t + 0.005589 \times t^2$

Dimana $t = y - 2000$

- g. Untuk delta T antara tahun 2050 – 2150 maka hitung; $\Delta T = -20 + 32 \times ((y - 1820)/100)^2 -$

$$0.5628 \times (2150 - y)$$

Dimana $t = y - 2000$

- h. Setelah tahun 2150 maka hitung; $\Delta T = -20 + 32 \times u^2$

Dimana $u = (\text{year} - 1820)/100$

Dari sumber data yang disediakan, algoritma perhitungan gerhana bulan *Ephemeris* menggunakan data astronomi termasuk zaman modern, semuanya berdasarkan algoritma perhitungan gerhana bulan *Jean meeus* dalam *Astronomical Algorithms*, namun terdapat perbedaan yaitu terdapat

perhitungan koreksi JDE (Julian Day) *Ephemeris*), mean solar anomali (M), mean lunar anomali (M'), parameter lunar latitude (F), lunar ascension longitude omega (Ω) dan nilai delta T berdasarkan data NASA.

Markaz adalah tempat pengamatan atau lokasi yang digunakan sebagai pedoman dalam perhitungan dan menggunakan data garis lintang dan garis bujur. Markaz memiliki tiga arti dalam astronomi, yaitu (1) markaz adalah tempat pengamatan atau digunakan untuk perhitungan, (2) markaz adalah titik pusat pada rubu' dengan garis di atasnya, (3) Markaz adalah busur yang diukur di sepanjang ekliptika dari Matahari ke titik Aries sebelum bergerak. Definisi ketiga memiliki arti yang sama dengan khaṣṣah, jadi markaz = wasaṭ – auj.⁶

Menghitung gerhana bulan menggunakan *ephemeris* menggunakan data markaz, yaitu mengambil data dari garis lintang dan garis bujur tempat yang digunakan untuk menghitung lokasi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui nilai ketinggian Bulan (dasar dan Mali) pada saat terjadinya gerhana, antara lain awal penumbra, awal umbra, awal puncak, puncak gerhana, akhir total, akhir umbra, dan akhir penumbra.

Proses perhitungan awal pada metode Ephemeris menggunakan data Awamil berupa data tabel perpetual atau data rata-rata. Metode Awamil ini juga digunakan untuk menghitung gerhana bulan dalam kitab ad-Durul Aniq. Oleh karena itu, proses penghitungan gerhana bulan yang terdapat dalam *Ephemeris* hampir sama dengan proses penghitungan gerhana bulan pada ad-Durul Aniq.⁷

Proses selanjutnya adalah proses koreksi (penta'dilan), kemudian proses perhitungan menggunakan rumus matematika modern, antara lain penggunaan rumus sudut waktu, deklinasi, paralaks horizontal. Sudut waktu, deklinasi, dan paralaks horizontal dalam metode Ephemeris untuk menghitung gerhana bulan diperlukan untuk menentukan ketinggian sebenarnya bulan, ketinggian Bulan Mar'i, dan azimuth bulan pada setiap

⁶ Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak, ..., hal, 53.*

⁷ Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah, *Ad-durul Aniq*, (sampan: Lajnah Falakiyah al-Mubarak Lan Bulan, 2016), 247.

fase gerhana. Penumbra dimulai di awal penumbra, awal umbra, awal totalitas, akhir totalitas, akhir totalitas, akhir umbra, ketinggian bulan di ujung umbra, dan azimuth bulan. Selain itu juga diperlukan data pendukung seperti waktu terjadinya gerhana matahari, garis lintang dan garis bujur lokasi.⁸

Aturan dalam *ephemeris* untuk menentukan apakah gerhana bulan merupakan gerhana bulan total, gerhana bulan penumbra atau gerhana bulan sebagian didasarkan pada nilai magnitudo. Jika magnitudo penumbra negatif, maka tidak terjadi gerhana bulan. Nilai magnitudo umbra negatif, dan terjadi gerhana penumbra. Jika magnitudo umbra positif dan <1 , terjadi gerhana bulan sebagian, dan jika magnitudo umbra 1 atau lebih besar, maka terjadi gerhana bulan total.⁹

