

**STUDI KOMPARATIF HISAB GERHANA
BULAN DALAM KITAB *AL-DURR AL-ANĪQ*
DENGAN *ASTRONOMICAL ALGORITHM*
JEAN MEEUS VERSI RINTO ANUGRAHA
SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Tugas dan Melengkapi Syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu (S.1)



Disusun Oleh:

M. Kautsar Reyhan

1702046048

**PRODI ILMU FALAK
FAKULTAS SYARI'AH DAN HUKUM
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2021**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Dr. KH. Ahmad Izzudin, M.Ag.
Jalan Bukit Beringin Lestari Barat, Kav. B 54, Ngaliyan Kota
Semarang

NOTA PERSETUJUAN PEMBIMBING

Lamp : 4 (empat) eksemplar

Hal : Naskah Skripsi

An. Sdr M. Kautsar Reyhan

Kepada Yth.

Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum

Assalamu'alaikum wr. wb

Setelah saya meneliti dan mengadakan perbaikan
seperlunya, bersama ini saya kirimkan naskah
skripsi saudara :

Nama : M. Kautsar Reyhan

NIM : 1702046048

Jurusan : Ilmu Falak

Judul Skripsi : STUDI KOMPARATIF
HISAB GERHANA BULAN
DALAM KITAB *AL-DURR*
AL-AN'Q DENGAN
ASTRONOMICAL
ALGORITHM JEAN
MEEUS.

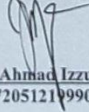
Dengan ini saya mohon kiranya skripsi saudara
tersebut dapat segera dimunaqsyahkan.

Demikian harap menjadikan maklum

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Semarang, 6 Oktober 2021

Pembimbing I



Dr. KH. Ahmad Izzudin, M.Ag.
NIP. 197205121999031003

Moh. Khasan, M. Ag.

Jalan Bukit Tunggul III c II A/S Permata Puri, Ngaliyan Kota
Semarang

NOTA PERSETUJUAN PEMBIMBING

Lamp : 4 (empat) eksemplar

Hal : Naskah Skripsi

An. Sdr M. Kautsar Reyhan

Kepada Yth.

Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum

Assalamu'alaikum wr. wb

Setelah saya meneliti dan mengadakan perbaikan
seperlunya, bersama ini saya kirimkan naskah
skripsi saudara :

Nama : M. Kautsar Reyhan

NIM : 1702046048

Jurusan : Ilmu Falak

Judul Skripsi : **STUDI KOMPARATIF
HISAB GERHANA BULAN
DALAM KITAB *AL-DURR
AL-ANIQ* DENGAN
ASTRONOMICAL
ALGORITHM JEAN
MEEUS.**

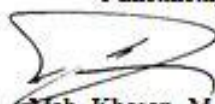
Dengan ini saya mohon kiranya skripsi saudara
tersebut dapat segera dimunaqosyahkan.

Demikian harap menjadikan maklum

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Semarang, 2 Agustus 2021

Pembimbing II



Moh. Khasan, M.Ag.

NIP. 197412122003121004

PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) WALISONGO
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM

Jalan : Jl. Prof. DR. HAMKA Kampus III Ngaliyan Telp. Fax. (024) 7601291, 7624691 Semarang 50185

SURAT KETERANGAN PENGESAHAN SKRIPSI

Nomor : B-5028/Un.10.1/D.1/PP.00.9/11/2021

Pimpinan Fakultas Syariah dan Hukum Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang menerangkan bahwa skripsi Saudara,

Nama : M. Kautsar Reyhan
NIM : 1702046048
Program studi : Ilmu Falak
Judul : Studi Komparatif Hisab Gerhana Bulan Ddalam Kitab *Al-Durr Al-Aniq* dengan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus

Pembimbing I : Dr. H. Ahmad Izzuddin, M. Ag.
Pembimbing II : Moh. Khasan, M. Ag.

Telah dimunaqasahkan pada tanggal 21 Oktober 2021 oleh Dewan Penguji Fakultas Syariah dan Hukum yang terdiri dari :

Penguji I / Ketua Sidang : Amir Tajrid, M. Ag.
Penguji II / Sekretaris Sidang : Moh. Khasan, M. Ag.
Penguji III : Dr. H. Akhmad Arif Junaidi, M. Ag.
Penguji IV : Ahmad Syifaul Anam, SHI., MH.

dan dinyatakan **LULUS** serta dapat diterima sebagai syarat guna memperoleh gelar Sarjana Strata I (S.1) pada Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo.

Demikian surat keterangan ini dibuat dan diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

a.n. Dekan
Wakil Dekan Bidang Akademik
Kelembagaan,



Dr. H. Ali Imron, SH., M. Ag.

Semarang, 10 Nopember 2021
Ketua Program Studi,

Moh. Khasan, M. Ag.

MOTTO

لَا الشَّمْسُ يَنْبَغِي هَآءَ أَنْ تُدْرِكَ الْقَمَرَ وَلَا اللَّيْلُ سَابِقُ النَّهَارِ ۚ وَكُلٌّ فِي فَلَكٍ

يَسْبَحُونَ ﴿٤٠﴾

“Tidaklah mungkin bagi matahari mendapatkan bulan dan malampun tidak dapat mendahului siang. dan masing-masing beredar pada garis edarnya.” (Q.S. 36 [Yaasin]: 40)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Bapak dan Ibu Tercinta

Ahmad Najib dan Widiyaningrum Dewi

Beliau berdua adalah cinta, semangat, kebahagiaan, motivasi dan alasan penulis untuk selalu berjalan tegak menatap masa depan

Mbak Tersayang

Zakiyatul 'Ulya

Dialah sosok kakak yang selalu mendukung, menyayangi dan menjadi motivasi penulis

Pembimbing Skripsi

KH. Dr. Ahmad Izzudin, M. Ag. Dan Moh. Khasan, M. Ag.

Beliau sosok yang memotivasi, membimbing dan membantu penulis dalam penulisan skripsi ini mulai dari awal sampai akhir

Dosen dan Guru

Untuk para dosen dan guru yang telah membimbing, mengajarkan segala ilmunya tanpa meminta balas jasa.

Terimakasih semoga beliau semuanya sehat selalu dan mendapatkan keberkahan atas apa yang diajarkan

Keluarga Besar Pesantren Life Skill Daarun Najaah

Keluarga tempat penulis selama di perantauan di mana disana penulis mendapatkan banyak sekali pelajaran mengenai kehidupan untuk mencapai Sukses, Sholeh, Selamat dunia & akhirat lahir batin selamanya.

DEKLARASI

DEKLARASI

Dengan penuh kejujuran dan tanggung jawab, penulis menyatakan bahwa skripsi ini tidak berisi materi yang pernah ditulis oleh orang lain atau diterbitkan. Demikian juga skripsi ini tidak berisi satu pun pikiran-pikiran orang lain, kecuali informasi yang terdapat dalam referensi yang dijadikan bahan rujukan.

Semarang, 14 Oktober 2021

Deklarator



M. Kautsar Reyhan

NIM : 1702046048

PEDOMAN TRANSLITERASI HURUF ARAB-LATIN

Pedoman Transliterasi Arab Latin yang merupakan hasil keputusan bersama (SKB) Menteri Agama dan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan R.I Nomor: 158 Tahun 1987 dan Nomor : 0543b/U/1987.

1. Konsonan

Daftar huruf bahasa Arab dan transliterasinya ke dalam huruf Latin dapat dilihat pada halaman berikut:

Arab	Nama	Huruf Latin	Nama
ا	Alif	Tidak dilambangkan	Tidak dilambangkan
ب	Ba	B	Be
ت	Ta	T	Te
ث	Şa	Ş	Es (dengan titik diatas)
ج	Jim	J	Je
ح	Ha	H	Ha (dengan titik dibawah)
خ	Kha	Kh	Ka dan ha
د	Dal	D	De
ذ	Żal	Ż	Zet (dengan titik diatas)
ر	Ra	R	Er
ز	Zai	Z	Zet
س	Sin	S	Es
ش	Syin	Sy	Es dan ye

ص	Ṣad	Ṣ	Es (dengan titik dibawah)
ض	Ḍad	Ḍ	De (dengan titik dibawah)
ط	Ṭa	Ṭ	Te (dengan titik dibawah)
ظ	Ẓa	Ẓ	Zet (dengan titik dibawah)
ع	‘Ain	‘_	Apostrof terbalik
غ	Gain	G	Ge
ف	Fa	F	Ef
ق	Qof	Q	Qi
ك	Kaf	K	Ka
ل	Lam	L	El
م	Mim	M	Em
ن	Nun	N	En
و	Wau	W	We
ه	Ha	H	Ha
ء	Hamzah	‘_’	Apostrof
ي	Ya	Y	Ye

Hamzah (ء) yang terletak di awal kata mengikuti vokalnya tanpa diberi tanda apa pun. Jika ia terletak di tengah atau di akhir, maka ditulis dengan tanda (’).

2. Vocal

Vokal bahasa Arab, seperti vokal bahasa Indonesia, terdiri atas vokal tunggal atau monoftong dan vokal

rangkap atau diftong. Vokal tunggal bahasa Arab yang lambangnya berupa tanda atau harakat, transliterasinya sebagai berikut:

Tanda	Nama	Huruf latin	Nama
أَ	Fathah	A	A
إِ	Kasrah	I	I
أُ	Dammah	U	U

Vokal rangkap bahasa Arab yang lambangnya berupa gabungan antara harakat dan huruf, transliterasinya berupa gabungan huruf, yaitu:

Tanda	Nama	Huruf Latin	Nama
أَيَّ	Fathah dan ya	Ai	A dan I
أَوَّ	Fathah dan wau	Au	A dan U

كَيْفَ : *kaifa*

هَوَّلَ : *hauila*

3. Maddah

Maddah atau vokal panjang yang lambangnya berupa harkat dan huruf, transliterasinya berupa huruf dan tanda, yaitu:

Harkat dan huruf	Nama	Huruf dan tanda	Nama
أَ... إَ... أُ...	<i>Fathah</i> dan <i>alif</i> atau ya	ā	a dan garis diatas

ي ◌	Kasrah dan ya	Ī	i dan garis atas
و ◌	<i>Ḍammah</i> dan wau	ū	U dan garis atas

Contoh

مَاتَ : *māta*

4. *Ta marbūṭah*

Transliterasi untuk *ta marbūṭah* ada dua, yaitu: *ta marbūṭah* yang hidup atau mendapat harkat fathāh, kasrah, dan ḍammah, transliterasinya adalah [t]. Sedangkan *ta marbūṭah* yang mati atau mendapat harkat sukun, transliterasinya adalah [h].

Kalau pada kata yang berakhir dengan *ta marbūṭah* diikuti oleh kata yang menggunakan kata sandang *al-* serta bacaan kedua kata itu terpisah, maka *ta marbūṭah* itu ditransliterasikan dengan ha (h). Contoh:

الْحِكْمَةُ : *al-ḥikmah*

5. *Syaddah (Tasydīd)*

Syaddah atau *Tasydīd* yang dalam sistem tulisan Arab dilambangkan dengan sebuah tanda *Tasydīd* (◌◌) dalam transliterasi ini dilambangkan dengan perulangan huruf (konsonan ganda) yang diberi tanda syaddah.

Contoh:

رَبَّنَا : *Rabbanā*

Jika huruf *ى* ber-*tasydid* di akhir sebuah kata dan didahului oleh huruf kasrah (◌ِ) maka ia ditransliterasi seperti huruf maddah (ī).

Contoh:

عَلِيّ : 'Alī (bukan 'Aliyy atau 'Aliy)

6. Kata Sandang

Kata sandang dalam sistem tulisan Arab dilambangkan dengan huruf ل (alif lam ma'arifah). Dalam pedoman transliterasi ini, kata sandang ditransliterasi seperti biasa, al-, baik ketika ia diikuti oleh huruf syamsiah maupun huruf qamariah. Kata sandang tidak mengikuti bunyi huruf langsung yang mengikutinya. Kata sandang ditulis terpisah dari kata yang mengikutinya dan dihubungkan dengan garis mendatar (-). Contohnya:

السَّمْسُ : al-syamsu (bukan asy-syamsu)

7. Hamzah

Aturan transliterasi huruf hamzah menjadi apostrof (') hanya berlaku bagi hamzah yang terletak di tengah dan akhir kata. Namun, bila hamzah terletak di awal kata, ia tidak dilambangkan, karena dalam tulisan Arab ia berupa alif. Contohnya:

تَأْمُرُونَ : ta'murūna

سَيِّئٌ : syai'un

8. Penulisan Kata Arab yang Lazim digunakan dalam Bahasa Indonesia

Kata, istilah atau kalimat Arab yang ditransliterasi adalah kata, istilah atau kalimat yang belum dibakukan dalam bahasa Indonesia. Kata, istilah atau kalimat yang sudah lazim dan menjadi bagian dari pembendaharaan bahasa Indonesia, atau sudah sering ditulis dalam tulisan bahasa Indonesia, tidak lagi ditulis menurut cara

transliterasi di atas. Misalnya kata Al-Qur'an (dari al-Qur'ān), *Sunnah*, *khusus* dan *umum*. Namun, bila kata-kata tersebut menjadi bagian dari satu rangkaian teks Arab, maka mereka harus ditransliterasi secara utuh. Contoh:

Al-Sunnah qabl al-tadwīn

9. **Lafz al jalālah** (الله)

Kata "Allah" yang didahului partikel seperti huruf *jarr* dan huruf lainnya atau berkedudukan sebagai *muḍāf ilaih* (frasa nominal), ditransliterasi tanpa huruf hamzah.

