

**IMPLEMENTASI ALGORITMA JEAN MEEUS DALAM PENENTUAN
GERHANA BULAN DAN MATAHARI**



Oleh

Baiq Anggi Andini
170204022

**PROGRAM STUDI ILMU FALAK
FAKULTAS SYARIAH
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MATARAM
MATARAM
2021**

**IMPLEMENTASI ALGORITMA JEAN MEEUS DALAM PENENTUAN
GERHANA BULAN DAN MATAHARI**

Skripsi
diajukan kepada Universitas Islam Negeri Mataram
untuk melengkapi persyaratan mencapai gelar
Sarjana Hukum



Oleh

Baiq Anggi Andini
170204022

PROGRAM STUDI ILMU FALAK
FAKULTAS SYARIAH
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MATARAM
MATARAM

2021

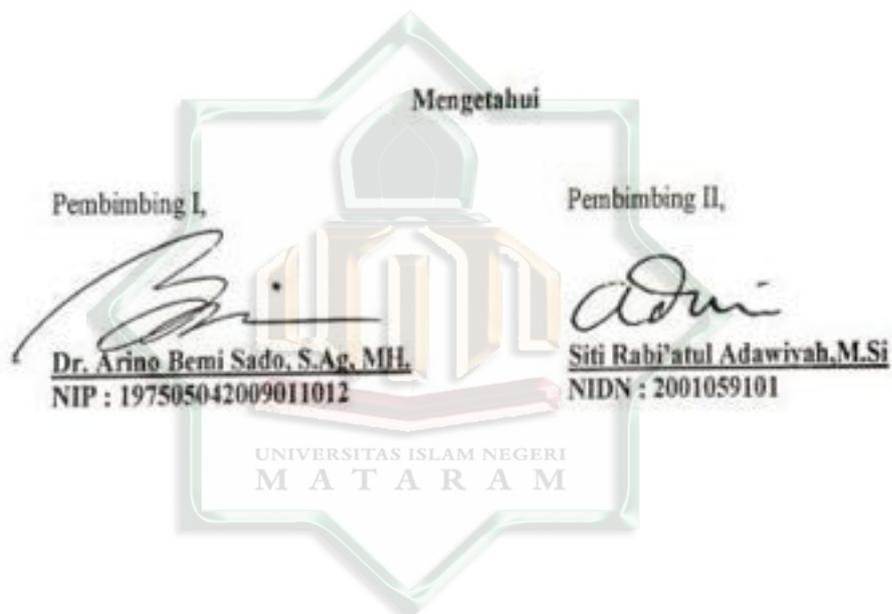


Perpustakaan **UIN Mataram**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh Baiq Anggi Andini, NIM:170204022 dengan judul "Implementasi Algoritma Jean Meeus dalam Penentuan Gerhana Bulan dan Matahari" telah memenuhi syarat dan disetujui untuk diuji.

Disetujui pada tanggal: 30 JUNI 2021.



Perpustakaan UIN Mataram

NOTA DINAS PEMBIMBING

Mataram, 30 Juni 2021

Hal : Ujian Skripsi

**Yang Terhormat
Dekan Fakultas Syariah
di Mataram**

Assalamu'alaikum, Wr. Wb.

Dengan hormat, setelah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi, maka kami berpendapat bahwa skripsi saudara:

Nama Mahasiswa : Baiq Anggi Andini
NIM : 170204022
Jurusan/Prodi : Ilmu Falak
Judul : Implemenasi Algoritma Jean Meeus dalam
Penentuan terjadinya Gerhana Bulan dan

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MATARAM

Telah memenuhi syarat untuk diajukan dalam sidang *munaqasyah* skripsi Fakultas Syariah UIN Mataram. Oleh karena itu, kami berharap agar skripsi ini dapat segera di *munaqasyah*-kan.

Wassalammu'alaikum, Wr. Wb.

Pembimbing I,



Dr. Arino Bemi Sado, S.Ag, MH.
NIP : 197505042009011012

Pembimbing II,



Siti Rabi'atul Adawiyah, M.Si
NIDN : 2001059101

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Baiq Anggi Andini

NIM : 170204022

Jurusan : Ilmu Falak

Fakultas : Syariah

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul "Implementasi Algoritma Jean Meeus dalam Penentuan Gerhana Bulan dan Matahari" ini secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali pada bagian-bagian yang dirujuk sumbernya. Jika saya terbukti melakukan plagiat tulisan/karya orang lain, maka saya siap menerima sanksi yang telah ditentukan oleh lembaga.

Mataram, 30 Juni 2021

Saya yang menyatakan,

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
M A T A R A M



Perpustakaan UIN Mataram Baiq Anggi Andini

PENGESAHAN

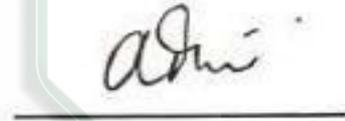
Skripsi oleh: Baiq Anggi Andini, NIM: 170204022 dengan judul "Implementasi Algoritma Jean Meeus dalam Penentuan Gerhana Bulan dan Matahari" telah dipertahankan di depan dewan penguji Jurusan Ilmu Falak Fakultas Syariah UIN Mataram pada tanggal 14 Juli 2021.

Dewan Penguji

Dr. Arino Beni Sudo, S.Ag., M.H.
(Ketua Sidang/ Pembimbing I)



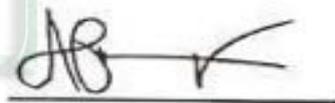
Siti Rabi'atul Adawiyah, M.Si.
(Sekertaris Sidang/ Pembimbing II)



Dr. Jumari, M.H.
(Penguji I)

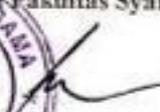


Muhammad Awaludin, M.H.
(Penguji II)



UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
M A T A R A M

Perpustakaan UIN Mataram

Mengetahui,
Dekan Fakultas Syariah

Dr. H. Susawar, M.Ag
NIP. 06912311998031008

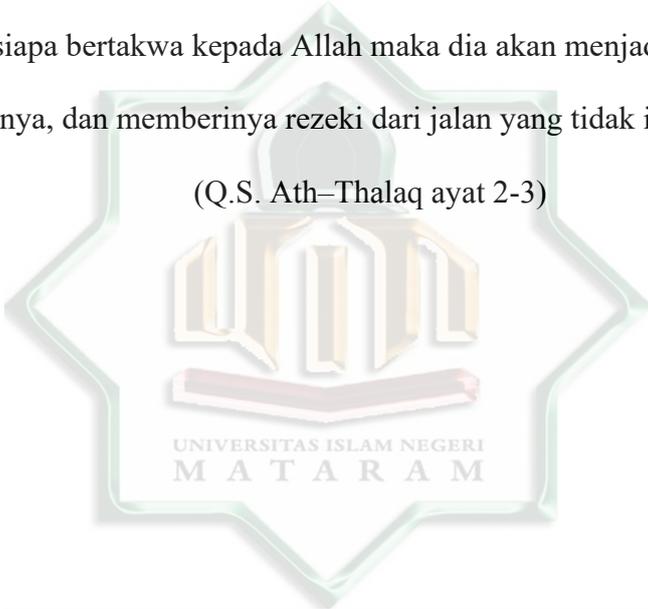


MOTTO

وَمَنْ يَتَّقِ اللَّهَ يَجْعَلْ لَهُ مَخْرَجًا ﴿٢﴾
وَيَرْزُقْهُ مِنْ حَيْثُ لَا يَحْتَسِبُ ۚ وَمَنْ يَتَوَكَّلْ عَلَى اللَّهِ فَحُوسِبْهُ ۗ
إِنَّ اللَّهَ بَلِغٌ أَمْرِهِ ۗ قَدْ جَعَلَ اللَّهُ لِكُلِّ شَيْءٍ قَدْرًا ﴿٣﴾

...Barangsiapa bertakwa kepada Allah maka dia akan menjadikan jalan keluar baginya, dan memberinya rezeki dari jalan yang tidak ia sangka...

(Q.S. Ath-Thalaq ayat 2-3)



Perpustakaan UIN Mataram

PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah tuhan semesta alam yang telah melimpahkan rahmat, nikmat dan kesehatan sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Skripsi ini kupersembahkan kepada :

Kedua orang tua saya tercinta Bapak dan Ibu saya

Lalu Ahmad Ziadi dan Baiq Suryani

Yang selalu memberikan dukungan moril maupun materiil serta doa yang selalu dipanjatkan kepada Allah SWT untuk penulis dan terimakasih sudah menjadi supporter terbaik untuk penulis selama penulis menempuh kuliah dan sampai ke jenjang ini tanpa kalian, semua ini tidak akan berarti.

Dan untuk adikku tercinta Baiq Sabrina Miftahul Husna terimakasih atas doa dan dukungannya. Dan untuk kerabat dan teman-teman sekalian yang sudah mensupport penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Terimakasih karena dukungan dari kalian semua skripsi ini dapat terselesaikan.

KATA PENGANTAR



Alhamdulillahirabbilalamin, segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT Tuhan semesta alam, Yang telah menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya serta ditetapkannya tempat-tempat bagi perjalanan bulan itu agar diketahui bilangan tahun dan perhitungan waktu. Dengan Rahmat dan HidayahNya, Alhamdulillah Skripsi penulis yang berjudul ***“Implementasi Algoritma Jean Meeu dalam Penentuan Gerhana Bulan dan Matahari”*** dapat diselesaikan dengan segala kemudahan yang diberikan-Nya.

Shalawat dan Salam semoga selalu terlimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan para pengikutnya yang telah memberikan teladan dalam kehidupan.

Penulis sadar bahwa skripsi ini dapat diselesaikan dengan bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah banyak mendukung, membantu serta membimbing penulis dalam menyusun karya tulis ilmiah Skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih terutama kepada:

1. Kedua orang tua yaitu, ayahanda tercinta Lalu Ahmad Ziadi dan ibunda tercinta Baiq Suryani, yang telah memberikan dukungan moril dan materiil serta doa yang dipanjatkan kepada ALLAH SWT untuk penulis.
2. Bapak Dr.Arino Bemi Sado,S.Ag., M.H., selaku Pembimbing I, dan Ibu ,Siti Rabiatul Adawiyah M.Si. selaku Pembimbing II, yang telah berkenan meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan dalam penulisan ini, baik dari segi materi skripsi maupun metode penulisannya.
3. Segenap keluarga, kerabat dan sahabat yang telah menyemangati dan ikut membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Keluarga Besar Mahasiswa Ilmu Falak Universitas Islam Negeri (UIN) Mataram, dan teman seperjuangan selama menempuh perkuliahan.
5. Segenap Bapak/Ibu Dosen Jurusan Ilmu Falak Fakultas Syariah Universitas Islam Negeri (UIN) Mataram yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis.
6. Dan Berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Khususnya rekan-rekan yang telah memberikan bantuan dan motivasi kepada penulis.

Penulis menyadari akan banyaknya kekurangan yang ada pada Karya Ilmiah Skripsi ini. Oleh karena itu penulis sangatlah mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak agar menjadi bahan perbaikan dalam penyusunan skripsi kedepannya.

Mataram, 2021

Penulis,

Baiq Anggi Andini



Perpustakaan UIN Mataram

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN LOGO.....	iii
PERSETUJUAN PEMBIMBING	iv
NOTA DINAS PEMBIMBING.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	vi
HALAMAN MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah	8
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian	8
D. Ruang Lingkup dan Setting Penelitian.....	9
E. Telaah Pustaka	9
F. Metode Penelitian.....	13
G. Sistematika Pembahasan	16

BAB II MODEL PENENTUANAN GERHANA MENGGUNAKAN	
ALGORITMA JEAN MEEUS	1
A. Algoritma Jean Meeus	18
B. Gambaran Umum gerhana Bulan dan Matahari	20
C. Siklus/Periode Gerhana	38
D. Perhitungan gerhana Bulan dan Matahari.....	40
E. Formulasi Rumus Perhitungan gerhana menggunakan Algoritma Jean Meeus.....	45
BAB III AKURASI PERHITUNGAN GERHANA MENGGUNAKAN	
ALGORITMA JEAN MEEUS	51
A. Analisis Implementasi Perhitungan Gerhana Menggunakan Algoritma Jean Meeus.....	50
B. Analisis Tingkat Akurasi Perhitungan Gerhana Menggunakan Algoritma Jean Meeus.....	75
BAB IV PENUTUP.....	83
A. Saran	83
B. Kesimpulan.....	84
C. Penutup	85
DAFTAR PUSTAKA	86
LAMPIRAN.....	89

DAFTAR TABEL

- Tabel 3.1 Hasil perhitungan Gerhana Bulan 26 Mei 2021 Algoritma Jean Meeus, 79.
- Tabel 3.2 Hasil perhitungan gerhana Bulan 26 Mei 2021 NASA, 79.
- Tabel 3.3 Hasil perhitungan Gerhana Bulan 19 November 2021 Algoritma Jean Meeus, 80.
- Tabel 3.4 Hasil perhitungan gerhana Bulan 19 Novemer 2021 NASA, 81.
- Tabel 3.5 Hasil perhitungan Gerhana Matahari 10 Juni 2021 Algoritma Jean Meeus, 81.
- Tabel 3.6 Hasil perhitungan Gerhana Matahari 10 Juni 2021 NASA, 82.
- Tabel 3.7 Hasil perhitungan Gerhana Matahari 4 Desember 2021 Algoritma Jean Meeus, 82.
- Tabel 3.8 Hasil perhitungan Gerhana Matahari 4 Desember 2021 NASA, 83.
- Tabel 3.9 Selisih perhitungan gerhana Bulan 26 Mei 2021 antara Algoritma Jean Meeus dan NASA, 83.
- Tabel 3.10 Selisih perhitungan gerhana Bulan 19 November 2021 antara Algoritma Jean Meeus dan NASA, 84.
- Tabel 3.11 Selisih perhitungan gerhana Matahari 10 Juni 2021 antara Algoritma Jean Meeus dan NASA, 85.
- Tabel 3.12 Selisih perhitungan gerhana Matahari 4 Desember 2021 antara Algoritma Jean Meeus dan NASA, 85.

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Peristiwa Gerhana Bulan, 22.
- Gambar 2.2 Jenis-jenis Gerhaana Bulan, 25.
- Gambar 2.3 Peristiwa Gerhana Matahari, 30.
- Gambar 2.4 Ilustrasi bidang fundamental XY dengan disertai sumbu Z, 41.
- Gambar 2.5 Transformarmasi geosentric equatorial pada fundamental plane, 43.
- Gambar 2.6 Geometri Gerhana Bulan, 43.
- Gambar 2.7 Matahari, Bulan, bidang pengamat di Bumi serta bidang fundamental, 44.
- Gambar 2.8 Ilustrasi posisi F ketika satu lunasi sudah berada di atas *ascending node*, 48.
- Gambar 2.9 Ilustrasi posisi F ketika satu lunasi masih berada di bawah *ascending node*, 48.

Perpustakaan UIN Mataram

IMPLEMENTASI ALGORITMA JEAN MEEUS DALAM PENENTUAN GERHANA BULAN DAN MATAHARI

Oleh:
Baiq Anggi Andini
NIM 170204022

ABSTRAK

Algoritma Jean Meeus banyak digunakan oleh para pakar astronomi untuk perhitungan-perhitungan astronomi, misalnya perhitungan penentuan gerhana. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui implementasi Algoritma Jean Meeus dalam Penentuan Gerhana Bulan dan Matahari serta untuk mengetahui tingkat akurasi algoritma Jean Meeus tersebut dalam penentuan terjadinya gerhana Bulan dan Matahari.

Penelitian ini tergolong penelitian kualitatif yaitu dengan pendekatan kepustakaan. Dan sumber primer yang digunakan penulis dalam penelitian ini yang menjadi rujukan utama yakni buku yang berjudul *Astronomical Algorithm* karya Jean Meeus. Data sekunder didapat dari berbagai dokumen baik berupa buku, *website*, ensiklopedi, kamus, dan sumber informasi lainnya yang berhubungan dengan gerhana Bulan ataupun gerhana Matahari.

Hasil analisa penulis yaitu dengan melihat proses perhitungan dan data yang digunakan dalam perhitungan gerhana bulan dan matahari dengan algoritma Jean Meeus. Dalam penerapan Algoritma Jean Meeus untuk menentukan terjadinya gerhana Bulan dan Matahari, dimulai dengan menentukan tahun terjadinya gerhana, kemudian menentukan nilai γ , JDE (*Julian Day Ephemeris*), nilai lunasi (k), seri saros, waktu referensi (T_0) dan nilai Elemen Besselnya. Perhitungan Algoritma Jean Meeus ini termasuk ke dalam metode hisab hakiki tahkiki (yaitu karena proses perhitungannya berdasarkan data astronomis dengan koreksi-koreksi gerak Bulan maupun Matahari yang sangat teliti), metode ini juga berpangkal pada aliran heliosentris. Dan untuk tingkat keakurasian perhitungan Jean Meeus tersebut memiliki kecocokan yang baik dengan NASA sebagai pembanding, yaitu dengan hasil yang terpaut 1 sampai 3 menit saja dan rata-rata hanya berselisih pada detiknya saja.

Kata Kunci : Gerhan Bulan, Gerhana Matahari, Algoritma Jean Meeus.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Allah SWT senantiasa selalu memerintahkan hambanya untuk memperluas ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan alam semesta, diantaranya yaitu mengamati atau meneliti Bumi, langit, Bulan, Matahari dan seluruh ciptaannya, serta peristiwa-peristiwa alam yang terdapat di dalamnya. Salah satu peristiwa alam yang paling menarik untuk diteliti dan diamati adalah fenomena alam yang berkaitan dengan benda-benda langit atau yang disebut dengan fenomena alam astronomis. Salah satu fenomena alamiah yang termasuk dalam fenomena astronomis adalah fenomena gerhana.

Gerhana adalah salah satu tanda kebesaran Allah. Dialah yang menempatkan Matahari dan Bulan di orbit dan bergerak dengan perhitungan yang bisa dipelajari oleh manusia. Hal ini menjadi sebuah kajian yang termasuk dalam ilmu falak dan ilmu astronomi. Kajian tersebut berkaitan dengan penentuan waktu terjadinya gerhana, perhitungan posisi dan jarak antara Matahari, Bumi dan Bulan hingga prediksi wilayah-wilayah yang memungkinkan untuk mengamati peristiwa tersebut.

Dalam realita ilmiah keteraturan gerak Bumi dan Bulan dalam mengelilingi Matahari merupakan sesuatu yang bersifat pasti, dimana gerak bumi dan bulan dalam peredarannya mengelilingi matahari dan pada saatnya akan terjadi gerhana, yaitu pada saat Matahari, Bumi dan Bulan berada pada satu garis astronomis. Namun dalam perspektif masyarakat, fenomena alamiah

ini mendapatkan tanggapan yang berbeda-beda. Ada yang menghubungkan fenomena gerhana dengan kepercayaan-kepercayaan lokal yang bersifat mistis. Kejadian ini juga sering dikaitkan dengan mitos yang menandakan akan terjadinya suatu musibah atau malapetaka. Bahkan pada zaman Rasulullah saw, gerhana juga sering dikait-kaitkan dengan kematian ataupun kelahiran seseorang.¹ Di antara mitos terkenal yang muncul di Indonesia yaitu salah satunya seperti mitos gerhana oleh mayoritas suku Jawa, yaitu mempercayai terjadinya gerhana itu karena bulan sedang ditelan oleh batarakala atau juga disebut buto ijo, kepercayaan lain juga menyebutkan bahwa ketika terjadi gerhana maka seseorang dilarang melakukan ini-itu karena akan berdampak negatif terhadap yang bersangkutan.² Sementara, gerhana dalam pandangan Islam merupakan efek dari peredaran benda-benda langit yang terjadi dengan sangat teratur sesuai dengan ketetapan Allah sang pencipta alam semesta, yakni Allah SWT.³ Hal ini seperti yang tercantum dalam Al-Qur'an surah Yasin ayat 38-40:

وَالشَّمْسُ تَجْرِي لِمُسْتَقَرٍّ لَهَا ذَلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ ۝۳۸ وَالْقَمَرَ قَدَرْنَاهُ
مَنَازِلَ حَتَّىٰ عَادَ كَالْعُرْجُونِ الْقَدِيمِ ۝۳۹ لَا الشَّمْسُ يَنْبَغِي لَهَا أَنْ تُدْرِكَ الْقَمَرَ
وَلَا اللَّيْلُ سَابِقُ النَّهَارِ وَكُلٌّ فِي فَلَكٍ يَسْبَحُونَ ۝۴۰

Artinya: "Dan matahari berjalan ditempat peredarannya. Demikianlah ketetapan Yang Maha Perkasa lagi Maha Mengetahui (38). Dan telah Kami tetapkan bagi bulan manzilah-manzilah, sehingga (setelah dia sampai ke manzilah yang terakhir) kembalilah dia sebagai bentuk tandan yang tua (39). Tidaklah mungkin bagi matahari mendapatkan bulan dan

¹ Ainul Yaqin dan Fahmi Fatwa Rosyadi, "Hadist gerhana dan wafatnya Ibrahim ibn Muhammad", Tahkim, Vol. 1, Nomor 1, 2018, hlm.55.

² Mohammad Hadi Bashori, *Pengantar Ilmu Falak*, (Jakarta: Pustaka Al-Kautsar, 2015), hlm, 237.

³ Saiful Mujab, "Gerhana; antara Mitos, Sains, dan Islam", YUDISIA: Jurnal pemikiran Hukum dan Hukum Islam, Jurusan Syariah STAIN Kudus, Vol. 5, No. 1, Juni 2014, hlm. 84.

malampun tidak dapat mendahului siang. Dan masing-masing beredar pada garis edarnya (40). (QS.Yasin :38 – 40).⁴

Fenomena alam gerhana ini tidak terlepas dari pandangan Mitos, Sains dan agama. Gerhana sejatinya memang merupakan salah satu bukti kekuasaan Allah yang meletakkan benda-benda langit seperti matahari, bulan maupun bumi berada pada garis edarnya masing-masing dan bergerak berdasarkan perhitungan yang teratur tanpa pernah saling mendahului dan saling bertabrakan. Peredaran benda-benda langit ini pun bisa didefinisikan, diidentifikasi atau ditentukan perhitungannya secara eksak oleh manusia.

Gerhana atau dalam bahasa Arab dikenal dengan istilah “*kusuf*” atau “*khusuf*” sedangkan dalam bahasa Inggris adalah “*eclipse*”. Untuk penyebutan istilah gerhana dalam bahasa Arab, *kusuf* biasanya lebih dipergunakan untuk penyebutan gerhana matahari, sedangkan *khusuf* biasanya dipergunakan untuk penyebutan gerhana bulan.⁵ Alasannya karena *Kusuf* berarti menutupi, dapat digambarkan adanya fenomena alam bahwa ketika dilihat dari Bumi, Bulan menutupi Matahari sehingga terjadi gerhana Matahari. Sedangkan “*Khusuf*” berarti memasuki yaitu menggambarkan fenomena alam bahwa Bulan memasuki bayangan Bumi sehingga terjadi gerhana Bulan.⁶

Pada dasarnya fenomena gerhana merupakan peristiwa tertutupnya objek benda langit yang disebabkan oleh benda langit atau objek lain yang melintas

⁴ Departemen Agama Republik Indonesia, *Al-Qur'an dan Terjemah As-Salaam*, Edisi 2015, hlm 443.

⁵ Mohammad Hadi Bashori, *Pengantar Ilmu Falak* (Jakarta: Pustaka Al-Kautsar, 2015), hlm, 225.

⁶ Muhyidiin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik* (Yogyakarta: Buana Pustaka 2004). Hal, 186.

Di depannya atau berada di satu garis bujur astronomis yang sama. Maka dari itu terjadilah konjungsi atau ijtima' Matahari dan Bulan serta kerucut bayangan Bulan mengarah ke permukaan Bumi, yang disebut dengan gerhana Matahari. Sedangkan *Khusuf al-Qamar* menggambarkan bulan memasuki bayangan Bumi. Dengan demikian, Bumi berada di antara Bulan dan Matahari atau yang dikenal dengan *oposisi* atau *istiqbal*. Kondisi ini merupakan saat terjadinya gerhana bulan.

Pada saat berevolusi Bidang elips lintasan Bumi dengan bidang ekliptika membentuk sumbu kemiringan sebesar 23.5° terhadap garis tegak lurus pada bidang ekliptika. Sedangkan bidang lintasan bulan dan bidang ekliptika tidak berhimpit, melainkan membentuk sudut sebesar $5^\circ 8'$. Kondisi ini menyebabkan tidak setiap ijtima' (konjungsi) akan terjadi gerhana matahari dan begitu juga tidak setiap istiqbal (oposisi) akan terjadi gerhana bulan.⁷

Fenomena gerhana merupakan fenomena alam yang dapat terjadi setiap tahun meski dengan jumlah yang berbeda-beda, secara teritorial gerhana bisa terjadi dan teramati sebanyak 1 atau 2 kali dan secara global, gerhana bisa terjadi dalam jumlah 2,3 atau 5 kali dalam setahun.⁸ Namun jika ditung secara keseluruhan gerhana minimal akan terjadi 3 kali dalam setahun dan maksimal akan terjadi 7 kali dalam setahun. Meskipun demikian bisa saja dalam satu tahun tidak terjadi gerhana. Umat islam tidak bisa hanya mengandalkan teknik

⁷ Miftach Rizcha Afifi, *Akurasi Perhitungan Gerhana Bulan menurut Jean Meeus menggunakan Software Matlab* (Surabaya: Digital Library Uin Sunan Ampel 2019), hlm, 3.

⁸ Ehsan Hidayat, "Penentuan Jumlah Gerhana Matahari dengan Argumen Lintang Bulan dan Teori Aritmatik", *Jurnal Studi Islam Miyah*, Vol. 15, Nomor. 01, 2019.

rukyyat saja untuk mengetahui kapan terjadinya gerhana. Mengingat peristiwa tersebut berlangsung sangat singkat. Oleh karenanya perlu adanya suatu perhitungan yang mampu memprediksi terjadinya gerhana secara tepat, agar umat islam dapat mengetahui kapan harus dilaksanakannya shalat gerhana. Maka dari itu diperlukan peralatan dan perhitungan yang dapat digunakan untuk membantu memprediksi terjadinya gerhana tersebut supaya tidak melewatkan fenomena alam tersebut.