Berikut langkah-langkah menghitung ukuran penumbra dan umbra:

$$\text{Amplitudo Penumbra} = (L1 - M) / (2 \times \text{sdb})$$

$$\text{Amplitudo Umbra} = (L2 - M) / (2 \times \text{sdb})$$

Rumus untuk menghitung ukuran penumbra dan ukuran umbra di *Ephemeris* sama dengan rumus untuk ukuran penumbra dalam kitab *ad-Durul Aniq*. Namun, mereka semua menghasilkan nilai yang sedikit berbeda. Hal ini dikarenakan penggunaan nilai data *Awamil Khusuf* dan data *Bulan-Matahari* yang berbeda. Sedangkan rumus yang digunakan untuk menghitung radius penumbra dan umbra dalam kitab *al-Natijah al-Mahsunah* adalah:¹⁰

$$\text{Radius penumbra} = (L1 / 3600) - (\text{sdc})$$

$$\text{Radius umbra} = (L2 / 3600) - (\text{sdc}).$$

B. Analisis Tingkat Akurasi Metode Hisab Gerhana Bulan Total Menurut Jean meeus dan Ephemeris

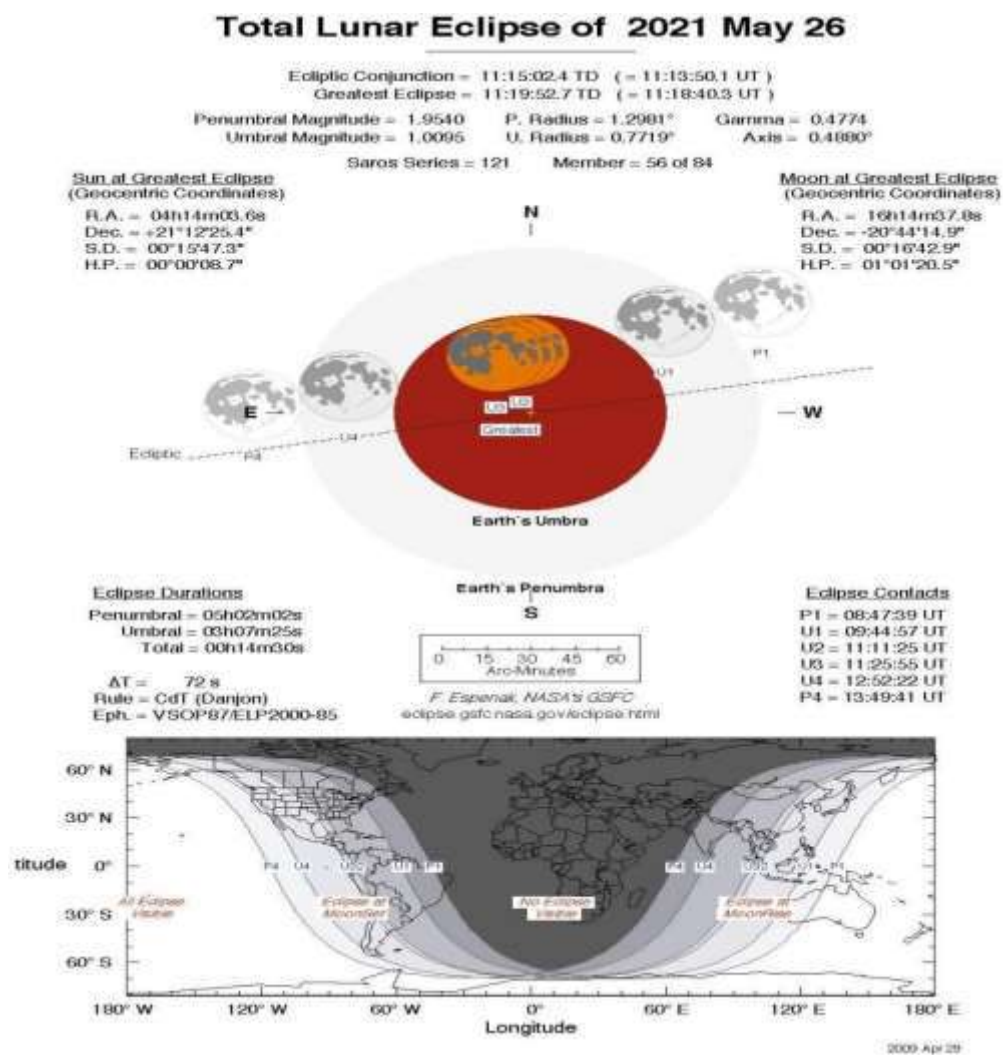
Gerhana Bulan Total Tengah Bulan Syawal 1442 Hijriah. Teramati dari seluruh wilayah Indonesia. Jalur gerhana melewati: Asia bagian timur,

⁸ Ibid, 256.

⁹ Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*,,78.

¹⁰ Ahamad Ghozali Muhammad Fathullah, *Ad-durul Aniq*,..., 259.