Contoh:

دِينًا لِلَّهِ : *dīnullāh*

بِاللَّهِ : *billāh*

Adapun *ta marbūṭah* di akhir kata yang disandarkan kepada lafz al jalālah, ditransliterasi dengan huruf [t].

Contoh:

هُمْفَيْرٌ رَحْمَةً لِلَّهِ : *hum fī rahmatillāh*

10. **Huruf kapital**

Walau sistem tulisan Arab tidak mengenal huruf kapital (*All Caps*), dalam transliterasinya huruf-huruf tersebut dikenai ketentuan tentang penggunaan huruf kapital berdasarkan pedoman ejaan Bahasa Indonesia yang berlaku (EYD). Huruf kapital, misalnya, digunakan untuk menuliskan huruf awal nama diri (orang, tempat, bulan) dan huruf pertama pada permulaan kalimat. Bila nama diri didahului oleh kata sandang (al-), maka yang ditulis dengan huruf kapital tetap huruf awal nama diri tersebut, bukan huruf awal kata sandangnya. Jika terletak pada awal kalimat, maka huruf A dari kata sandang tersebut

menggunakan huruf kapital (Al-). Ketentuan yang sama juga berlaku untuk huruf awal xviidari judul referensi yang didahului oleh kata sandang al-, baik ketika ia ditulis dalam teks maupun dalam catatan rujukan (CK, DP, CDK, dan DR). Contoh:

Wa mā Muḥammadun illā rasūl

ABSTRAK

Hisab gerhana bulan dilakukan untuk mengetahui kapan terjadinya gerhana bulan dengan maksud melaksanakan ibadah sunnah bagi umat islam yaitu salat gerhana. Hisab gerhana bulan dalam kajian ilmu falak diklasifikasikan dalam beberapa metode, banyak algoritma yang digunakan dalam menghitung hisab gerhana bulan, diantaranya kitab *Al-Durr Al-Anīq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus. Kitab *Al-Durr Al-Anīq* yang menggunakan pengantar bahasa arab yang biasanya digunakan di pesantren sedangkan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus yang sudah banyak pakar astronomi mengutip dan menggunakannya, keduanya sama-sama memiliki tingkat keakurasian yang tinggi. Hal ini membuat rasa keingintahuan untuk menganalisis hasil komparasi hisab gerhana bulan antara kitab *Al-Durr Al-Anīq* dengan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus.

Dari latar belakang yang telah dijelaskan, skripsi ini mengambil dua rumusan masalah. Pertama, bagaimana hisab gerhana bulan yang diterapkan kitab *Al-Durr Al-Anīq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus. Kedua, bagaimana komparasi hisab gerhana bulan dalam kitab *Al-Durr Al-Anīq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus.

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kualitatif, yang menggunakan kajian penelitian kepustakaan (*library research*) dengan mengumpulkan data-data, selanjutnya data tersebut dianalisis menggunakan analisis komparatif melalui teknik diskriptif. Dalam menganalisis hasil penulis menggunakan

Eclipse Predictions oleh NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) sebagai parameter.

Adapun hasil dari penelitian ini menemukan bahwa dalam algoritma hisab gerhana bulan di kitab *Al-Durr Al-Anīq* dan *Astronomical Algorithm* Jean meeus ada perbedaan yaitu dalam pengambilan data yang digunakan dan proses perhitungannya. Kemudian kitab *Al-Durr Al-Anīq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus sama-sama menghasilkan hasil akurasi yang baik, hal ini dibuktikan dengan parameter hasil perhitungan NASA hasilnya mendekati dengan hasil NASA. Hasil komparasi dari hisab gerhana bulan antara kitab *Al-Durr Al-Anīq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus hanya berkisar pada menit sampai detik.

Kata kunci: Kitab *Al-Durr Al-Anīq*, *Astronomical Algorithm* Jean Meeus, Hisab gerhana bulan.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Studi Komparatif Hisab Gerhana Bulan Dalam Kitab *Al-Durr Al-Anīq Dengan Astronomical Algorithm Jean Meeus Versi Rinto Anugraha***” dengan baik.

Shalawat serta salam senantiasa penulis sanjungkan kepada baginda Rasulullah SAW beserta keluarga, sahabat-sahabat dan para pengikutnya yang telah membawa cahaya Islam dan masih berkembang hingga saat ini.

Penulis menyadari bahwa terselesaikannya skripsi ini bukanlah hasil jerih payah penulis sendiri, melainkan juga terdapat usaha dan bantuan baik berupa moral maupun spritual dari berbagai pihak peada penulis. Oleh karena itu, penulis hendak sampaikan terimakasih kepada:

1. Dr. KH. Ahmad Izzudin, M. Ag., selaku pembimbing I dan juga pengasuh penulis di Pondok Pesantren Life Skill Daarun Najaah Semarang, beliau adalah motivator bagi penulis untuk segera menyelesaikan skripsi ini.
2. Moh. Khasan, M. Ag., selaku pembimbing II, yang telah membimbing, memotivasi dan membantu penulis dalam pengerjaan skripsi ini dari awal sampai akhir.
3. Kedua orang tua penulis beserta keluarga atas segala doa yang selalu dipajatkan, perhatian untuk penulis selalu, dukungan dan kasih sayang yang penulis tidak mampu ungkapkan dan rangkai dalam sebuah kata.

4. Dr. KH. Ahmad Izzudin, M. Ag., dan Hj. Aisah Andayani S. Ag., selaku pengasuh Pondok Pesantren Life Skill Daarun Najaah yang selalu memberikan motivasi, arahan dan dukungan kepada santri santri tiada henti.
5. Keluarga besar Pondok Pesantren Life Skill Daarun Najaah Semarang yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis selama penulis tinggal disana. Terutama teman-teman seperjuangan penghuni kamar K.H. Maksu Rosyidie yang telah menjadi keluarga penulis selama di Semarang.
6. Dosen dan Staff di UIN Walisongo, terkhusus Fakultas Syariah & Hukum, prodi Ilmu Falak yang telah memberikan ilmu, semangat dan dukungan selama penulis menimba ilmu.
7. Pihak terkhusus Mas Restu, Mas Farid, Mas Riza, Pak Andi (LAPAN), Mas Ainul, Mas Dimas dan Mba keke yang sudah meluangkan waktunya untuk memberikan ilmunya, membantu penulis dalam mengerjakan skripsi maupun dalam memahami Ilmu Falak.
8. Keluarga besar Ilmu Falak angkatan 2017, terutama kelas Ilmu Falak – C 2017 yang telah kebersamai selama berjuang di bangku perkuliahan, suka duka, canda tawa kita nikmati bersama, serta keluh kesah, susah senangnya dunia perkuliahan yang kita rasakan bersama. Terimakasih untuk kalian semua. Sukses selalu.
9. Keluarga besar KKN Reguler UIN Walisongo ke-75 posko 105 Kab. Pemalang yang luar biasa hebat, telah mengajarkan penulis bagaimana menyatukan pendapat dalam perbedaan

dan menyelesaikan masalah yang ada bersama. Kalian luar biasa.

10. Dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu secara langsung maupun tidak langsung yang selalu memberikan bantuan, dorongan, semangat dan doa kepada penulis selama melaksanakan studi di UIN Walisongo Semarang ini.

Penulis berdoa semoga seluruh amal kebaikan dan jasa dari semua pihak yang telah membantu penulis hingga skripsi ini selesai diterima oleh Allah SWT serta mendapatkan balasan yang lebih baik. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna yang disebabkan dari keterbatasan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang konstruktif dari pembaca demi sempurnanya skripsi ini.

Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca umumnya.

DAFTAR ISI

JUDUL	
PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN	vi
DEKLARASI	vii
ABSTRAK	xv
KATA PENGANTAR	xvii
DAFTAR ISI	xx
DAFTAR GAMBAR	xxiii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	7
C. Manfaat Penelitian	7
D. Tinjauan Pustaka	8
E. Metodologi Penelitian	10
F. Sistematika Penulisan	12
BAB II	14
ASPEK METODOLOGIS, NORMATIF, ASTRONOMIS GERHANA	14

A.	Pengertian Gerhana	14
B.	Dasar Hukum Gerhana.....	15
C.	Macam-Macam Gerhana.....	17
D.	Fase Gerhana	23
E.	Siklus Gerhana Bulan	27
F.	Elemen Bessel.....	33
BAB III	35
ALGORITMA HISAB GERHANA BULAN DALAM KITAB		
<i>AL-DURR AL-ANĪQ DAN ASTRONOMICAL ALGORITHM</i>		
<i>JEAN MEEUS</i>		
		35
A.	Biografi Pengarang.....	35
B.	Deskripsi Kitab <i>al-Durr al-Anīq</i>	37
C.	Hisab Gerhana Bulan Kitab <i>al-Durr al-Anīq</i>	46
D.	Deskripsi <i>Astronomical Algorithm Jean Meeus</i>	50
E.	Hisab Gerhana Bulan <i>Astronomical Algorithm Jean Meeus</i>	53
BAB IV	62
ANALISIS KOMPARASI HISAB GERHANA BULAN		
DALAM KITAB <i>AL-DURR AL-ANĪQ DENGAN</i>		
<i>ASTRONOMICAL ALGORITHM JEAN MEEUS</i>		
		62
A.	Persamaan dan Perbedaan Hisab Gerhana Bulan dalam Kitab <i>al-Durr al-Anīq</i> dengan <i>Astronomical Algorithm Jean Meeus</i>	62
B.	Komparasi Hisab Gerhana Bulan dalam Kitab <i>al-Durr al-Anīq</i> dan <i>Astronomical Algorithm Jean Meeus</i>	65
BAB V	91

PENUTUP	91
A. Kesimpulan	91
B. Saran	92
C. Penutup	93
DAFTAR PUSTAKA	94
LAMPIRAN	98
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	125

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gambaran gerhana matahari total.....	38
Gambar 2.2 Gambaran gerhana matahari cincin.....	39
Gambar 2.3 Gambaran gerhana matahari total dan sebagian.....	40
Gambar 2.4 Gambaran gerhana bulan total.....	41
Gambar 2.5 Gerhana bulan sebagian.....	41
Gambar 2.6 Gerhana bulan penumbra.....	42
Gambar 2.7 Gambaran fase gerhana matahari total dan sebagian.....	44
Gambar 2.8 Gambaran fase gerhana bulan.....	45

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Gerhana dalam bahasa arab disebut dengan *husūf* atau *khusūf*. Pada dasarnya kedua kata ini dipergunakan untuk menyebut gerhana matahari maupun gerhana bulan. Tetapi, kata *khusūf* lebih dikenal untuk menyebut gerhana matahari (*khusūf al-syams*), sedangkan kata *husūf* lebih dikenal untuk gerhana bulan (*husūf al-qamr*).¹

Khusūf berarti “menutupi”, ini menggambarkan tentang adanya fenomena alam yang dilihat dari bumi bahwa bulan menutupi matahari, sehingga terjadi gerhana matahari. Sedangkan *husūf* berarti “memasuki”, ini menggambarkan adanya fenomena alam bahwa bulan memasuki bayangan bumi, sehingga terjadi gerhana bulan.²

Dalam bahasa inggris gerhana disebut dengan *eclipse* dan dalam bahasa latin disebut “*ekleipsis*”. Istilah ini dipergunakan secara umum, baik gerhana matahari maupun gerhana bulan. Namun dalam penyebutannya terdapat dua istilah yaitu *eclipse of the sun* untuk penyebutan gerhana matahari dan *eclipse of*

¹ Ahmad Izzudin, *Ilmu Falak Praktis Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*, (Semarang: PT. Pustaka Rizki Putra, 2012), cet. Kedua, 105.

² Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, th), 187.

the moon untuk penyebutan gerhana bulan. Dan juga digunakan istilah *solar eclipse* untuk gerhana matahari, dan *lunar eclipse* untuk gerhana bulan.³ Gerhana bulan (*eclipse of the moon*) adalah apabila terjadi sebagian atau seluruh piringan bulan memasuki kerucut bayangan inti bumi (*umbra*). Bulan tampak gelap sebagian pada gerhana bulan sebagian atau tampak gelap seluruhnya pada gerhana bulan total. Gerhana bulan ini terhanya terjadi pada saat oposisi atau *istiqbal* dengan matahari atau saat purnama.⁴

Gerhana matahari (*eclipse of the sun*) adalah terhalangnya sinar matahari yang menuju ke bumi, karena terhalang oleh bulan yang berada dalam satu garis lurus antara bumi dan matahari, atau piringan bulan menutupi piringan matahari dilihat dari Bumi baik sebagian atau seluruhnya. Meskipun bulan lebih kecil, bayangan bulan mampu melindungi cahaya matahari sepenuhnya karena bulan dengan jarak rata-rata 384.400 kilometer adalah lebih dekat kepada bumi berbanding matahari yang mempunyai jarak rata-rata 149.680.000 kilometer.⁵ Apabila dilihat dari bumi piringan bulan menutupi piringan matahari baik sebagian atau seluruhnya. Hal ini terjadi ketika fase bulan mati atau ijtimak.⁶

Sejak zaman dahulu, keterbatasan intelektual, ilmu pengetahuan dan sejalan dengan keyakinan primitif manusia,

³ Ahmad Izzudin, *Ilmu Falak*, 105.

⁴ Abu Sabda, *Ilmu Falak Rumusan Syar'i dan Astronomi Seri 2*, (Bandung: Persis Pers, 2019), 122

⁵ Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*, (Banyuwangi: Bismillah Publisher, 2012), 233.

⁶ *Ibid.*, 127.

setiap gejala alam selalu dikaitkan dengan kekuatan-kekuatan supernatural, mitos-mitos dan keyakinan keagamaan, bahkan sampai sekarang masih ada yang mempercayai hal tersebut. Di Indonesia, misalnya suku bugis di Sulawesi menganggap peristiwa gerhana matahari yaitu matahari dimakan oleh raksasa dan dalam tradisi suku bugis perempuan memiliki peran lebih ketika menyambut gerhana matahari⁷ kemudian di pulau Jawa ada yang memiliki kepercayaan bahwa gerhana yang terjadi karena adanya sesosok raksasa besar (*buto*) yang sedang berusaha menelan matahari. Agar raksasa itu memuntahkannya, maka masyarakat diperintahkan untuk menabuh berbagai alat, seperti kentongan, bedug, bambu atau bunyi-bunyian lainnya. Kemudian ada kepercayaan lain yang meyakini bahwa wanita yang sedang hamil diharuskan bersembunyi di bawah tempat tidur atau bangku saat terjadi gerhana matahari, agar bayi yang sedang dikandung lahir tidak dalam keadaan cacat (wajahnya hitam sebelah). Kemudian keyakinan dalam masyarakat Cina sekitar 20 abad yang lalu yaitu bahwa gerhana matahari terjadi karena adanya seekor naga yang tidak terlihat oleh mata sedang memakan matahari. Kemudian mereka membuat kegaduhan dengan menabuh drum dan melepaskan anak panah ke langit. Hal ini dilakukan agar sang naga ketakutan dan sinar matahari akan muncul kembali.⁸

⁷ Ismail "Lhokseumawe Society Rituals At The Solar Eclipse", *Al-Hilal: Journal of Islamic Astronomy*, vol. 2, no. 1, 2020, 99-114.

⁸ Syaiful Mujab "Gerhana; Antara Mitos, Sains, Dan Islam", *Yudisia*, vol. 5, no. 1, 2014, 83-101.

Gerhana merupakan peristiwa yang menunjukkan keagungan dari sang pencipta Allah Swt. di luar batas kemampuan manusia. Ketika terjadi peristiwa gerhana, agama islam mensyari'atkan beberapa hal yaitu untuk memperbanyak do'a, zikir, istighfar, takbir, salat gerhana dan sedekah.⁹

Fungsi dari hisab gerhana bulan dilakukan untuk mengetahui kapan terjadinya gerhana bulan dengan maksud melaksanakan ibadah sunnah bagi umat islam yaitu salat gerhana.¹⁰ Hisab gerhana bulan dalam kajian ilmu falak diklasifikasikan dalam beberapa metode, mulai dari metode hisab *urfi*. Metode ini menggunakan sistem perhitungan tanggal berdasarkan peredaran rata-rata bulan mengelilingi bumi. Kemudian metode hisab *hakiki*, ialah metode hisab yang berdasarkan pada peredaran bulan dan bumi sebenarnya sehingga umur setiap Bulan tidak beraturan melainkan tergantung pada posisi *hilar* setiap awal bulan.¹¹ Sistem hisab *hakiki* dikelompokkan menjadi tiga,¹² yaitu:

1. Hisab *hakiki taqribi*, hisab ini menggunakan data bulan dan matahari berdsarkan pada data dan tabel hisab ulugh beikh

⁹ Qamaruzzaman "Gerhana Dalam Perspektif Hukum Islam dan Astronomi", *Empirisma*, vol. 25, no. 2, 2016, 157-170.

¹⁰ Muhajir "Hisab Gerhana Bulan Dalam Kitab *Nūr Al-Anwār* (Analisis Pemikiran KH. Noor Ahmad SS)", *Jurnal Islam Nusantara*, vol. 03, no. 2, 2019, 456-475.

¹¹ Susiknan Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*, (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2012), cet. III, 78.

¹² Ahmad Izzudin, *Fiqih Hisab Rukyah (Menyatukan NU & MUHAMMADIYAH Dalam Penentuan Awal Ramadhan, Idul Fitri, dan Idul Adha)*, (Jakarta: Penerbit Erlangga, 2007), 7.

dengan proses dan sistem perhitungan yang sederhana (tanpa menggunakan teori sistem ilmu segitiga bola),

2. Hisab *hakiki tahkiki*, hisab ini menggunakan tabel-tabel yang sudah dikoreksi dan menggunakan perhitungan yang relatif lebih rumit dibandingkan dengan hisab *hakiki taqribi*,
3. Hisab *hakiki kontemporer*, hisab ini dalam teori dan aplikasinya telah menggunakan media komputerisasi dan peralatan canggih seperti: kompas, GPS, theodolit dan sebagainya. Dalam data hisabnya menggunakan rumus yang sangat rumit. Selain menggunakan rumus segitiga bola, semua data hisabnya diprogramkan melalui perangkat komputerisasi untuk meminimalkan kesalahan dalam perhitungan serta akurasi hasil perhitungan sesuai dengan kenyataan di tempat observasi.

Algoritma Jean Meeus masuk dalam klasifikasi hisab kontemporer, berbeda dengan kitab *al-Durr al-Anīq* ternyata diklasifikasikan metode hisab yang digunakan tersebut dengan istilah *hisab haqiqī bi al tadqiqī*.¹³

Algoritma Jean Meeus ini merupakan versi perbaikan dari versi yang lama. Topik pembahasannya diperluas dan isinya telah diperbaiki. Beberapa perubahan memang diperlukan, terlebih sebab adanya resolusi baru dari *The International Astronomical Union*, khususnya terkait penerapan epoch standar baru. Selain itu kita diuntungkan dengan adanya teori-teori terkait planet dan Bulan yang

¹³ Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah, *Al-Durr Al-Anīq*, (Madura: Lajnah Falakiyah AL-Mubarak Lanbulan), 4.

dikembangkan oleh *The Bureau des Longitudes* di Paris. Algoritma Jean Meeus hanya dibatasi pada matematika astronomi, sebab hal ini dimaksudkan agar dijadikan panduan bagi astronom (profesional maupun amatir) untuk melakukan perhitungan astronomi.¹⁴

Kitab *al-Durr al-Anīq* dengan pengantar bahasa arab yang biasanya digunakan di pesantren-pesantren ternyata mampu bersaing keakuratannya dengan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus. Banyak pakar astronomi yang mengutip dan menggunakan karya Jean Meeus yang berupa intruksi dan metode yang jelas dan belum ada yang menandingi.¹⁵

Beranjak dari latar belakang yang telah dikemukakan diatas, penulis tertarik untuk mengkaji dan menganalisis hasil komparasi hisab Gerhana bulan antara *Astronomical Algorithm* Jean Meeus dengan kitab *al-Durr al-Anīq*.

A. Rumusan Masalah

Berdasarkan pada uraian latar belakang yang penulis paparkan diatas, maka dapat diambil dua rumusan masalah, yaitu:

1. Apa persamaan dan perbedaan hisab gerhana bulan dalam kitab *al-Durr al-Anīq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus?

¹⁴ Jean Meeus, *Algoritma Astronomi Second Edition*, terj. *Astronomical Algorithm Second Edition* oleh Dr. Ing. Khafid (Virginia: Willman-Bell, 1991), 4-5.

¹⁵ *Ibid.*, 1.

2. Bagaimana komparasi hisab gerhana bulan dalam kitab *al-Durr al-Anīq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus?

B. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang ingin dicapai penulis adalah:

1. Mengetahui persamaan dan perbedaan hisab gerhana bulan dalam kitab *al-Durr al-Anīq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus.
2. Mengetahui komparasi hisab gerhana bulan dalam kitab *al-Durr al-Anīq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus.

C. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bermanfaat untuk menambah wawasan ilmu pengetahuan dalam bidang hisab gerhana bulan yang ada di Indonesia.
2. Bermanfaat untuk membandingkan hasil dari hisab gerhana bulan yang berbeda, sehingga dapat diketahui kelebihan dan kekurangan ataupun persamaan dan perbedaan dari masing-masing perhitungan serta dapat diketahui mana perhitungan yang paling akurat.
3. Bermanfaat sebagai suatu karya ilmiah dari hasil penelitian yang dapat memberikan informasi dan dapat dijadikan rujukan bagi para peneliti selanjutnya.

D. Tinjauan Pustaka

Berdasarkan pengetahuan dan sejauh penelusuran penulis, penulis menemukan beberapa hasil karya ilmiah yang masih berhubungan dengan hisab gerhana bulan, diantara karya ilmiah tersebut, antara lain adalah karya ilmiah berupa skripsi yang disusun oleh Restu Trisna Wardani, dengan judul “Studi Komparatif Kitab *al-Durr al-Anīq* dengan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus dalam Penentuan Awal Bulan Kamariah”¹⁶, skripsi ini menerangkan mengenai komparasi algoritma penentuan awal bulan kamariah dari kitab *al-Durr al-Anīq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus. Skripsi ini berbeda dengan skripsi yang akan penulis teliti karena skripsi ini fokus pada pembahasan penentuan awal bulan kamariah sedangkan penulis fokus pada komparasi hisab gerhana bulan dari kitab *al-Durr al-Anīq* dan *Astronomical Algorithm* Jean meeus.

Penelitian ‘Alamul Yaqin, dengan judul “Algoritme Hisab Gerhana bulan menurut Rinto Anugraha dalam Buku Mekanika Benda Langit”¹⁷, skripsi ini membahas mengenai algoritme hisab gerhana bulan yang dikemukakan oleh Rinto Anugraha dalam buku mekanika benda langit, selain itu juga membahas tingkat akurasi algoritme hisab gerhana bulan Rinto Anugraha dalam buku mekanika benda langit. Skripsi ini

¹⁶ Restu Trisna Wardani, “Studi Komparatif Kitab Al-Durr Al-Anīq dengan *Astronomical Algorithm*”, *Skripsi* UIN Walisongo Semarang (Semarang, 2018).

¹⁷ ‘Alamul Yaqin, “Algoritme Hisab Gerhana bulan menurut Rinto Anugraha dalam Buku Mekanika Benda Langit”, *Skripsi* UIN Walisongo Semarang (Semarang, 2017).

berbeda dengan skripsi yang akan penulis teliti karena skripsi ini fokus pada hisab gerhana bulan menurut Rinto Anugraha dalam buku mekanika benda langit sedangkan penulis fokus pada komparasi hisab gerhana bulan dari kitab *al-Durr al-Anīq* dan *Astronomical Algorithm* Jean meeus.

Penelitian Miftach Rizcha Afifi, dengan judul “Akurasi Perhitungan Gerhana bulan menurut Jean Meeus Menggunakan *Software* Matlab”¹⁸, skripsi ini membahas mengenai Perhitungan gerhana bulan menurut Jean Meeus, langkah-langkah perhitungan gerhana bulan menurut Jean Meeus menggunakan program Matlab, dan akurasi perhitungan gerhana bulan algoritma Jean Meeus menggunakan software Matlab dengan perhitungan gerhana bulan algoritma Jean Meeus manual. Skripsi ini berbeda dengan skripsi yang akan penulis teliti karena skripsi ini fokus pada akurasi perhitungan gerhana bulan menurut Jean Meuus menggunakan *software* Matlab sedangkan penulis fokus pada komparasi hisab gerhana bulan dari kitab *al-Durr al-Anīq* dan *Astronomical Algorithm* Jean meeus.

Penelitian Muhammad Farid Azmi, dengan judul “Menelisik Akurasi Hisab Gerhana Matahari dalam kitab *al-Durr al-Anīq*”¹⁹, jurnal ini membahas mengenai akurasi hisab gerhana matahari dalam kitab *al-Durr al-Anīq*. Jurnal ini

¹⁸ Miftach Rizcha Afifi, “Akurasi Perhitungan Gerhana bulan menurut Jean Meeus Menggunakan Software Matlab”, *Skripsi* UIN Sunan Ampel Surabaya (Surabaya, 2019).