Seiring berjalannya waktu, fenomena alam gerhana ini mulai dijadikan ajang observasi (penelitian) oleh masyarakat. Menurut kebanyakan orang fenomena gerhana ini merupakan sesuatu yang menarik untuk diamati. Namun yang menjadi kendala adalah masih sedikit masyarakat yang belum dapat melakukannya, karena tidak banyak orang yang mengetahui tentang perhitungan atau prediksi fenomena alam gerhana tersebut. Gerhana sejatinya memang merupakan salah satu bukti kekuasaan Allah yang meletakkan benda-benda langit seperti matahari, bulan dan bumi berada pada garis edarnya masing-masing dan bergerak berdasarkan perhitungan yang teratur. Seperti yang ada di dalam Al-Qur'an surah Ibrahim ayat 33 yaitu:

وَسَخَّرَ لَكُمُ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ دَابِّينَ وَسَخَّرَ لَكُمُ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ

Artinya: “Dan dia telah menundukkan matahari dan bulan bagimu yang terus menerus beredar (dalam orbitnya); dan telah menundukkan malam dan siang bagimu”.(QS, Ibrahim: 33).⁹

⁹ Departemen Agama Republik Indonesia, *Al-Qur'an dan Terjemah As-Salaam*, Edisi 2015, hlm 260.

Fenomena gerhana tersebut tidak dapat dipisahkan dari masalah penentuan bulan baru, karena masing-masing terjadi ketika bulan berada pada kedudukan konjungsi dan oposisi dengan Matahari. Oleh karena itu waktu terjadinya gerhana dapat diprediksi melalui perhitungan atau metode hisab.¹⁰

Dalam memprediksi fenomena alam gerhana tersebut yang tidak selalu terjadi dalam kurun waktu satu tahun, maka diperlukan kecermatan dalam perhitungannya. Biasanya untuk menghitung atau memprediksi gerhana, kebanyakan orang masih menggunakan kitab-kitab klasik, seperti Fath al-Rauf al-Mannan, Khulasah al-Wafiyah, Nurul Anwar dan lain sebagainya. Selain mengacu pada kitab-kitab klasik biasanya orang-orang juga sering menggunakan *Microsoft Excel*, atau software *Visual Basic* untuk membantu perhitungan mereka.¹¹

Salah satu metode perhitungan gerhana yang mudah digunakan dan memiliki tingkat keakurasian yang tinggi yaitu perhitungan Algoritma Jean Meeus. Metode perhitungan ini tidak hanya untuk menghitung gerhana saja namun jarak antar planet, perhitungan waktu sholat, ketinggian matahari dan perhitungan-perhitungan astronomi lainnya.

Algoritma Jean Meeus merupakan algoritma hasil reduksi dari VSOP87 (*Variation Seculaires des Orbites Planetaires*) yaitu perhitungan yang didasarkan pada pergerakan planet-planet dalam mengelilingi matahari, dimana

¹⁰ Kementerian Agama Republik Indonesia, *Almanak Hisab Rukyah*. Direktorat Jendral Bimbingan Masyarakat Islam, Jakarta, 2007, hlm. 169.

¹¹ Miftach Rizcha Afifi, *Akurasi Perhitungan Gerhana Bulan menurut Jean Meeus menggunakan Software Matlab* (Surabaya: Digital Library Uin Sunan Ampel, 2019), hlm,6.

perhitungannya memiliki tingkat akurasi tinggi dari ribuan suku koreksi, untuk menentukan posisi benda-benda langit seperti matahari dan bulan. Algoritma VSOP versi-87 ini diketahui memberikan peningkatan akurasi dari VSOP versi sebelumnya yaitu VSOP82, perhitungan dalam algoritma VSOP87 ini menghitung posisi planet-planet secara langsung serta elemen-elemen orbit setiap saat.¹² Selain digunakan untuk menentukan posisi matahari, metode perhitungan Jean Meeus ini juga digunakan untuk menentukan kapan terjadinya gerhana matahari, bulan baru, posisi bulan, jarak antar planet, magnitudo bintang, serta waktu shalat.

Algoritma Jean Meeus ini memperhitungkan sekitar ratusan suku-suku yang besar dan penting, sementara suku-suku yang kecil tidak diperhitungkan.¹³ Namun, hal ini tidak memengaruhi keakurasian dari perhitungan algoritma Jean Meeus itu sendiri. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa tingkat keakurasian dari perhitungan gerhana dengan metode perhitungan algoritma Jean Meeus ini sangatlah tinggi. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk mengetahui dan menganalisa lebih mendalam tentang Implementasi perhitungan gerhana Algoritma Jean Meeus ini, sekaligus membandingkannya dengan data NASA. Oleh karena itu peneliti mengambil judul penelitian sebagai berikut: **“Implementasi Algoritma Jean Meeus dalam Penentuan Gerhana Bulan dan Matahari”**.

¹² Khazin Alfani, *telaah Perhitungan Waktu Shalat dengan Algoritma VSOP87*. Tesis Magister Hukum Islam, Semarang, 2011, hlm 56.

¹³ Isnaeni,dkk, *Implementasi Algoritma Meeus* (Jakarta: Studi Informatika;Jurnal Sistem Informasi, Vol 8 (1), hlm 1-10.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang penelitian dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana Implementasi Algoritma Jean Meeus dalam menentukan terjadinya gerhana Bulan dan Matahari?
2. Bagaimana tingkat akurasi Algoritma Jean Meeus dalam penentuan terjadinya gerhana Bulan dan Matahari jika dibandingkan dengan sistem NASA?

C. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui penerapan Algoritma Jean Meeus dalam penentuan terjadinya gerhana Bulan dan Matahari.
- b. Mengetahui tingkat keakurasian dari Algoritma Jean Meeus dalam penentuan terjadinya gerhana Bulan dan Matahari.

2. Manfaat Penelitian

Hasil dari pelaksanaan penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat bagi:

- a. Peneliti

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan peneliti mengenai penerapan Algoritma Jean Meeus dalam penentuan waktu terjadinya gerhana Bulan dan Matahari.

b. Pihak Akademisi

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi sebuah kontribusi ilmiah yang menambah wawasan, pengetahuan serta referensi atau bahan rujukan bagi mahasiswa ilmu falak maupun umum untuk penelitian lebih lanjut.

c. Masyarakat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah khazanah keilmuan falak bagi masyarakat khususnya mengenai fenomena gerhana.

D. Ruang Lingkup dan Setting Penelitian

Untuk meminimalisir adanya kesalahan penafsiran dalam penelitian ini bagi para pembaca, maka peneliti hanya memfokuskan untuk melakukan penelitian terkait Penentuan Gerhana menggunakan Algoritma Jean Meeus. Adapun setting Penelitian ini dilakukan di Praya, Lombok Tengah Nusa Tenggara Barat ($8^{\circ}42'20''$ LS $116^{\circ}17'15''$ BT).

E. Telaah Pustaka

Beberapa penelitian terdahulu yang dijadikan rujukan dalam penelitian ini antara lain:

1. Ahmad Ma'ruf Maghfur melakukan penelitian skripsi dengan judul "Studi Analisis Hisab Gerhana Bulan dan Matahari dalam kitab *Fath al-Rauf al-Mannan*". Dalam skripsi tersebut menjelaskan tentang analisa perhitungan gerhana Bulan dan Matahari dengan pengambilan data dan metode perhitungannya mengacu dalam kitab *Fath al-Rauf al-Mannan*. Yang dimana diketahui dalam kitab tersebut masih memakai metode

klasik yaitu metode hisab hakiki bi al-taqribi yang dimana sistem perhitungannya masih berpangkal pada teori geosentris. Padahal seiring dengan perkembangan zaman teori geosentris telah ditumbangkan dengan teori heliosentris yaitu matahari sebagai pusat tata surya. Hasil perhitungannya yang jika dibandingkan dengan perhitungan saat ini seperti perhitungan dari NASA yang kebenarannya dan keakurasiannya sudah dapat dipertanggung jawabkan. Kitab Fath al-Rauf al-Mannan memiliki selisih perbedaan hasil yang jelas tidak sama. Selisih dari hasil-hasil perhitungan tersebut tidak konsisten, ada yang terlalu signifikan dan ada pula yang tidak terlalu signifikan perbedaannya.¹⁴ Oleh karena itu kitab al-Rauf al-Mannan tidak dapat dijadikan sebagai sumber acuan utama dalam menentukan gerhana Bulan dan Matahari secara hakiki. Persamaan penelitian ini dengan peneliti adalah sama-sama menganalisa perhitungan gerhana Bulan dan Matahari. Penelitian Ahmad Ma'ruf Maghfur berbeda dengan penelitian yang akan dilakukan peneliti. Ahmad Ma'ruf Maghfur penelitiannya terfokus pada Hisab gerhana Bulan dan Matahari dalam kitab Fath al-Rauf al-Mannan yang diketahui menggunakan metode klasik sedangkan peneliti terfokus pada Implementasi algoritma Jean Meeus dalam penentuan terjadinya gerhana Bulan dan Matahari yang menggunakan metode kontemporer.

¹⁴ Ahmad Ma'ruf Maghfur, *Studi Analisis Hisab Gerhana Bulan dan Matahari dalam Kitab Fath al-Ra'uf al-Mannan*, Skripsi IAIN Walisongo, 2012.

2. Jafar Shodiq melakukan penelitian skripsi dengan judul “Studi Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari menurut Rinto Anugraha dalam buku Mekanika Benda Langit”.¹⁵ Hasil penelitiannya berupa perhitungan gerhana garis sentral yang dimana bertujuan untuk mengetahui keadaan gerhana yang dilalui garis umbra dari waktu ke waktu. Sedangkan data yang digunakan adalah dari elemen Bessel yang digunakan untuk menentukan posisi geografis di bumi yang terkena gerhana melalui bidang Fundamental. Dalam pembahasan Skripsi ini terdapat persamaan yaitu sama-sama membahas tentang metode hisab gerhana. Namun penelitian ini berbeda dengan peneliti, karena penelitian Jafar Shodiq yaitu hanya membahas tentang gerhana Matahari berdasarkan dari buku Mekanika Benda Langit karya Rinto Anugraha, sedangkan peneliti terfokus pada Implementasi algoritma Jean Meeus dalam penentuan terjadinya gerhana matahari dan Bulan.
3. Miftach Rizcha Afifi melakukan penelitian skripsi dengan judul “Akurasi Perhitungan Gerhana Bulan menurut Jean Meeus menggunakan Software Matlab”.¹⁶ Dalam skripsi tersebut menjelaskan tentang penggunaan software Matlab (Matrix Laboratory) dengan memasukkan rumus perhitungan algoritma Jean Meeus sebagai metode penentuan gerhana bulan. Persamaan dari penelitian ini yaitu peneliti

¹⁵ Jafar Shodiq, *Studi Analisis Hisab Gerhana Matahari menurut Rinto Anugraha dalam buku Mekanika Benda Langit*, Skripsi Fakultas Syariah Prodi Ilmu Falak UIN Walisongo Semarang 2016.

¹⁶ Miftach Rizcha Afifi, *Akurasi Perhitungan Gerhana Bulan menurut Algoritma Jean Meeus menggunakan Software Matlab*, Skripsi Fakultas Syariah dan Hukum, Prodi Ilmu Falak UIN Sunan Ampel Surabaya 2019.

sama-sama mengkaji tentang perhitungan gerhana bulan menggunakan metode algoritma Jean Meeus, sedangkan perbedaan dari penelitian ini dengan penelitian yang akan peneliti lakukan yaitu Miftach Rizcha Afifi menggunakan pengoperasian software Matlab dalam perhitungannya sedangkan peneliti terfokus pada algoritmanya saja dan peneliti menggunakan perhitungan secara manual.

4. Ehsan Hidayat melakukan penelitian dengan judul “Penentuan Jumlah Gerhana Matahari Dengan Argumen Lintang Bulan dan Teori Aritmatika”.¹⁷ Jurnal Studi Islam, Volume 15, Nomor 01, Bulan Januari, Tahun 2019, Pascasarjana Ilmu Falak UIN Walisongo. Penelitian ini lebih menitik beratkan pada penentuan gerhana Matahari dengan teori Aritmatika yang berpatokan pada Argumen Lintang Bulan, dimana dalam metode penentuan gerhana dengan Argumen Lintang Bulan dan Teori Aritmatika yaitu menggunakan Konsep keteraturan pola dari barisan angka-angka yang dihubungkan dengan argument Lintang Bulan (F) yang menjadi syarat awal dari prediksi adanya gerhana matahari. Variasi jumlah gerhana digambarkan secara deatail melalui keteraturan pola yang diberikan oleh lintang bulan yang telah ditabeliasasi. Untuk bisa mengetahui adanya gerhana matahari yaitu cukup dengan mengetahui data di *new moon* pertama suatu tahun, dan selanjutnya bisa dimengetahui jumlah gerhana yang terjadi.

¹⁷ Ehsan Hidayat, *Penentuan Jumlah Gerhana Matahari dengan Argumen Lintang Bulan dan Teori Aritmatika*, Jurnal Studi Islam Pascasarjana Ilmu Falak UIN Walisongo, Volume 15, Nomor 01, Semarang, Januari, 2019.

Persamaan penelitian ini yaitu peneliti sama-sama meneliti tentang gerhana, sedangkan perbedaan dari penelitian ini yaitu Ehsan Hidayat meneliti tentang penentuan jumlah gerhana matahari dengan menggunakan teori aritmatika, sedangkan peneliti mengkaji tentang Implementasi algoritma Jean Meeus dalam penentuan terjadinya gerhana Bulan dan Matahari.

F. Kerangka Teori

1. Posisi Matahari dan Bulan saat Gerhana

Posisi matahari dan bulan saat terjadi gerhana dapat ditentukan melalui metode perhitungan algoritma Jean Meeus yaitu:

a. Penentuan posisi Bulan

Metode ini mengambil kerangka acuan geosentrik (pusat bumi). Artinya posisi Bulan yang diwakili oleh titik pusat bumi dapat diukur dari titik pusat bumi. Misalnya kita akan mengukur posisi bulan (bujur ekliptika, lintang ekliptika, dan jarak bumi-bulan pada waktu tertentu).¹⁸

b. Penentuan posisi Matahari

Untuk menentukan bujur ekliptika dan lintang ekliptika matahari yang diukur menurut titik pusat Bumi (geosentrik). Untuk menentukan bujur ekliptika matahari yang diukur menurut pusat bumi, terlebih dahulu dihitung bujur ekliptika Bumi, yang diukur menurut pusat matahari. Posisi bumi diukur menurut matahari merupakan lawan dari posisi

¹⁸ Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, (Yogyakarta: Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, 2012), hlm. 104.

matahari menurut bumi. Teori ini akan peneliti gunakan untuk mengetahui posisi matahari dalam penentuan gerhana matahari.

2. Bidang Fundamental

Bidang Fundamental adalah bidang datar dua dimensi yaitu memuat variabel X dan O sebagai titik pusatnya. Yaitu dimana pada titik pusat tersebut berada di pusat bumi. Sumbu Z adalah sumbu yang menghubungkan pusat matahari, dan pusat bulan saat terjadi konjungsi.¹⁹

G. Metode Penelitian

Metode penelitian pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini tergolong penelitian Kepustakaan (*Library Reserch*) yaitu penelitian yang dilakukan dengan menelaah bahan-bahan pustaka dengan fokus pada kajian Penerapan Algoritma Gerhana dalam Buku *Astronomical Algoritm* karya Jean Meeus. Penelitian kepustakaan ini peneliti lakukan dengan alasan untuk memudahkan peneliti dalam mencari data yang bersifat teoritis sebagai landasan teori ilmiah, serta memudahkan peneliti dalam mencari informasi mengenai teori-teori yang relevan dengan masalah yang diteliti.

¹⁹ Rinto Anugraha, *Gerhana Matahari 9 Maret 2016 dan perhitungannya dengan Algoritma Jean Meeus*, Seminar Nasional Gerhana Matahari 2016 Milik Indonesia, Jawa Tengah 2016.

2. Jenis dan Sumber Data

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan dua sumber data guna mempermudah proses penelitian serta penulisan yang dilakukan. Dua sumber data tersebut adalah sebagai berikut:

a. Data Primer

Data primer adalah sumber data utama. Data primer ini peneliti peroleh dengan cara menelaah buku utama yang menjadi rujukan utama untuk mendapatkan informasi yakni yang berjudul *Astronomical Algorithm* karya Jean Meeus.

b. Data Sekunder

Data sekunder adalah sumber data pendukung yang merupakan referensi tambahan yang digunakan untuk menunjang keberhasilan penelitian yang bersifat memperkuat argumen. Data sekunder ini peneliti peroleh dengan cara mengumpulkan data dari hasil dokumentasi, yaitu dokumen-dokumen atau literature yang memuat teori tentang gerhana.

3. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan bagian terpenting dalam suatu penelitian, Dalam penelitian ini peneliti menggunakan teknik pengumpulan data sebagai berikut:

a. Penelaahan Buku / Literatur

Penelaahan buku atau literatur yang peneliti lakukan dalam menggali data penelitian yaitu dengan cara membaca, menelaah, atau mengkaji

sumber utama atau sumber primer yaitu buku *Astronomical Algorithm* karya Jean Meeus serta buku lain yang berkaitan dengan tema penelitian diantaranya yaitu buku *Element of Solar Eclipse*, *Mekanika Benda Langit* dan buku lainnya yang berkaitan dengan tema penelitian.

b. Dokumentasi

Dokumentasi yang peneliti gunakan untuk menggali data penelitian yaitu dengan cara mengumpulkan catatan-catatan, manuskrip-manuskrip, serta dokumen-dokumen lainnya yang terkait dengan tema penelitian. Dokumentasi ini dilakukan agar hasil penelitian menjadi lebih kredibel.

4. Analisis Data

Analisis data merupakan kegiatan mempelajari data yang sudah terkumpul dan dilanjutkan dengan penarikan kesimpulan yang merupakan jawaban atas pertanyaan yang diangkat dalam penelitian.²⁰

Adapun metode Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis Deskriptif Kualitatif. Metode ini digunakan karena peneliti ingin mendeskripsikan hasil temuan data penelitian tentang penentuan gerhana berdasarkan perhitungan Algoritma Jean Meeus, dalam bentuk gambaran data yang sistematis dan memungkinkan untuk diambil kesimpulan.

5. Pengecekan Keabsahan

²⁰ Irfan Tamwif, *Metode Penelitian*.(Sidoarjo: CV Intan XII 2014), hlm. 240.

Dalam pengecekan keabsahan data dan untuk mendapatkan data yang valid demi keabsahan penelitian, dalam penelitian ini peneliti mengutamakan uji kredibilitas, maka dalam pengecekan keabsahan tersebut peneliti menggunakan Metode Triangulasi data yakni dengan cara mengecek ulang hasil temuan dengan jalan membandingkannya dengan berbagai sumber, metode, cara dan waktu sehingga kevalidan data didapatkan.

Dalam pengecekan keabsahan data dengan metode Triangulasi maka metode Triangulasi yang peneliti gunakan adalah Triangulasi sumber yaitu Teknik untuk menggali kebenaran informasi atau mengecek balik derajat kepercayaan informasi yang diperoleh melalui berbagai metode dan sumber perolehan data, yaitu melalui pengecekan ulang dokumen tertulis, arsip, gambar, dan literature yang berkaitan dengan fenomena yang diteliti. Teknik ini peneliti lakukan agar memperoleh kebenaran yang handal.

H. Sistematika Pembahasan

Secara garis besar sistematika penelitian ini dapat ditentukan dalam ulasan sebagai berikut:

Bab I : Pendahuluan

Bab ini meliputi: Latar Belakang Masalah, Rumusan Masalah, Tujuan dan Manfaat Penelitian, Ruang Lingkup dan Setting Penelitian, Telaah Pustaka, Kerangka Teori dan Sistematika Pembahasan.

Bab II : Model Penentuan Gerhana Menggunakan Algoritma Jean Meeus

Bab ini meliputi: Mengenal Algoritma Jean Meeus, Gerhana Bulan dan Matahari, Periodisasi gerhana, Perhitungan Gerhana Bulan dan Perhitungan Gerhana Matahari, serta Formulasi Rumus Perhitungan Gerhana Menggunakan Algoritma Jean Meeus .

Bab III : Akurasi Perhitungan Gerhana Menggunakan Algoritma Jean Meeus

Bab ini meliputi: Implementasi Perhitungan Gerhana Menggunakan Algoritma Jean Meeus, dan Tingkat Akurasi Perhitungan Gerhana Menggunakan Algoritma Jean Meeus.

Bab IV : Penutup

Bab ini meliputi: Kesimpulan, Saran, dan Penutup .



Perpustakaan UIN Mataram

BAB II

MODEL PENENTUAN GERHANA MENGGUNAKAN ALGORITMA

JEAN MEEUS

A. Mengenal Algoritma Jean Meeus

Jean Meeus merupakan ilmuwan astronomi berkebangsaan Belgia yang lahir pada tanggal 12 Desember 1928 dengan spesialisasi pada bidang mekanika benda langit. Jean Meeus menempuh studi Matematika di University of Leuven Belgia dan meraih gelar Licentiate pada tahun 1953. Setelah menamatkan studinya beliau bekerja sebagai seorang meteorologist di Bandara Brussel sampai akhirnya pensiun pada tahun 1993.²¹

Adapun beberapa buku karya beliau yang terkait dalam bidang astronomi salah satunya adalah buku yang peneliti gunakan sebagai sumber utama yaitu buku *Astronomical Algorithm Second Edition*, buku ini merupakan versi perbaikan besar-besaran dari buku versi sebelumnya, dimana dalam buku ini topik bahasannya diperluas dan isinya telah diperbaiki. Buku *Astronomical Algorithm* ini dimaksudkan untuk menjadi panduan bagi astronom (profesional atau amatir).²²

Buku ini dibatasi pada hal 'klasik', matematika astronomi, meskipun beberapa hal astronomi berorientasi pada teknik matematika, seperti interpolasi, penyesuaian atau pengepasan kurva (curves fitting) dan penyortiran

²¹ Lihat, <http://www.wikipedia.org/JeanMeeus> diakses pada 14 Juni 2021 pukul 23:06 WITA.

²² Jean Meeus, *Astronomical Algorithm*, Virginia : Willmann-Bell, Inc. Th. 1991, hlm.4.

data. Topik astrofisika tidak dibahas sama sekali. Selain itu, jelas bahwa tidak semua topik matematika astronomi dimuat dalam buku ini. Sehingga tidak ada pembahasan tentang penentuan orbit, okultasi dari bintang oleh Bulan, meteor astronomi, atau gerhana binari. Sedangkan untuk penentuan gerhana Matahari, dapat dilihat dalam tabel Elemen Besselian dan banyak rumus yang berguna dalam buku *Elements of Solar Eclipses 1951-2200* yang ditanda tangani pada tahun 1989, buku ini diterbitkan oleh Willmann-Bell, Inc.²³

Algoritma Jean Meeus merupakan salah satu dari sekian banyak algoritma yang sudah banyak digunakan untuk perhitungan astronomi dan metode perhitungannya sudah tertuang dalam buku karya Jean Meeus tersebut yaitu buku yang berjudul *Astronomical Algorithm*. Algoritma Jean Meeus bekerja dengan menyederhanakan algoritma VSOP (*Variation Seculaires des Orbites Planetaires*) dan merupakan algoritma hasil reduksi dari VSOP87 (yaitu merupakan perhitungan yang didasarkan pada pergerakan planet-planet dalam mengelilingi matahari), yaitu dimana pada perhitungan Algoritma Jean Meeus ini perhitungannya memiliki tingkat akurasi tinggi dari ribuan suku koreksi, untuk menentukan posisi benda-benda langit seperti matahari dan bulan. VSOP versi-87 ini diketahui memberikan peningkatan akurasi dari VSOP versi sebelumnya yaitu VSOP82, perhitungan dalam algoritma VSOP87 ini menghitung posisi planet-planet secara langsung serta elemen-elemen orbit setiap saat.²⁴ Selain digunakan untuk menentukan posisi matahari dan bulan,

²³Jean Meeus, *Astronomical Algorithm*, Virginia : Willmann-Bell, Inc. Th. 1991, hlm 5.

²⁴ Khazin Alfani, *Telaah Perhitungan Waktu Shalat dengan Algoritma VSOP87*, Tesis Magister Hukum Islam, Semarang, 2011, hlm 56.

metode perhitungan Jean Meeus ini juga digunakan untuk menentukan kapan terjadinya gerhana matahari, bulan baru, jarak antar planet, magnitudo bintang, serta waktu shalat.

Dalam perhitungan gerhana dengan metode Algoritma Jean Meeus membutuhkan data-data perhitungan dari tabel elemen Bessel yang ada pada buku karya Jean Meeus yaitu *Elements of Solar Eclipse* dalam perhitungan gerhana matahari tersebut membutuhkan koordinat matahari yang diperlukan untuk perhitungan elemen besselian yang sudah disediakan dalam buku tersebut dan telah dihitung berdasarkan teori VSOP87 yang dibuat oleh P.Bretagnon dan G.Francou di Bureau des Longitudes, Paris pada tahun 1987 teori ini memberikan garis bujur dan garis lintang ekliptika planer-planet, dan vektor jari-jarinya, sebagai jumlah dari suku-suku periodik. Dan untuk perhitungan gerhana Bulan telah dibuatkan teori ELP-2000/82 yang dibuat oleh M. Chapront-Touze dan J. Chapront, di Bureau des Longitudes.²⁵ Teori ini berisi total 37862 istilah periodik, yaitu 20560 untuk bujur bulan, 7684 untuk lintang, dan 9618 untuk jarak ke bumi.²⁶

B. Gambaran Umum Gerhana Bulan dan Matahari

Gerhana atau dalam bahasa Inggris disebut dengan “*Eclipse*” istilah ini digunakan secara umum baik untuk gerhana Matahari ataupun gerhana Bulan, untuk gerhana Bulan disebut dengan *Eclipse of the Moon* dan untuk gerhana Matahari disebut dengan *Eclipse of the Sun*. Selain itu penyebutan gerhana

²⁵ Jean Meeus, *Elements of Solar Eclipse 1951-2200*, Virginia : Willmann-Bell, Inc. Th. 1989, hlm. 3.