Australia, Samudra Pasifik, Amerika. Berikut perbandingan hasil Algoritme hisab menurut *Jean meeus* dan *Ephemeris* pada Gerhana Bulan Total sebagai berikut:



Gambar 4.1. Gerhana Bulan Total 26 Mei 2021

1. Gerhana Bulan Total pada tanggal 26 Mei 2021

Tabel 4.2. Data Perbandingan Hisab Gerhana Bulan Total 26 Mei 2021 *Jean meeus* dengan *Ephemeris*

Peristiwa Gerhana	<i>Jean meeus</i>		<i>Ephemeris</i>	
	UT	WIB	UT	WIB
Kontak Penumbra 1 (P1)	08:47:39	15:47:39	08:47:39	15:47:39
Kontak Umbra 1 (U1)	09:44:59	16:44:59	09:44:57	16:44:57
Kontak Umbra 2 (U2)	11:11:27	18:11:27	11:11:25	18:11:25
Maksimum Gerhana	11:18:40	18:18:40	11:18:40	18:18:40
Kontak Umbra 3 (U3)	11:25:58	18:25:58	11:25:56	18:25:56
Kontak Umbra 4 (U4)	12:55:23	19:55:23	12:55:22	19:55:22
Kontak Penumbra 4 (P4)	13:49:42	20:49:42	13:49:41	20:49:41

Tabel di atas menjelaskan data perbandingan waktu gerhana Bulan *Jean meeus* dengan *Ephemeris*. Pada kontak penumbra 1 (P1) dan maksimum gerhana tidak terdapat perbedaan pada kedua metode tersebut, artinya terdapat persamaan pada fase kontak penumbra 1 (P1) dan maksimum gerhana pada hisab gerhana Bulan total *Jean meeus* dan *Ephemeris*. Pada kontak umbra 1 (U1) dan kontak umbra 2 (U2) terdapat perbedaan yaitu selisih +2, dengan data hasil hisab gerhana Bulan *Ephemeris* lebih cepat 2 detik dibandingkan *Jean meeus*. Selanjutnya pada kontak umbra 3 (U3) terdapat perbedaan dengan selisih +2, dengan data hasil hisab gerhana Bulan *Ephemeris* lebih cepat 2 detik dibandingkan *Jean meeus*. Kemudian pada kontak umbra 4 (U4) dan kontak penumbra 4 (P4) terdapat perbedaan yaitu selisih +1, dengan data hasil hisab gerhana Bulan *Ephemeris* lebih cepat 1 detik dibandingkan *Jean meeus*.

Adapun kejadian nyata dari peristiwa gerhana Bulan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.3. Waktu Kejadian Gerhana Bulan Total 26 Mei 2021

Fase Gerhana	Waktu Setiap Fase Gerhana			
	UT	WIB	WITA	WIT
Gerhana mulai (P1)	08: 46: 12	15: 46: 12	16: 46: 12	17: 46: 12
Gerhana Sebagian mulai (U1)	09: 44: 38	16: 44: 38	17: 44: 38	18: 44: 38
Gerhana Total mulai (U2)	11: 09: 21	18: 09: 21	19: 09: 21	20: 09: 21

Puncak Gerhana (Puncak)	11: 18: 43	18: 18: 43	19: 18: 43	20: 18: 43
Gerhana Total berakhir(U3)	11: 28: 05	18: 28: 05	19: 28: 05	20: 28: 05
Gerhana Sebagian berakhir (U4)	12: 52 :48	19: 52: 48	20: 52: 48	21: 52: 48
Gerhana berakhir (P4)	13: 51: 14	20: 51: 14	21: 51: 14	22: 51: 14

Sumber: BMKG¹¹

Tabel 4.3 di atas menunjukkan waktu terjadinya gerhana bulan total 26 Mei 2021, dimana P1, U1, U2, Puncak, U3, U4 dan P4 merupakan fase-fase gerhana bulan total 26 Mei 2021 yang dijelaskan di atas. Seperti terlihat pada Tabel 4.3, durasi gerhana dari awal gerhana (P1) hingga akhir gerhana (P4) adalah 5 jam, 5 menit, dan 2 detik. Durasi gerhana sebagian, lamanya waktu dari fase gerhana sebagian (U1) hingga berakhirnya gerhana sebagian (U4), terjadi pada 3 jam, 8 menit, dan 10 detik. Gerhana bulan total pada 26 Mei 2021 akan berlangsung selama 18 menit 44 detik.