¹⁹ Muhammad Farid Azmi “Menelisik Akurasi Hisab Gerhana Matahari dalam Kitab *Al-Durr Al-Anīq*”, *Al-Marshad*, vol. 7, no. 1, 2021, 50-65.

berbeda dengan skripsi yang akan penulis teliti karena jurnal ini fokus pada pembahasan akurasi hisab gerhana matahari sedangkan penulis fokus pada komparasi hisab gerhana bulan dari kitab *al-Durr al-Anīq* dan *Astronomical Algorithm* Jean meeus.

E. Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini, metode penelitian yang digunakan oleh penulis adalah sebagai berikut:

1. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kualitatif, dimana penelitian ini menggunakan pendekatan deduktif-induktif yang berasal dari kerangka teori, gagasan para ahli, maupun pemahaman peneliti yang dikembangkan menjadi sebuah permasalahan yang diajukan untuk mendapatkan pembenaran dalam bentuk dukungan data empiris di laporan.²⁰ Penelitian ini menggunakan kajian penelitian kepustakaan (*library research*), dimana penelitian pustaka ini memanfaatkan sumber perpustakaan untuk memperoleh data penelitiannya.²¹ Pendekatan yang digunakan adalah pendekatan ilmu hitung.

2. Sumber dan Jenis Data

²⁰ Hardani, dkk., *Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif*, (Yogyakarta: Pustaka Ilmu Group Yogyakarta, 2020), cet. 1, 254.

²¹ Mestika Zed, *Metode Penelitian Kepustakaan*, (Jakarta: Yayasan Obor Indonesia, 2008), cet. 1, 1-2.

Sumber data yang digunakan penulis dalam penelitian karya ilmiah ini dibagi menjadi dua, yaitu sumber data primer dan sumber data sekunder. Sumber data primer dalam penelitian ini adalah kitab *al-Durr al-Anīq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus, penulis akan melakukan analisis hisab gerhana bulan pada kitab *al-Durr al-Anīq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus. Sedangkan sumber data sekunder dalam penelitian ini meliputi buku-buku, jurnal-jurnal, artikel-artikel, dan seluruh dokumen yang berkaitan dengan objek penelitian.

3. Teknik Pengumpulan Data

Dalam memperoleh data-data yang diperlukan dalam penelitian karya ilmiah ini, penulis menggunakan teknik dokumentasi dengan cara menggabungkan buku-buku, jurnal-jurnal, artikel-artikel, dan seluruh dokumen yang berkaitan dengan hisab gerhana bulan.

4. Teknik Analisis Data

Setelah data-data terhimpun, maka selanjutnya data-data tersebut dianalisis. Dalam menganalisis data, penulis menggunakan analisis komparatif melalui teknik diskriptif, yakni menjabarkan hisab gerhana bulan kitab *al-Durr al-Anīq* dengan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus. Selanjutnya penulis mengkomparasikan hasil hisab gerhana bulan kitab *al-Durr al-Anīq* dengan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus untuk mengetahui sejauh mana keakuratan dari hisab gerhana bulan kitab *al-Durr al-Anīq* dengan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus dan

menggunakan *Eclipse Predictions* oleh NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) sebagai parameter.

F. Sistematika Penulisan

Secara garis besar, penulisan penelitian skripsi ini dibagi dalam 5 (lima) bab. Dalam setiap bab terdiri dari sub-sub pembahasan. Sistematika penulisan ini adalah:

Bab I merupakan bab pendahuluan yang mengantarkan kepada pembahasan pada bab-bab berikutnya. Dalam bab ini meliputi pendahuluan, rumusan masalah, tujuan penelitian, telaah pustaka, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II merupakan bab pembahasan yang membahas tentang tinjauan gerhana secara umum. Pada bab ini terdapat sub pembahasan meliputi pengertian gerhana, dasar hukum gerhana, macam-macam gerhana bulan, fase gerhana dan siklus gerhana bulan.

Bab III merupakan bab pembahasan yang membahas tentang algoritma hisab gerhana bulan dalam kitab *al-Durr al-Anīq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus. Pada bab ini terdapat sub bab kitab *al-Durr al-Anīq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus akan dipaparkan mengenai pengertiannya, penyajian datanya, algoritma perhitungannya dan koreksi-koreksi yang berada didalam perhitungannya.

Bab IV merupakan bab tentang Analisis terhadap komparasi hisab gerhana bulan dalam kitab *al-Durr al-Anīq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus. Pada bab ini akan dipaparkan persamaan dan perbedaan hisab gerhana bulan

menggunakan kitab *al-Durr al-Anīq* dengan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus. Selanjutnya, analisis dilakukan pada komparasi hisab gerhana bulan dalam kitab *al-Durr al-Anīq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus.

Bab V merupakan bab terakhir yang menjadi bab penutup. Pada bab ini terdapat beberapa sub yaitu kesimpulan, saran, dan penutup.

BAB II

ASPEK METODOLOGIS, NORMATIF, ASTRONOMIS GERHANA

A. Pengertian Gerhana

Dalam bahasa inggris gerhana disebut dengan istilah *eclipse*.¹ Pada dasarnya istilah ini digunakan secara umum baik untuk gerhana bulan maupun gerhana matahari. Namun dalam penyebutannya terdapat dua istilah yaitu *eclipse of the moon* untuk gerhana bulan, dan *eclipse of the sun* untuk gerhana matahari. Selain itu ada istilah *lunar eclipse* untuk gerhana bulan dan *sonar eclipse* untuk gerhana matahari.²

Dalam bahasa arab gerhana disebut dengan *khusūf* atau *husūf*.³ Kedua kata tersebut sama-sama dapat digunakan untuk menyebut gerhana bulan maupun gerhana matahari. Hanya saja, kata *husūf* lebih dikenal untuk penyebutan gerhana bulan (*husūf al-qamr*) dan kata *khusūf* lebih dikenal untuk penyebutan gerhana matahari (*khusūf al-syams*).⁴

Kata *husūf* berarti memasuki, hal ini menggambarkan adanya fenomena alam yaitu bulan memasuki bayangan bumi, sehingga terjadi gerhana bulan. Sedangkan kata *khusūf* berarti

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

² Ahmad Izzudin, *Ilmu Falak Praktis Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*, (Semarang: PT. Pustaka Rizki Putra, 2012), cet. Kedua, 105.

³ Muhyiddin Khazin, *Ilmu*, 187.

⁴ Ahmad Izzudin, *Ilmu*, 105.

menutupi, hal ini menggambarkan adanya fenomena alam yang dilihat dari bumi yaitu bulan menutupi matahari, sehingga terjadi gerhana matahari.⁵

Gerhana bulan atau *ḥusūf al-Qamar* menggambarkan bulan memasuki bayangan bumi. Bumi berada di antara bulan dan matahari atau yang dikenal dengan oposisi atau *istiqbal*, pada waktu itulah terjadinya gerhana bulan.⁶

Gerhana matahari atau *khusūf al-Syams* yaitu terhalangnya sinar matahari yang menuju ke bumi, karena terhalang oleh bulan yang berada dalam satu garis lurus antara bumi dan matahari, atau piringan bulan menutupi piringan matahari dilihat dari bumi baik sebagian atau seluruhnya. Meskipun bulan lebih kecil, bayangan bulan mampu melindungi cahaya matahari sepenuhnya karena bulan dengan jarak rata-rata 384.400 kilometer adalah lebih dekat kepada bumi berbanding matahari yang mempunyai jarak rata-rata 149.680.000 kilometer.⁷

Dilihat dari segi astronomi gerhana merupakan tertutupnya arah pandang pengamatan benda langit oleh benda langit yang lainnya yang lebih dekat dengan pengamat.⁸

B. Dasar Hukum Gerhana

1. Dalil Al-Qur'an

a. QS. Yaasin ayat 38-40

⁵ Muhyiddin Khazin, *Ilmu*, 187.

⁶ Ahmad Izzudin, *Ilmu*, 105-106.

⁷ Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*, (Banyuwangi: Bismillah Publisher, 2012), 233.

⁸ *Ibid.*, 229.

وَالشَّمْسُ تَجْرِي لِمُسْتَقَرٍّ لَهَا ۚ ذَٰلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ ﴿٣٦﴾
 وَالْقَمَرَ قَدَّرْنَاهُ مَنَازِلَ حَتَّىٰ عَادَ كَالْعُرْجُونِ الْقَدِيمِ ﴿٣٧﴾ لَا
 الشَّمْسُ يَنْبَغِي لَهَا أَنْ تُدْرِكَ الْقَمَرَ وَلَا اللَّيْلُ سَابِقُ النَّهَارِ ۚ وَكُلٌّ
 فِي فَلَكٍ يَسْبَحُونَ ﴿٣٨﴾

“Dan matahari berjalan ditempat peredarannya. Demikianlah ketetapan yang maha perkasa lagi maha mengetahui. Dan telah kami tetapkan bagi bulan manzilah-manzilah, sehingga (setelah Dia sampai ke manzilah yang terakhir) kembalilah Dia sebagai bentuk tandan yang tua. Tidaklah mungkin bagi matahari mendapatkan bulan dan malampun tidak dapat mendahului siang. dan masing-masing beredar pada garis edarnya.” (Q.S. 36 [Yaasin]: 38-40)

b. QS. Al-Furqon ayat 45-46

الَّذِينَ تَرَىٰ إِلَىٰ رَبِّكَ كَيْفَ مَدَّ الظِّلَّ وَلَوْ شَاءَ لَجَعَلَهُ سَاكِنًا ثُمَّ
 جَعَلْنَا الشَّمْسَ عَلَيْهِ دَلِيلًا ﴿٤٥﴾ ثُمَّ قَبَضْنَاهُ إِلَيْنَا قَبْضًا يَسِيرًا

﴿٤٦﴾

“Apakah kamu tidak memperhatikan (penciptaan) Tuhanmu, bagaimana dia memanjangkan (dan memendekkan) bayang-bayang dan kalau dia menghendaki niscaya dia menjadikan tetap bayang-bayang itu, kemudian kami jadikan matahari sebagai petunjuk atas bayang-bayang itu. Kemudian kami menarik bayang-bayang itu kepada kami dengan tarikan yang perlahan-lahan.” (Q.S. 25 [Al-Furqon]: 45-46)

2. Hadis Nabi

a. Hadis riwayat oleh Aisyah r.a

إِنَّ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ لَا يَنْكَسِفَانِ لِمَوْتِ أَحَدٍ وَلَا لِحَيَاتِهِ وَلَكِنَّهُمَا
 آيَاتَانِ مِنْ آيَاتِ اللَّهِ عَزَّ وَجَلَّ يُخَوِّفُ بِهِمَا عِبَادَهُ فَإِذَا كُسِفَا فَافْزَرْ
 عُوا إِلَيَّ الصَّلَاةَ

“Sesungguhnya gerhana matahari dan bulan terjadi bukan karena matinya atau hidupnya seseorang, akan tetapi keduanya merupakan tanda-tanda kebesaran Allah Azza Wa Jalla untuk memberi peringatan kepada para hamba-Nya, apabila terjadi gerhana, maka bersegeralah kalian melaksanakan shalat.” (HR. Bukhari dan Muslim).⁹

b. Hadis riwayat Aisyah r.a

فَإِذَا رَأَيْتُمُوهَا فَكَبِّرُوا وَادْعُوا اللَّهَ وَصَلُّوا وَتَصَدَّقُوا

“Apabila kamu melihatnya (gerhana matahari atau gerhana bulan) maka hendaklah kamu bertakbir, berdo’a kepada Allah, melaksanakan shalat, dan bersedekah.” (HR. Bukhari dan Muslim).¹⁰

C. Macam-Macam Gerhana

1. Gerhana Matahari

Gerhana matahari terjadi apabila matahari, bumi dan bulan dalam satu garis lurus.¹¹ Gerhana matahari adalah

⁹ Ahmad Izzudin, *Ilmu*, 115.

¹⁰ *Ibid.*

¹¹ Slamet Hambali, *Pengantar*, 235.

apabila posisi bulan terletak di antara bumi dan matahari sehingga menutup cahaya matahari. Meskipun bulan ini lebih kecil, bayangan bulan ini mampu melindungi cahaya matahari sepenuhnya karena bulan dengan jarak rata-rata 384.400 km yaitu lebih dekat ke bumi berbanding matahari yang mempunyai jarak rata-rata 149.680.000 km.¹² Puncak gerhana matahari total atau cincin akan terjadi ketika garis bujur ekliptika matahari dan bulan perbedaannya adalah nol dan garis lintang ekliptika matahari dan bulan juga nol.¹³

Gerhana matahari dibagi menjadi 3, yaitu gerhana matahari total, gerhana matahari cincin dan gerhana matahari sebagian.