²⁶ Lihat, <http://eclipse.gsfc.nasa.gov>, *Solar Eclipse Prediction with VSOP87 and ELP2000/82*, By Fred Espenak. Diakses pada 15 Juni 2021 pukul 06:37 WITA.

dalam ilmu astronomi juga disebut dengan *Lunar Eclipse* untuk gerhana Bulan, dan *Solar Eclipse* untuk gerhana Matahari, sedangkan dalam bahasa Arab gerhana dikenal dengan istilah “*kusuf*” atau “*khusuf*”. istilah *kusuf* biasanya lebih dipergunakan untuk penyebutan gerhana matahari, sedangkan *khusuf* biasanya dipergunakan untuk penyebutan gerhana bulan. Perbedaan istilah ini dapat ditelusuri dengan melihat perbedaan makna antara keduanya. *Kusuf* yang berarti “menutupi”, artinya bahwa ada fenomena alam yaitu dimana bulan menutupi matahari, inilah yg disebut dengan fenomena gerhana matahari. Sedangkan *Khusuf* memiliki pengertian “memasuki”, artinya yaitu fenomena alam dimana bulan memasuki bayangan matahari, yang disebut dengan gerhana bulan.²⁷

Gerhana secara bahasa diartikan sebagai suatu kejadian atau fenomena yaitu dimana tertutupnya sumber cahaya oleh benda lain.²⁸ Para ilmuan Falak menjelaskan bahwa gerhana dapat berlangsung apabila terjadi persilangan antara orbit Bumi, Bulan, dan Matahari.²⁹ Menurut ilmu Astronomi, gerhana diartikan sebagai tertutupnya arah pandang pengamatan benda langit yang disebabkan oleh benda langit lainnya yang posisinya lebih dekat dengan pengamat. Gerhana juga bisa diartikan sebagai berkurangnya ketampakan

²⁷ Mohammad Hadi Bashori, *Pengantar Ilmu Falak* (Jakarta: Pustaka Al-Kautsar, 2015), hlm, 225.

²⁸ Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, cet. II, 2008, hlm, 471.

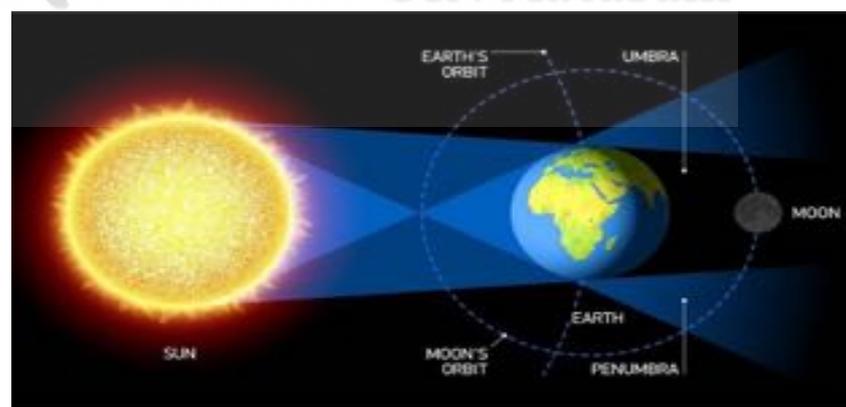
²⁹ Muhammad Fazal bin Jani, *Muzakirah Ilmu Falak (Fi Ithna Asyara Syahran)*, Malaysia: UKM, 2011, hlm. 83.

benda atau hilangnya benda dari pandangan sebagai akibat masuknya benda itu ke dalam bayangan yang di bentuk oleh benda lain.³⁰

Gerhana jika di definisikan dan dikaitkan dengan pengetahuan umum, berdasarkan dari pandangan masyarakat luas, permasalahan gerhana hanya akan berputar pada dua hal saja yaitu gerhana Matahari dan gerhana Bulan. Berikut definisi dan penjelasan lebih lanjut mengenai gerhana Bulan dan Matahari:

1. Gerhana Bulan

Gerhana bulan atau dalam bahasa arab disebut dengan *khūsuful qamar*, atau dalam bahasa inggris disebut dengan *Eclipse of The Moon* atau *Lunar Eclipse*, adalah fenomena astronomi yang terjadi apabila sebagian atau seluruh piringan bulan memasuki kerucut bayangan inti bumi (*umbra*). Bulan akan tampak gelap sebagian hal ini yang disebut dengan gerhana bulan parsial atau gerhana bulan sebagian, dan bisa juga terjadi bulan akan tampak gelap seluruhnya, hal ini yaitu saat terjadinya gerhana bulan total.³¹



Gambar2.1: Peristiwa Gerhana Bulan

³⁰ Dendy Sugono, *Kamus Bahasa Indonesia*, Jakarta: Pusat Bahasa 2008, hlm. 471.

³¹ Abu Sabda, *Ilmu Falak Rumusan Syar'i dan Astronomi*, (Bandung: Persis Pers, 2019), hlm 123.

Gerhana bulan, hanya akan terjadi pada saat oposisi (*istiqbal*) dengan matahari yaitu pada saat bulan berada pada fase purnama (*full moon*), hal ini terjadi bila bujur astronominya memiliki selisih sebesar 180° serta berdeklinasi sekitar 0° atau mempunyai deklinasi yang harga mutlaknya hampir sama. Oposisi terjadi tiap bulan, namun gerhana bulan tidaklah terjadi tiap bulan. Hal ini disebabkan karena kemiringan orbit bulan terhadap ekliptika sebesar 5° .

Dalam ilmu astronomi, gerhana bulan dimungkinkan akan terjadi apabila bulan pada saat purnama berada pada posisi 16.5° atau kurang dari titik simpul (*node*) yaitu titik dimana orbit bulan memotong bidang ekliptika, sebenarnya, pada peristiwa gerhana bulan seringkali bulan masih dapat terlihat. Hal ini dikarenakan masih adanya sinar matahari yang dibelokkan ke arah atmosfer bumi, dan kebanyakan sinar yang dibelokkan ini memiliki spektrum cahaya yang berwarna merah, itulah sebabnya pada saat terjadinya gerhana bulan seringkali bulan akan tampak gelap, atau berwarna merah tembaga/merah darah (seperti pada fenomena gerhana bulan 26 Mei 2021 kemarin), ataupun berwarna jingga atau coklat.³²

Bayangan bumi ada dua macam, yaitu bayangan inti bumi atau disebut juga dengan *Zil al-Hakiki* atau Umbra dan bayangan semu atau disebut juga dengan *Zil asy-Syibhi* atau Penumbra. Bayangan pada saat gerhana bulan lebih besar jika dibandingkan dengan bayangan saat terjadinya gerhana matahari. Dan juga durasi dari gerhana bulan, terutama gerhana

³² Abu Sabda, *Ilmu Falak Rumusan Syar'i dan Astronomi*, (Bandung: Persis Pers, 2019), hlm 124.

bulan total, durasinya lebih lama dibandingkan dengan durasi gerhana matahari.

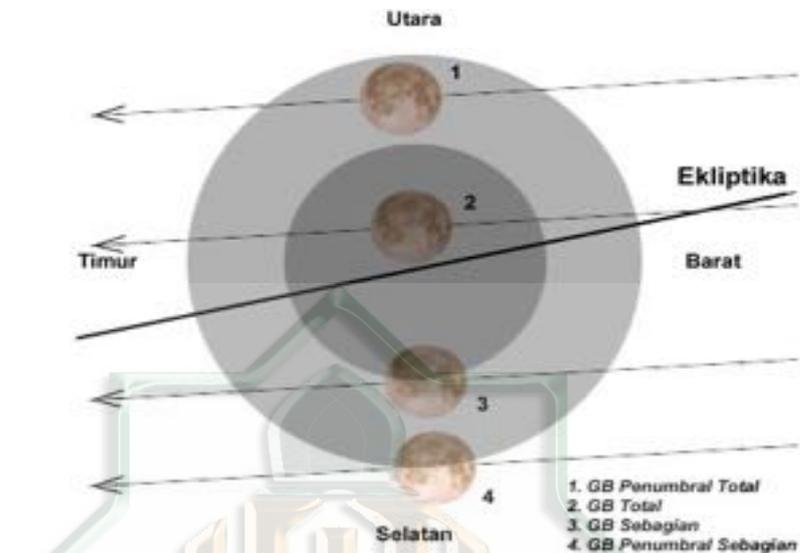
Durasi gerhana Matahari lebih pendek dari gerhana Bulan disebabkan oleh beberapa hal yaitu, **Pertama**, Bulan hanya menciptakan bayangan kecil di permukaan Bumi ketika ia bergerak menutupi Matahari saat gerhana Matahari terjadi. **Kedua**, gerakan Bulan dalam mengelilingi gerhana Matahari terjadi dalam waktu singkat.

Selanjutnya hal yang membuat gerhana Bulan berlangsung lebih lama adalah, **Pertama**, bayangan yang diciptakan oleh bumi saat gerhana Bulan terjadi jauh lebih besar daripada bayangan Bulan saat gerhana Matahari. Hal itu terjadi karena Bumi jauh lebih besar daripada Bulan. **Kedua** yaitu ditambah lagi Bulan memerlukan waktu yang lebih lama untuk melakukan perjalanan melalui bayangan Bumi daripada waktu yang diperlukan Bulan untuk melakukan perjalanan menghalangi wajah Matahari. Faktor-faktor inilah yang membuat kedua fenomena tersebut memiliki durasi yang berbeda.³³ Gerhana bulan bisa disaksikan pada daerah dari sisi Bumi yang sedang malam hari.

Pada peristiwa gerhana Bulan, kita mengenal empat macam gerhana yaitu: gerhana bulan total, gerhana bulan sebagian, gerhana bulan penumbra total dan gerhana bulan penumbra sebagian. Perbedaan jenis-jenis gerhana

³³ Riza Miftah Muharram, “*Mengapa durasi gerhana Bulan lebih lama dan gerhana Matahari*”, Jurnal Info Astronomy.org, 2018 <https://www.infastronomy.org/2018/07/perbedaan-durasi-gerhana-bulan-dan-matari.html?m=1> Diakses pada tanggal 28 Mei 2021, pukul 09:04 WITA.

bulan tersebut terletak pada bayangan bumi mana yang jatuh ke permukaan Bulan saat fase maksimum gerhana terjadi.



Gambar 2.2: Jenis-jenis gerhana Bulan

Berdasarkan posisi Bulan saat memasuki bayangan Bumi, gerhana Bulan dibagi menjadi:

a) Gerhana Bulan Umbra Total (*al-Khusūf al-Hakiki al-Kulli*)

Pada gerhana Bulan ini, yaitu pada saat fase puncak gerhana, keseluruhan Bulan masuk ke dalam bayangan inti / umbra bumi, gerhana tersebut juga dinamakan gerhana Bulan total. Gerhana bulan total ini maksimum durasinya bisa mencapai lebih dari 1 jam 47 menit.³⁴

Pada proses gerhana bulan total ini, akan terjadi 4 kali kontak yaitu:

- 1) Kontak pertama, yaitu ketika piringan bulan mulai masuk pada bayangan bumi, yang menandai dimulainya gerhana bulan.

³⁴ Sukma Perdana Prasetya, "Gerhana", Jurnal Universitas Negeri Surabaya. <http://geo.fish.unesa.ac.id> diakses pada tanggal 28 Mei 2021, pukul 13:30 WITA.

- 2) Kontak kedua, yaitu ketika seluruh piringan bulan sudah memasuki bayangan inti bumi (*umbra*), yang menandai akan dimulainya waktu total gerhana.
- 3) Kontak ketiga, yaitu piringan bulan mulai keluar dari bayangan bumi. Pada posisi ini menandakan waktu akhir total gerhana.
- 4) Kontak keempat, yaitu ketika seluruh piringan bulan sudah keluar dari bayangan inti bumi, dan pada saat ini menandai waktu gerhana sudah berakhir.

b) Gerhana Bulan Umbra Sebagian (*al-Khūsuf al-Hakiki aj-Juz'i*)

Pada gerhana Bulan ini, yaitu terjadi karena Bulan, Bumi dan Matahari tidak berada dalam satu garis lurus melainkan hanya sebagian piringan bulan saja yang masuk pada bayangan inti bumi (*Umbra*) sedangkan sebagian piringan bulan lainnya berada pada bayangan semu (*Penumbra*) bumi. Pada proses gerhana bulan sebagian ini hanya akan terjadi 2 kali kontak yaitu:

- 1) Kontak pertama, yaitu apabila piringan bulan mulai menyentuh masuk pada bayangan inti bumi (*umbra*), pada proses ini yaitu menandai awal waktu terjadinya gerhana.
- 2) Kontak kedua, yaitu apabila piringan bulan sudah keluar dari bayangan inti bumi, yang menandai waktu gerhana sudah berakhir.³⁵

c) Gerhana Bulan Penumbra Total (*al-Khūsuf asy-Syibhi al-Kulli*)

³⁵ Sayful Mujab, Gerhana Antara Mitos, Sains dan Islam. Jurnal Pemikiran Hukum dan Hukum Islam, Jurusan Syariah STAIN Kudus. YUDISIA, Vol. 5, Noo. 1 Juni 2014. Hlm. 93.

Pada gerhana Bulan jenis ketiga ini, pada saat fase puncaknya seluruh piringan bulan masuk ke dalam bayangan semu (*Penumbra*) bumi, dan tidak ada bagian bulan yang masuk ke bayangan inti (*Umbra*) bumi.

d) Gerhana Bulan Penumbra Sebagian (*al-Khūṣuf asy-Syibhi aj-Juz'i*)

Dan gerhana Bulan jenis keempat ini, terjadi saat puncak gerhana hanya sebagian dari piringan bulan yang memasuki bayangan semu (*Penumbra*) bumi. Penampakannya hamper tidak bisa dibedakan dengan saat bulan purnama biasa.³⁶

Dua jenis gerhana yang pertama (Gerhana Umbra Total dan Gerhana Umbra Sebagian) bisa disaksikan dengan kasat mata. Dua gerhana pertama tersebut juga disebut dengan gerhana *Syar'i*, karena berkaitan dengan hukum *syar'i* seperti takbir, shalat, istighfar dan memperbanyak sedekah sebagaimana yang dilakukan dan dianjurkan oleh Rasulullah saw. Saat menyaksikan hal itu berdasarkan dalam riwayat hadist dari Aisyah radhiallahu a'nha, Nabi shallallahu 'alaihi wasallam bersabda:

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

“Sesungguhnya matahari dan bulan adalah dua tanda di antara tanda-tanda kekuasaan Allah. Gerhana ini tidak terjadi karena kematian seseorang atau lahirnya seseorang. Jika melihat hal tersebut maka berdo'alah kepada Allah, bertakbirlah, kerjakanlah shalat dan bersedekahlah.” (HR. Bukhari, No. 1044).

Sedangkan dua jenis gerhana yang terakhir (Gerhana Penumbra Total dan Gerhana Penumbra Sebagian) sulit diamati/dibedakan dengan kasat mata, karena cahayanya hanya redup kurang dari 1%. Kedua gerhana ini

³⁶ Sukma Perdana Prasetya, Gerhana. Jurnal Pendidikan Geografi FIS Universitas Negeri Surabaya. Lihat; <http://geo.fish.unesa.ac.id>.

bukan termasuk gerhana *syar'i* dan tidak ada syariat saat terjadi dua gerhana ini. Karena itu, kebanyakan para ulama fiqih dan ahli falak dahulu, tidak membahas dan menyebutkan dua jenis gerhana ini dalam kitab-kitab karangan mereka.³⁷

Momen terjadinya gerhana bulan diurutkan berdasarkan urutan terjadinya gerhana, yaitu: P1, P2, U1, U2, Puncak Gerhana, U3, U4, P3 dan P4.

P1 : adalah kontak I Penumbra, yaitu saat piringan bulan bersinggungan luar dengan penumbra bumi.

P2 : adalah kontak II Penumbra, yaitu saat piringan bulan bersinggungan dalam dengan penumbra bumi. Saat P2 terjadi, seluruh piringan bulan berada di dalam piringan penumbra bumi.

U1 : adalah kontak I Umbra, yaitu saat piringan bulan bersinggungan luar dengan umbra bumi.

U2 : adalah kontak II Umbra, yaitu saat piringan bulan bersinggungan dalam dengan umbra bumi. U2 ini menandakan dimulainya fase total dari gerhana bulan.

Puncak Gerhana : puncak gerhana adalah saat jarak pusat piringan piringan bulan dengan pusat umbra/penumbra mencapai minimum.

U3 : adalah kontak III Umbra, yaitu saat piringan bulan kembali bersinggungan dalam dengan umbra bumi, ketika piringan bulan akan mulai meninggalkan umbra bumi. Pada fase U3 ini yaitu menandai akan berakhirnya fase total dari gerhana bulan.

U4 : adalah kontak IV Umbra, yaitu saat piringan bulan kembali bersinggungan luar dengan umbra bumi.

³⁷ Abu Sabda, *Ilmu Falak Rumusan Syar'i dan Astronomi*, (Bandung: Persis Pers, 2019), hlm 125.

P3 : adalah kontak III Penumbra, yaitu saat piringan bulan kembali bersinggungan dalam dengan penumbra bumi. P3 ini adalah kebalikan dari P2.

P4 : adalah kontak IV Penumbra, yaitu saat piringan bulan kembali bersinggungan luar dengan penumbra bumi. P4 ini adalah kebalikan dari P1.

Berdasarkan kontak-kontak tersebut gerhana bulan melalui beberapa fase diantaranya yaitu:

- 1) Fase gerhana Penumbra: yaitu terjadi selang antara P1-U1, dan antara U4-P4.
- 2) Fase gerhana Umbra: yaitu terjadi selang antara U1-U4.
- 3) Fase Total: yaitu terjadi selang antara U2-U3.

Tidak keseluruhan kontak dan fase akan terjadi saat gerhana bulan. Hal tersebut tergantung pada jenis gerhana bulannya. Jenis gerhana bulan menentukan kotak-kontak dan fase-fase gerhana mana saja yang akan terjadi, misalnya saat gerhana bulan sebagian, karena tidak keseluruhan piringan bulan masuk ke umbra bumi, maka U2 dan U3 tidak akan terjadi, sehingga fase total tidak akan teramati. Sedangkan untuk gerhana penumbra total, karena bulan tidak menyentuh umbra bumi, maka U1, U2, U3, dan U4 tidak akan terjadi.³⁸

Berbeda dengan gerhan matahari, pada gerhana bulan, waktu-waktu kontak dan saat terjadinya suatu fase gerhana, tidak dipengaruhi oleh lokasi pengamat. Semua pengamat yang berada di belahan bumi yang mengalami

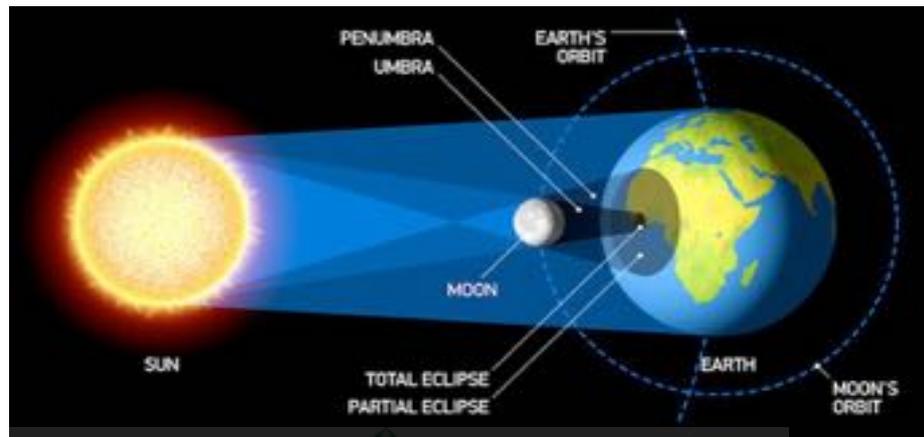
³⁸ Abu Sabda, *Ilmu Falak Rumusan Syar'i dan Astronomi*, (Bandung: Persis Pers, 2019), hlm 126.

gerhana akan mengamati waktu-waktu kontak (umbra dan penumbra) pada saat yang bersamaan. Bila ditinjau dari lintas edar bulan, maka gerhana bulan akan terjadi saat bulan purnama, namun melihat posisi edar bumi (terkait bidang orbit bumi) dan bulan (dengan bidang orbitnya) yang membentuk kemiringan 5° (tidak berhimpit), maka akan dimengerti bahwa tidak setiap bulan purnama akan terjadi gerhana bulan.

2. Gerhana Matahari

Gerhana matahari atau dalam bahasa arab disebut dengan *Kusufūs syamsi*, dan dalam bahasa inggris disebut dengan *Eclipse of The Sun* atau *Solar Eclipse*. Fenomena astronomi ini terjadi apabila posisi bulan terletak diantara bumi dan matahari, atau apabila dilihat dari bumi piringan bulan menutupi piringan matahari baik sebagian atau seluruhnya. Walaupun bulan lebih kecil, namun bayangan bulan mampu menutupi cahaya matahari sepenuhnya karena bulan dengan jarak 384.400 km dan jaraknya lebih dekat dengan bumi daripada matahari yang mempunyai jarak 149.680.000 km. fenomena gerhana matahari ini terjadi pada fase bulan mati atau ijtimak, yaitu bila bujur astronomi bulan sekitar 0° serta posisi matahari berada di sekitar *al-'uqdah* (titik simpul/nodal), yaitu sekitar 18.5° .³⁹

³⁹Abu Sabda, *Ilmu Falak Rumusan Syar'i dan Astronomi*, (Bandung: Persis Pers, 2019), hlm 127.



Gambar 2. 3: Peristiwa gerhana Matahari

Gerhana matahari hanya dapat terjadi saat bulan berada pada fase bulan baru dan ketika bulan berada di dekat salah satu simpul orbitnya. Jika ditinjau secara lokal atau secara umum dari ketampakan matahari yang terlihat dari permukaan bumi, gerhana matahari dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu:

1) Gerhana Matahari total (*Total Eclipse*)

Pada gerhana matahari jenis ini yaitu terjadi apabila saat puncak gerhana, piringan matahari tertutup sepenuhnya oleh piringan Bulan yang mana kerucut umbra mengenai Bumi. Pada gerhana sentral, sumbu bayangan bulan mengenai permukaan bumi yang dikenal dengan istilah garis sentral (*central line*) garis ini menghubungkan pusat cakram bulan ke pusat cakram matahari. Ukuran piringan matahari dan piringan bulan berubah-ubah tergantung pada masing-masing jarak bumi-bulan dan bumi-matahari.⁴⁰

⁴⁰Alimuddin, *Gerhana Matahari Perspektif Astronomi*, (Al-Daulah: Jurnal Hukum Pidana dan Ketatanegaraan) Vol 3 No. 1, hlm 72-79, 2014.

Pada proses gerhana matahari sempurna atau gerhana matahari total akan terjadi 4 kali kontak yaitu:

- 1) Kontak Pertama yaitu ketika piringan bulan mulai menyentuh piringan matahari, pada posisi ini yaitu menandai akan dimulainya gerhana.
- 2) Kontak Kedua yaitu ketika seluruh piringan bulan sudah menutupi piringan matahari, pada posisi ini yaitu mendakan sudah dimulainya gerhana total.
- 3) Kontak Ketiga yaitu ketika piringan bulan mulai bergeser untuk keluar dari piringan matahari, posisi ini merupakan waktu akhir total.
- 4) Kotak Keempat yaitu ketika seluruh piringan bulan sudah keluar dari piringan matahari, posisi ini yaitu menandai berakhirnya waktu total gerhana.

2) Gerhana Matahari sebagian (*Partial Eclipse*)

Pada gerhana matahari jenis ini terjadi apabila piringan bulan (saat puncak gerhana) hanya menutupi sebagian dari piringan matahari. Pada bagian ini yaitu ada piringan matahari yang tidak tertutup oleh piringan bulan dimana hanya sebagian dari kerucut umbra yang mengenai bumi.⁴¹

Pada proses gerhana matahari sebagian ini hanya terjadi 2 kali kontak yaitu:

- 1) Kontak Pertama yaitu ketika piringan bulan mulai menyentuh piringan matahari. Posisi ini menandai waktu mulai gerhana.

⁴¹ Siti Lailatul Mukarromah, *Perhitungan Gerhana Matahari dengan Algoritma NASA*, (Ulul Albab: Jurnal Studi dan Penelitian Hukum Islam) Vol 2, No 2, hlm 99-133, 2019.

2) Kontak Kedua yaitu ketika piringan bulan sudah mulai keluar dari piringan matahari, pada posisi ini menandai waktu gerhana sebagian telah berakhir.

3) Gerhana Matahari cincin (*Annular Eclipse*)

Pada gerhana matahari jenis ini yaitu terjadi apabila piringan bulan saat puncak gerhana yaitu hanya menutupi sebagian dari piringan matahari atau gerhana sentral yang mana perpanjangan kerucut umbra mengenai bumi. Gerhana jenis ini terjadi apabila ukuran bayangan piringan bulan lebih kecil dari piringan matahari, ketika piringan bulan berada di depan piringan matahari, tidak seluruh piringan matahari tertutup oleh piringan bulan. Bagian piringan matahari yang tidak tertutup oleh piringan bulan dan terlihat seperti cincin yang bercahaya. Untuk proses gerhana matahari cincin terjadi empat kali kontak seperti halnya pada gerhana matahari total.⁴²

Gerhana Matahari yang telah disebutkan diatas yaitu menjadi sebuah pemahaman umum dan lokal, namun bila ditinjau secara global maka akan ada 6 tipe gerhana matahari yaitu:

1) Tipe P: adalah tipe gerhana matahari sebagian atau gerhana matahari parsial (*Partial Eclipse*) atau dalam bahasa arab disebut dengan *Kusūf al-Juz'i*, yaitu hanya sebagian dari kerucut umbra bulan yang mengenai bumi. Daerah yang dapat menyaksikan gerhana ini akan melihat piringan bulan hanya menutupi sebagian dari piringan matahari.

⁴² Ahmad izzudin, *Ilmu Falak (Metode Hisab Rukyat dan Solusi Permasalahannya)*, Semarang: komala grafika, 2006, hlm 86.

- 2) Tipe T: adalah tipe gerhana matahari total atau sempurna (*Total Eclipse*) atau dalam bahasa arab disebut dengan *Kusūf al-Kulli*, yaitu gerhana sentral yang mana sumbu bayangan bulan mengenai permukaan bumi. jenis gerhana ini juga dikenal dengan *central line* (garis sentral), karena garis ini menghubungkan pusat piringan bulan ke pusat piringan matahari. Daerah yang menyaksikan gerhana ini akan melihat seluruh piringan matahari tertutupi oleh piringan bulan.
- 3) Tipe A: adalah tipe gerhana matahari cincin atau *Annular Eclipse*, atau dalam bahasa arab disebut dengan *Kusūf al-Halqi*, yaitu gerhana sentral di mana perpanjangan kerucut umbra mengenai bumi. Daerah yang dapat menyaksikan gerhana ini akan melihat piringan bulan hanya menutupi bagian tengah dari piringan matahari saja sementara bagian tepi piringan matahari tetap bercahaya, itulah mengapa gerhana ini disebut dengan gerhana matahari cincin karena terlihat seperti cincin yang bercahaya.
- 4) Tipe A-T: atau gerhana matahari *Hybrid* atau disebut juga dengan *Annular-Total Eclipse* atau dalam bahasa arab juga disebut dengan *al-Hajini*, yaitu gerhana sentral yang merupakan gabungan antara dua jenis gerhana, yaitu gerhana matahari total dan gerhana matahari cincin. Gerhana ini terjadi yaitu di satu daerah dipermukaan bumi terlihat sebagai gerhan total, dan di daerah lain di permukaan bumi terlihat sebagai gerhana cincin. Hal ini disebabkan ketika pertengahan gerhana, puncak bayangan menyentuh lengkungan permukaan bumi yang tinggi

hingga terlihat di daerah ini sebagai gerhana matahari total. Sementara di waktu yang sama, di sebelah barat dan timur permukaan bumi yang rendah, yang sampai hanyalah perpanjangan dari bayangan inti, hingga terlihat sebagai gerhana cincin. Tipe gerhana ini sangat jarang terjadi.