Berikut daftar daerah di Indonesia yang bisa dilihat gerhana total super blood moon, dikutip dari situs BMKG:¹²

- 1) Fase (P1) Gerhana bulan dimulai pada pukul 15.46.12 WIB, 16.46.12 WITA, 17.46.12 WIT melewati Papua bagian tengah dan seluruh proses gerhana bulan dapat disaksikan di Provinsi Papua. Papua.
- 2) Fase gerhana bulan sebagian (U1) mulai 16.44.38 WITA, 17.44.38 WITA, dan 18.44.38 WIT melewati Sulawesi dan Nusa Tenggara, keseluruhan proses gerhana bulan total dapat dilihat di sebelah timur Indonesia, Sulawesi Timur dan Nusa Tenggara Timur.
- 3) Fase gerhana bulan total (U2) Mulai 18.09.21 WIB, 19.09.21 WITA, 20.09.21 WIT, melalui Riau dan Sumatera Barat, awal fase total ini dapat diamati, kecuali sebagian Wilayah Riau,

¹¹ Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, Gerhana Bulan Total 26 Mei 2021.

¹² Ibid.

Barat Sumatera, Sumatera Utara dan Aceh.

- 4) Puncak gerhana bulan terjadi pada 18.18.43 WIB, 19.18.43 WITA, 20.18.43 WIT, seluruh Indonesia kecuali sebagian kecil wilayah Riau, Sumatera Barat, Sumatera Utara dan sebagian Aceh.
- 5) Fase gerhana bulan total (U3) melintasi Sumatera Utara pada 18.28.05 WIB, 19.28.05 WITA, 20.28.05 WIT, sehingga gerhana bulan total disaksikan di seluruh Indonesia, kecuali sebagian Sumatera Utara dan Aceh.
- 6) Fase gerhana bulan sebagian (U4) berakhir pada 19.52.48 WIT, 20.52.48 WITA, 21.52.48 WIT dan dapat disaksikan di seluruh Indonesia.
- 7) Fase gerhana bulan (P4) berakhir pada 20.51.14 WIT, 21.51.14 WITA, 22.51.14 WIT dan dapat disaksikan di seluruh Indonesia.

Dengan membandingkan dengan perhitungan gerhana *Jean meeus* dan *Ephemeris* serta data kejadian sebenarnya dari gerhana bulan, penulis dapat menyimpulkan bahwa baik metode proyeksi gerhana *Jean meeus* maupun *Ephemeris* memiliki akurasi yang baik. Hal ini dapat dilihat dari hasil perbandingan di atas. Metode perhitungan gerhana bulan berdasarkan *ephemeris* tidak hanya dapat menentukan waktu terjadinya gerhana mulai dari fase penumbra, fase umbra, fase total, gerhana matahari maksimum, dan akhir fase total, akhir umbra. fase, dan akhir fase penumbra. Namun dapat menentukan daerah mana saja yang mengalami gerhana bulan dan dapat menentukan status gerhana suatu tempat, apakah tempat tersebut sedang melalui keseluruhan proses gerhana atau hanya beberapa tahap atau tidak sama sekali.¹³

Di *Jean meeus*, pelajari tentang cakupan area gerhana. Ia belum

¹³ Kementerian Agama Ri, *Ephemeris Hisab Rukyat 2021*, (Jakarta, 2020), 153.

mengetahuinya, namun untuk mengetahui status gerhana suatu tempat, ia menawarkan solusi, yaitu dengan menggunakan hisab bulan terbit dan terbenam, yaitu menentukan kapan bulan terbit dan terbenam di suatu tempat. Jadi, penggunaannya harus kita ketahui terlebih dahulu, waktu setiap fase gerhana. Tentukan koordinat di mana kita akan melihat gerhana. Hitung waktu terbit dan terbenamnya bulan. Ketika moonrise terjadi sebelum penumbra dimulai dan moonset terjadi sebelum penumbra berakhir, kita dapat mengalami semua gerhana matahari dari awal hingga akhir penumbra. Jika bulan terbit terjadi setelah awal penumbra dan awal umbra, dan bulan terbenam terjadi sebelum akhir penumbra, maka kita hanya dapat mengalami gerhana bulan dari awal bayangan penuh sampai akhir penumbra, dan seterusnya.¹⁴