- a. Gerhana matahari total (sempurna atau *kullī*) terjadi ketika matahari ditutup sepenuhnya oleh bulan karena bulan berada dekat ke bumi dalam orbit bujurnya.¹⁴ Gerhana matahari total adalah ketika posisi bulan dengan bumi pada jarak yang dekat, sehingga bayangan kerucut (*umbra*) bulan menjadi panjang dan dapat menyentuh permukaan bumi, serta bumi, bulan, matahari pada satu garis lurus.¹⁵ Pada saat puncak gerhana, piringan matahari ditutup sepenuhnya oleh piringan bulan. Saat itu, piringan bulan sama besar atau lebih besar dari piringan matahari. Untuk ukuran

¹² Ahmad Izzudin, *Ilmu*, 113.

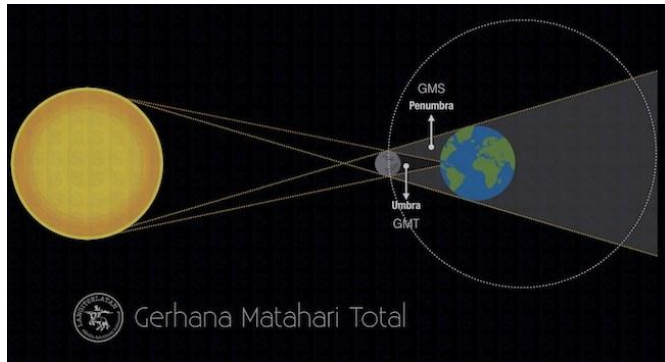
¹³ M. Basthoni, "Accuracy of Solar Eclipse Calculation Algorithm Based on Jet Propulsion Laboratory Data Nasa", *Al-Ahkam*, vol. 30, no. 1, 2020, 95-118.

¹⁴ Slamet Hambali, *Pengantar*, 234.

¹⁵ Ahmad Izzudin, *Ilmu*, 113

piringan matahari dan piringan bulan berubah-ubah tergantung pada masing-masing jarak bumi dengan bulan dan bumi dengan matahari.¹⁶

Gambar 2.1: Gambaran gerhana matahari total¹⁷



- b. Gerhana matahari cincin (*halqī*) terjadi ketika posisi bulan dengan bumi pada jarak yang jauh, sehingga bayangan kerucut (umbra) bulan menjadi pendek dan tidak dapat menyentuh permukaan bumi, serta bumi, bulan, matahari pada satu garis lurus.¹⁸ Gerhana matahari cincin ini terjadi ketika ukuran piringan bulan lebih kecil dari piringan matahari. Ketika piringan bulan berada di depan piringan matahari maka tidak seluruh piringan matahari akan tertutup oleh piringan bulan. Bagian piringan matahari yang tidak tertutup oleh piringan bulan terlihat seperti cincin yang bercahaya.¹⁹

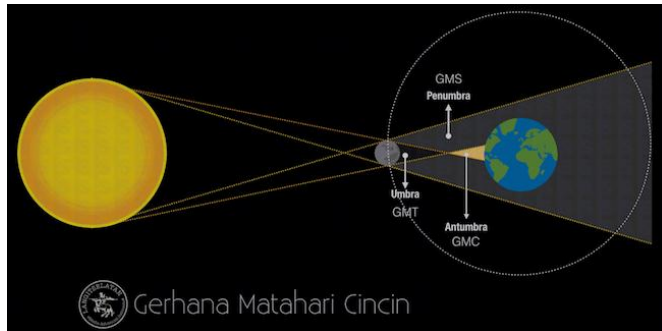
¹⁶ Slamet Hambali, *Pengantar*, 235.

¹⁷ <https://langitselatan.com/2017/08/21/gerhana-matahari-total-2017/>, diakses pada tanggal 06 Februari 2021

¹⁸ Ahmad Izzudin, *Ilmu*, 114.

¹⁹ Slamet Hambali, *Pengantar*, 236.

Gambar 2.2: Gambaran gerhana matahari cincin²⁰



- c. Gerhana matahari sebagian (*baḍī*) terjadi ketika posisi bulan dengan bumi pada jarak yang dekat, sehingga bayangan kerucut (*umbra*) bulan menjadi panjang dan dapat menyentuh permukaan bumi tetapi bumi, bulan, matahari tidak tepat pada satu garis lurus.²¹ Gerhana matahari sebagian ini hanya sebagian cahaya yang menuju bumi terhalang bulan, hal ini dikarenakan piringan bulan (saat puncak gerhana) hanya menutup sebagian dari piringan matahari sehingga ada bagian dari piringan matahari yang tidak tertutup oleh piringan bulan.²²

Gambar 2.3: Gambaran gerhana matahari total dan sebagian²³

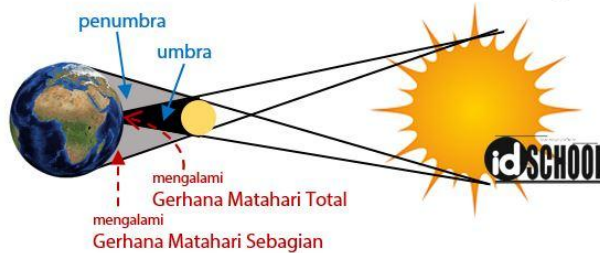
²⁰ <https://langitselatan.com/2016/08/29/gerhana-matahari-cincin-1-september-2016/>, diakses pada tanggal 06 Februari 2021.

²¹ Ahmad Izzudin, *Ilmu*, 114.

²² Slamet Hambali, *Pengantar*, 235.

²³ <https://idschool.net/sd/gerhana-matahari-total-sebagian-dan-cincin/>, diakses pada tanggal 06 Februari 2021.

Gerhana Matahari Total dan Sebagian



2. Gerhana Bulan

Gerhana bulan terjadi jika matahari, bumi, dan bulan berada pada satu garis lurus, dan bumi terletak diantara matahari dan bulan. Pada saat itu bulan berada dalam daerah bayang-bayang bumi.²⁴

Gerhana bulan dibagi menjadi 3, yaitu gerhana bulan total, gerhana bulan sebagian dan gerhana bulan penumbral.

- a. Gerhana bulan total (*kullī*) terjadi ketika bulan berada dalam daerah bayang-bayang bumi. Pada saat itu umbra bumi menutupi bulan.²⁵ Gerhana bulan ini terjadi ketika posisi matahari, bumi, dan bulan dalam satu garis lurus, sehingga seluruh piringan bulan berada di dalam bayangan inti bumi.²⁶

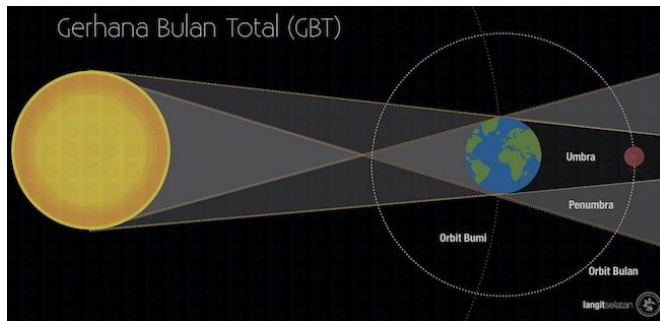
Gambar 2.4: Gambaran gerhana bulan total²⁷

²⁴ *Ibid.*, 232

²⁵ *Ibid.*, 232.

²⁶ Muhyiddin Khazin, *Ilmu*, 190.

²⁷ <https://langitselatan.com/2018/01/08/gerhana-bulan-total-31-januari-2018-bulan-super-darah-biru/skema-gbt-2/>, diakses pada tanggal 06 Februari 2021.



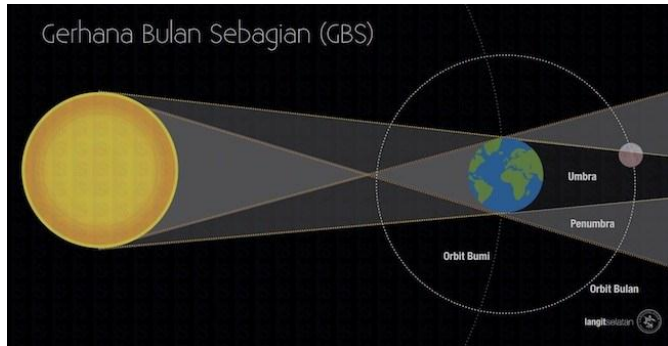
- b. Gerhana bulan sebagian (*baḍī*) terjadi manakala posisi matahari, bumi dan bulan tidak satu garis lurus, sehingga hanya sebagian piringan bulan saja yang memasuki bayangan inti bumi.²⁸ Tidak semua bagian bulan terhalangi dari matahari oleh bumi, sedangkan sebagian permukaan bulan yang lain berada di daerah penumbra, sehingga masih ada sebagian dari sinar matahari yang sampai pada permukaan bulan.²⁹

Gambar 2.5: Gerhana bulan sebagian³⁰

²⁸ *Ibid.*, 191.

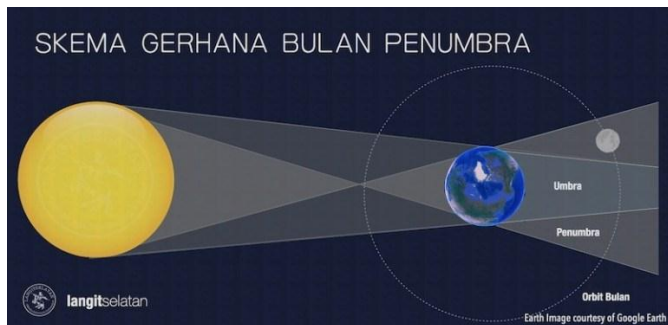
²⁹ Slamet Hambali, *Pengantar*, 233.

³⁰ <https://langitselatan.com/2019/07/15/gerhana-bulan-sebagian-17-juli-2019-dari-indonesia/>, diakses pada tanggal 06 Februari 2021.



- c. Gerhana bulan penumbra terjadi ketika seluruh bagian bulan berada dibagian penumbra, sehingga bulan masih dapat dilihat.³¹

Gambar 2.6 Gerhana bulan penumbra³²



D. Fase Gerhana

Pada dasarnya perhitungan gerhana matahari adalah menghitung waktu yakni kapan atau jam berapa terjadi kontak

³¹ *Ibid.*, 233.

³² <https://langitselatan.com/2020/11/20/gerhana-bulan-penumbra-terakhir-tahun-2020/>, diakses pada tanggal 06 Februari 2021.

gerhana matahari. Untuk gerhana matahari total maka terjadi empat kali kontak, yakni:

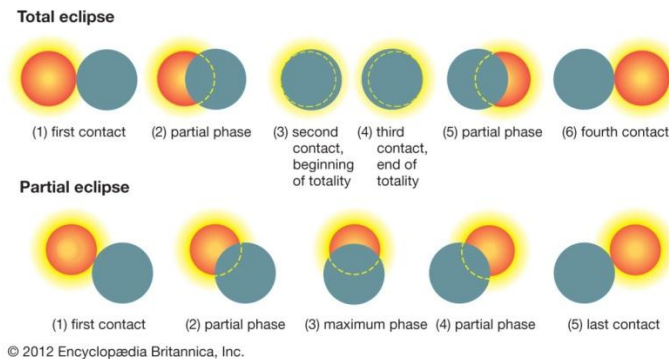
1. Kontak pertama: ketika piringan bulan mulai menyentuh piringan matahari. Pada kontak pertama inilah waktu mulainya gerhana.
2. Kontak kedua: ketika seluruh piringan bulan sudah menutupi piringan matahari. Pada kontak kedua inilah waktu mulai total.
3. Kontak ketiga: ketika piringan bulan mulai menyentuh untuk keluar dari piringan matahari. Pada kontak ketiga inilah waktu akhir total.
4. Kontak keempat: ketika seluruh piringan bulan sudah keluar lagi dari piringan matahari. Pada kontak keempat inilah waktu gerhana berakhir.

Sedangkan untuk gerhana matahari sebagian akan terjadi hanya dua kali kontak, yaitu:

1. Kontak pertama: ketika piringan bulan mulai menyentuh piringan matahari. Pada kontak pertama inilah waktu mulainya gerhana.
2. Kontak kedua: ketika piringan bulan sudah keluar lagi dari piringan matahari. Pada kontak kedua inilah waktu gerhana sebagian berakhir.³³

³³ Muhyiddin Khazin, *Ilmu*, 190.

Gambar 2.7: Gambaran fase gerhana matahari total dan sebagian³⁴



Untuk gerhana bulan total akan terjadi empat kali kontak, yaitu:

1. Kontak pertama: ketika piringan bulan mulai menyentuh masuk pada bayangan bumi. Pada kontak pertama inilah waktu mulai gerhana.
2. Kontak kedua: ketika seluruh piringan bulan sudah memasuki bayangan bumi. Pada kontak kedua inilah waktu mulai total.
3. Kontak ketiga: ketika piringan bulan mulai menyentuh untuk keluar dari bayangan bumi. Pada kontak inilah waktu akhir total.