- 5) Tipe (T): atau gerhana matahari non-sentral total. Yaitu dimana hanya sebagian dari kerucut umbra yang mengenai permukaan bumi (yaitu di daerah kutub), tetapi sumbu kerucut umbra tidak mengenai permukaan bumi sehingga gerhana ini bukan gerhana sentral.
- 6) Tipe (A): atau gerhana matahari non-sentral cincin, yaitu dimana hanya sebagian dari perpanjangan kerucut umbra yang mengenai (yaitu di daerah kutub), tetapi sumbu kerucut umbra tidak mengenai permukaan bumi.⁴³

Di antara penyebab adanya berbagai jenis gerhana matahari tersebut adalah:

- 1) Orbit bumi tidaklah bulat sempurna, melainkan berbentuk Elips atau bulat lonjong. Hal inilah yang menyebabkan jarak antara bumi dengan matahari atau antara bumi dengan bulan tidak tetap sama namun bervariasi.
- 2) Karena matahari memiliki diameter 109 kali dari diameter bumi. Sementara diameter bumi 3.67 kali dari diameter bulan. Dengan kata lain diameter matahari 400 kali lebih besar dari diameter bulan. Namun, bila dilihat di langit. Ukuran keduanya seperti sama. Ini adalah akibat jarak bumi-matahari yang 400 kali jarak bumi-bulan, atau dengan kata

⁴³ Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, (Yogyakarta: Jurusan Fisika FMIPA UGM), 2012, hlm. 127.

lain bulan memiliki jarak yang lebih dekat dengan bumi, inilah yang menyebabkan piringan bulan bisa menutupi piringan matahari saat terjadi gerhana matahari total. Ketika bumi berada pada jarak terdekat dengan matahari yaitu (~147.000.000 Km) dan bulan pada posisi jarak terjauh dengan bumi yaitu (400.000 Km), sehingga bulan akan terlihat lebih kecil dari matahari. Inilah yang menyebabkan terjadinya gerhana matahari cincin. Dan begitu juga sebaliknya, jika bumi berada pada jarak terjauh dengan matahari yaitu (~152.000.000 Km) dan bulan berada pada jarak terdekat dengan bumi yaitu (~357.000 Km), sehingga bulan akan terlihat lebih besar dari matahari. Hal inilah yang menyebabkan dapat terjadinya gerhana matahari total

C. Siklus / Periodisasi Gerhana

Gerhana Matahari dan Bulan, dapat dihitung berdasarkan Siklus / Periode Saros. Siklus/Periode Saros yaitu berarti perulangan, yakni gerhana yang mirip akan terulang (kembali terjadi) setelah rentang satu siklus dilewati yaitu kira-kira setiap 18 tahun 10 hari.⁴⁴

Seluruh gerhana baik gerhana Matahari ataupun gerhana Bulan memiliki nomor saros yang sama, yaitu masing-masing terpisahkan sejauh 18 tahun 11 $\frac{1}{3}$ hari. Dengan mengetahui tanggal kejadian suatu gerhana setelah satu siklus saros, maka akan terjadi lagi gerhana yang identik sama dengan gerhana sebelumnya. Gerhana-gerhana yang dipisahkan oleh satu periode saros memiliki karakteristik yang sama dan sangat mirip yang kemudian di

⁴⁴ Sukma Perdana Prasetya, Gerhana. Jurnal Pendidikan Geografi FIS Universitas Negeri Surabaya. Lihat; <http://geo.fish.unesa.ac.id>.

kelompokkan ke dalam satu seri saros. Sebuah seri saros tidak akan bertahan selamanya, karena satu periode saros itu lebih pendek $\frac{1}{2}$ hari dari 19 tahun gerhana. Akibatnya setelah satu periode saros maka titik node akan bergeser 0.5° ke arah Timur. Karena setelah melewati periode sejumlah periode saros tertentu, maka jarak titik node sudah jauh dari Matahari atau Bulan, sehingga tidak memungkinkan lagi untuk terjadinya gerhana, dan saat itu terjadi maka seri saros tersebut akan mati, dan seri saros berikutnya akan lahir.⁴⁵ Seri Saros Gerhana Bulan dan Matahari dapat digambarkan sebagai berikut yaitu:

1. Seri Saros Gerhana Bulan

Untuk Seri Saros gerhana bulan akan dimulai atau akan lahir pada bulan purnama yaitu dengan jarak bulan sebesar 16.5° di sebelah timur dari titik simpul. Ketika pengulangan Saros gerhana ini terjadi maka gerhana yang terjadi adalah:

- a) Gerhana yang akan terjadi adalah gerhana penumbra (semu) yaitu dengan jumlah sekitar 7-15 gerhana penumbra. Dari gerhana bulan penumbra ke gerhana bulan penumbra selanjutnya, maka magnitudo bulan akan semakin besar sedikit demi sedikit. Hal tersebut disebabkan karena periode saros lebih pendek dari 19 tahun gerhana, inilah yang menyebabkan setelah melewati satu periode saros maka titik simpulnya akan bergeser ke arah timur yaitu sebesar 0.5° dan secara otomatis akan menggeser magnitudo gerhana penumbra selanjutnya sampai bulan mendekati penumbra bumi.

⁴⁵ Muh. Rasywan Syarif, Fiqh Astronomi Gerhan Matahri, Tesis UIN Walisongo, Semarang: Program Pasca Sarjana UIN Walisong, th. 2012, hlm. 58-62.

- b) Kemudian, akan terjadi 10-29 gerhana parsial dengan magnitudo yang semakin besar, sampai akhirnya seluruh piringan bulan akan masuk ke bayangan inti (umbara) bumi.
- c) Kemudian, akan terjadi 10-30 gerhana bulan total yang diikuti dengan bertambahnya jarak bulan ke arah barat dari pusat bayangan bumi.
- d) Dan kemudian diikuti dengan terjadinya 10-20 gerhana bulan parsial. Dalam gerhan ini, yaitu antara gerhana satu dengan gerhana lainnya magnitudonya akan semakin mengecil.
- e) Seri saros gerhana bulan ini akan berakhir sekitar 16.5° dari sebelah barat titik simpul dan setelah terjadi 7-15 gerhana penumbra.⁴⁶
- Satu seri saros akan memakan waktu sekitar 13-14 abad dimulai dari lahir sampai matinya. Dan setiap satu seri saros pada gerhana beranggotakan 70-80 buah gerhana bulan dan 45-55 diantaranya adalah gerhana bulan umbra. Dalam gerhana bulan, selain periode saros ada juga periode tritos yang mempunyai periode 135 lunasi atau 11 tahun 1 bulan. Dan ada juga periode Matius Cycle yang periodenya 235 lunasi atau kurang lebih 19 tahun. Namun selama ini periode periode yang selalu digunakan adalah periode saros Bulan.⁴⁷

2. Seri Saros Gerhana Matahari

⁴⁶ Kementerian Agama Republik Indonesia, *Ilmu Falak Praktik*, Direktorat Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat, Jakarta, 2013, hlm 113.

⁴⁷ Miftach Rizcha Afifi, "*Akurasi Perhitungan Gerhana Bulan menurut Jean Meeus menggunakan Software Matlab*", (Digital Library: Skripsi Fakultas Syariah dan Hukum, Prodi Ilmu Falak UIN Sunan Ampel), Surabaya 2019, hlm 35.

Untuk seri Saros gerhana matahari akan dimulai saat bulan berada 18° dari titik naik turun. Seri saros pada gerhana Matahari dapat digambarkan sebagai berikut yaitu:

- a) Umbra akan melewati 3500 km dari pusat bumi. Saat itu terjadi maka akan terjadi gerhana matahari sebagian di kutub selatan.
- b) Kemudian gerhana berikutnya akan terjadi, dan dan umbra berada 300 km lebih dekat dengan pusat bumi.
- c) Setelah sekita 10-11 gerhana matahari dengan rentang waktu antara 200 tahun, maka akan terjadi gerhana matahari sentral yang pertama yang terjadi di kutub selatan.
- d) Dan setelah sampai sekitar 950 tahun berikutnya akan terjadi gerhana yang bergeser dari selatan ke utara dengan pergeseran 300 km.
- e) Dan sekitar pertengahan periode 950 tahun pada point di atas, maka akan terjadi gerhana matahari terpanjang yang ada di equator.
- f) Satu seri saros dari mulai lahir hingga matinya akan memakan waktu kurang lebih 13 abad. Dan setiap seri saros beranggotakan 70-80 gerhana, dan 50 diantaranya adalah gerhana matahari sentral.

Jika sebuah seri saros gerhana matahari dimulai saat bulan berada disekitar titi tanjak naik, maka akan terjadi hal yang sama dengan arah yang berlawanan.⁴⁸

Siklus gerhana pada seri saros berkaitan dengan 3 macam periode Bulan dan panjang intervalnya yaitu:

⁴⁸ Jafar Shodiq, “*Studi Analisis Hisab Gerhana Matahari menurut Rinto Anugraha dalam buku Mekanika Benda Langit*”, Skripsi Fakultas Syariah Prodi Ilmu Falak UIN Walisongo ,Semarang, 2016. Hlm 26.

1. Periode Sinodis (*Synodic Month*): yaitu interval waktu dari fase Bulan baru dan kembali lagi ke bulan baru. Panjang periode sinodis yaitu 29,53059 hari atau 29 hari 12 jam 44 menit.
2. Periode Drakonis (*Draconic Month*): yaitu interval waktu yang dibutuhkan Bulan untuk bergerak dari satu node dan kembali lagi ke node tersebut. Panjang periodenya yaitu 27,21222 hari atau 27 hari 5 jam 6 menit.
3. Periode Anomalistik (*Anomalistic Month*): yaitu interval waktu yang dibutuhkan Bulan bergerak dari *perigee* (titik terdekat dengan bumi) dan kembali lagi ke *perigee* tersebut. Panjangnya yaitu 27,55455 hari atau 27 hari 13 jam 19 menit.

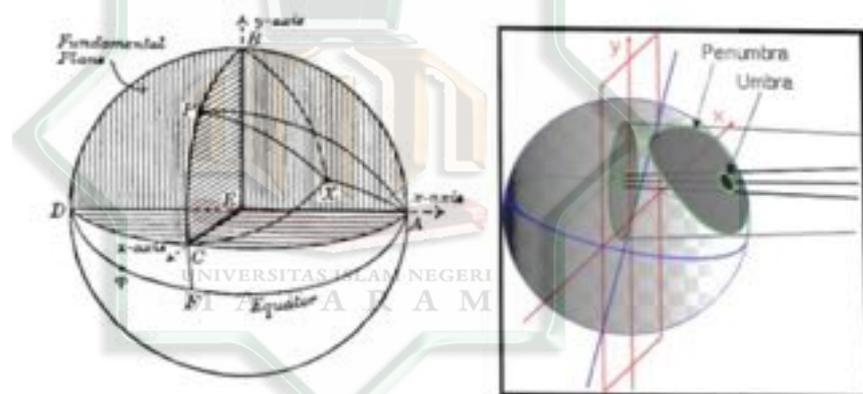
D. Perhitungan Gerhana Bulan dan Matahari

Dalam penentuan gerhana bulan dan matahari, sebelumnya dibutuhkan data-data perhitungan yaitu menggunakan data elemen besselel. Data elemen besselel atau disebut juga dengan *besselian element* merupakan transformasi koordinat *geosentrik equatorial* pada bidang fundamental. Data elemen besselel dalam penentuan gerhana diperlukan untuk mengetahui perhitungan dalam menentukan daerah mana saja yang merasakan gerhana, nilai koordinat (bujur, lintang geografis lokasi) yang bisa menyaksikan gerhana tersebut, waktu terjadi gerhana di tempat tersebut dan lainnya.⁴⁹ Dalam Astronomi, elemen besselel

⁴⁹ Elemen Bessel merupakan elemen yang berfungsi menentukan posisi geografis Bumi yang terkena gerhana melalui bidang fundamental. Lihat <http://www.wikipedia.org/elementbessel>, diakses pada Selasa 1 Juni 2021 pukul 21:58 WITA.

dikenal sebagai seperangkat nilai untuk menghitung dan memprediksi keadaan okultasi lokal bagi para pengamat di bumi.⁵⁰

Untuk dapat menghitung gerhana secara akurat Bessel telah menyusun metode dengan menggunakan bidang, yang disebut dengan bidang fundamental. Bidang fundamental atau *Fundamental Plane* adalah bidang datar dua dimensi yaitu XY dan berpusat di O yang berada di pusat bumi. Dan sumbu Z adalah sumbu yang menghubungkan pusat matahari dan pusat bulan saat terjadi konjungsi.⁵¹ (Lihat gambar: 4).



Gambar: 2.4 Ilustrasi bidang fundamental XY dengan disertai sumbu Z.
(Sumber W.M. Smart (kiri) dan Wikepedia (kanan))

Pada bidang ekuator geosentrik, bidang yang menjadi acuan adalah bidang ekuator bumi, yaitu bidang yang mengiris bumi menjadi dua bagian yang sama besar yang melewati garis equator atau garis khatulistiwa. Dua

⁵⁰ Okultasi adalah peristiwa yang berlangsungnya ketika suatu objek ditutupi oleh objek lain yang lewat di antara objek yang ditutupi pengamat. Lihat <http://id.m.wikipedia.org/okultasi>, diakses pada Rabu 2 Juni 2021, pukul 07:32 WITA.

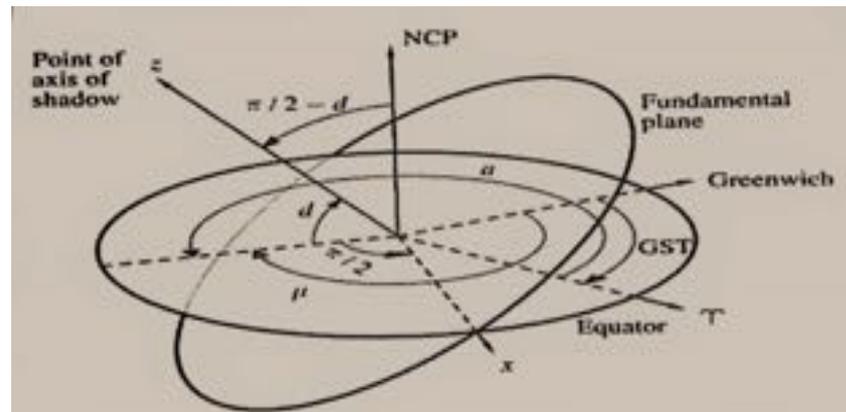
⁵¹Rinto Anugraha, *Gerhana Matahari 9 Maret 2016 dan Perhitungannya dengan Algoritma Jean Meeus*, Seminar Nasional Gerhana Matahari 2016 Milik Indonesia, Jawa Tengah 2016, hlm. 6.

koordinat sudut dalam koordinat ekuator geosentrik adalah sudut alpha dan delta.

Sudut alpha (α) (*right ascension*) mirip seperti bujur ekliptika lambda (λ), hanya saja disini yang menjadi bidang acuannya adalah ekuator. Dan sudut delta (δ) (*declination*) juga mirip seperti lintang ekliptika beta (β), hanya saja disini yang menjadi bidang referensinya juga bidang ekuator. Karena cara menentukan sudut (α) dengan (δ) mirip seperti pada sudut (λ) dan (β), hanya saja yang menjadi acuannya adalah bidang ekuator. Kembali lagi ke benda langit yang sama (P), jika P sudut pandang tegak lurus ke bidang ekuator adalah B, maka (δ) adalah POB, dimana O adalah titik pusat koordinat (bumi). Sedangkan sudut (α) adalah sudut VE-OB.

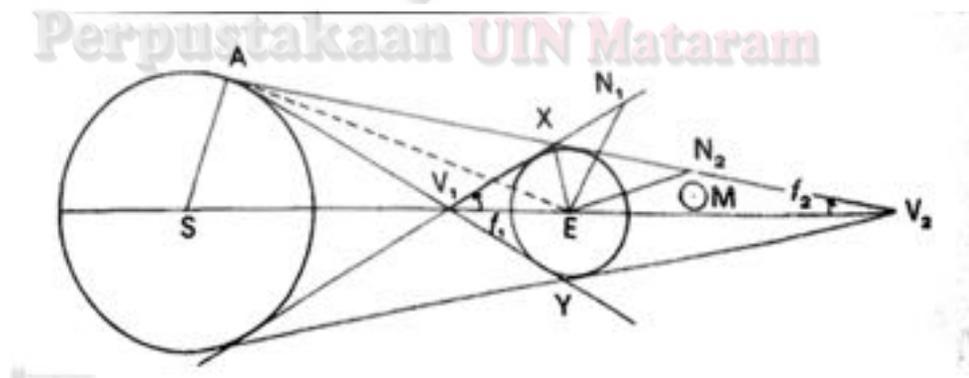
Sangat penting untuk diketahui, bidang ekuator tidak sejajar dengan ekliptika, tetapi membentuk sudut kemiringan (*obliquity*) sebesar epsilon (ϵ) yang besarnya kira-kira sebesar $23,5^\circ$. Sudut ini tidak tetap sepanjang masa. Tetapi ada kecendrungan untuk mengecil. Saat ini, sudut kemiringannya adalah sebesar 23.43808° atau 23 derajat 26 menit 17 detik.⁵² Berikut transformasi koordinat geosentrik equatorial pada bidang fundamental.

⁵²Lihat <http://m.eramuslim.com/> Transformasi Sistem Koordinat. Diakses pada Rabu, 2 Juni 2021 pukul 08:42 WITA.



Gambar 2. 5: Transformasi Koordinat geocentric equatorial pada fundamental plane.

Untuk penentuan gerhana bulan berbeda dengan okultasi dan gerhana matahari. Dalam gerhana matahari atau okultasi bidang fundamental memiliki pengertian bidang yang melalui titik pusat benda langit yang terkena bayangan, sementara pengertian bidang fundamental dalam gerhana bulan adalah bidang yang melalui titik pusat benda langit yang membentuk bayangan.⁵³ Berikut adalah geometri gerhana bulan.

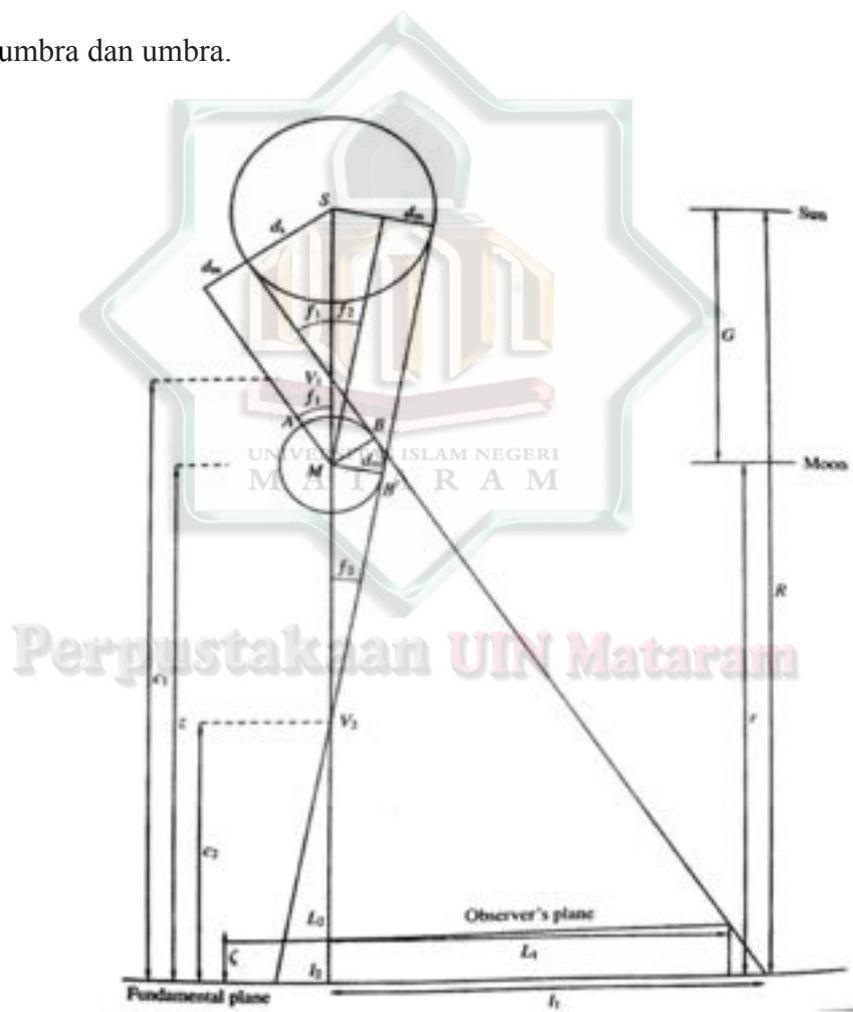


Gambar 2. 6: Geometri Gerhana Bulan.

⁵³Abu Sabda, *Ilmu Falak Rumusan Syar'i dan Astronomi*, (Bandung: Persis Pers, 2019), hlm 134.

Pada gerhana matahari elemen Bessel digunakan untuk menghitung jalur umbra dan peneumbra di permukaan bumi serta keadaan gerhana di lokasi tertentu.

Selanjutnya berikut adalah bidang yang menyajikan hubungan antara matahari, bulan, bidang pengamat, dan bidang fundamental. Yaitu dimana matahari berpusat di S dan bulan berpusat di M. sudut f_1 dan f_2 adalah sudut peneumbra dan umbra.



Gambar 2. 7: Matahari, Bulan, bidang pengamat di Bumi serta bidang fundamental.

Sejumlah besaran yang harus ditentukan dengan menggunakan elemen Bessel ini adalah T_0 , X , Y , d , M , L_1 , L_2 , Serta sudut f_1 dan f_2 .

E. Formulasi Rumus Perhitungan Gerhana Menggunakan Algoritma Jean Meeus

Perhitungan gerhana dengan metode Algoritma Jean Meeus menggunakan beberapa rumus dasar dalam perhitungannya, berikut adalah data-data umum yang diperlukan dalam perhitungan gerhana dalam buku *Astronomical Algorithm* diantaranya adalah:

Pertama, yaitu dengan menghitung saat tertentu (JDE) Bulan Baru dan Bulan Purnama rata-rata.⁵⁴

- JDE atau *Julian Day Ephemeris* didefinisikan sebagai banyaknya hari yang telah dilalui sejak hari senin tanggal 1 Januari tahun 4713 SM (sebelum masehi) pada pertengahan hari atau pukul 12:00:00 UT (universal time) atau waktu GMT.

JDE dapat dihitung dengan rumus:

$$JDE = 2451\,550.09765 + 29.530\,588\,853\,k$$

- k merupakan simbol yang digunakan untuk menggambarkan keadaan fase-fase Bulan diantaranya adalah *new moon* yang digunakan untuk penentuan gerhana baik untuk perhitungan gerhana matahari ataupun gerhana bulan. *New moon* atau bulan baru tersebut terjadi setiap bulan pada suatu tahun dalam kalender Hijriah. Nilai pada (k) tersebut berbentuk bilangan bulat untuk perhitungan Bulan Baru/*new moon*

⁵⁴ Jean Meeus, *Astronomical Algorithm*, terj....hlm 294.

(gerhana matahari), dan selanjutnya bilangan bulat tersebut ditambah dengan bilangan pecahan yaitu: 0.25 untuk perhitungan bulan Perempat Pertama, 0.50 untuk perhitungan Bulan Purnama (untuk penentuan gerhana Bulan) dan 0.75 untuk perhitungan bulan Perempat Terakhir.

Kemudian, langkah selanjutnya yaitu dengan menghitung nilai sudut M , M' , F dan Ω untuk saat tertentu⁵⁵ yaitu:

- M adalah nilai rata-rata anomali Matahari (*sun's mean anomaly*) pada waktu JDE. Hasil M adalah berupa satuan derajat dan harus dirubah menjadi satuan radian maka caranya harus dirubah menjadi bilangan derajat antara 0° - 360° kemudian baru dirubah ke radian. Yaitu dengan rumus: $= M \times \pi/180$ dan jika hasil M tersebut negative, maka untuk mengubahnya menjadi radian dengan mencari kelipatan 360 (positif) yang mendekati nilai M tersebut dan nilainya lebih besar.⁵⁶
- M' adalah nilai rata-rata anomali Bulan (*moon's mean anomaly*) pada waktu JDE. Dan jika hasil derajat M' negatif, maka caranya sama seperti menentukan nilai M diatas.
- F adalah argument lintang Bulan (*argument of moon latitude*). Nilai F merupakan informasi awal adanya gerhana Matahari atau gerhana Bulan. Argument lintang bulan (F) merupakan gambaran pergerakan bulan dalam mengelilingi Bumi yang pada setiap satu lunasi nilai F tersebut

⁵⁵ *Ibid.*

⁵⁶ Jafar shodiq, "Studi Analisis Hisab Gerhana Matahari menurut Rinto Anugraha dalam buku *Mekanika Benda Langit*", Skripsi Fakultas Syariah Prodi Ilmu Falak UIN Walisongo ,Semarang, 2016. hlm, 62.

akan meningkat sebesar kurang lebih 30° dari pergerakan satu lunasi tersebut.⁵⁷

Pada nilai F tersebut sebagai informasi awal terjadinya gerhana yaitu jika selisih antara F berbeda dari kelipatan terdekat dari 180° yakni kurang dari $13^\circ.9$, maka pasti akan ada gerhana, dan jika perbedaannya lebih besar dari 21° , maka tidak ada gerhana, antara kedua nilai tersebut, gerhana belum bisa dipastikan pada tahap ini sehingga penelitian pada kasus ini harus diselidiki lebih lanjut. Penyelidikan lebih lanjut dapat memakai aturan berikut: yaitu tidak ada gerhana jika $|\sin F| > 0.36$.⁵⁸ setelah satu lunasi (1 lunasi sama dengan rata-rata 1 Bulan sinodik = 29 hari 12 jam 44 menit 3 detik), maka nilai F akan meningkat sebesar $30^\circ.6705$. dan Jika F mendekati 0° atau 360° , gerhana terjadi di dekat titik daki Bulan. Jika F nilainya dekat 180° , gerhana terjadi di dekat titik turun orbit Bulan.⁵⁹

Ω (omega) adalah bujur titik daki⁶⁰ atau disebut juga dengan *ascending node* peredaran bulan.