Dalam buku karya *Jean meeus* yang menjadi sumber referensi buku “The Celestial Mechanics for Computation of Lunar Eclipses”. Jenis gerhana bulan ditentukan berdasarkan besar kecilnya gerhana penumbra dan perhitungan besarnya gerhana bersyarat. Rinto Anugraha tidak memasukkan klasifikasi jenis gerhana di *Ephemeris*, melainkan mencantumkannya dalam program berbasis Microsoft Excel, Gerhana Matahari dan Bulan 1900-2200 v1.1. Ikuti prosedurnya. Pertama hitung ukuran penumbra, ukuran umbra dan total durasi pegas. Kedua, jika magnitudo penumbra 0, tidak terjadi gerhana matahari. Ketiga, jika besaran penumbra adalah 0, lanjutkan untuk menghitung besaran umbra. Keempat, jika ukuran umbra 0, terjadi gerhana penumbra. Kelima, jika ukuran umbra adalah 0, lanjutkan menghitung total setengah durasi. Keenam, jika total durasi musim semi < 0 , maka “tidak ada”, yang berarti terjadi gerhana sebagian. Ketujuh, jika total durasi musim semi adalah 0, maka "ya", yaitu terjadi gerhana bulan total.¹⁵

2. Gerhana Bulan Total pada tanggal 31 Januari 2018

Tabel. 4.4 Perbandingan Hasil Perhitungan Metode *Jean meeus* dan

¹⁴ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, (Virginia: Willman Bell, Inc 1991), 261.

¹⁵ Kementerian Agama RI, *Ephemeris Hisab Rukyat 2021*, (Jakarta, 2020) 162.

Ephemeris

Fase Gerhana	<i>Ephemeris</i>	Jean Meeus	Selisih
	WIB	WIB	
Awal Penumbra	17: 51: 15	17: 51: 15	0 :00: 00
Awal Umbra	18: 48: 27	18: 48: 27	0 :00: 00
Awal Total	19: 51: 47	19: 51: 47	0 :00: 00
Puncak	20: 29: 50	20: 31: 00	0 :01: 10
Akhir Total	21: 07: 51	21: 07: 51	0 :00: 00
Akhir Umbra	22: 11: 12	22: 11: 11	0 :00: 01
Akhir Penumbra	23: 08: 27	23: 08: 27	0 :00: 00
Durasi Penumbra	1: 16: 04	1: 16: 04	0 :00: 00
Durasi Umbra	5: 17: 13	5: 17: 12	0 :00: 01
Durasi Total	3: 22: 46	3: 22: 44	0 :00: 02

Tabel 4.4 di atas menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan dari kontak penumbra awal hingga awal total perbedaan antara penggunaan *ephemeris* untuk menghitung gerhana bulan dan hasil *Jean meeus* untuk gerhana bulan total 31 Januari 2018. Kemudian pada puncak gerhana terjadi perbedaan yang sangat besar, mencapai 1 menit 10 detik. Ada juga perbedaan antara keduanya setelah periode puncak gerhana, antara 0 detik dan 1 detik.

Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Magnitude dan Radius Metode *Jean meeus* dan *Ephemeris*

	<i>Ephemeris</i>	Jean Meeus	Selisih
Magnitude Penumbra	2. 2929	2. 2941	0. 0012
Magnitude Umbra	1. 3156	1. 3155	0. 0001
Radius Penumbra	1. 2961°	1. 2978°	0. 0017°
Radius Umbra	0. 7558°	0. 7567°	0. 0009°

Berdasarkan Tabel 4.5 terlihat bahwa penumbra magnitudo gerhana bulan yang dihitung *ephemeris* tidak jauh berbeda dengan hasil

Jean meeus pada 31 Januari 2018, yaitu antara 0,0001 hingga 0,0012. Sekali lagi, selisih hasil Radius Penumbra dan Radius Umbra hanya antara 0,0009 derajat dan 0,0017 derajat.

3. Gerhana Bulan Total pada tanggal 28 Juli 2018

Tabel. 4.6 Perbandingan Hasil Perhitungan Metode *Jean meeus* dan *Ephemeris*

Fase Gerhana	<i>Ephemeris</i>	<i>Jean meeus</i>	Selisih
	WIB	WIB	
Awal Penumbra	0:14:49	0:14:49	0:00:00
Awal Umbra	1:24:27	1:24:27	0:00:00
Awal Total	2:30:15	2:30:15	0:00:00
Puncak	3:21:44	3:21:30.3	0:00:13.7
Akhir Total	4:13:12	4:13:12	0:00:00
Akhir Umbra	5:19:00	5:19:00	0:00:00
Akhir Penumbra	6:28:37	6:28:37	0:00:00
Durasi Penumbra	6:13:48	6:28:37	0:00:01
Durasi Umbra	3:54:33	6:54:32	0:00:01
Durasi Total	1:42:57	1:42:57	0:00:00

Tabel 4.6 diatas dapat diketahui bahwa hasil perhitungan metode *Ephemeris* dengan hasil *Jean meeus* pada gerhana Bulan Total tanggal 28 Juli 2018 dengan hasil NASA saat kontak awal penumbra hingga puncak gerhana tidak terdapat perbedaan atau selisih. Perbedaan hasil dimulai saat kontak puncak gerhana yang hanya berkisar pada detiknya yaitu 00:00:13,7. Kemudian mulai kontak akhir total sampai akhir penumbra tidak terjadi perbedaan hasil.