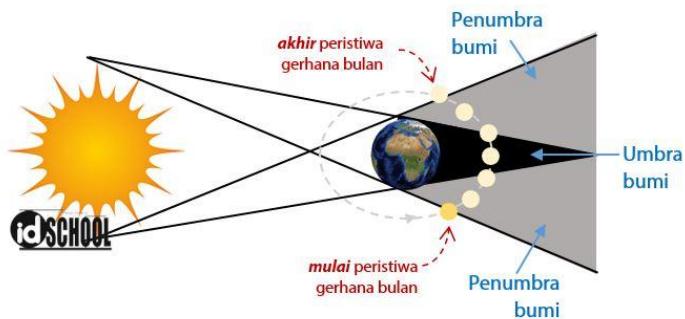
4. Kontak keempat: ketika seluruh piringan bulan sudah keluar dari bayangan bumi. Pada kontak inilah waktu gerhana berakhir.

Sedangkan untuk gerhana bulan sebagian akan terjadi hanya dua kali kontak, yaitu :

1. Kontak pertama: ketika piringan bulan mulai menyentuh masuk pada bayangan bumi. Pada kontak pertama inilah waktu mulai gerhana.
2. Kontak kedua: ketika piringan bulan sudah keluar lagi dari bayangan bumi. Pada kontak kedua inilah waktu gerhana sebagian berakhir.³⁵

Gambar 2.8: Gambaran fase gerhana bulan³⁶

Tahapan Terjadinya Gerhana Bulan



²⁸ *Ibid.*, 192.

³⁶ <https://idschool.net/sd/tahapan-terjadinya-gerhana-bulan-total-sebagian-dan-penumbra/>, diakses pada tanggal 06 Februari 2021.

E. Siklus Gerhana Bulan

Observasi gerhana sudah sering dilakukan secara rutin sejak zaman Babilonia. Dari pengamatan mereka diketahui bahwa gerhana yang mirip akan terulang tiap kira-kira 18 tahun 11 hari, periode ini dinamakan saros. Siklus saros adalah siklus gerhana (sekitar 6585, 3213 hari, atau sekitar 18 tahun 11 1/3 hari), yang dapat digunakan untuk memprediksi gerhana matahari serta gerhana bulan. Satu siklus setelah gerhana, matahari, bumi, dan bulan kembali ke bidang geometri yang relatif sama, dan gerhana yang hampir identik akan terjadi.³⁷ Gerhana-gerhana yang dipisahkan oleh satu periode saros mempunyai karakteristik yang sangat mirip dan dikelompokkan dalam satu keluarga yang dinamakan seri saros.

- a. Bulan sinodis adalah interval waktu dari fase bulan kembali ke bulan. Panjang bulan sinodis adalah 29, 53059 hari = 29 hari 12 jam 44 menit.
- b. Tahun gerhana adalah interval waktu yang dibutuhkan bumi untuk bergerak dari titik simpul tersebut. Panjang tahun gerhana adalah 346, 6 hari = 346 hari 14 jam 24 menit.
- c. Bulan anomalistic adalah interval waktu dibutuhkan bulan untuk bergerak dari perigee ke perigee lagi. Sedangkan

37

https://id.wikipedia.org/wiki/Siklus_Saros#:~:text=Siklus%20Saros%20adalah%20siklus%20gerhana,yang%20hampir%20identik%20akan%20terjadi, diakses pada tanggal 06 Februari 2021.

panjang bulan anomalistic adalah 27, 55455 hari = 27 hari 13 jam 19 menit.

Satu periode saros adalah suatu periode waktu selama 223 lunasi (1 lunasi = rata-rata 1 bulan sinodik = 29 hari 12 jam 44 menit 3 detik) atau sekitar $6585 \frac{1}{3}$ hari, yaitu 18 tahun, 10 atau 11 hari dan 8 jam.³⁸ Gerhana yang dipisahkan oleh 233 bulan sinodis mempunyai karakteristik yang sama karena 223 gerhana sinodis (6585, 321) itu kurang lebih sama 19 tahun gerhana (6585, 78) keduanya hanya terpaut 11 jam, artinya pada selang satu periode saros, bulan akan kembali ke frase sama pada titik simpul yang sama juga.

Sementara itu 223 bulan sinodis itu juga sama dengan lebih 239 bulan anomalistic (6585 537 hari), keduanya hanya terpaut 6 jam, hanya ini membuat selang satu periode saros selain mengembalikan bulan pada fase yang sama pada titik simpul yang sama, dan juga akan mengembalikan bulan pada jarak yang kurang lebih sama dari bumi. Oleh karena itu, gerhana yang dipisahkan dari periode saros akan memiliki karakteristik yang mirip.

Dampak dari periode saros akan mengakibatkan panjang hari memiliki pecahan sebesar $\frac{1}{3}$ hari (8 jam), maka saat gerhana berikutnya yang terpisah oleh satu periode saros, bumi telah berputar kira-kira $\frac{1}{3}$ hari. Karena itu lintasan gerhana yang dipisahkan oleh satu periode saros akan bergeser 120° ke

³⁸ Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, (Yogyakarta : Jurusan Fisika FMIPA UGM, 2012), 131

arah barat. Dan tiap 3 periode saros (54 tahun 34 hari) gerhana dapat diamati oleh geografi yang sama.

Seperti yang telah dijelaskan di atas, gerhana-gerhana yang dipisahkan oleh periode saros dikelompokkan menjadi sebuah seri saros. Sebuah seri saros tidak akan bertahan selamanya. Seri saros lahir dan mati, dan beranggotakan sejumlah tertentu gerhana. Seri saros ini tidak akan bertahan lama karena satu periode saros lebih pendek $\frac{1}{2}$ hari dari 19 tahun gerhana. Akibatnya setelah satu periode saros lebih, simpul akan bergeser $0, 5^\circ$ ke arah timur. Oleh karena itu setelah lewat sejumlah periode saros tertentu, jarak simpul sudah sedemikian jauh dari matahari atau bulan sehingga tidak memungkinkan lagi akan terjadinya gerhana. Pada saat terjadi maka seri saros yang bersangkutan akan mati dan seri saros baru akan lahir.

Seri saros gerhana bulan akan dimulai ketika terjadi bulan purnama sedangkan jarak bulan sebesar $16, 5^\circ$ di sebelah timur titik simpul. Ketika seri saros gerhana bulan maka:

- a. Gerhana purnama yang akan terjadi adalah gerhana penumbra yang akan diikuti gerhana penumbra lainnya yang jumlahnya antara 7-15 gerhana penumbra, dinamakan magnitude, gerhana penumbra dengan gerhana penumbra berikutnya semakin besar (perubahannya sedikit demi sedikit) dikarenakan satu periode saros lebih pendek setengah hari dari 10 tahun gerhana yang berakibat setelah satu periode saros titik simpul akan bergeser ke arah timur sebesar $0, 5^\circ$ yang secara otomatis akan bergeser

magnitudo gerhana penumbra berikutnya sampai bulan mendekati penumbra bumi.

- b. Berikutnya akan terjadi antar 10-20 gerhana bulan sebagian di mana magnitudenya akan semakin membesar, yang akhirnya hampir seluruh piringan bulan akan masuk pada bayangan umbra bumi.
- c. Berikutnya akan terjadi antara 12-30 gerhana total, termasuk 3 atau 4 merupakan gerhana bulan sentral yang diikuti dengan bertambahnya jarak bulan lebih ke arah barat dari pusat bayang bumi.
- d. Selanjutnya akan diikuti oleh 10-20 gerhana bulan sebagian, di mana gerhana yang satu dengan yang lainnya magnitudenya semakin mengecil.
- e. Maka akibatnya seri saros akan berakhir sekitar 16, 5° di sebelah titik barat simpul setelah terjadi 7-15 gerhana penumbra.

Satu seri saros gerhana bulan baru lahir sampai matinya memakan waktu sekitar 13-14 abad. Di mana tiap seri saros beranggotakan 70-85 buah gerhana bulan dengan 45-55 di antaranya adalah gerhana umbra.

Periode gerhana bulan selain saros, walaupun tidak terlalu terkenal antara lain: Tritos yang mempunyai periode 135 lunasi (11 tahun kurang 1 bulan), matins cycle yang periodenya 235 lunasi (19 tahun), dan inex yang periodenya 358 lunasi (29 tahun kurang 20 hari).³⁹

³⁹ Ahmad Izzudin, *Ilmu*, 110-112.

Periode inex adalah periode 358 lunasi, atau 29 tahun kurang 20 hari. Periode inex ini sama dengan 388, 5 revolusi draconic (dari node ke node). Pecahan 0, 5 ini memiliki konsekuensi bahwa periode inex mengambil tempat bergantian, antara satu node dengan node yang lain. Sehingga, sebuah gerhana matahari yang terlihat di belahan bumi utara, maka setelah satu periode inex, gerhana matahari berikutnya akan terlihat di belahan bumi selatan. Satu inex berikutnya akan kembali ke belahan bumi utara. Sebagai contoh:

- 6 Mei 1845 gerhana cincin, terlihat di Laut Arktik, titik turun bulan
- 16 April 1874, gerhana total, terlihat di Antartika, titik naik bulan
- 29 Maret 1903, gerhana cincin, terlihat di Siberia, titik turun bulan
- 7 Maret 1932, gerhana cincin, terlihat di Antartika, titik naik bulan
- 15 Februari 1961, gerhana total, terlihat di Rusia, titik turun bulan
- 26 Januari 1990, gerhana cincin, terlihat di Antartika, titik naik bulan, dan seterusnya

Ada pula periode yang disebut sebagai semester, yang sama dengan 6 lunasi, sekitar 177 hari atau 0, 49 tahun. Mirip seperti inex, terjadi perubahan titik naik/turun bulan (node) dari satu gerhana ke gerhana berikutnya. Misalnya sebuah gerhana matahari terjadi di dekat salah satu kutub bumi, gerhana berikutnya setelah satu semester mengambil tempat di

belahan bumi lainnya, namun secara umum dekat ke ekuator, begitu seterusnya.

Periode yang lain adalah tritos yang memiliki periode 135 lunasi atau 11 tahun dikurangi satu bulan. Pergeseran terhadap titik node cukup kecil, hanya sekitar 0,5 derajat setelah satu tritos.

- 12 September 1931, parsial, belahan bumi utara
- 12 Agustus 1942, parsial, belahan bumi selatan
- 11 Juli 1953, parsial, belahan bumi utara
- 10 Juni 1964, parsial, belahan bumi selatan
- 11 Mei 1975, parsial, belahan bumi utara
- 9 April 1986, parsial, belahan bumi selatan
- 9 Maret 1997, total, belahan bumi utara
- 7 Februari 2008, cincin, belahan bumi selatan
- 6 Juni 2019, parsial, belahan bumi utara
- 5 Desember 2029, parsial, belahan bumi selatan
- 4 November 2040, parsial, belahan bumi utara
- 4 Oktober 2051, parsial, belahan bumi selatan, dan seterusnya

Siklus lain yang terkenal adalah siklus meton sebesar 235 lunasi atau 19 tahun. Setelah 19 tahun, fase bulan akan terulang pada tanggal kalender yang hampir sama. Siklus meton adalah periodisitas yang baik untuk menentukan dengan cepat fase bulan pada masa lalu atau masa depan. Sebagai contoh, 190 tahun (10 siklus meton) setelah gerhana matahari total pada fase bulan baru (new moon) 11 Juli 1991, maka akan didapatkan pula fase bulan baru pada 11 Juli 2181. Akan

tetapi tidak ada gerhana matahari pada tanggal yang disebutkan terakhir ini. Karena itu siklus meton tidak terlalu berguna untuk memprediksi terjadinya gerhana. Sebagai contoh, siklus meton berikut ini yang berisi lima gerhana.

- 12 Agustus 1923, tidak ada gerhana
- 12 Agustus 1942, parsial
- 11 Agustus 1961, cincin
- 10 Agustus 1980, cincin
- 11 Agustus 1999, cincin
- 11 Agustus 2018, parsial
- 11 Agustus 2037, tidak ada gerhana.⁴⁰

F. Elemen Bessel

Elemen Bessel dihitung menggunakan basis data dari teori VSOP87 untuk menghitung koordinat Matahari. Teori ini dibuat oleh astronom Prancis bernama P. Bretagnon dan G. Francou di pusat penelitian astronomi Bureau des Longitudes, Paris pada tahun 1987. Teori ini memberikan lintang dan bujur ekliptik dari planet-planet beserta radius vektornya.⁴¹

Sementara untuk posisi Bulan elemen Bessel dibangun berdasar pada teori ELP2000/82 yang dibuat oleh M. Chapront-Touze dan J. Chapront yang berasal dari

⁴⁰ Rinto Anugraha, *Mekanika*, 131-133.