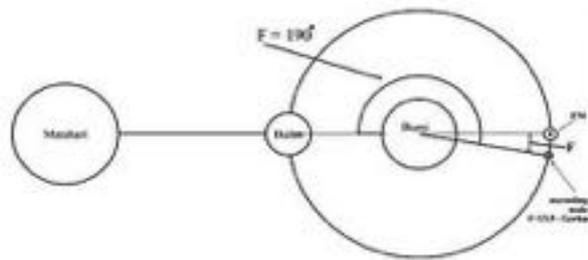
Dari pergerakan satu lunasi tersebut adakalanya Bulan masih berada dibawah titik node atau sudah melewati titik node berikut gambarannya.

⁵⁷ Jean Meeus, *Astronomical Algorithm*. (Virginia, Willman-Bell inc, 1991). hlm. 350.

⁵⁸ *Ibid.*

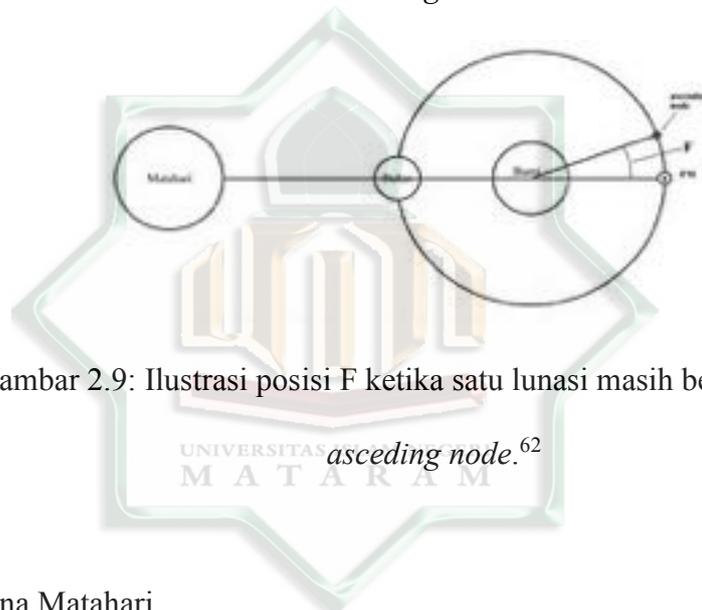
⁵⁹ *Ibid.* hlm 294.

⁶⁰ Jean Meeus, *Astronomical Algorithm, terj....* hlm 118 dan 160.



Gambar 2.8: Ilustrasi posisi F ketika satu lunasi sudah berada di atas

ascending node.⁶¹



Gambar 2.9: Ilustrasi posisi F ketika satu lunasi masih berada di bawah

ascending node.⁶²

- Gerhana Matahari

Dalam kasus gerhana Matahari, γ (gamma) merupakan jarak terdekat dari sumbu bayangan Bulan ke pusat Bumi, dalam satuan radius khatulistiwa. Kuantitas nilainya dapat berupa positif atau negatif, tergantung pada sumbu jalur bayangan utara atau selatan dari pusat Bumi. Jika nilai γ antara +0.9972 dan -0.9972, gerhana Matahari adalah sentral: ada terdapat garis gerhana sentral di permukaan Bumi.

⁶¹ Ehsan Hidayat, *Analisis Pola Gerhana Matahari Dengan Argumen lintang Bulan(F), Gamma(γ), dan Magnitudo(u)*. Semarang, 2017, hlm. 59.

⁶² *Ibid.*

Kuantitas u merupakan jari-jari kerucut umbra Bulan di bidang dasar, dalam satuan radius ekuator Bumi.⁶³ (Bidang dasar adalah sebuah bidang yang melalui pusat Bumi dan tegak lurus terhadap sumbu bayangan Bulan). Jari-jari kerucut penumbra pada bidang dasar ini adalah: $u + 0.5461$

- Dalam kasus gerhana Matahari simbol u merupakan magnitudo gerhana.

Nilai magnitudo juga menjadi penentu dalam menentukan jenis gerhana pada gerhana sentral. Adapun aturannya yaitu:

Jika $u < 0$, maka terjadi gerhana total

Jika $u > 0.0047$, maka terjadi gerhana annular(cincin).

Jika u antara 0 dan $+0.0047$, maka bisa terjadi gerhana annular atau gerhana annular-total.

Dalam kasus gerhana Matahari parsial, besarnya magnitudo (u) dicapai pada titik permukaan Bumi akan berada paling dekat dengan sumbu bayangan.

- Gerhana Bulan

Sama halnya seperti gerhana Matahari diatas pada gerhana Bulan, γ (gamma) menjelaskan jarak terdekat dari pusat Bulan ke sumbu bayangan Bumi, dalam satuan radius khatulistiwa. Kuantitas nilainya positif atau negatif tergantung pada pusat Bulan melewati utara atau selatan sumbu bayangan. Jari-jari, pada jarak Bulan jari-jari ekuator Bumi, adalah:

untuk penumbra : $= 1.2848 + u$

untuk umbra : $= 0.7403 - u$

⁶³ Jean Meeus, *Astronomical Algorithm, terj....* hlm 296.

Bulan ketika menyentuh penumbra tidak dapat diamati, dan pada saat gerhana penumbra yaitu (di mana Bulan hanya masuk penumbra Bumi) tidak bisa dibedakan secara visual ataupun dengan mata telanjang. Dan Hanya dapat terlihat pada gerhana yang terjadi masuk jauh di dalam penumbra, bayangan samar-samar di utara atau selatan lengkungan Bulan yang dapat terlihat.⁶⁴

Untuk prediksi gerhana Bulan, seperti yang dipublikasikan dalam berbagai almanak, adalah kebiasaan untuk mengasumsikan penumbra dan umbra merupakan lingkaran persis, dan menggunakan jari-jari rata-rata Bumi. Kenyataannya, bayangannya agak berbeda dari kerucut lingkaran tersebut hal ini diakibatkan karena Bumi bukan berbentuk bola sempurna.⁶⁵

Dalam perhitungan gerhana, baik gerhana Bulan ataupun gerhana Matahari, dapat dihitung dalam program perhitungan Microsoft Excel yaitu dengan rumus:

- Perhitungan Gerhana Bulan

- a. Magnitudo penumbra:

$$=IF(YA="YA", (1.5573 + u \cdot ABS(\Gamma))/0.545, "TIDAK ADA")$$

- b. Magnitudo umbra:

$$=IF(YA="YA", (1.0128 - u - ABS(\Gamma))/0.545, "TIDAK ADA")$$

- c. Awal Fase Penumbra (P1):

⁶⁴ Jean Meeus, *Astronomical Algorithm, terj...* hlm 297.

⁶⁵ *Ibid*, hlm 298.

=IF(Tipe Gerhana Bulan="TIDAK ADA GERHANA BULAN","TIDAK ADA",IF(semi durasi fase penumbra="TIDAK ADA","TIDAK ADA",JD terkoreksi-semi durasi fase penumbra/(60*24)))

kemudian untuk menentukan waktunya yaitu:

=IF(JD awal fase penumbra (P1) = "TIDAK ADA", "TIDAK ADA",tanggal-INT(tanggal))

d. Awal fase umbra (U1):

=IF(Tipe gerhana Bulan ="TIDAK ADA GERHANA BULAN","TIDAK ADA",IF(semi durasi fase parsial="TIDAK ADA","TIDAK ADA",JD terkoreksi-semi durasi fase parsial/(60*24)))

Kemudian untuk menentukan waktunya yaitu:

=IF(JD awal fase umbra (U1)="TIDAK ADA", "TIDAK ADA",tanggal-INT(tanggal))

e. Awal fase total (U2):

=IF(Tipe gerhana Bulan="TIDAK ADA GERHANA BULAN","TIDAK ADA",IF(semi durasi fase total="TIDAK ADA","TIDAK ADA",JD terkoreksi-semi durasi fase total/(60*24)))

Kemudian untuk menentukan waktunya yaitu:

=IF(JD awal fase total (U2)="TIDAK ADA", "TIDAK ADA",tanggal-INT(tanggal))

f. Gerhana maksimum:

=IF(Tipe gerhana Bulan="TIDAK ADA GERHANA BULAN","TIDAK ADA",JDE Terkoreksi- delta T/86400)

Kemudian untuk menentukan waktunya yaitu:

=IF(JD gerhana maksimum="TIDAK ADA", "TIDAK ADA",tanggal-INT(tanggal))

g. Akhir fase total (U3):

=IF(Tipe gerhana Bulan="TIDAK ADA GERHANA BULAN","TIDAK ADA",IF(semi durasi fase total ="TIDAK ADA","TIDAK ADA",JD terkoreksi+semi durasi fase total/(60*24)))

Kemudian untuk menentukan waktunya yaitu:

=IF(JD akhir fase total ="TIDAK ADA", "TIDAK ADA",tanggal-INT(tanggal))

h. Akhir fase umbra (U4):

=IF(Tipe gerhana Bulan="TIDAK ADA GERHANA BULAN","TIDAK ADA",IF(semi durasi fase parsial="TIDAK ADA","TIDAK ADA",JD Terkoreksi+semi durasi fase parsial/(60*24)))

Kemudian untuk menentukan waktunya:

=IF(JD akhir fase umbra="TIDAK ADA", "TIDAK ADA",tanggal-INT(tanggal))

i. Akhir fase penumbra (P4):

=IF(Tipe gerhana Bulan="TIDAK ADA GERHANA BULAN","TIDAK ADA",IF(semi durasi fase penumbra="TIDAK ADA","TIDAK ADA",JD terkoreksi+semi durasi fase penumbra/(60*24)))

Kemudian untuk menentukan wkatunya:

=IF(JD akhir fase penumbra="TIDAK ADA", "TIDAK ADA",tanggal-INT(tanggal))

- Perhitungan Gerhana Matahari

a. Magnitudo gerhana/ sudut radius (u): M

$$=(L1'-L2')/(L1'+L2')$$

L1' Didapatkan dari tabel elemen Bessel untuk gerhana 10 juni 2021

yaitu dengan rumus: $=L10+L11*t+L12*t*t-B*\tan f1$

L2' Didapatkan dengan rumus $=L2 -B * \tan f2$

b. Lebar lintasan gerhana:

$$=12756*ABS(L2')/K$$

c. Durasi gerhana:

$$=ABS(7200*L2'/n)$$

d. Altitude:

$$=ASIN(SIN h)$$

e. Azimuth:

$$= MOD (DEGREES (ATAN2 (COS (HourAngle) * SIN (TAN Lintang)-
TAN (deklinasi) * COS (lintang), SIN (Hour Angle)))) + 180,360)$$

f. Maksimum gerhana:

$$=IF(Tipe Gerhana="TIDAK ADA GERHANA MATAHARI", "TIDAK
ADA",JDE Terkoreksi-Delta T/86400)$$

Untuk menentukan waktunya yaitu:

$$=IF(Tipe Gerhana="TIDAK ADA GERHANA MATAHARI", "TIDAK
ADA",JD terkoreksi untuk gerhana maksimum-INT(JD terkoreksi
untuk gerhana maksimum))$$

Perpustakaan UIN Mataram

BAB III

ANALISIS PERHITUNGAN GERHANA MENGGUNAKAN ALGORITMA

JEAN MEEUS

A. Implementasi Perhitungan Gerhana Menggunakan Algoritma Jean Meeus

Ilmu hisab dari masa ke masa terus mengalami perkembangan sejalan dengan perkembangan ilmu sains dan ilmu pengetahuan. Hal ini juga dipengaruhi oleh semakin canggihnya teknologi. Ilmu hisab juga akan terus mengalami perubahan data karena mengetahui sifat alam semesta yang tidak tetap, karena alam semesta ini bersifat dinamis. Hal ini bisa dipahami bahwasanya semua benda langit termasuk Bumi terus bergerak dan berputar sesuai dengan poros dan orbitnya dalam sistem tata surya. Setiap pergerakan dari Bumi, Bulan maupun Matahari atau benda-benda langit lainnya selalu menjadi bahan pengamatan manusia di Bumi sebagai dasar pijakan dalam mengetahui waktu, kalender, awal bulan dan fenomena-fenomena langit lainnya tidak terkecuali fenomena terjadinya gerhana dimana posisi Bumi, Bulan dan Matahari berada dalam satu garis lurus.⁶⁶

Dalam penentuan dan perhitungan terjadinya gerhana, baik gerhana bulan maupun gerhana matahari memiliki banyak versi dalam perhitungannya. Selain itu penerapan ilmu hisab dalam penentuan terjadinya gerhana harus memiliki tingkat keakurasian yang akurat, agar terjadinya fenomena gerhana tersebut diketahui dengan tepat. Saat ini ilmu hisab dalam penentuan gerhana yang

⁶⁶Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*, (Banyuwangi: Bismillah Publisher, cet. Ke-1, th. 2012), hlm. 223

sering digunakan diantaranya yaitu metode hisab *Algoritma Jean Meeus*, *Algoritma NASA*, dan hisab *Ephemeris*. Namun yang menjadi pembahasan dalam Skripsi ini yaitu mengenai metode hisab *Algoritma Jean Meeus*, *Algoritma Jean Meeus* yaitu perhitungan yang didasarkan pada pergerakan planet-planet dalam mengelilingi matahari, dimana perhitungannya memiliki tingkat akurasi tinggi dari ribuan suku koreksi, untuk menentukan posisi benda-benda langit seperti matahari dan bulan. Selain digunakan untuk menentukan posisi matahari dan terjadinya gerhana, Penerapan metode perhitungan Jean Meeus ini juga digunakan untuk menentukan jarak antar planet, magnitudo bintang, serta waktu shalat.

Metode perhitungan Jean Meeus ini mengambil acuan dalam buku *Astronomical Algorithm* karya Jean Meeus, sedangkan khususnya dalam perhitungan gerhana bulan dan matahari perhitungan algoritma Jean Meeus ini mengacu pada data dari elemen Bessel.

Dalam metode hisab *Algoritma Jean Meeus* yang menjadi teori dasar dalam perhitungan tersebut adalah teori Heliosentris, yaitu teori yang menyatakan Matahari menjadi pusat dari sistem peredaran benda-benda langit. Teori ini dikemukakan oleh ilmuwan astronomi berkebangsaan Polandia yang bernama Nicolas Copernicus, Beliau mengemukakan pandangannya bahwasanya Matahari merupakan pusat dari sistem peredaran benda-benda

langit, yakni Matahari sebagai pusat peredaran Bumi dan benda-benda langit lain yang menjadi anggotanya.⁶⁷

Teori tersebut bisa kita lihat dalam elemen Bessel yang menjadi acuan dalam Algoritma Jean Meeus yang digunakan dalam perhitungan gerhana Matahari ataupun gerhana Bulan.

Dalam metode hisab Algoritma Jean Meeus ini, termasuk metode hisab yang tergolong ke dalam hisab *hakiki tahkiki*, dan berpangkal pada aliran heliosentris, karena data yang digunakan adalah data mutakhir seperti elemen Bessel dan VSOP87. Metode hisab Algoritma Jean Meeus ini termasuk kedalam hisab *Hakiki tahkiki* karena proses perhitungannya berdasarkan data astronomis yang diolah dengan *spherical trigonometry* (ilmu ukur segitiga bola) dengan koreksi-koreksi gerak Bulan maupun Matahari yang sangat teliti.

Kemudian adapun sumber data yang digunakan dalam metode hisab Algoritma Jean Meeus ini untuk gerhana Matahari, yaitu menggunakan Elemen Bessel (*Besselian Element*) dan adapun yang menyajikan jadwal *Besselian Element* untuk gerhana bulan, tabel data elemen besel ini terdapat dalam buku *Elements of Solar Eclipses* karya Jean Meeus.

Dalam elemen Bessel tersebut disertai dengan tanggal dan tahun terjadinya gerhana, serta jenis gerhana, nilai gamma, tahun JDE (*Julian Day Ephemeris*), nilai k (lunasi), seri saros gerhana, waktu referensi (*To*) dan nilai elemen Bessel itu sendiri.⁶⁸ Berikut adalah beberapa data yang disajikan dalam tabel data elemen besel dan digunakan dalam proses penentuan terjadinya gerhana Bulan dan Matahari:

⁶⁷Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*, (Banyuwangi: Bismillah Publisher, cet. Ke-1, th. 2012), hlm. 182.

⁶⁸Jean Meeus, *Elements of Solar Eclipses 1950 -2200*, Virginia : Willmann-Bell Inc., th. 1989, hlm. 61.

1. Waktu terjadinya gerhana, yaitu dimaksudkan sebagai tanggal dan tahun terjadinya gerhana, misalnya untuk gerhana Bulan tahun 2021 terjadi pada tanggal 26 Mei 2021 dan 19 November 2021, begitupun untuk gerhana Matahari tahun 2021 terjadi pada 10 Juni 2021 dan 4 Desember 2021.
2. Nilai *Gamm* merupakan jarak minimum dari sumbu bayangan kerucut umbra Bulan ke pusat Bumi, dilihat dari radius ekuator Bumi. Jarak ini bisa “positif” atau “negatif” tergantung sumbu bayangan kerucut umbra melewati utara atau selatan dari pusat Bumi. Menurut Jean Meeus jika nilai *gamma* antara +0.997 dan -0.997 berarti terjadi gerhana sentral atau total.⁶⁹
3. JDE (*Julian Day Ephemeris*) didefinisikan sebagai banyaknya hari yang telah dilalui sejak hari senin tanggal 1 Januari tahun 4713 SM (sebelum masehi) pada pertengahan hari atau pukul 12:00:00 UT (*Universal Time*) atau GMT. Perlu diingat, tahun 4713 SM tersebut sama dengan tahun (-) 4713.
 - JD 0 = 1 Januari – 4713 pukul 12:00:00 UT = 1,5
Januari – 4713 (karena pukul 12 menunjukkan 0,5 hari)
 - JD 0,5 = 2 Januari – 4713 pukul 00:00:00 UT
 - JD 1 = 2,5 Januari – 4713 dan seterusnya
 - 4 Oktober 1582 M = JD 2299159,5
 - 15 Oktober 1582 M = JD 2299160,5

Jika JD berkaitan dengan waktu yang dihitung menurut *Dynamical Time* (TD, bukan DT) atau *Ephemeris Time*, biasanya digunakan istilah *Ephemeris Day* (JDE, bukan JED). Sebagai contoh.⁷⁰

- 17 Agustus 1945 UT = JD 2431684,5

⁶⁹ *Ibid*, hlm. 5.

⁷⁰ Jafar Shodiq, *Studi Analisis Hisab Gerhana Matahari menurut Rinto Anugraha dalam buku Mekanika Benda Langit*, Skripsi Fakultas Syariah Prodi Ilmu Falak UIN Walisongo Semarang 2016, hlm. 77.

- 27 September 1974 TD = JDE 2442317,5

Pemahaman terhadap Julian Day sangat penting, karena Julian Day menjadi syarat untuk menghitung posisi Bulan, Matahari dan planet-planet yang selanjutnya dipakai untuk menentukan Bulan baru, waktu salat, dan lain-lain. Julian Day juga menjadi dasar untuk menentukan fenomena alam seperti menentukan kemiringan orbit rotasi Bumi, kapan terjadinya ekuinoks dan solstice, dan sebagainya.⁷¹ Sementara untuk gerhana Matahari JDE berhubungan dengan waktu dari gerhana maksimum (ketika sumbu kerucut bayangan umbra Bulan berada paling dekat dengan pusat Bumi).⁷²

4. Nilai **K**, yaitu lunation atau lunasi dimana 1 lunasi sama dengan rata-rata 1 Bulan sinodik = 29 hari 12 jam 44 menit 3 detik. Lunasi 0 sama dengan Bulan baru (*new moon*) tanggal 6 januari 2000.⁷³
5. Seri saros gerhana, yaitu satu periode dari 223 lunasi atau 6585,3 hari atau 18 tahun 11 hari. Setelah satu periode tersebut gerhana baik gerhana Matahari ataupun gerhana Bulan akan terulang lagi dengan kondisi yang sama.
6. Waktu referensi (T_0) yaitu merupakan waktu *Dynamical Time* (TD) terdekat dari gerhana maksimum yang sudah diinteger-kan.
7. Elemen Bessel

⁷¹ Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, (Yogyakarta: Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, 2012), hlm. 8.

⁷² Jean Meeus, *Elements of Solar Eclipses 1950 -2200*, Virginia : Willmann-Bell Inc., th. 1989, hlm. 6.

⁷³ Jean Meeus, *Elements of Solar Eclipses 1950 -2200*, Virginia : Willmann-Bell Inc., th. 1989, hlm. 6.

Data selanjutnya yang digunakan adalah data dari elemen Bessel, dimana untuk setiap gerhana Matahari ataupun gerhana Bulan maka elemen Bessel-nya akan berubah. Elemen Bessel sendiri telah dihitung dengan menggunakan basis data dari teori VSOP87 untuk menghitung koordinat Matahari. Penggunaan elemen Bessel dalam perhitungan gerhana Matahari adalah untuk menggolongkan (karakteristik) posisi geometris dari bayangan relatif Bulan yang jatuh ke Bumi.⁷⁴

Dapat dilihat dari data yang digunakan dalam metode hisab algoritma Jean Meeus ini yaitu menggunakan data-data astronomis yang mutakhir sehingga keakuratannya sangatlah jelas.

Selanjutnya berikut adalah penerapan metode perhitungan Jean Meeus dalam penentuan gerhana Bulan dan Matahari adalah sebagai berikut:

- **Perhitungan gerhana Bulan dengan Algoritma Jean Meeus**

Dalam algoritma Jean Meeus untuk menentukan terjadinya gerhana, langkah-langkah yang harus dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Menghitung perkiraan tahun terjadinya gerhana bulan.

$$\text{Perkiraan tahun} = \text{tahun} + \text{bulan yang telah lewat} / 12 + \text{tanggal} / 365$$

Setelah mendapatkan hasil dari perkiraan tahun langkah selanjutnya adalah menentukan nilai lintasan/perjalanan bulan melalui titik simpul (**k**). sebagai catatan **k** atau lintasan bulan dimulai titik simpul ketika bulan melalui titik simpul baik naik atau turun dari orbitnya, garis lintang

⁷⁴Jafar Shodiq, *Studi Analisis Hisab Gerhana Matahari menurut Rinto Anugraha dalam buku Mekanika Benda Langit*, Skripsi Fakultas Syariah Prodi Ilmu Falak UIN Walisongo Semarang 2016.

geosentrisnya adalah 0. Kemudian perkiraan k dapat diperoleh dari rumus berikut:

$$2. \text{ Perkiraan nilai } k = (\text{perkiraan tahun} - 2000) * 12,3685$$

Setelah menemukan nilai k , nilai k adalah bidang bulat yang ditambah dengan 0,5, yaitu karena gerhana bulan hanya terjadi ketika fase bulan purnama, maka untuk perhitungan nilai k pada gerhana bulan harus ditambahkan dengan 0,5. Untuk lebih jelasnya sebagai berikut:

- a. Bulan baru = $k = 0$
- b. Bulan quarter pertama = 0,25
- c. Bulan purnama = 0,5.

Jika sudah ditambahkan maka langkah selanjutnya adalah mencari nilai T atau *Julian Day Centuries*, yaitu adalah waktu dalam abad Julian (*epoch*) 2000.0, dan nilai T dapat diperoleh dengan rumus berikut:

$$3. T = k / 1236.85$$

Kemudian langkah selanjutnya adalah menghitung nilai F atau argument lintang bulan, yaitu dengan rumus berikut:

$$4. F = \text{Modulo} (160,7108 + 390,67050274 * k - 0,0016341 * T * T : 360)$$

Disini F akan memberikan informasi sebagai penentu pertama terjadi atau tidaknya gerhana Bulan. Jika selisih F berbeda dari kelipatan yang terdekat yaitu 180° yaitu kurang dari 13.9° maka dapat diprediksi bahwasanya akan terjadi gerhana, namun jika perbedaannya atau selisihnya lebih besar dari 21° maka dapat diprediksi tidak akan terjadi gerhana.⁷⁵

⁷⁵ Jean Meeus, *Astronomical Algorithm*. (Virginia, Willman-Bell inc, 1991). hlm. 153

Perlu diketahui jika nilai F mendekati 0° atau 360° maka gerhana terjadi di dekat titik naik bulan (*ascending node*), dan jika nilai F mendekati 180° maka gerhana diprediksi terjadi di dekat titik turun Bulan (*descending node*). Dan setelah nilai F diketahui, maka langkah berikutnya adalah menghitung nilai E yaitu dengan rumus:

$$5. E = 1 - 0,002516 * T - 0,0000074 * T * T$$

Setelah nilai E ditemukan maka langkah selanjutnya adalah menghitung anomali rata-rata matahari yaitu dengan rumus:

$$6. (M) = \text{Modulo} (2,5534 + 29,10535669 * k - 0,0000218 * T * T : 360)$$

Dan setelah menemukan nilai rata-rata anomaly matahari, maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai rata-rata anomali bulan yaitu lama rata-rata bulan mengitari bumi. Yaitu dengan rumus:

$$7. (M') = \text{Modulo} (201,5643 + 385,81693528 * k + 0,0107438 * T * T : 360)$$

Dan ketika sudah menemukan nilai rata-rata anomali bulan (M'), maka langkah selanjutnya adalah menghitung bujur naik bulan (Ω) yaitu dengan rumus:

$$8. \Omega = \text{Modulo} (124,7746 - 1,56375580 * k + 0,0020691 * T * T : 360)$$

Setelah mendapatkan nilai Ω , maka langkah selanjutnya adalah menghitung F_1 yaitu dengan rumus:

$$9. F_1 = F - 0,02665 * \sin (\Omega)$$

Selanjutnya hasil F_1 tersebut dikonversi ke dalam derajat, dan setelah mendapatkan nilai F_1 maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai A_1 (*apparent latitude*) yaitu dengan rumus:

$$10. A_1 = 299,77 + 0,107408 * k - 0,009173 * T * T$$

Setelah menemukan nilai A_1 , maka langkah selanjutnya adalah menghitung JDE (*Julian Day Ephemeris*) yang belum terkoreksi dengan rumus:

$$11. JDE = 2451550,09765 + 29,530588853 * k + 0,0001337 * T * T$$

Dan setelah menemukan nilai JDE yang belum terkoreksi maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai koreksi JDE dengan rumus sebagai berikut:

$$12. 100 * \text{Koreksi JDE} = -4065 * \sin(M') + 1727 * E * \sin(2 * M') - 97 * \sin(2 * F_1) + 73 * E * \sin(M' - M) - 50 * E * \sin(M' + M) - 23 * \sin(M' - 2 * F_1) + 21 * E * \sin(2 * M) + 12 * \sin(M' + 2 * F_1) + 6 * E * \sin(2 * M' + M) - 4 * \sin(3 * M') - 3 * E * \sin(2 * F_1) + 3 * \sin(A_1) - 2 * E * \sin(M - 2 * F_1) - 2 * E * \sin(M - 2 * F_1) + 2 * E * \sin(2 * M' - M) - 2 * \sin(\Omega)$$

Setelah menghitung nilai JDE maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai JDE terkoreksi pada saat gerhana maksimum dengan rumus berikut:

$$13. JDE \text{ (Julian Day Ephemeris) belum terkoreksi} + \text{koreksi JDE}$$

Setelah JDE diketahui, maka langkah selanjutnya adalah menghitung JD.