Tabel 4.7 Perbandingan Hasil Magnitude dan Radius Metode *Jeanmeeus* dan *Ephemeris*

	<i>Ephemeris</i>	<i>Jean meeus</i>	Selisih
Magnitude Penumbra	2.6781	2.6792	0.0011
Magnitude Umbra	1.6080	1.6087	0.0007
Radius Penumbra	1.1735°	1.1738°	0.0003
Radius Umbra	0.6487°	0.6488°	0.0003

Tabel 4.7 menunjukkan bahwa selisih antara perhitungan Magnitude Penumbra dan Magnitude Umbra gerhana Bulan metode *Ephemeris* dengan hasil *Jean meeus* tanggal 28 Juli 2018 mempunyai selisih antara 0.0007-0.0011. Begitu pula dengan selisih hasil Radius Penumbra dan Radius Umbra keduanya yang hanya berkisar 0.0003 derajat.

4. Gerhana Bulan Total pada tanggal 17 Juli 2019

Tabel. 4.8 Perbandingan Hasil Perhitungan Metode *Jean meeus* dan *Ephemeris*

Fase Gerhana	<i>Ephemeris</i>	<i>Jean meeus</i>	Selisih
	WIB	WIB	
Awal Penumbra	1:43:53	1:43:53	0:00:00
Awal Umbra	3:01:43	3:01:43	0:00:00
Awal Total	-	-	-
Puncak	4:30:44	4:31:54.8	0:00:10.8
Akhir Total	-	-	-
Akhir Umbra	5:59:44	5:59:39	0:00:05
Akhir Penumbra	7:17:34	7:17:36	0:00:02
Durasi Penumbra	5:33:41	5:33:43	0:00:02
Durasi Umbra	2:58:00	2:57:56	0:00:04
Durasi Total	-	-	-

Dari tabel 4.8 dapat diketahui bahwa hasil perhitungan metode *Ephemeris* dengan hasil *Jean meeus* pada gerhana tanggal 17 Juli 2019

saat kontak awal penumbra hingga awal umbra tidak terdapat perbedaan atau selisih. Perbedaan hasil dimulai saat kontak puncak gerhana yang hanya berkisar pada detiknya yaitu 00:00:10,8. Kemudian mulai kontak akhir total sampai akhir penumbra terdapat selisih hasil antara 2 detik sampai 5 detik.

Tabel 4.9 Perbandingan Hasil Magnitude dan Radius Metode *Jean meeus* dan *Ephemeris*

	<i>Ephemeris</i>	<i>Jean meeus</i>	Selisih
Magnitude Penumbra	2.0658	1.7037	0.3621
Magnitude Umbra	0.9975	0.6531	0.3444
Radius Penumbra	1.1625°	1.1900°	0.0275°
Radius Umbra	0.6386°	0.6655°	0.0269°

Tabel 4.9 menunjukkan bahwa selisih antara perhitungan Magnitude Penumbra dan Magnitude Umbra gerhana Bulan perhitungan metode *Ephemeris* dengan hasil *Jean meeus* pada tanggal 17 Juli 2019 mempunyai selisih tidak terlampau jauh yaitu antara 0.3621-0.3444 . Sedangkan selisih hasil Radius Penumbra dan Radius Umbra keduanya hanya berkisar 0.0275 derajat sampai 0.0269 derajat.

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat diketahui bahwa selisih dari hasil perhitungan perhitungan metode *Ephemeris* dengan hasil *Jean meeus* tidak jauh berbeda. Hal ini dapat dibuktikan dengan membuktikan selisih minimum maupun maksimum antara keduanya. Selisih minimum saat gerhana total pada tanggal 31 Januari 2018 antara hasil perhitungan metode *Ephemeris* dengan hasil *Jean meeus* yaitu 00 jam 00 menit 00 detik dan selisih maksimumnya yaitu 00 jam 01 menit 10 detik.

Sedangkan hasil perhitungan keduanya pada gerhana total tanggal 28 Juli 2018 mempunyai selisih minimum 00 jam 00 menit 00 detik dan selisih maksimum sampai 00 jam 00 menit 13,7 detik. Begitu pula dengan hasil perhitungan gerhana Bulan parsial pada tanggal 17 Juli 2019 memiliki selisih minimum dan maksimum hanya terapat detik saja yaitu 00 jam 00 menit 00 detik dan 00 jam 00 menit 10.8 detik.