⁴¹ Jafar Shodiq, “Studi Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari menurut Rinto Anugraha dalam buku *Mekanika Benda Langit*”, *Skripsi UIN Walisongo Semarang* (Semarang, 2016), 79.

laboratorium astronomi Bureau des Longitudes Paris. Teori ini mengandung 37862 suku-suku periodik yang terdiri dari 20560 suku periodik untuk koreksi bujur Bulan, sebanyak 7684 suku periodik untuk koreksi lintang Bulan dan 9618 suku periodik untuk koreksi jarak antara Bulan ke Bumi.⁴²

⁴² Jafar Shodiq, *Skripsi*, 79-80.

BAB III

ALGORITMA HISAB GERHANA BULAN DALAM KITAB *AL-DURR AL-ANĪQ* DAN *ASTRONOMICAL ALGORITHM JEAN MEEUS*

A. Biografi Pengarang

Pengarang kitab *al-Durr al-Anīq* yaitu KH. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah pengasuh Ponpes al-Mubarak Lanbulan Baturasang Tambelangan Sampang Madura. Beliau lahir pada 7 Januari 1959 M di kampung Lanbulan Desa Baturasang Kec. Tambelangan Kab. Sampang Prov. Jawa Timur dari pasangan KH. Muhammad Fathulloh dan Ibu Nyai Hj. Zainab Khoiruddin pendiri Pondok Pesantren al-Mubarak Lanbulan Sampang Madura.¹

KH. Ahmad Ghozali menikah dengan seorang wanita bernama Hj. Asma binti Abul Karim pada tahun 1990. Beliau dikaruniai 9 orang anak yaitu 5 orang putra dan 4 putri yang bernama Nurul Bashiroh, Afiyah, Aly, Yahya, Salman, Muhammad, Kholil, A'isyah, Sofiyah.²

Beliau menghabiskan masa kecilnya di kampung Lanbulan, Sampang. Beliau menempuh pendidikan Sekolah Dasar (SD) di kampungnya, namun hanya sampai kelas 3. Lalu beliau melanjutkan di Madrasah dan pondok pesantren

¹ Ria Agustin, "Studi Analisis Metode Penentuan Awal Bulan Qamariah Dalam Kitab Al-Dūrr Al-Anīq Karya Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah", *Skripsi* UIN Walisongo Semarang (Semarang, 2014), 47.

² Ria Agustin, *skripsi*, 47.

al-Mubarak yang di asuh ayahnya KH. Muhammad dan kepada kedua kakaknya KH. Kurdi Muhammad (alm) dan KH. Barizi Muhammad.³

Beliau merupakan sosok yang sangat haus akan ilmu, hal ini dibuktikan dengan selama bulan Ramadhan tepatnya pada tahun 1977 beliau mengaji sebulan penuh kepada KH. Maimun Zubair Sarang, Rembang. Hal tersebut dilakukan setiap tahun selama 3 tahun berturut-turut sampai tahun 1980. Selama 3 tahun selain mengaji dan mengajar di pondok ayahnya. Beliau menyempatkan mengaji dengan KH. Hasan Iraqi (alm) di kota Sampang setiap hari Selasa dan Sabtu. Kemudian pada tahun 1981 beliau belajar di Makkah pada beberapa ulama besar disana yaitu di pesantren Syaikh Ismail al-Yamani, beliau belajar di pesantren tersebut kurang lebih selama 15 tahun. Beliau belajar ilmu falak kepada Syekh Mukhtaruddin al-Palembangi (alm) di Makkah, Syaikh Yasin bin Isa al-Fadan, lalu kepada KH. Nasir Syuja'i (alm) di Sampang, kepada KH. Kamil Hayyan (alm), KH. Hasan Basri Sa'id (alm), KH. Zubair Abdul Karim (alm) di bungah Gresik, dll.⁴

KH. Ahmad Ghozali telah menulis banyak karya dalam Ilmu Falak yaitu : Kitab *al-Taqyīdāt al-Jaliyyah*, *Bugyatur Rafiq*, *al-Faiḍ al-Karīm al-Rauf*, *Anfa' al-Wasīlah*, *Bulugul Waṭr*, *Irsyād al-Murīd*, *Šamrat al-Fikar*, *al-Durr al-Anīq*.

³ *Ibid.*, 47-48.

⁴ *Ibid.*, 48.

Namun kitab-kitab falak tersebut hanya dicetak untuk kalangan sendiri di Pondok Pesantren al-Mubarak Lanbulan, Baturasang, Sampang, Madura sebagai materi pembelajaran.⁵

B. Deskripsi Kitab *al-Durr al-Anīq*

Kitab *al-Durr al-Anīq* merupakan penyempurnaan dari kitab-kitab sebelumnya karena pada kenyataannya kurang presisi.⁶

Kitab *al-Durr al-Anīq* ini disusun menggunakan bahasa yang sederhana dan singkat sehingga dapat dengan mudah dipahami serta dapat dikerjakan dengan alat hitung modern.⁷

Kitab ini memiliki dua cetakan yaitu yang pertama dipublikasikan pada 1435 H dan untuk cetakan kedua kitab ini dipublikasikan pada 1437 H. Untuk cetakan pertama kitab *al-Durr al-Anīq* memiliki ketebalan buku sebanyak 214 halaman, sedangkan untuk cetakan kedua ketebalan bukunya yaitu 283 halaman. Kitab *al-Durr al-Anīq* ini diklasifikasikan menjadi beberapa bagian, yaitu :

1. Bagian Pendahuluan
2. Bagian Utama

Dalam bagian utama ini terdiri atas 3 bab, yaitu:

- a. Perhitungan awal bulan⁸
 - 1) Menghitung *Ijtima'*

⁵ *Ibid.*, 50.

⁶ *Ibid.*, 51.

⁷ *Ibid.*

⁸ Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah, *Al-Durr Al-Anīq*, (Madura: Lajnah Falakiyah AL-Mubarak Lanbulan), 6.

Ijtima' mempunyai arti yaitu kumpul atau *iqdiran* artinya bersama, yaitu posisi matahari dan bulan berada pada satu bujur astronomi. Dalam astronomi *ijtima'* dikenal dengan istilah *conjunction* atau konjungsi.⁹

2) *Ta'dil al 'alamah*

Ta'dil al 'alamah adalah koreksi waktu yang diberikan kepada waktu terjadinya *ijtima'* agar didapat waktu *ijtima'* yang sebenarnya.¹⁰

3) Data Matahari

a) *Ṭul syams* / Bujur matahari (S')

Ṭul syams adalah busur sepanjang lingkaran ekliptika ke arah timur diukur dari titik aries sampai matahari. Dalam ilmu falak dikenal pula dengan nama *taqwīmus syams* atau *muqawwamus syams*.¹¹

b) *Mail syams* / Deklinasi matahari (dm)

Mail syams adalah jarak sepanjang lingkaran deklinasi dihitung dari equator sampai matahari.¹²

c) *Maṭla' mustaqīm syams* / Panjang tegak / Ascensiorekta matahari

Maṭla' mustaqīm syams adalah busur sepanjang lingkaran equator yang dihitung mulai titik aries

⁹ Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005), 32.

¹⁰ *Ibid.*, 78.

¹¹ *Ibid.*, 84

¹² *Ibid.*, 52.

(*haml*) ke arah timur sampai ke titik perpotongan antara lingkaran equator dengan lingkaran deklinasi yang melalui benda langit itu.¹³

- d) *Al bu'du bain 'ard syams* (R) / Jarak bumi matahari (AU)
- e) *Niṣf quṭr syams* / Semidiameter matahari (sd)
Niṣf quṭr syams adalah jarak antara titik pusat piringan matahari dengan piringan luarnya, atau seperdua garis tengah piringan matahari.¹⁴
- f) *Ta'dil waqti* / Equation of time (e)
Ta'dil waqti adalah selisih waktu antara waktu matahari hakiki dengan waktu matahari rata-rata. Dalam astronomi biasa disebut dengan *equation of time* atau perata waktu.¹⁵
- g) *Inkhifadul ufuq* / Kerendahan ufuk (Dip)
Inkhifadul ufuq adalah perbedaan kedudukan antara ufuk yang sebenarnya (hakiki) dengan ufuk yang terlihat (mar'ī) oleh seorang pengamat. Dalam astronomi disebut *Dip*.¹⁶
- h) *Irtifa' syams* / Altitude matahari (hm)
Irtifa' syams adalah ketinggian Matahari dihitung sepanjang lingkaran vertikal dari ufuk sampai

¹³ *Ibid.*, 54.

¹⁴ *Ibid.*, 61.

¹⁵ *Ibid.*, 79.

¹⁶ *Ibid.*, 33.

benda langit yang dimaksud. Dalam astronomi dikenal dengan istilah *Altitude*.¹⁷

- i) *Zawiyyah zaman syams* / Sudut waktu matahari (GM)

Zawiyyah zaman syams adalah busur sepanjang lingkaran harian matahari dihitung dari titik kulminasi atas sampai equator bumi.¹⁸

- j) *Gurub syams* / Terbenam matahari / Sunset (GRM)

Gurub syams adalah ketika piringan atas matahari bersinggungan dengan ufuk mar'î di sebelah barat atau bisa dikatakan terbenamnya matahari, yang dalam astronomi dikenal dengan *sunset*.¹⁹

- k) *Simtu syams* / Azimuth matahari (azm)

Simtu syams adalah nilai busur matahari yang dihitung searah jarum jam sampai titik perpotongan antara lingkaran vertikal yang melewati matahari.²⁰

4) Data bulan

- a) *Ṭul qamar* / Bujur bulan (Mo)

Ṭul qamar adalah busur sepanjang lingkaran ekliptika ke arah timur diukur dari titik aries sampai matahari. Dalam ilmu falak dikenal

¹⁷ *Ibid.*, 37.

¹⁸ *Ibid.*, 24.

¹⁹ *Ibid.*, 26-27.

²⁰ *Ibid.*, 40.

dengan nama *taqwīmul qamar* atau *muqawwamul qamar*.²¹

b) *'Ard qamar* / Lintang bulan (B)

'Ard qamar adalah busur sepanjang lingkaran kutub ekliptika dihitung dari titik pusat bulan hingga lingkaran ekliptika. Jika bulan berada di utara ekliptika maka lintang bulan bertanda positif (+) dan jika bulan berada di selatan ekliptika maka lintang bulan bertanda negatif (-).²²

c) *Bu'du al-qamar* / Deklinasi bulan (dc)

Bu'du al-qamar adalah jarak sepanjang lingkaran deklinasi dihitung dari equator sampai bulan.²³

d) *Maṭla' mustaqīm qamar* / Ascensiorekta bulan (ac)

Maṭla' mustaqīm qamar adalah busur sepanjang lingkaran equator yang dihitung mulai titik aries ke arah timur sampai ke titik perpotongan antara lingkaran equator dengan lingkaran deklinasi yang melalui bulan.²⁴

e) *Al bu'du bain 'ard qamar* (r) / Jarak bumi bulan (KM)

f) *Ikhtilaf manẓar qamar* (r) / Horizontal parallak bulan (Hp)

²¹ *Ibid.*, 84.

²² *Ibid.*, 5.

²³ *Ibid.*, 52.

²⁴ *Ibid.*, 54.

Ikhtilaf manẓar qamar adalah beda lihat terhadap bulan bila dilihat dari titik pusat bumi dengan dilihat dari permukaan bumi. Sudut antara dua garis ini berubah-ubah nilainya setiap saat tergantung pada jarak antara bulan dengan bumi dan tergantung pula dengan ketinggian bulan dari ufuk. Semakin kecil nilai parallaknya apabila semakin jauh jaraknya dan juga semakin kecil nilai parallaknya apabila semakin tinggi posisi Bulan dari ufuk.²⁵

g) *Niṣf quṭr qamar* / Semidiameter bulan (sdc)

Niṣf quṭr qamar adalah jarak antara titik pusat bulan dengan piringan luarnya atau seperdua garis tengah bulan atau bisa disebut jari-jari bulan.²⁶

h) *Zawiyah az-zaman qamar* / Sudut waktu bulan (GC)

Zawiyah az-zaman qamar adalah busur sepanjang lingkaran harian bulan yang dihitung dari titik kulminasi atas sampai ke bulan.²⁷

i) *Irtifa' qamar* / *Hilal markazi* / Altitude bulan geosentrik (hc)

²⁵ *Ibid.*, 33.

²⁶ *Ibid.*, 61.

²⁷ *Ibid.*, 24.

Irtifa' qamar adalah ketinggian Bulan yang dihitung sepanjang lingkaran vertikal dari ufuk sampai ke bulan.²⁸

j) *Šimtu al-qamar* / Azimuth bulan (azc)

Šimtu al-qamar adalah busur sepanjang horizon yang dihitung dari titik barat atau titik utara sampai lingkaran vertikal yang melalui bulan ketika matahari terbenam, bisa disebut posisi bulan ketika matahari terbenam.²⁹

k) *Farq samti* / Jarak bulan dari matahari / Beda azimuth (z)

l) *Inkisar syu'a* / Refraksi / Bias cahaya / Refraction (Ref)

Inkisar syu'a adalah perbedaan antara tinggi bulan yang terlihat dengan tinggi bulan yang sebenarnya yang merupakan akibat adanya pembiasan sinar. Pembiasan sinar ini terjadi disebabkan sinar yang datang ke mata kita telah melalui lapisan-lapisan atmosfer menyebabkan posisi bulan tampak lebih tinggi dari posisi sebenarnya.³⁰

m) *Ikhtilaf al-manẓar* / Parallak bulan (P)

Ikhtilaf al-manẓar adalah beda lihat terhadap bulan bila dilihat dari titik pusat bumi dengan

²⁸ *Ibid.*, 37.