Pada proses perhitungan JD ini, merupakan langkah-langkah perhitungan lainnya. Pada kalender Julian, secara rata-rata satu tahun didefinisikan sebagai 365,25 hari, angka ini didapat dari $(3 \times 365 + 1 + 366) / 4$ sehingga dalam kalender Julian terdapat tahun kabisat yaitu tiap 4 tahun. Kalender Julian ini berlaku sampai hari Kamis 4 Oktober 1582 M. hal ini dikarenakan Paus Gregorius mengubah kalender Julian dengan menetapkan bahwa tanggal 4 Oktober 1582 M adalah Jumat 15 Oktober

1582, sehingga sejak tanggal 15 Oktober 1582 berlaku kalender Gregorius.

Terjadinya perubahan kalender Julian ke kalender Gregorius disebabkan adanya selisih antara tahun panjang satu tahun dalam kalender Julian dengan panjang rata-rata tahun tropis. Satu tahun kalender Julian adalah 365,2500 hari. Sedangkan panjang rata-rata tahun tropis adalah 365,242 sehingga tahun terdapat selisih 0,0078 hari atau sekitar 11 menit. Namun dalam jangka waktu 128 tahun selisih ini akan menjadi 1 hari sehingga diperkirakan dalam jangka ratusan atau ribuan tahun selisih ini akan menjadi signifikan hingga beberapa hari. Jika dihitung dari 325 M (ketika penetapan musim semi atau vernal ekuinoks pada 21 Maret) sampai dengan tahun 1582 terdapat selisih 9,8 hari. Ini dibuktikan musim semi tahun 1582 jatuh pada 11 maret bukan 21. Maka dari itu kalender Gregorius ditetapkan dengan tanggal melompat 10 hari.

Dalam kalender Gregorius, panjang rata-rata satu tahun adalah 365,2425 hari atau 0,0003 hari ini berarti akan terjadi perbedaan satu hari setelah 3300 tahun. Adanya perubahan dari kalender Julian menjadi Gregorius membuat kesulitan tersendiri untuk membandingkan peristiwa astronomi yang terpisahkan dalam jangka waktu yang lama. Sehingga untuk mengatasi masalah yang timbul diperkenalkanlah dengan Julian Day yang didefinisikan sebagai banyaknya hari yang telah dilalui sejak hari senin tanggal 1 Januari 4713 SM pada pertengahan hari atau jam 12:00 UT (Universal Time) atau GMT. Disini perlu diingat bahwa tahun 4713 SM sama dengan -4712. Untuk menghitung JD pada gerhanan Bulan dengan rumus berikut:

14. JD saat gerhana maksimum = JDE terkoreksi – Delta T

Setelah JD diketahui langkah selanjutnya adalah menghitung P yaitu dengan rumus berikut:

$$15. 10000 * P = 2070 * E * \sin(M) + 24 * E * \sin(2 * m) - 392 * \sin(M') + 116 * \sin(2 * M') - 73 * E * \sin(M' + M) + 67 * E * \sin(M' - M) + 118 * \sin(2 * F1)$$

Setelah nilai P diketahui langkah selanjutnya adalah menghitung nilai Q yaitu dengan rumus berikut:

$$16. 10000 * Q = 52207 - 48 * E * \cos(M) + 20 * E * \cos(2 * M) - 3299 * \cos(M') - 60 * E * \cos(M' + M) + 41 * E * \cos(M' - M)$$

Setelah diketahui nilai Q langkah selanjutnya adalah menghitung nilai W cari pengertian w di algoritma Jean Meeus) dengan rumus berikut:

$$17. W = \text{Abs}(\cos(F1))$$

Setelah mengetahui nilai W langkah selanjutnya adalah menghitung nilai

Gamma dengan rumus berikut :

$$18. \text{Gamma} = (P * \cos(F1) + Q * \sin(F1)) * (1 - 0,0048 * W)$$

Setelah mengetahui nilai Gamma langkah selanjutnya adalah menghitung nilai u dengan rumus berikut:

$$19. 10000 * U = 59 + 46 * E * \cos(M) - 182 * \cos(M') + 4 * \cos(2 * M') - 5 * E * \cos(M + M')$$

Setelah mengetahui nilai U langkah selanjutnya adalah menghitung radius penumbra dengan rumus berikut:

$$20. \text{Radius Penumbra} = 1,2848 + u$$

Setelah diketahui nilai Radius Penumbra langkah selanjutnya adalah menghitung Radius Umbranya dengan rumus berikut:

$$21. \text{Radius Umbra} = 0,7403 - u$$

Setelah diketahui nilai Radius Umbra langkah selanjutnya adalah menghitung nilai Magnitude gerhana penumbra dengan rumus berikut:

$$22. \text{Magnitude gerhana penumbra} = 1,5573 - u - \text{Abs}(\text{Gamma})/0,545$$

Setelah nilai Magnitude gerhana penumbra diketahui langkah selanjutnya adalah menghitung nilai Magnitude gerhana Umbra dengan rumus berikut:

$$23. \text{Magnitude gerhana umbra} = (1,0128 - u - \text{Abs}(\text{Gamma}))/0,545$$

Setelah menemukan nilai Magnitudo gerhana Umbra langkah selanjutnya adalah menentukan nilai PU dengan rumus berikut:

$$24. \text{Pu} = 1,0128 - u$$

Setelah ditemukan nilai U langkah selanjutnya adalah menentukan nilai T1 dengan rumus berikut:

$$25. \text{T1} = 0,4678 - u$$

Setelah menemukan nilai T1 langkah selanjutnya adalah nilai H dengan rumus berikut:

$$26. \text{H} = 1,5573 + u$$

Setelah mengetahui nilai H langkah selanjutnya adalah menghitung nilai n dengan rumus sebagai berikut:

$$27. n = 0,5448 + 0,0400 * \text{Cos}(M')$$

Setelah nilai n diketahui langkah selanjutnya adalah menghitung nilai semi durasi fase penumbra dengan rumus :

$$28. \text{ Semi Durasi Fase Penumbra} = (60/n) * \text{SQRT}(H * H - \text{Gamma} * \text{Gamma})$$

Setelah menemukan nilai semi durasi fase penumbra langkah selanjutnya adalah menghitung nilai semi durasi fase parsial umbra dengan rumus berikut:

$$29. \text{ Semi Durasi Fase Parsial Umbra} = (60/n) * \text{SQRT}(P_u * P_u - \text{Gamma} * \text{Gamma})$$

Setelah menemukan nilai semi durasi fase parsial umbra langkah selanjutnya adalah menghitung semi durasi fase total umbra dengan rumus berikut:

$$30. \text{ Semi durasi fase total umbra} = (60/n) * \text{SQRT}(T_1 * T_1 - \text{Gamma} * \text{Gamma})$$

Setelah menemukan nilai semi durasi fase gerhana Total langkah selanjutnya adalah menghitung awal fase penumbra (P_1) dengan rumus berikut:

$$31. \text{ Awal Fase Penumbra (P1)} = \text{waktu jd} - 176.66 \text{ menit}$$

Setelah menemukan nilai awal fase penumbra (P_1) langkah selanjutnya adalah menghitung awal fase Umbra (U_1) yaitu dengan rumus berikut:

$$32. U_1 = \text{waktu jd} - 105.8 \text{ menit}$$

Setelah menemukan nilai awal fase umbra (U_1) langkah selanjutnya adalah menghitung nilai awal fase Total (U_2) dengan rumus berikut:

$$33. \text{ Awal fase Total (U2)} = \text{waktu jd} - 24.83 \text{ menit}$$

Setelah menemukan nilai awal fase total, langkah selanjutnya adalah menghitung waktu gerhana maksimum dengan rumus berikut:

$$34. \text{ Gerhana Maksimum} = \text{Awal fase total}$$

Setelah menemukan waktu gerhana maksimum langkah selanjutnya adalah menghitung waktu akhir fase total (U3) dengan rumus berikut:

$$35. \text{ Akhir fase total (U3) = waktu gerhana maksimum} + 24.83 \text{ menit}$$

Setelah mengetahui waktu akhir fase total langkah selanjutnya adalah menghitung akhir fase umbra (U4) dengan rumus berikut:

$$36. \text{ Akhir fase umbra} = \text{waktu gerhana maksimum} + 105.8 \text{ menit}$$

Kemudian langkah terakhir setelah menemukan nilai akhir fase umbra adalah menghitung nilai akhir fase penumbra yaitu dengan rumus berikut:

$$37. \text{ Akhir fase penumbra (P2) = waktu gerhana maksimum} + 176.66 \text{ menit}$$

➤ **Perhitungan gerhana Matahari dengan Algoritma Jean Meeus**

Adapun langkah-langkah perhitungan gerhana matahari menggunakan metode perhitungan algoritma Jean Meeus yang ada dalam buku *Astronomical Algorithm* yaitu:

1. Menghitung nilai K^{76}

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

Rumus untuk mencari k adalah rumus pendekatan. “tahun” yang digunakan dalam rumus di atas adalah tanggal yang dinyatakan dalam tahun. Nilai integer k menyatakan new moon. Dan Jika ingin menghitung nilainya adalah:

- First Quarter = $k + 0,25$
- Full Moon = $k + 0,5$

⁷⁶ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, (Virginia: Willman Bell.Inc.,th. 1991), hlm. 320.

- Last Quarter = $k + 0,75$

Keterangan diatas bila dirumuskan menjadi :

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

2. Menghitung nilai JDE⁷⁷ (*Julian Day Ephemeris*)

JDE adalah waktu terjadinya *new moon* (yang ingin dicari) dinyatakan dalam *Julian Day* dalam waktu ephemeris (ET) atau waktu dinamik (DT).

Diketahui: $T = K/126,85$

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

3. Menghitung nilai M (Anomali Matahari)

M adalah *sun's mean anomaly* pada waktu JDE

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

Hasil dari M adalah dalam satuan derajat, dan harus dirubah menjadi satuan radian, maka caranya harus dirubah menjadi bilangan derajat antara $0^\circ - 360^\circ$ kemudian baru dirubah ke radian dengan rumus: $= M \times \pi / 180^\circ$

Dan jika hasil M negatif, semisal $-8234,262544$ derajat, untuk merubah menjadi radian caranya adalah cari kelipatan 360 (positif) yang mendekati nilai M dan lebih besar, yaitu 8280.

$$8280 - 8234,262544 = 45,73745559 \text{ derajat}$$

$$= 45,73745559 \times \pi/180$$

$$= 0,798269192 \text{ radians}$$

⁷⁷ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, (Virginia: Willman Bell. Inc., th. 1991), hlm. 320.

4. Menghitung M' (Anomali Bulan)

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 perhitungan-perhitungan selanjutnya.

5. Menghitung nilai F

F adalah argument latitude bulan

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

Selanjutnya mencari kemungkinan terjadinya gerhana. Jadi nilai F pasti terjadi gerhana jika nilai F antara $0^\circ - 13^\circ 54'$, $166^\circ 6' - 193^\circ 54'$ atau $346^\circ 6' - 360^\circ$. Dan apabila nilai F antara $140^\circ - 210^\circ$, $159^\circ - 165^\circ$, $194^\circ - 201^\circ$, atau $339^\circ - 345^\circ$ ini bisa terjadi gerhana bisa juga tidak terjadi gerhana.

6. Menghitung nilai Omega (Ω)

Ω adalah bujur astronomi Bulan dari *ascending node* atau titik simpul naik orbit bulan. Rumusnya yaitu:

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

Selanjutnya yaitu menghitung nilai eksentrittas orbit Bumi (E).

7. Menghitung nilai E

E adalah eksentrittas orbit bumi dalam mengitari matahari yang dikoreksi dengan T

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

8. Untuk mengetahui waktu tengah gerhana diperlukan beberapa koreksi, hal ini dimaksudkan guna mengetahui koreksi waktu tengah gerhana koreksi-koreksi tersebut adalah sebagai berikut: ⁷⁸

a. Koreksi pertama dengan rumus:

$$= 0,4075 \times \sin M'$$

b. Koreksi kedua dengan rumus:

$$= 0,1721 \times E \times \sin M$$

c. Koreksi ketiga dengan rumus:

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

d. Koreksi keempat dengan rumus:

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

e. Koreksi kelima dengan rumus:

$$= 0,0073 \times E \times \sin (M' - M)$$

f. Koreksi keenam dengan rumus:

$$= -0,0050 \times E \times \sin (M' + M)$$

g. Koreksi ketujuh dengan rumus:

$$= -0,0023 \times \sin (M' - (2 \times F1))$$

h. Koreksi kedelapan dengan rumus:

$$= 0,0021 \times E \times 2M$$

i. Koreksi kesembilan dengan rumus:

$$= 0,0012 \times \sin (M' + (2 \times F1))$$

j. Koreksi kesepuluh dengan rumus:

⁷⁸ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, (Virginia: Willman Bell. Inc., th. 1991), hlm.

$$= 0,0006 \times E \times \sin (2 \times M' + M)$$

k. Koreksi kesebelas dengan rumus:

$$= -0,0004 \times \sin (3 \times M')$$

l. Koreksi keduabelas dengan rumus:

$$= -0,0003 \times E \times \sin (M + (2 \times F1))$$

m. Koreksi ketigabelas dengan rumus:

$$= 0,0003 \times \sin A1$$

n. Koreksi keempatbelas dengan rumus:

$$= -0,0002 \times E \times \sin (M - (2 \times F1))$$

o. Koreksi kelimabelas dengan rumus:

$$= -0,0002 \times E \times \sin (2 \times M' - M)$$

p. Koreksi keenambelas dengan rumus:

$$= -0,0002 \times \sin \Omega$$

q. Kemudian menjumlahkan nilai koreksi tersebut:

$$= \text{koreksi 1 s/d koreksi 16}$$

Dalam buku (*Astronomical Algoritm*) karya Jean Meeus mengatakan bahwa koreksi tengah gerhana matahari tersebut jika digunakan untuk menghitung gerhana antara tahun 1951 – 2050 mempunyai kesalahan rata-rata 0,36 menit (21,6 detik). Sedangkan kesalahan maksimal mencapai 1,1 menit.

Selanjutnya untuk mengetahui waktu permulaan gerhana (waktu dimulainya gerhana) dan akhir gerhana (waktu berakhirnya gerhana), maka dibutuhkan beberapa elemen yang perlu dihitung. Elemen-elemen

tersebut adalah P, Q, W, Y, dan U yang dihitung dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menghitung nilai P dengan koreksi-koreksi sebagai berikut:

a. Koreksi nilai P pertama dengan rumus:

$$= 0,2070 \times E \times \sin M$$

b. Koreksi nilai P kedua dengan rumus:

$$= 0,0024 \times E \times 2M$$

c. Koreksi nilai P ketiga dengan rumus:

$$= -0,0393 \times \sin M'$$

d. Koreksi nilai P keempat dengan rumus:

$$= 0,0116 \times \sin 2M'$$

e. Koreksi nilai P kelima dengan rumus:

$$= -0,0073 \times E \times \sin (M' + M)$$

f. Koreksi nilai keenam dengan rumus:

$$= 0,0067 \times E \times \sin (M' - M)$$

g. Koreksi nilai ketujuh dengan rumus:

$$= 0,0118 \times \sin (2 \times F1)$$

h. Mencari nilai P total dengan rumus:

$$= P1 \text{ s/d } P7$$

2. Menghitung nilai Q dengan koreksi-koreksi sebagai berikut:

a. Koreksi Q pertama dengan rumus:

$$= -0,0048 \times E \times \cos M$$

b. Koreksi Q kedua dengan rumus:

$$= 0,0020 \times E \times \cos 2M$$

c. Koreksi Q ketiga dengan rumus:

$$= -0,3299 \times \cos M'$$

d. Koreksi Q keempat dengan rumus:

$$= 0,0060 \times E \times \cos (M' + M)$$

e. Koreksi Q kelima dengan rumus:

$$= 0,0041 \times E \times \cos (M' - M)$$

f. Mencari nilai Q dengan rumus:

$$= 5,2207 + Q1 \text{ s/d } Q5$$

3. Mencari nilai W dengan rumus:

$$= \text{Abs} (\cos F1)^{79}$$

4. Mencari nilai Y dengan rumus:

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

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

a. Koreksi U pertama dengan rumus:

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

b. Koreksi U kedua dengan rumus:

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

c. Koreksi U ketiga dengan rumus:

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

d. Koreksi U keempat dengan rumus:

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

⁷⁹ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, (Virginia: Willman Bell. Inc., th. 1991), hlm.351.

e. Mencari nilai U dengan rumus:

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

6. Mencari nilai magnitudo gerhana⁸⁰ dengan rumus:

$$= 1.5433 + U - \text{Abs } Y/ 0.5461$$

7. Mencari *semi duration of partial phase*

semi duration of partial phase adalah setengah durasi dari terjadinya gerhana Matahari mulai awal gerhana sampai akhir gerhana. Sebelum menghitung *semi duration of partial phase* ini diperlukan elemen-elemen seperti P dan N. Elemen-elemen tersebut dihitung dengan menggunakan rumus:

$$P = 1,0128 - U$$

$$N = 0,5458 + 0,04 \times \cos M'$$

Dan untuk menghitung *semi partial phase* maka rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\frac{60}{N} \times \sqrt{p^2 + y^2}$$

8. Menghitung awal gerhana dan akhir gerhana

Awal gerhana = tengah gerhana - *semi duration of partial phase*

Akhir gerhana = tengah gerhana + *semi duration of partial phase*

9. Mencari *semi duration of total phase*

semi duration of total phase adalah setengah durasi dari terjadinya gerhana Matahari mulai awal total gerhana sampai akhir tota gerhana. Sebelum menghitung *semi duration of total phase* ini diperlukan elemen T. Elemen T dihitung dengan menggunakan rumus:

⁸⁰ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, (Virginia: Willman Bell. Inc., th. 1991), hlm.352.

$$T = 0,4678 - U$$

Dan setelah menemukan nilai T maka selanjutnya yang dihitung adalah *semi duration of total phase* yaitu dengan rumus:

$$\frac{60}{N} \times \sqrt{T^2 - y^2}$$

10. Menghitung awal total gerhana dan akhir total gerhana

Awal total gerhana = tengah gerhana – *semi duration of total phase*

Akhir total gerhana = tengah gerhana + *semi duration of total phase*

11. Menghitung JDE *Terrestrial Dynamical Time* (TDT) terkoreksi

JDE (TDT) = JDE + koreksi tengah gerhana

12. Menghitung delta T⁸¹

Delta T = ((102,3 + 123,5 x T + 32,5 x T²)/3600)

13. Menghitung JDE *Universal Time* (UT)

JDE (UT) = JDE (TDT) – Delta T

14. Mengkonversi JDE (UT) menjadi waktu local

Metode mengonversi JD menjadi Gregorian ini memberikan hasil yang valid walaupun untuk menghitung tahun “negatif” (sebelum masehi), yaitu dengan cara menambahkan JD dengan 0,5. Maka Z adalah hasil integer nilai tersebut dan fadalah hasil fraction atau desimalnya.

JDE (UT) + 0,5

⁸¹ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, (Virginia: Willman Bell. Inc., th. 1991), hlm.73

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 setelah itu menghitung nilai:

$$B = A + 1524$$

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

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

$$E = \text{INT} (B - D) / 30,6001 \text{ }^{82}$$

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

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

Jam terjadinya tengah gerhana bisa diketahui dengan merubah nilai f yang merupakan desimal dari Julian Day menjadi satuan jam dengan cara sebagai berikut:

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

Bulan (m) terjadinya tengah gerhana bisa diketahui dengan:

$$\text{Jika } E < 14, \text{ maka } m = E - 1$$

$$\text{Jika } E = 14 \text{ atau } 15, \text{ maka } m = E - 13$$

Tahun terjadinya tengah gerhana bisa diketahui dengan menghitung:

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

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

⁸² *Ibid*, hlm.63

B. Analisis Tingkat Akurasi Perhitungan Gerhana Menggunakan Algoritma

Jean Meeus

Untuk mengetahui nilai dari tingkat akurasi perhitungan gerhana menggunakan metode perhitungan Jean Meeus, maka peneliti mengujinya serta membandingkannya dengan data-data hasil perhitungan gerhana Bulan dan Matahari dari NASA, karena NASA merupakan badan antariksa yang banyak dikenal oleh masyarakat umum dan juga merupakan lembaga yang menjadi rujukan dunia dalam penelitian-penelitian mengenai luar angkasa dan benda-benda langit. NASA (*National Aeronautics and Space Administrator*) merupakan lembaga antariksa milik Amerika Serikat. Untuk mengetahui gerhana, okultasi, dan planet, NASA menyediakan website sendiri yang mudah diakses oleh masyarakat umum yaitu <http://eclipse.gsfc.nasa.gov>.

Berikut adalah beberapa data hasil perhitungan gerhana Bulan dan Matahari (Tahun 2021) menggunakan Algoritma Jean Meeus serta perbandingannya dengan data hasil perhitungan dari NASA:

➤ Gerhana Bulan

1. Gerhana Bulan Total tanggal 26 Mei 2021

a. Hasil perhitungan Algoritma Jean Meeus

Keterangan	Hasil
Magnitudo penumbra	1.9506
Magnitudo umbra	1.0058
Awal fase penumbra (P1)	08:48:10 UT
Awal fase umbra (U1)	09:45:19 UT

Awal fase total (U2)	11:12:52 UT
Gerhana Maksimum	11:18:30 UT
Akhir fase total (U3)	11:24:08 UT
Akhir fase umbra (U4)	12:51:41 UT
Akhir fase penumbra (P4)	13:48:50 UT

Tabel 3.1

Hasil perhitungan Gerhana Bulan 26 Mei 2021 Algoritma Jean Meeus

b. Hasil perhitungan NASA

Keterangan	Hasil
Magnitudo penumbra	1.9540
Magnitudo umbra	1.0095
Awal fase penumbra (P1)	08:47:39 UT
Awal fase umbra (U1)	09:44:57 UT
Awal fase total (U2)	11:11:25 UT
Gerhana Maksimum	11:18:40 UT
Akhir fase total (U3)	11:25:56 UT
Akhir fase umbra (U4)	12:55:22 UT
Akhir fase penumbra (P4)	13:49:41 UT

Tabel 3.2

Hasil perhitungan gerhana Bulan 26 Mei 2021 NASA

2. Gerhana Bulan Parsial 19 November 2021

a. Hasil perhitungan Algoritma Jean Meeus

Keterangan	Hasil
Magnitudo penumbra	2.0716

Magnitudo umbra	0.9742
Awal fase penumbra (P1)	06:02:09 UT
Awal fase umbra (U1)	07:20:13 UT
Gerhana Maksimum	09:03:35 UT
Akhir fase umbra (U4)	10:46:58 UT
Akhir fase penumbra (P4)	12:03:09 UT

Tabel 3.3

Hasil perhitungan Gerhana Bulan 19 November 2021 Algoritma Jean Meeus

b. Hasil perhitungan NASA

Keterangan	Hasil
Magnitudo penumbra	2.0720
Magnitudo umbra	0.9742
Awal fase penumbra (P1)	06:02:09 UT
Awal fase umbra (U1)	07:18:41 UT
Gerhana Maksimum	09:02:53 UT
Akhir fase umbra (U4)	10:47:04 UT
Akhir fase penumbra (P4)	12:03:38 UT

Tabel 3.4

Hasil perhitungan gerhana Bulan 19 November 2021 NASA

➤ **Gerhana Matahari**

3. Gerhana Matahari Cincin (*Annular*) 10 Juni 2021

a. Hasil perhitungan Algoritma Jean Meeus

Keterangan	Hasil
Magnitudo gerhana	0.94351

Lebar lintasan gerhana	522.8 Km
Durasi gerhana	03 ^m 51.4 ^d
Altitude	23.366 derajat
Azimuth	90.08 derajat
Maksimum gerhana	10:42:04 UT

Tabel 3.5

Hasil perhitungan Gerhana Matahari 10 Juni 2021 Algoritma Jean Meeus

b. Hasil perhitungan NASA

Keterangan	Hasil
Magnitudo gerhana	0.9435
Lebar lintasan gerhana	527.1 Km
Durasi gerhana	03 ^m 51.2 ^d
Altitude	23.3 derajat
Azimuth	89.8 derajat
Maksimum gerhana	10:41:51 UT

Tabel 3.6

Hasil perhitungan Gerhana Matahari 10 Juni 2021 NASA

4. Gerhana Matahari Total 4 Desember 2021

a. Hasil perhitungan Algoritma Jean Meeus

Keterangan	Hasil
Magnitudo gerhana	1.03673
Lebar lintasan gerhana	415.8 Km
Durasi gerhana	01 ^m 54.5 ^d
Altitude	17.129

Azimuth	115.37 derajat
Gerhana maksimum	07:33:55 UT

Tabel 3.7

Hasil perhitungan Gerhana Matahari 4 Desember 2021 Algoritma Jean Meeus

b. Hasil perhitungan NASA

Keterangan	Hasil
Magnitudo gerhana	1.0367
Lebar lintasan gerhana	418.6 Km
Durasi gerhana	01 ^m 54.4 ^d
Altitude	17.2 derajat
Azimuth	114.8 derajat
Gerhana maksimum	07:33:22 UT

Tabel 3.8

Hasil perhitungan Gerhana Matahari 4 Desember 2021 NASA

Dari hasil perhitungan gerhana tersebut, maka dapat dibuat tabel selisih perhitungan antara Algoritma Jean Meeus dan NASA sebagai berikut:

1. Tabel selisih perhitungan gerhana Bulan

a. Gerhana Bulan tanggal 26 Mei 2021

Keterangan	Selisih
Magnitudo penumbra	0.0034
Magnitudo umbra	0.0037
Awal fase penumbra (P1)	00:00:31UT

Awal fase umbra (U1)	00:00:22UT
Awal fase total (U2)	00:01:27UT
Gerhana Maksimum	00:00:10UT
Akhir fase total (U3)	00:01:48UT
Akhir fase umbra (U4)	00:03:41UT
Akhir fase penumbra (P4)	00:00:51UT

Tabel 3.9

Selisih perhitungan gerhana Bulan 26 Mei 2021 antara Algoritma Jean Meeus dan NASA

b. Gerhana Bulan tanggal 19 November 2021

Keterangan	Selisih
Magnitudo penumbra	0.0004
Magnitudo umbra	0.0021
Awal fase penumbra (P1)	00:01:52UT
Awal fase umbra (U1)	00:01:32UT
Gerhana Maksimum	00:00:42UT
Akhir fase umbra (U4)	00:00:06UT
Akhir fase penumbra (P4)	00:00:29UT

Tabel 3.10

Selisih perhitungan gerhana Bulan 19 November 2021 antara Algoritma Jean Meeus dan NASA

2. Tabel selisih perhitungan gerhana Matahari

a. Gerhana Matahari tanggal 10 Juni 2021

Keterangan	Hasil
Magnitudo gerhana	0.00001

Lebar lintasan gerhana	4.2 Km
Durasi gerhana	00 ^m 00.2 ^d
Altitude	0.066 derajat
Azimuth	0.28 derajat
Maksimum gerhana	00:00:31UT

Tabel 3.11

Selisih perhitungan gerhana Matahari 10 Juni 2021 antara Algoritma Jean Meeus dan NASA

b. Gerhana Matahari 4 Desember 2021

Keterangan	Hasil
Magnitudo gerhana	0.00003
Lebar lintasan gerhana	2.8 Km
Durasi gerhana	00 ^m 00.1 ^d
Altitude	0.071 derajat
Azimuth	0.57 derajat
Gerhana maksimum	00:00:33UT

Tabel 3.12

Selisih perhitungan gerhana Matahari 4 Desember 2021 antara Algoritma Jean Meeus dan NASA.