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa perhitungan gerhana bulan perhitungan metode *Ephemeris* dengan hasil *Jean meeus* tergolong akurat. Hal ini disebabkan karena, hasil perhitungan gerhana Bulan perhitungan metode *Ephemeris* dengan hasil *Jean meeus* memiliki selisih perbedaan. Akan tetapi selisih tersebut tidak terlalu jauh. Bahkan banyak diantara hasil tersebut terdapat kesamaan. Hal ini dikarenakan keduanya menggunakan sistem hisab kontemporer modern dengan rumus algoritma yang terbilang rumit sehingga hasil perhitungan dari keduanya tidak terlampau jauh selisihnya.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil komparasi pada hisab Gerhana Bulan Total menurut *Jean meeus* dan *Ephemeris*, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode hisab gerhana Bulan dalam *Jean meeus* dan *Ephemeris* termasuk dalam kategori hisab hakiki kontemporer yang beraliran heliosentris, tetapi terdapat beberapa perbedaan yaitu adanya koreksi-koreksi yang dipotong seperti dalam langkah-langkah menghitung JDE (Julian Day *Ephemeris*), anomali rata-rata Matahari (M), anomali rata-rata Bulan (M'), argumen lintang Bulan (F), bujur titik naik Bulan omega (Ω) pada rumus T yang berpangkat 3 dan 4, tetapi tidak berpengaruh signifikan dan *Ephemeris* dalam penentuan delta T menggunakan rumus polynomial delta T NASA. Data perbandingan waktu gerhana Bulan *Jean meeus* dengan *Ephemeris*. Pada kontak penumbra 1 (P1) dan maksimum gerhana tidak terdapat perbedaan pada kedua metode tersebut, artinya terdapat persamaan pada fase kontak penumbra 1 (P1) dan maksimum gerhana pada hisab gerhana Bulan total *Jean meeus* dan *Ephemeris*. Pada kontak umbra 1 (U1) dan kontak umbra 2 (U2) terdapat perbedaan yaitu selisih +2, dengan data hasil hisab gerhana Bulan *Ephemeris* lebih cepat 2 detik dibandingkan *Jean meeus*. Selanjutnya pada kontak umbra 3 (U3)

terdapat perbedaan dengan selisih +2, dengan data hasil hisab gerhana Bulan *Ephemeris* lebih cepat 2 detik dibandingkan *Jean meeus*. Kemudian pada kontak umbra 4 (U4) dan kontak penumbra 4 (P4) terdapat perbedaan yaitu selisih +1, dengan data hasil hisab gerhana Bulan *Ephemeris* lebih cepat 1 detik dibandingkan *Jean meeus*.

2. Pada kedua metode hisab gerhana Bulan *Jean meeus* dan *Ephemeris* memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Hal ini didapat dilihat dari perbandingan dengan hasil data nyata kejadian gerhana Bulan yang menunjukkan bahwa kedua metode tersebut sama-sama memiliki perbedaan dengan hasil data nyata gerhana Bulan. Perbandingan data hisab gerhana Bulan *Ephemeris* hanya berselisih sedikit dengan data hasil hisab gerhana Bulan *Jean meeus*, bahkan banyak diantara hasil perhitungan gerhana Bulan tersebut terdapat kesamaan.

B. Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, saran peneliti ialah sebagai berikut:

1. Metode hisab gerhana Bulan *Jean meeus* dan *Ephemeris* memiliki akurasi yang baik dengan langkah perhitungan yang sistematis dan mudah untuk dipahami bagi pemula karena di dalam metode tersebut memaparkan langkah dan juga contoh secara bersamaan. Pada metode *Jean meeus* perlu ada penyempurnaan, perlu adanya penambahan perhitungan untuk menentukan cakupan wilayah yang

akan dilewati oleh gerhana Bulan dan perhitungan *moonrise* serta *moonset* untuk menentukan keadaan gerhana di suatu tempat.