Di antara semua data hasil perhitungan gerhana Bulan dan Matahari tahun 2021 diatas, yaitu dari perhitungan Algoritma Jean Meeus dan NASA memiliki selisih perbedaan yang sedikit.

Antara kedua data hasil perhitungan tersebut mempunyai sedikit perbedaan pada menit dan detiknya saja yaitu sekitar 1 sampai 3 menit yaitu pada perhitungan gerhana bulan, dan rata-rata hanya berselisih pada detiknya saja, sehingga dalam perhitungan gerhana tersebut dapat dikatakan memiliki tingkat keakuratan yang cukup.

BAB IV

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang penulis paparkan pada skripsi ini dan berdasarkan analisis yang peneliti lakukan maka dapat penulis simpulkan bahwa implementasi perhitungan gerhana menggunakan Algoritma Jean Meeus ini yaitu dimulai dengan mencari elemen Bessel untuk gerhana yang akan diamati, kemudian menentukan waktu-waktu atau fase yang akan diamati pada saat gerhana baik gerhana bulan maupun gerhana matahari. Data yang digunakan untuk mengetahui terjadinya gerhana tersebut adalah data dari elemen Bessel (*Besselian Element*). Elemen Bessel ini dipakai untuk menentukan posisi geografis di Bumi yang terkena gerhana melalui sebuah bidang yang dinamakan bidang fundamental. Nilai konstanta yang terdapat dalam elemen Bessel sudah menggunakan basis data dari teori VSOP87 untuk posisi Matahari dan ELP2000 untuk posisi Bulan. Nilai-nilai konstanta dalam elemen Bessel akan berbeda untuk setiap gerhana. Data elemen Bessel didapatkan dari buku *Elements of Solar Eclipses* karya Jean Meeus. Kemudian metode perhitungan gerhana Algoritma Jean Meeus ini termasuk ke dalam metode hisab hakiki tahkiki (yaitu karena proses perhitungannya berdasarkan data astronomis yang diolah dengan *spherical trigonometry* (ilmu ukur segitiga bola) dengan koreksi-koreksi gerak Bulan maupun Matahari yang sangat teliti), dan metode ini juga berpangkal pada aliran heliosentris (Matahari sebagai pusat dari sistem peredaran benda-benda langit).

Tingkat akurasi algoritma Jean Meeus dalam perhitungan penentuan gerhana Bulan dan Matahari yang dibandingkan dengan perhitungan NASA,

mempunyai sedikit perbedaan pada menit dan detiknya yaitu sekitar 1 sampai 3 menit pada perhitungan gerhana bulan, dan rata-rata hanya berselisih pada detiknya saja. Jadi bisa dikatakan perhitungan gerhana Bulan ataupun gerhana Matahari dengan metode perhitungan Algoritma Jean Meeus ini memiliki tingkat keakuratan yang bisa dibilang sudah cukup akurat.

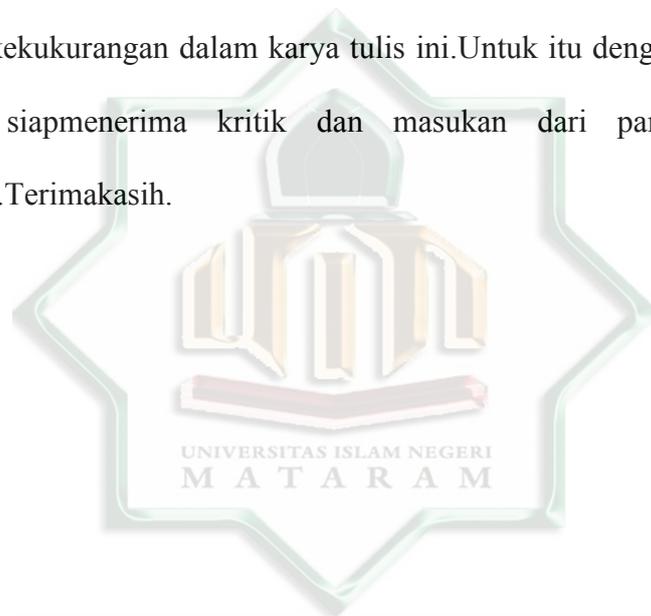
B. Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, maka peneliti menyampaikan saran yaitu:

1. Perlu adanya apresiasi yang lebih dalam terhadap ilmu falak karena ilmu falak sangatlah berperan dalam menjalankan syariat islam sehingga perlu mengembangkan ilmu tersebut agar dapat diketahui oleh masyarakat umum. Dan bagi para pakar ilmu Falak hendaknya senantiasa melakukan penelitian terhadap kajian-kajian astronomis tidak hanya yang menyangkut arah kiblat, waktu salat, awal bulan dan gerhana saja, agar khazanah keilmuan falak semakin luas dan berkembang serta dapat memberikan banyak manfaat bagi masyarakat.
2. Perhitungan gerhana menggunakan metode perhitungan Jean Meeus menggunakan perhitungan gerhana global dengan waktu *Universal Time* (UT), sehingga mungkin masyarakat umum mungkin masih asing dengan hal itu. Sehingga penulis memberikan saran untuk pakar-pakar ilmu Falak di Indonesia khususnya untuk membuat program perhitungan Algoritma Jean Meeus yang dilengkapi perhitungan gerhana lokal dari mulai awal kontak sampai akhir yang juga menggunakan data-data dari elemen Bessel.

C. Penutup

Puji syukur alhamdulillah penulis haturkan ke hadirat Allah SWT Yang telah melimpahkan rahmatnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada semua elemen yang telah membantu penulis dalam proses pengerjaan skripsi ini. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam karya tulis ini. Untuk itu dengan kerendahan hati, penulis siap menerima kritik dan masukan dari para pembaca yang budiman. Terimakasih.



Perpustakaan UIN Mataram

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah Haidir, *Fiqih Tentang Gerhana Matahari dan Bulan*, Lihat. <http://Manjuna.com/Fiqih-Tentang-Gerhana-Matahari-dan-Bulan>.
- Abdul Karim & M. Rifa Jamaluddin Nasir, “*Mengenal Ilmu Falak Teori dan Implementasi*”. Yogyakarta: Penerbit Qudsi Media, 2017.
- Abu Sabda, *Ilmu Falak Rumusan Syar’i dan Astronomi*, (Bandung: Persis Pers, 2019).
- Ahmad Izzudin, M.Ag., *Ilmu Falak Praktis Metode Hisab Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*. 2015.
- Ahmad Ma’ruf Maghfur, “*Studi Analisis Hisab Gerhana Bulan dan Matahari dalam Kitab Fath al-Ra’uf al-Mannan*”. Skripsi, IAIN Walisongo, Semarang, 2012.
- Ainul Yaqin dan Fahmi Fatwa Rosyadi, “*Hadist gerhana dan wafatnya Ibrahim ibn Muhammad*”. *Tahkim*, Vol.1, No 01, 2018.
- Alimuddin, *Gerhana Matahari Perspektif Astronomi*, (Al-Daulah: Jurnal Hukum Pidana dan Ketatanegaraan) Vol 3 No. 1.
- Anonim, <http://id.m.wikipedia.org/okultasi> ,diakses pada Rabu 2 Juni 2021, pukul 07:32 WITA.
- Anonim. <https://en.wikipedia.org/wiki/JeanMeeus>. Diakses pada tanggal 7 Maret 2021, pukul 13:21 WITA.
- Anonim, <http://m.eramuslim.com/> Transformasi Sistem Koordinat. Diakses pada Rabu, 2 Juni 2021 pukul 08:42 WITA.
- Anonim, <http://eclipse.gsfc.nasa.gov>. Diakses pada hari Kamis, tanggal 3 Juni 2021, pukul 20:38 WITA.
- Arwin Juli Rakmadi Butar-Butar., *Pengantar Ilmu Falak Teori, Praktik dan Fiqih*, Raja Grafindo Persada, 2014.
- Dendy Sugono, *Kamus Bahasa Indonesia*, Jakarta: Pusat Bahasa 2008.

Ehsan Hidayat, *Penentuan Jumlah Gerhana Matahari dengan Argumen Lintang Bulan dan Teori Aritmatika*. Jurnal Studi Islam Pascasarjana Ilmu Falak UIN Walisongo, Volume 15, Nomor 01, Semarang, Januari, 2019.

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

Isnaeni, dkk, “*Implementasi Algoritma Meeus dalam penentuan Waktu Shalat dan Pencarian Masjid terdekat*”. Studi Informatika; Jurnal Sistem Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah, Vol. 8 (1), Jakarta, 2015.

Jafar Shodiq, “*Studi Analisis Hisab Gerhana Matahari menurut Rinto Anugraha dalam buku Mekanika Benda Langit*”, Skripsi Fakultas Syariah Prodi Ilmu Falak UIN Walisongo, Semarang, 2016.

Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*. Virginia: Willman Bell. Inc, Th. 1991.

Jean Meeus, *Elements Of Solar Eclipse 1951 – 2200*. Virginia : Willmann-Bell, Inc. Th. 1989.

Kementerian Agama Republik Indonesia, *Almanak Hisab Rukyah*. Direktorat Jendral Bimbingan Masyarakat Islam, Jakarta, 2007.

Kementerian Agama Republik Indonesia, *Ilmu Falak Praktik*, Direktorat Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat, Jakarta, 2013.

Kementerian Agama Republik Indonesia, *Ephemeris Hisab Rukyat 2021*, Direktorat Jendral Bimbingan Masyarakat Islam, November 2020.

Khazin Alfani, *Telaah Perhitungan Waktu Shalat dengan Algoritma VSOP87*, Tesis Magister Hukum Islam, Semarang, 2011.

Miftach Rizcha Afifi, “*Akurasi Perhitungan Gerhana Bulan menurut Jean Meeus menggunakan Software Matlab*”. Digital Library, Uin Sunan Ampel, Surabaya, 2019.

Muhammad Hadi Bashori, *Pengantar Ilmu Falak*. Pustaka Al Kautsar, Jakarta 2015.

Muhammad Jayusman, *Fenomena Gerhana dalam Wacana Hukum Islam dan Astronomi*. Jurnal Al-‘ADALAH, IAIN Walisongo, Vol.X, No.2, Semarang, Juli 2011.

Muhyidiin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik*. Buana Pustaka, Yogyakarta, 2004.

- Muh. Rasywan Syarif, *Fiqh Astronomi Gerhan Matahari*, Tesis UIN Walisongo, Semarang: Program Pasca Sarjana UIN Walisong, th. 2012
- Qamaruzzaman, “*Gerhana dalam Perspektif Islam dan Astronomi*”. Jurnal Empirisma, Vol. 25, No. 2, Juli, 2016.
- Rinto Anugraha, *Gerhana Matahari 9 Maret 2016 dan Perhitungannya dengan Algoritma Jean Meeus*, Seminar Nasional Gerhana Matahari 2016 Milik Indonesia, Jawa Tengah 2016.
- Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, (Yogyakarta: Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada), 2012.
- Saiful Mujab, “*Gerhana; antara Mitos, Sains, dan Islam*”. YUDISIA:Jurnal pemikiran Hukum dan Hukum Islam, Vol. 5, No. 1. Jurusan Syariah STAIN Kudus, Juni, 2014.
- Siti Lailatul Mukarromah, “*Perhitungan Gerhana Matahari dengan Algoritma NASA*”. Jurnal Studi dan Penelitian Hukum Islam, Volume 2, Nomor 2, Bulan April, Tahun 2019.
- Sukma Perdana Prasetya, *Gerhana*. Jurnal Pendidikan Geografi FIS Universitas Negeri Surabaya. Lihat; <http://geo.fish.unesa.ac.id>.
- Suiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*. Pusataka Pelajar: Yogyakarta, 2012.



Perpustakaan UIN Mataram

Lampiran 1: Hasil perhitungan gerhana Bulan 26 mei 2021 menggunakan Algoritma Jean Meeus dalam Program Exel.

INPUT

Masukkan perkiraan tanggal, bulan dan tahun =	26	5	2021
Perkiraan nilai k =	264.509		
Nilai k untuk mengecek gerhana matahari =	265		
Nilai k untuk mengecek gerhana bulan =	264.5		
Masukkan nilai k (bulat atau bulat + 0.5) =	264.5		
Cek jenis gerhana =	CEK GERHANA BULAN		

HASIL

Gerhana Bulan				
Tipe Gerhana Bulan =	GERHANA BULAN TOTAL			
Awal fase penumbra (P1) pada tanggal	26 Mei 2021	pukul	8:48:10	UT
Awal fase umbra (U1) pada tanggal	26 Mei 2021	pukul	9:45:19	UT
Awal fase total (U2) pada tanggal	26 Mei 2021	pukul	11:12:52	UT
Gerhana bulan maksimum pada tanggal	26 Mei 2021	pukul	11:18:30	UT
Akhir fase total (U3) pada tanggal	26 Mei 2021	pukul	11:24:08	UT
Akhir fase umbra (U4) pada tanggal	26 Mei 2021	pukul	12:51:41	UT
Akhir fase penumbra (P4) pada tanggal	26 Mei 2021	pukul	13:48:50	UT
Magnitude Gerhana Penumbra =	1.9506			
Magnitude Gerhana Umbra =	1.0058			

DETIL PERHITUNGAN

Delta_T = TD - UT =	72.4	detik		
T =	0.2138496988			
E =	0.999461616			
Argumen Lintang bulan (F) =	173.05870	derajat =	3.020444	radian
Anomali rata-rata matahari (M) =	140.92024	derajat =	2.459522	radian
Anomali rata-rata bulan (M') =	10.14417	derajat =	0.177049	radian
Bujur titik naik bulan (Omega) =	71.16129	derajat =	1.241999	radian
F1 =	173.033477605937	derajat =	3.020004	radian
A1 =	328.17900	derajat =	5.727804	radian
P =	0.113751027	derajat =	0.001985	radian
Q =	4.90266	derajat =	0.085568	radian
W =	0.9926171898			
Gamma =	0.479435			
u =	-0.014771877			

Detil perhitungan gerhana bulan

Cek Gerhana Bulan (Ya/Tidak) =	YA			
Radius penumbra =	1.2700			
Radius umbra =	0.7551			
Magnitude Gerhana Penumbra =	1.9506			
Magnitude Gerhana Umbra =	1.0058			
H_Penumbra =	1.5425			
P_Umbra =	1.0276			
T_Umbra =	0.4826			
n_Umbra =	0.5852			
Semi Durasi Fase Penumbra =	150.33	menit		
Semi durasi Fase Parsial =	93.19	menit		
Semi durasi Fase Total =	5.63	menit		
Tipe Gerhana Bulan =	GERHANA BULAN TOTAL			
JDE belum terkoreksi =	2459360.938408			
Koreksi JDE =	0.033611			
JDE terkoreksi =	2459360.972019			
JD terkoreksi =	2459360.971181			
JD awal fase penumbra (P1) =	2459360.866787	=	Tanggal	Waktu
JD awal fase umbra (U1) =	2459360.906466	=	26 Mei 2021	8:48:10 UT
JD awal fase total (U2) =	2459360.967269	=	26 Mei 2021	9:45:19 UT
JD gerhana maksimum =	2459360.971181	=	26 Mei 2021	11:12:52 UT
JD akhir fase total (U3) =	2459360.975093	=	26 Mei 2021	11:18:30 UT
JD akhir fase umbra (U4) =	2459361.035896	=	26 Mei 2021	11:24:08 UT
JD akhir fase penumbra (P4) =	2459361.075575	=	26 Mei 2021	12:51:41 UT
				13:48:50 UT

Lampiran 2: Hasil perhitungan gerhana Bulan 19 November 2021 menggunakan Algoritma Jean Meeus dalam Program Exel.

INPUT

Masukkan perkiraan tanggal, bulan dan tahun =	19	11	2021
Perkiraan nilai k =	270.456		
Nilai k untuk mengecek gerhana matahari =	270		
Nilai k untuk mengecek gerhana bulan =	270.5		
Masukkan nilai k (bulat atau bulat + 0.5) =	270.5		
Cek jenis gerhana =	CEK GERHANA BULAN		

HASIL

Gerhana Bulan

Tipe Gerhana Bulan =	GERHANA BULAN PARSIAL			
Awal fase penumbra (P1) pada tanggal	19 November 2021	pukul	6:04:01	UT
Awal fase umbra (U1) pada tanggal	19 November 2021	pukul	7:20:13	UT
Awal fase total (U2) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA	UT
Gerhana bulan maksimum pada tanggal	19 November 2021	pukul	9:03:35	UT
Akhir fase total (U3) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA	UT
Akhir fase umbra (U4) pada tanggal	19 November 2021	pukul	10:46:58	UT
Akhir fase penumbra (P4) pada tanggal	19 November 2021	pukul	12:03:09	UT
Magnitude Gerhana Penumbra =	2.0716			
Magnitude Gerhana Umbra =	0.9721			

DETIL PERHITUNGAN

Delta_T = TD - UT =	72.6	detik		
T =	0.2187007317			
E =	0.999449395			
Argumen Lintang bulan (F) =	357.08171	derajat =	6.232252	radian
Anomali rata-rata matahari (M) =	315.55238	derajat =	5.507428	radian
Anomali rata-rata bulan (M') =	165.04581	derajat =	2.880593	radian
Bujur titik naik bulan (Omega) =	61.77876	derajat =	1.078243	radian
F1 =	357.058230945183	derajat =	6.231842	radian
A1 =	328.82343	derajat =	5.739051	radian
P =	-0.173957360	derajat =	-0.003036	radian
Q =	5.53553	derajat =	0.096613	radian
W =	0.9986822092			
Gamma =	-0.455622			
u =	0.027366797			

Detil perhitungan gerhana bulan

Cek Gerhana Bulan (Ya/Tidak) =	YA			
Radius penumbra =	1.3122			
Radius umbra =	0.7129			
Magnitude Gerhana Penumbra =	2.0716			
Magnitude Gerhana Umbra =	0.9721			
H_Penumbra =	1.5847			
P_Umbra =	0.9854			
T_Umbra =	0.4404			
n_Umbra =	0.5072			
Semi Durasi Fase Penumbra =	179.56	menit		
Semi durasi Fase Parsial =	103.37	menit		
Semi durasi Fase Total =	TIDAK ADA	menit		
Tipe Gerhana Bulan =	GERHANA BULAN PARSIAL			
JDE belum terkoreksi =	2459538.121941			
Koreksi JDE =	-0.243611			
JDE terkoreksi =	2459537.878330			
JD terkoreksi =	2459537.877490			
JD awal fase penumbra (P1) =	2459537.752795	=	Tanggal	Waktu
JD awal fase umbra (U1) =	2459537.805702	=	19 November 2021	6:04:01 UT
JD awal fase total (U2) =	TIDAK ADA	=	19 November 2021	7:20:13 UT
JD gerhana maksimum =	2459537.877490	=	TIDAK ADA	TIDAK ADA UT
JD akhir fase total (U3) =	TIDAK ADA	=	19 November 2021	9:03:35 UT
JD akhir fase umbra (U4) =	2459537.949277	=	TIDAK ADA	TIDAK ADA UT
JD akhir fase penumbra (P4) =	2459538.002185	=	19 November 2021	10:46:58 UT
			19 November 2021	12:03:09 UT

Lampiran 3: Hasil perhitungan gerhana Matahari 10 Juni 2021 menggunakan Algoritma Jean Meeus dalam Program Exel.

INPUT

Masukkan perkiraan tanggal, bulan dan tahun =	10	6	2021
Perkiraan nilai k =	264.998		
Nilai k untuk mengecek gerhana matahari =	265		
Nilai k untuk mengecek gerhana bulan =	264.5		
Masukkan nilai k (bulat atau bulat + 0.5) =	265		
Cek jenis gerhana =	CEK GERHANA MATAHARI		

HASIL

Gerhana Matahari

Tipe Gerhana (Sentral/Tidak Sentral/Tidak Ada) =	GERHANA SENTRAL		
Tipe Gerhana (Total/Cincin/Parsial) =	GERHANA CINCIN		
Gerhana matahari maksimum pada tanggal	10 Juni 2021	pukul	10:42:04 UT

DETIL PERHITUNGAN

Delta_T = TD - UT =	72.4	detik		
T =	0.2142539516			
E =	0.999460597			
Argumen Lintang bulan (F) =	8.39395	derajat =	0.146502	radian
Anomali rata-rata matahari (M) =	155.47292	derajat =	2.713514	radian
Anomali rata-rata bulan (M') =	203.05264	derajat =	3.543937	radian
Bujur titik naik bulan (Omega) =	70.37941	derajat =	1.228352	radian
F1 =	8.368848470505	derajat =	0.146064	radian
A1 =	328.23270	derajat =	5.728741	radian
P =	0.116310697	derajat =	0.002030	radian
Q =	5.52670	derajat =	0.096459	radian
W =	0.9893516116			
Gamma =	0.915090			
u =	0.018241754			

Detil perhitungan Gerhana Matahari

Cek Gerhana Matahari?	YA			
Absolut Gamma =	0.91509011134			
0.9972+ ABS(u) =	1.01544175			
1.5433 + u =	1.5615417543			
Tipe Gerhana (Sentral/Tidak Sentral/Tidak Ada) =	GERHANA SENTRAL			
Tipe Gerhana (Total/Cincin/Parsial) =	GERHANA CINCIN			
JDE belum terkoreksi =	2459375.703702			
Koreksi JDE =	0.2430174685			
JDE terkoreksi =	2459375.94671965	Tanggal	10 Juni 2021	Waktu
JD terkoreksi untuk gerhana maksimum =	2459375.945881820	=		10:42:04 UT

INPUT

Waktu (WIB) =	Jam	Menit	Detik	WIB
	17	42	4	
Waktu (UT) =	10	42	4	UT
Delta T (detik) =			72.4	detik
Waktu (TD) =	10.72122222			TD
Waktu referensi (T0) =	11			TD
t =	-0.27877778			jam

Elemen Bessel	X	Y	d	M	L1	L2	tan f
0	-0.018644	0.925935	23.04229	345.12692	0.564373	0.018158	
1	0.5012289	0.0887765	0.002841	14.999199	-0.0000551	-0.0000548	0.004606
2	0.0000342	-0.0001797	-0.000005		-0.0000098	-0.0000097	0.004583
3	-0.00000571	-0.00000113					

Hasil**B =**

0.39771

Lintang geografis lokasi =

POSITIF 80:53:43 derajat

Bujur geografis lokasi =

NEGATIF 66:38:42 derajat

Altitude matahari =

POSITIF 23:22:01 derajat = 23.36699 derajat

Azimuth matahari =

90:05:18 derajat = 90.08846 derajat

Lebar lintasan =

522.8 km

Durasi gerhana total di lokasi =

3 menit dan 51.4 detik

Awal gerhana di lokasi = pukul

17:40:08 (WIB)

Akhir gerhana di lokasi = pukul

17:44:00 (WIB)

Jenis Gerhana =

CINCIN

Sudut radius bulan/matahari =

0.94351

Detail perhitungan

X =	-0.158372697					
Y =	0.901172143					
Deklinasi (d) =	23.0414976	derajat =	0.40215	radian		
M =	340.9454766	derajat				
L2 =	0.018172523					
X' =	0.5012085					
Y' =	0.088876429					
w =	1.002846537					
p =	0.261785408					
b =	0.105103646					
c =	0.593544591					
y1 =	0.903737363					
b1 =	0.392511848					
b2 =	0.919746951					
B =	0.397714555					
Hour Angle (H) =	-1.501016905	radian =	-86.001934	derajat		
fail =	1.411362706	radian =	80.865126	derajat		
TAN(Lintang) =	6.239889131					
Lintang =	1.411888289	radian =	80.89524	derajat =	POSITIF	80:53:43 derajat
Bujur =	-426.644918	derajat =	-66.644918	derajat =	NEGATIF	66:38:42 derajat
L2' =	0.016349797					
a =	0.49773492					
n =	0.508710946					
Durasi =	231.4	detik =	3	menit dan	51.4	detik
Jenis Gerhana =	CINCIN					
SIN(h) =	0.396619122					
Altitude =	0.407830962	radian =	23.366993	derajat =	POSITIF	23:22:01 derajat
Azimuth =	90.08845701	derajat =				90:05:18 derajat
K =	0.398939096					
Lebar lintasan =	522.8	km				
L1' =	0.562555726					
Sudut radius bulan/matahari =	0.943514799					
Awal gerhana di lokasi = pukul	17:40:08	WIB				
Akhir gerhana di lokasi = pukul	17:44:00	WIB				

Lampiran 4: Hasil perhitungan gerhana Matahari 4 Desember 2021 menggunakan Algoritma Jean Meeus dalam Program Exel.

INPUT

Masukkan perkiraan tanggal, bulan dan tahun =	4	12	2021
Perkiraan nilai k =	270.979		
Nilai k untuk mengecek gerhana matahari =	271		
Nilai k untuk mengecek gerhana bulan =	270.5		
Masukkan nilai k (bulat atau bulat + 0.5) =	271		
Cek jenis gerhana =	CEK GERHANA MATAHARI		

HASIL

Gerhana Matahari

Tipe Gerhana (Sentral/Tidak Sentral/Tidak Ada) =	GERHANA SENTRAL		
Tipe Gerhana (Total/Cincin/Parsial) =	GERHANA TOTAL		
Gerhana matahari maksimum pada tanggal	04 Desember 2021	pukul	7:33:55 UT

DETIL PERHITUNGAN

Delta_T = TD - UT =	72.7	detik		
T =	0.2191049844			
E =	0.999448377			
Argumen Lintang bulan (F) =	192.41696	derajat =	3.358310	radian
Anomali rata-rata matahari (M) =	330.10506	derajat =	5.761420	radian
Anomali rata-rata bulan (M') =	357.95428	derajat =	6.247481	radian
Bujur titik naik bulan (Omega) =	60.99688	derajat =	1.064596	radian
F1 =	192.393656180737	derajat =	3.357903	radian
A1 =	328.87713	derajat =	5.739989	radian
P =	-0.092680236	derajat =	-0.001618	radian
Q =	4.88639	derajat =	0.085284	radian
W =	0.9766960480			
Gamma =	-0.953740			
u =	-0.008327756			

Detil perhitungan Gerhana Matahari

Cek Gerhana Matahari?	YA		
Absolut Gamma =	0.95373969929		
$0.9972 + \text{ABS}(u) =$	1.00552776		
$1.5433 + u =$	1.5349722438		
Tipe Gerhana (Sentral/Tidak Sentral/Tidak Ada) =	GERHANA SENTRAL		
Tipe Gerhana (Total/Cincin/Parsial) =	GERHANA TOTAL		
JDE belum terkoreksi =	2459552.887236		
Koreksi JDE =	-0.0711774626		
JDE terkoreksi =	2459552.81605812		
JD terkoreksi untuk gerhana maksimum =	2459552.815217120	=	Tanggal Waktu
			04 Desember 2021 7:33:55 UT

	Jam	Menit	Detik	
Waktu (WIB) =	14	33	55	WIB
Waktu (UT) =	7	33	55	UT
Delta T (detik) =			72.7	detik
Waktu (TD) =	7.585472222			TD
Waktu referensi (T0) =	8			TD
t =	-0.414527778			jam

Elemen Bessel	X	Y	d	M	L1	L2	tan f
0	0.025243	-0.983838	-22.27472	302.45219	0.537798	-0.008285	
1	0.5683028	-0.1315142	-0.005178	14.997279	-0.000016	-0.000016	0.0047434
2	0.0000391	0.0002213	0.000006				
3	-0.00000966	0.0000024					

Hasil

B =	0.29532	
Lintang geografis lokasi =	NEGATIF 77:00:54	derajat
Bujur geografis lokasi =	NEGATIF 47:00:52	derajat
Altitude matahari =	POSITIF 17:07:44	derajat = 17.12901 derajat
Azimuth matahari =	115:22:29	derajat = 115.37478 derajat
Lebar lintasan =	415.8	km
Durasi gerhana total di lokasi =	1	menit dan 54.5 detik
Awal gerhana di lokasi = pukul	14:32:58	(WIB)
Akhir gerhana di lokasi = pukul	14:34:52	(WIB)
Jenis Gerhana =	TOTAL	
Sudut radius bulan/matahari =	1.03673	

Detil perhitungan						
X =	-0.158372697					
Y =	0.901172143					
Deklinasi (d) =	23.0414976	derajat =	0.40215	radian		
M =	340.9454766	derajat				
L2 =	0.018172523					
X' =	0.5012085					
Y' =	0.088876429					
w =	1.002846537					
p =	0.261785408					
b =	0.105103646					
c =	0.593544591					
y1 =	0.903737363					
b1 =	0.392511848					
b2 =	0.919746951					
B =	0.397714555					
Hour Angle (H) =	-1.501016905	radian =	-86.001934	derajat		
fail =	1.411362706	radian =	80.865126	derajat		
TAN(Lintang) =	6.239889131					
Lintang =	1.411888289	radian =	80.89524	derajat =	POSITIF 80:53:43	derajat
Bujur =	-426.644918	derajat =	-66.644918	derajat =	NEGATIF 66:38:42	derajat
L2' =	0.016349797					
a =	0.49773492					
n =	0.508710946					
Durasi =	231.4	detik =	3	menit dan	51.4	detik
Jenis Gerhana =	CINCIN					
SIN(h) =	0.396619122					
Altitude =	0.407830962	radian =	23.366993	derajat =	POSITIF 23:22:01	derajat
Azimuth =	90.08845701	derajat =			90:05:18	derajat
K =	0.398939096					
Lebar lintasan =	522.8	km				
L1' =	0.562555726					
Sudut radius bulan/matahari =	0.943514799					
Awal gerhana di lokasi = pukul	17:40:08	WIB				
Akhir gerhana di lokasi = pukul	17:44:00	WIB				

Lampiran 5: data perhitungan gerhana NASA 26 Mei 2021

Total Lunar Eclipse of 2021 May 26

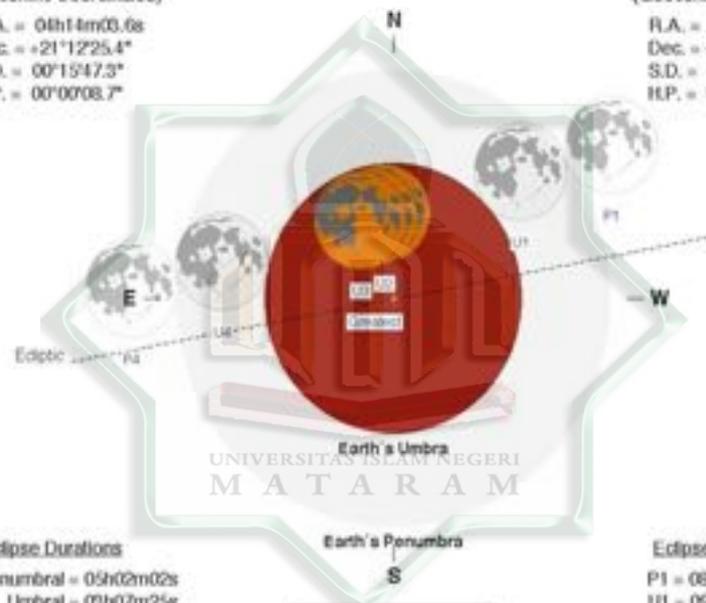
Ecliptic Conjunction = 11:15:02.4 TD (= 11:13:50.1 UT)
 Greatest Eclipse = 11:19:52.7 TD (= 11:18:40.3 UT)

Penumbral Magnitude = 1.9510 P. Radius = 1.2901" Gamma = 0.4774
 Umbral Magnitude = 1.0095 U. Radius = 0.7719" Axis = 0.4890"

Saros Series = 121 Member = 56 of 84

Sun at Greatest Eclipse
 (Geocentric Coordinates)
 R.A. = 08h14m03.6s
 Dec. = +21°12'25.4"
 S.D. = 00°15'47.3"
 H.P. = 00°00'08.7"

Moon at Greatest Eclipse
 (Geocentric Coordinates)
 R.A. = 16h14m37.8s
 Dec. = -20°44'14.9"
 S.D. = 00°16'42.9"
 H.P. = 01°01'20.5"



Eclipse Durations

Penumbral = 05h02m02s
 Umbral = 03h07m25s
 Total = 08h14m30s
 ΔT = -72 s
 Rule = CdT (Danjon)
 Eph. = VSOP87/ELP2000-85

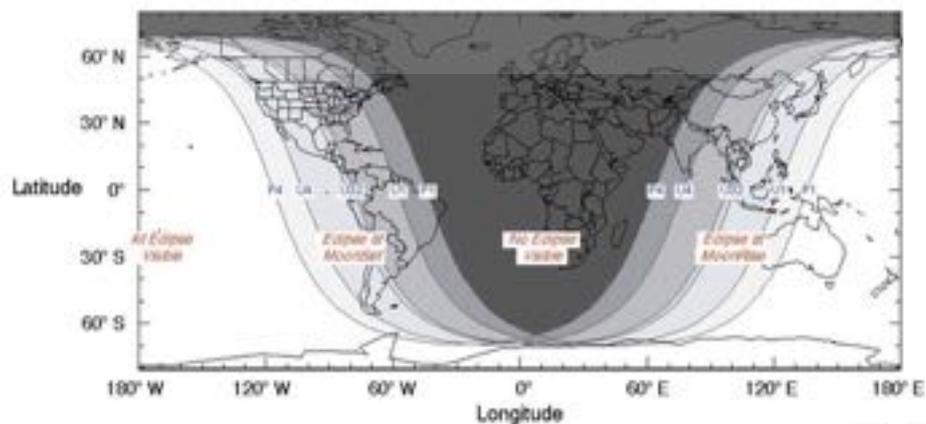
Earth's Penumbra



F. Espenak; NASA's GSFC
 eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse.html

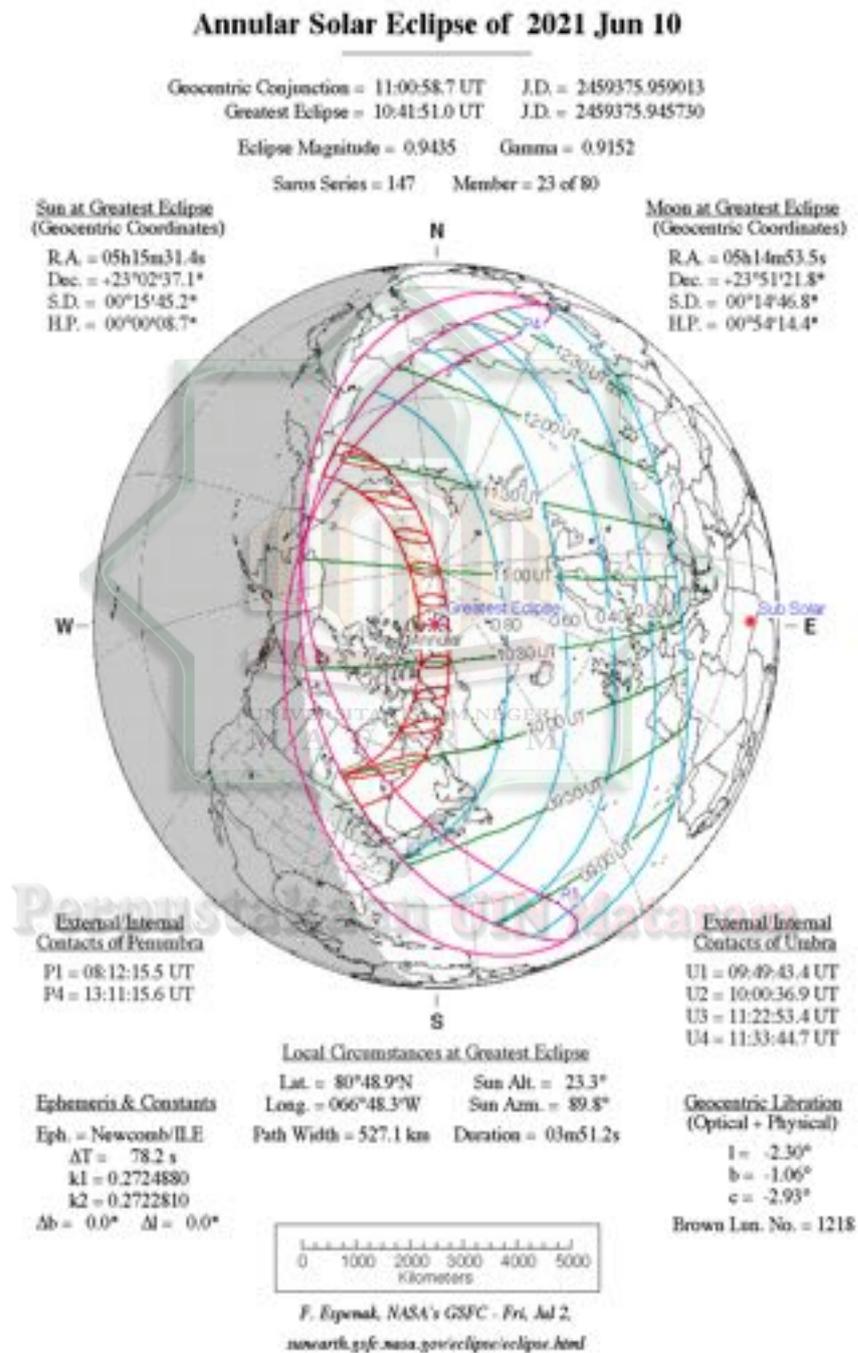
Eclipse Contacts

P1 = 08:47:39 UT
 U1 = 09:44:57 UT
 U2 = 11:11:25 UT
 U3 = 11:25:55 UT
 U4 = 12:52:22 UT
 P4 = 13:49:41 UT



2020 Apr 29

Lampiran 6: data perhitungan gerhana NASA 10 Juni 2021



Lampiran 7: data perhitungan gerhana 19 November 2021

Partial Lunar Eclipse of 2021 Nov 19

Ecliptic Conjunction = 08:58:37.0 TD (= 08:57:24.4 UT)
 Greatest Eclipse = 09:04:05.7 TD (= 09:02:53.1 UT)

Penumbra Magnitude = 2.0720 P. Radius = 1.1829° Gamma = -0.4552
 Umbra Magnitude = 0.9742 U. Radius = 0.6434° Axis = 0.4104°

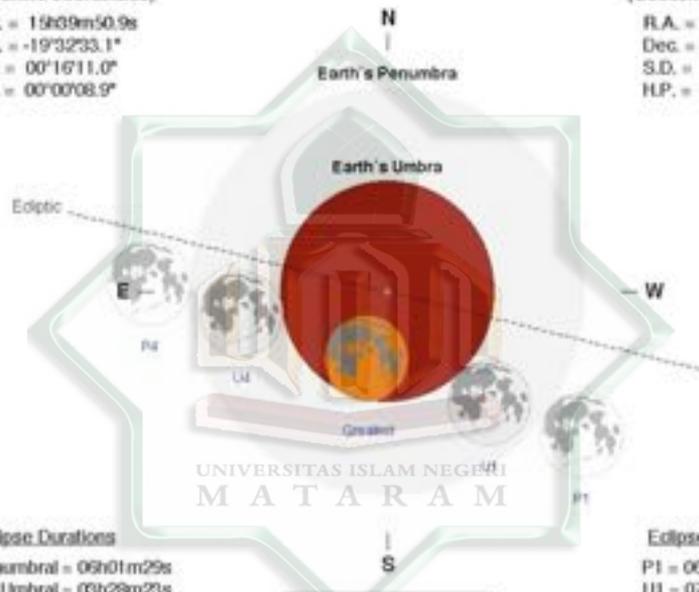
Saros Series = 126 Member = 46 of 72

Sun at Greatest Eclipse
 (Geocentric Coordinates)

R.A. = 15h09m50.9s
 Dec. = -19°32'33.1"
 S.D. = 00°16'11.0"
 H.P. = 00°00'08.9"

Moon at Greatest Eclipse
 (Geocentric Coordinates)

R.A. = 03h40m24.8s
 Dec. = +19°09'15.5"
 S.D. = 00°14'44.5"
 H.P. = 00°54'06.1"

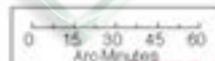


Eclipse Durations

Penumbral = 03h01m29s
 Umbra = 03h28m23s

Eclipse Contacts

P1 = 06:02:09 UT
 U1 = 07:18:41 UT
 U4 = 10:47:04 UT
 P4 = 12:00:38 UT

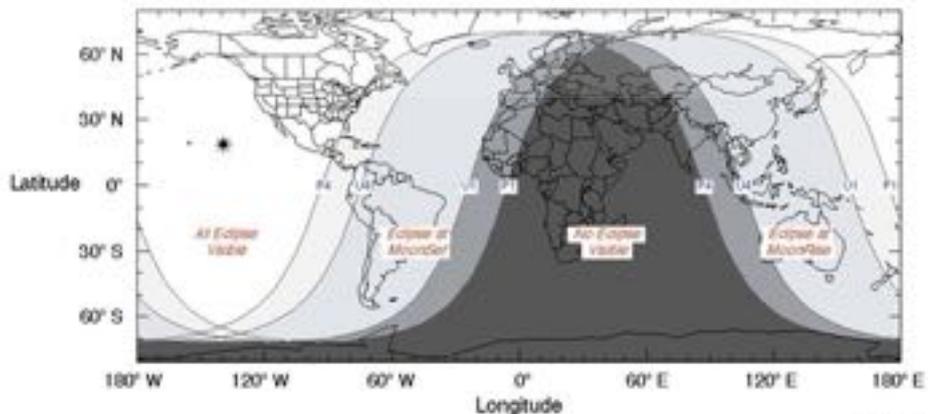


$\Delta T = 73$ s

Rule = CoT (Danjon)

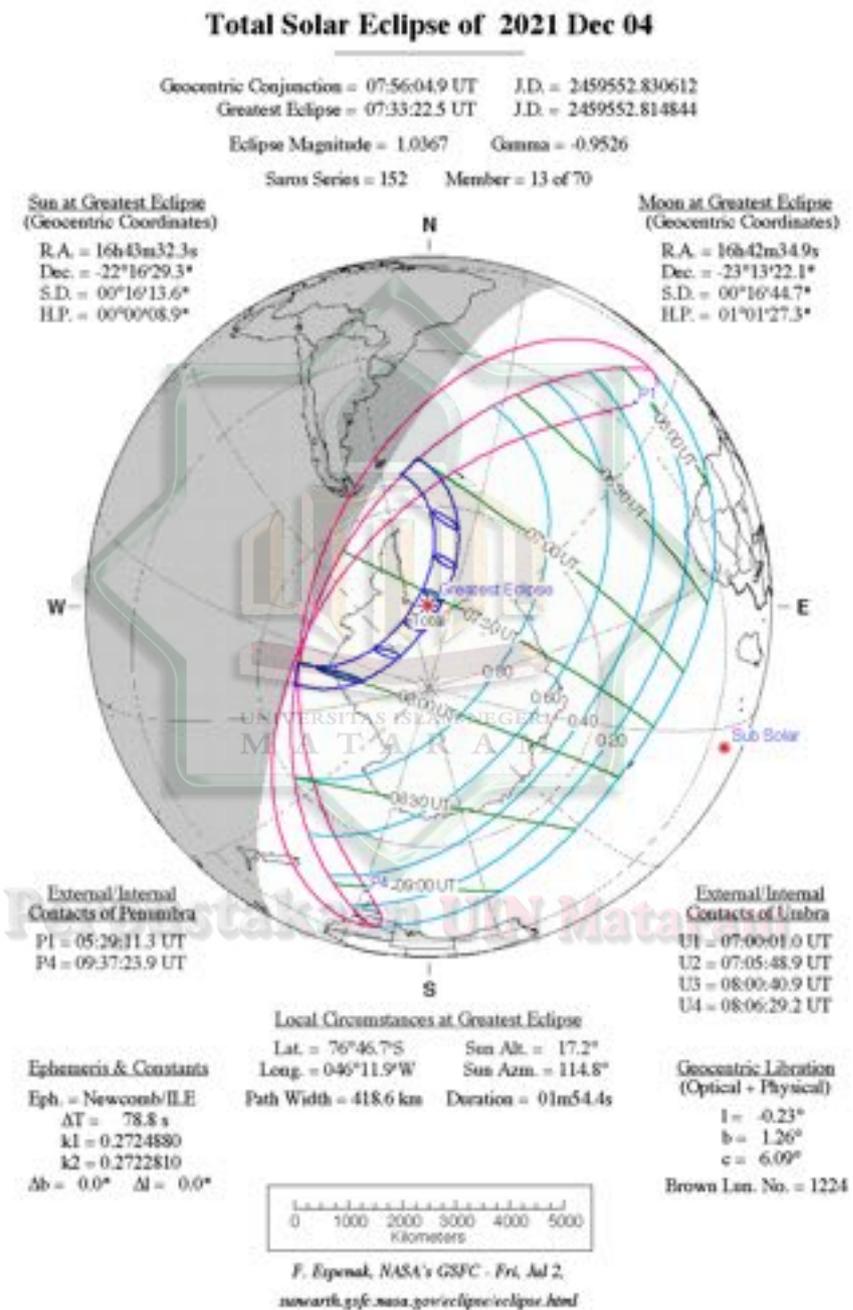
Eph. = VSOP87/ELP2000-85

J. Espenak, NASA's GSFC
eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse.html



2020 Apr 29

Lampiran 8: data perhitungan gerhana 4 Desember 2021





KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
 UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MATARAM
 FAKULTAS SYARIAH
 Jalan Pendidikan No. 35 Telp. (0370) 621298 - 625337 - Fax. 625337
 Mataram, Nusa Tenggara Barat

KARTU KONSULTASI

Nama : Baiq Anggi Andini
 NIM : 170204022
 Pembimbing I : Dr. Arino Bemi Sado, S.Ag., M.H.
 Judul Skripsi : Implementasi Algoritma Jean Meeus dalam Penentuan Gerhana Bulan dan Matahari.

No	Tanggal	Materi konsultasi	Catatan Saran Perbaikan	Tanda Tangan
1.	14/2021 /C	Draft Skripsi	- Abstrak penulisan Arab & latin - Formulasi Masalah - Metode penelitian	
2.	15/2021 /C	Draft Skripsi	- Pada bab 2, di perbaiki - Formulasi di abstrak lebih jelas - Footnote lebih format penelitian	
3.	21/2021 /C	Draft Skripsi	- Judul bab 2, dirumuskan - Pada bab 2, lebih komprehensif dan - lebih primer - Simbol rumus lebih penjabaran	
4.	24/2021 /C	Draft Skripsi	- Analisis perbandingan di bab 3 - Sub A & B, ditambahkan rumus 2 - dalam bab 4, lebih 4 Matahari	
5.			- Kesimpulan lebih sesuai dengan rumusan masalah	
6.	30/2021 /C	Draft Skripsi	Acc	

Mataram, 30 Juni 2021

Mengetahui
 Dekan Fakultas Syariah

Dr. H. Musawar, M. Ag.
 NIP. 196912311998031008

Pembimbing I

Dr. Arino Bemi Sado, S. Ag., M. H.
 NIP. 197505042009011012



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
 UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MATARAM
 FAKULTAS SYARIAH
 Jalan Pendidikan No. 35 Telp. (0370) 621298 - 625337 - Fax. 625337
 Mataram, Nusa Tenggara Barat

KARTU KONSULTASI

Nama : Baiq Anggi Andini
 Nim : 170204022
 Pembimbing II : Siti Rabi'atul Adawiyah, M.Si
 Judul Skripsi : Implementasi Algoritma Jeas Meas dalam Penentuan Gerhana Bulan dan Matahari.

No	Tanggal	Materi konsultasi	Catatan Saran Perbaikan	Tanda Tangan
1.	29/06/2021	skripsi	- Sistematisa penulisan harus sesuai dengan pedoman - Abstrak	Adini
2.			- Sistematisa penulisan pada bab ii - Numbering pada bab ii - Kesimpulan	
3.	30/06/2021	Skripsi	UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ACC SKRIPSI BAB I - IV	Adini
4.				
5.				
6.				

Mataram, 30 Juni 2021

Mengetahui
 Dekan Fakultas Syariah

Dr. H. Muzawar, M. Ag.
 NIP.196712311998031008

Pembimbing II

Siti Rabi'atul Adawiyah, M.Si.
 NIDN. 2001059101



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MATARAM
UPT PERPUSTAKAAN

Jl. Pendidikan No. 35 Tlp. (0370) 621298-625337-634490 Fax. (0370) 625337

SURAT KETERANGAN

No. :1190/Un.12/Perpustakaan/07/2021

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : Baiq Anggi Andani
Nim : 170204022
Jurusan : Ilmu Falak
Fakultas : FS

Telah melakukan pengecekan tingkat similiarity dengan menggunakan software Turnitin plagiarism checker. Hasil pengecekan menunjukkan tingkat similiarit 21% Skripsi yang bersangkutan dinyatakan layak untuk diuji.

Demikian surat keterangan untuk dipergunakan sebagaimana semestinya.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
M A T A R A M Mataram, 03 Juli 2021

Kepala UPT Perpustakaan



Wiraeni, S.IPI

NIP. 197706182005012003

Perpustakaan UIN Mataram



Digital Receipt

This receipt acknowledges that Turnitin received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: **Baiq Anggi Andini 170204022**
Assignment title: **Ilmu Falaq**
Submission title: **Baiq Anggi Andini 170204022**
File name: **ANGGI_SKRIPSI.docx**
File size: **1.28M**
Page count: **106**
Word count: **13,752**
Character count: **92,142**
Submission date: **02-Jul-2021 08:40AM (UTC+0800)**
Submission ID: **1614740541**



UNIVERSITAS SUNAN NEGERI
MATARAM

Perpustakaan SUN Mataram

Baiq Anggi Andini170204022

ORIGINALITY REPORT

21 %	21 %	0 %	0 %
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	eprints.walisongo.ac.id Internet Source	10 %
2	digilib.uinsby.ac.id Internet Source	7 %
3	pt.scribd.com Internet Source	2 %
4	gubukfalak.blogspot.com Internet Source	2 %

Exclude quotes OnExclude bibliography On

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI

M A T A R A M

Exclude matches < 2%

Perpustakaan UIN Mataram



**KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MATARAM
UPT PUSAT PERPUSTAKAAN**

Jl. Pendidikan No. 35 Tlp. (0370) 621298-625337-634490 Fax. (0370) 625337
Mataram – Nusa Tenggara Barat

**SURAT KETERANGAN BEBAS PINJAM
NO. 1273/M.03.02/2021**

Kepala Perpustakaan Universitas Islam Negeri (UIN) Mataram menerangkan
bahwa :

NAMA : BAIQ ANGGI ANDINI
NIM : 170204022
FAK/JUR : FS/ILMU FALAK

Mahasiswa/Mahasiswi yang tersebut namanya di atas ketika surat ini dikeluarkan,
sudah tidak mempunyai pinjaman, utang denda ataupun masalah lainnya di Perpustakaan
Universitas Islam Negeri (UIN) Mataram. R A M
Surat keterangan ini diberikan untuk keperluan daftar ujian skripsi.

Perpustakaan UIN Mataram

Mataram, 6 Juli 2021
Atas Kepala Perpustakaan,



SUAEB, S. Adm.
NIP.196812312003121004

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

➤ Identitas Diri

- Nama : Baiq Anggi Andini
- Tempat/Tanggal Lahir : Praya, 23 Agustus 1999
- Jenis Kelamin : Perempuan
- Agama : Islam
- Status : Belum Menikah
- Alamat : Bogak, Kel. Tiwugalih, Kec. Praya, Lombok Tengah
- No Handphone : +62 087758476884
- Email : baiqanggiandini@gmail.com

➤ Riwayat Pendidikan

- SDN 22 Praya (2006 – 2011)
- SMPN 1 Praya (2012 – 2014)
- SMAN 2 Praya (2015 – 2017)

Perpustakaan UIN Mataram