2. Penelitian ini hanya menganalisis metode hisab gerhana Bulan total dalam *Jean meeus* dan *Ephemeris*, sehingga diharapkan ada penelitian lain yang menganalisis metode hisab gerhana Bulan total dengan metode lainnya.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Afifi, Miftach Rizcha. *Akurasi Perhitungan Gerhana Bulan Menurut Jean meeus Dengan Menggunakan Software Matlab*. Skripsi, Fakultas Hukum dan Syariah, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya, 2019.
- Al Imam al Hafiz Ibnu Hajar al-Asqalani. *Fathul Bari, Jilid 6, cet. Ke-3*. Jakarta : Pustaka Azzam, 2011.
- Al-Qurthubi, Syaikh Imam. *Tafsir al-Qurthubi, Cet. I*. Jakarta: Pustaka Azzam, 2008.
- Anugraha, Rinto. *Mekanika Benda Langit*. Yogyakarta: Universitas Gadjad Mada, 2012.
- Arikunto, Suharsimi. *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta, 2012.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. *Gerhana Bulan Total 26 Mei 2021*. Jakarta: BMKG, 2021.
- Bashori, Muhammad Hadi. *Pengantar Ilmu Falak*. Jakarta: Pustaka AlKautsar, 2015.
- Danim, Sudarwin. *Menjadi penelitian Kualitatif*. Bandung: CV Pustaka Setia, 2002.
- Fathullah, Ahmad Ghozali Muhammad. *Irsyâd al- Murîd*. Madura: Lafal, 2005.
- Fitria, Wahyu. *Studi Komparatif Hisab Gerhana Bulan dalam Kitab al-Khulashahal-Wafiyah dan Ephemeris*. Skripsi Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang, 2011.
- Hambali, Slamet. *Pengantar Ilmu Falak*. Banyuwangi: Bismillah Publisher, 2012.
- Ichtijanto, dkk.,. *Almanak Hisab Rukyat*. Jakarta: Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam, 1981.
- Izzan, Ahmad. *Studi Ilmu Falak*. Banten : Pustaka Aufa Media, 2013.
- Izzuddin, Ahmad. *Ilmu Falak Praktik*. Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012.
- Izzuddin, Ahmad. *Fiqh Hisab Rukyah*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 2007.
- Karim, Abdul dan Nasir, M. Rifa Jamaluddin. *Mengenal Ilmu Falak (Teori dan Implementasi), cet. I*. Yogyakarta: Qudsi Media, 2012.
- Khazin, Muhyiddin. *Kamus Ilmu Falak, Cetakan I*. Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005.

- Khazin, Muhyiddin. *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*. Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004.
- Kementrian Agama Republik Indonesia. *Ilmu falak Praktik*. Jakarta: Sub Direktorat Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat, 2011.
- Kementerian Agama RI, *Ephemeris Hisab Rukyat 2021*. Jakarta: Sub Direktorat Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat, 2020.
- Liu, Bao Lin & Fiala, Alan D. *Canon of Lunar Eclipses 1500 B.C.A.D 3000*. Virginia: Willman-Bell, Inc, 1983.
- Maskufa. *Ilmu Falak*. Jakarta: Gaung Persada Press, 2010.
- Meeus, Jean. *Mathematical Astronomy Morsels*. Virginia: Willman-Bell, Inc., 1997.
- Meeus, Jean. *Astronomical Algorithms*. Virginia: Willman Bell. Inc., 1991.
- Moleong, Lexy J. *Metodologi Penelitian Kualitatif, Cet. Ke 35*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya, 2016.
- Muhammad Faizal bin Jani. *Muzakirah Ilmu Falak (Fi Ithna Asyara Syahran)*. Malaysia: UKM, 2011.
- Nurjaman, Zaenudin. *Sistem Hisab Gerhana Bulan Analisis Pendapat KH. Noor Ahmad SS dalam Kitab Nur Al-Anwar*. Skripsi Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang, 2012.
- Rohman, Agus Minanur. *Visual Gerak Semu Bulan dan Matahari serta Pengaruhnya terhadap Pasang Surut Air Laut*. Skripsi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, 2016.
- Setiadi, Yadi. *Akurasi Perhitungan terjadinya Gerhana dengan Rubu' Al- Mujayyab*. Skripsi Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang, 2012.
- Shihab, M. Quraish. *Tafsir al-Misbah (Pesan, Kesan dan Kekeragaman al-Qur'an), Vol. 11, Cet. V*. Jakarta: Lentera Hati, 2015.
- Sub Direktorat Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah Direktorat Jederal Bimbingan Masyarakat Islam Kementerian Agama Republik Indonesia. *Ilmu Falak Praktik*. Jakarta: Direktorat Peradilan Agama, 2013.
- Sukarni. *Metode Hisab Gerhana Bulan Ahmad Ghozali dalam Kitab Irsyad Al-Murid*. Skripsi Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semrang, 2014.

Tamwifi, Irfan. *Metode Penelitian*. Sidoarjo: CV Intan XII, 2014.

Tjasyono, Bayong. *Ilmu Kebumihan dan Antariksa*. Bandung: Remaja Rosdakarya, 2013.

www.eclipse.gsfc.nasa.gov



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A