²⁹ *Ibid.*, 71.

³⁰ *Ibid.*, 19.

dilihat dari permukaan bumi. Nilai ini dapat berubah-ubah setiap saat tergantung pada jarak antara bulan dengan bumi dan juga jarak ketinggian bulan dari ufuk. Semakin jauh jaraknya maka semakin kecil nilainya dan juga semakin tinggi posisi bulan dari ufuk maka semakin kecil nilainya.³¹

- n) *Irtifa' qamar* / Hilal sati / Altitude bulan toposentric (hc')

Irtifa' qamar adalah ketinggian bulan yang dihitung sepanjang lingkaran vertikal dari ufuk sampai bulan. Apabila bulan berada di atas ufuk maka ketinggian bulan bernilai positif (+) dan juga apabila bulan berada di bawah ufuk maka ketinggian bulan bernilai negatif (-).³²

- o) *Nūrul hilal* / Illuminasi / *Illumination* (nh)

Nūrul hilal adalah lebar piringan hilal yang bercahaya yang dihitung dari tepi piringan menuju ke pusat piringan.³³

- p) *Muksul hilal* / Lama hilal (mh)

- q) *Farq al-irtifa'* / Beda tinggi matahari hilal (Y)

- r) *Bu'du az-zawiyah* / Beda jarak sudut matahari hilal (C)

b. Perhitungan gerhana bulan

³¹ *Ibid.*, 32-33.

³² *Ibid.*, 37.

³³ *Ibid.*, 61.

- 1) Perhitungan tengah gerhana
 - 2) Perhitungan penumbra dan umbra
 - 3) Tinggi dan azimuth bulan saat tengah gerhana
 - 4) Jam gerhana saat penumbra, umbra dan total
 - 5) Perhitungan awal gerhana dan akhir gerhana
 - 6) Perhitungan awal gerhana penumbra, umbra dan total serta akhir gerhana penumbra, umbra dan total
- c. Perhitungan gerhana matahari
- 1) Perhitungan ta'dil I, II, III dan IV
 - 2) Perhitungan tengah gerhana
 - 3) Perhitungan awal gerhana total atau gerhana cincin dan akhir gerhana total atau gerhana cincin
 - 4) Perhitungan awal gerhana dan akhir gerhana
3. Bagian lampiran
- Bagian lampiran ini merupakan bagian yang penting karena pada bagian lampiran ini berisi tabel-tabel dan data-data yang diperlukan dalam perhitungan. Untuk data-data pada bagian lampiran yaitu sebagai berikut :
- a. Jadwal tahun *majmu'ah*
 - b. Jadwal tahun *mabsuṭah*
 - c. Jadwal bulan *hijriyyah*
 - d. Jadwal *ta'dil markaz*
 - e. Jadwal *ta'dil khaṣah*
 - f. Jadwal bulan *miladiyyah*
 - g. Jadwal *mail syams*
 - h. Jadwal *ta'dil waqti*
 - i. Jadwal *al ayyam*

- j. Jadwal *al sa'ah*
- k. Jadwal *daqīqah*
- l. Jadwal *saniyyah*
- m. Jadwal *ta'dil tul syams*
- n. Jadwal *ta'dil al bu'du bain 'ard syams*
- o. Jadwal *ta'dil tul qamar*
- p. Jadwal *ta'dil 'ard qamar*
- q. Jadwal *ta'dil al bu'du bain 'ard qamar*
- r. Jadwal *ta'dil nurul qamar*

C. Hisab Gerhana Bulan Kitab *al-Durr al-Anīq*

Untuk menghitung gerhana bulan adalah sebagai berikut :

- Mengetahui lintang tempat dan bujur tempat yang dicari, negatif (-) apabila di lintang selatan dan bujur barat
 - Mengetahui jam tengah gerhana dan (TD) dan data pergerakan pada saat gerhana dari jadwal dengan tanggal hijriyah dan miladi untuk mengetahui gerhananya
 - Mengetahui Delta T, ET, universal time, dan zona waktu (time zone)
1. Data gerhana bulan
 - 1) *Tuluẓil* / bujur bayangan = x_0
 - 2) *Ta'dilul ʔul* = x_1
 - 3) *Ardu ẓil* / lintang bayangan = y_0
 - 4) *Ta'dilul 'ard* = y_1
 - 5) *Bu'du zawayāt syibhi* = L10
 - 6) *Ta'dil Bu'duzawayāt* = L11
 - 7) *Bu'du zawayāt haqiqī* = L20

- 8) *Ta'dil bu'du zawayāt haqiqī* = L21
- 9) *Bu'du zawayāt kullī* = L30
- 10) *Ta'dil bu'du zawayāt kullī* = L31
- 11) *Nisfu quṭri qamar* / semi diameter bulan = sc0
- 12) *Ta'dil nisfu quṭri qamar* = sc1
- 13) *Zawiyyatul waqti* = M0
- 14) *Ta'dil zawiyyatul waqti* = M1
- 15) *Mailul qamar* / deklinasi bulan = dm0
- 16) *Ta'dil mailul qamar* = dm1

2. Mengetahui jam tengah gerhana

$$n^2 = (x1^2 + y1^2)$$

$$n = \sqrt{n^2}$$

Jam tengah gerhana yang sebenarnya = T0 UT (tengah gerhana) = TD + T – delta T

3. Mengetahui magnitudo gerhana bulan penumbra dan umbra

$$L1 = L10 + L11 \times T$$

$$L2 = L20 + L21 \times T$$

$$L3 = L30 + L31 \times T$$

$$Sc = Sc0 + Sc1 \times T$$

$$m = \sqrt{((x0 + x1 \times T)^2 + (y0 + y1 \times T)^2)}$$

$$\text{Magnitudo penumbra} = (L1 - m) / (2 \times Sc)$$

$$\text{Magnitudo umbra} = (L2 - m) / (2 \times Sc)$$

Jika magnitudo penumbra (-) maka tidak terjadi gerhana. Jika magnitudo umbra (-) maka terjadi gerhana penumbra. Jika kedua-duanya (+) dan kurang dari satu maka terjadi gerhana umbra sebagian. Jika kedua-duanya 1 atau lebih dari 1 maka terjadi gerhana total.

4. Mengetahi ketinggian bulan dan azimuth bulan pada saat tengah gerhana

$$H = M0 + M1 \times T + \lambda - 0.00417807 \times \text{delta } T$$

$$dm = dm0 + dm1 \times T$$

$$h = \text{Sin}^{-1}(\sin \phi \sin dm + \cos \phi \cos dm \cos H)$$

$$x = \sin dm \cos \phi - \cos dm \sin \phi \cos H$$

$$y = -\cos dm \sin H$$

$$Az = \text{Tan}^{-1}(y / x)$$

Lihatlah jika x dan y positif (+) maka Az. Jika keduanya negatif (-) atau x negatif (-) dan y positif (+) maka azimuthnya adalah $Az + 180$. Jika x positif (+) dan y negatif (-) maka azimuthnya adalah $Az + 380$. Itulah yang disebut azimuth

5. Mengetahui jam gerhana penumbra (T1), gerhana umbra (T2), dan gerhana total / gelap (T3)

$$\Delta = (x0 y1 - y0 x 1) / n$$

$$T1 = \sqrt{(L1^2 - \Delta^2)} / n$$

$$T2 = \sqrt{(L2^2 - \Delta^2)} / n$$

$$T3 = \sqrt{(L3^2 - \Delta^2)} / n$$

6. Mengetahui awal gerhana penumbra dan akhir gerhana penumbra beserta ketinggian dan azimuth bulan

$$\text{Awal penumbra} = T0 \text{ UT} - T1$$

$$\text{Akhir penumbra} = T0 \text{ UT} + T1$$

$$Hap = H (\text{tengah gerhana}) - M1 \times T1$$

$$Hkp = H (\text{tengah gerhana}) + M1 \times T1$$

$$dmap = dm (\text{tengah gerhana}) - dm1 \times T1$$

$$dmkp = dm (\text{tengah gerhana}) + dm1 \times T1$$

- Tinggi dan azimut awal penumbra

$$h = \text{Sin}^{-1} (\sin \phi \sin dmap + \cos \phi \cos dmap \cos Hap)$$

$$x = \sin dmap \cos \phi - \cos dmap \sin \phi \cos Hap$$

$$y = -\cos dmap \sin Hap$$

$$Az = \text{Tan}^{-1} (y / x)$$
- Tinggi dan azimut akhir penumbra

$$h = \text{Sin}^{-1} (\sin \phi \sin dmkp + \cos \phi \cos dmkp \cos Hkp)$$

$$x = \sin dmkp \cos \phi - \cos dmkp \sin \phi \cos Hkp$$

$$y = -\cos dmkp \sin Hkp$$

$$Az = \text{Tan}^{-1} (y / x)$$

7. Mengetahui awal gerhana umbra dan akhir gerhana umbra

beserta ketinggian dan azimuth bulan

$$\text{Awal umbra} = T0 \text{ UT} - T2$$

$$\text{Akhir umbra} = T0 \text{ UT} + T2$$

$$\text{Hau} = H (\text{tengah gerhana}) - M1 \times T2$$

$$\text{Hku} = H (\text{tengah gerhana}) + M1 \times T2$$

$$\text{dmau} = dm (\text{tengah gerhana}) - dm1 \times T2$$

$$\text{dmku} = dm (\text{tengah gerhana}) + dm1 \times T2$$

- Tinggi dan azimut awal umbra

$$h = \text{Sin}^{-1} (\sin \phi \sin dmau + \cos \phi \cos dmau \times \cos Hau)$$

$$x = \sin dmau \cos \phi - \cos dmau \sin \phi \cos Hau$$

$$y = -\cos dmau \sin Hau$$

$$Az = \text{Tan}^{-1} (y / x)$$
- Tinggi dan azimut akhir umbra

$$h = \text{Sin}^{-1} (\sin \phi \sin dmku + \cos \phi \cos dmku \cos Hku)$$

$$x = \sin dmku \cos \phi - \cos dmku \sin \phi \cos Hku$$

$$y = -\cos dmku \sin Hku$$

$$Az = \tan^{-1}(y / x)$$

8. Mengetahui awal gerhana total dan akhir gerhana total beserta ketinggian dan azimut bulan

$$\text{Awal total} = T_0 \text{ UT} - T_3$$

$$\text{Akhir total} = T_0 \text{ UT} + T_3$$

$$\text{Hat} = H (\text{tengah gerhana}) - M_1 \times T_3$$

$$\text{Hkt} = H (\text{tengah gerhana}) + M_1 \times T_3$$

$$\text{dmat} = dm (\text{tengah gerhana}) - dm_1 \times T_3$$

$$\text{dmkt} = dm (\text{tengah gerhana}) + dm_1 \times T_3$$

- Tinggi dan azimut awal total

$$h = \sin^{-1}(\sin \phi \sin \text{dmat} + \cos \phi \cos \text{dmat} \cos \text{Hat})$$

$$x = \sin \text{dmat} \cos \phi - \cos \text{dmat} \sin \phi \cos \text{Hat}$$

$$y = -\cos \text{dmat} \sin \text{Hat}$$

$$Az = \tan^{-1}(y / x)$$

- Tinggi dan Azimut akhir total

$$h = \sin^{-1}(\sin \phi \sin \text{dmkt} + \cos \phi \cos \text{dmkt} \cos \text{Hkt})$$

$$x = \sin \text{dmkt} \cos \phi - \cos \text{dmkt} \sin \phi \cos \text{Hkt}$$

$$y = -\cos \text{dmkt} \sin \text{Hkt}$$

$$Az = \tan^{-1}(y / x)$$

D. Deskripsi Astronomical Algorithm Jean Meeus

Jean Meeus adalah penulis dari buku *Astronomical Algorithm*, beliau lahir pada tanggal 12 Desember 1928.³⁴ Belajar matematika di Universitas Louvain (Leuven) di

³⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Jean_Meeus, diakses pada tanggal 10 Februari 2021.

Belgia, di sana beliau mendapatkan gelar diploma pada tahun 1953, Sejak Saat itu beliau menjadi ahli meteorologi di Bandara Brussels. Beliau minatnya secara khusus pada astronomi bola dan matematika. Beliau adalah anggota beberapa asosiasi astronomi dan penulis berbagai karya ilmiah. Beliau penulis kedua *the Canon of Solar Eclipses* (1966), *the Canon of Lunar Eclipses* (1979) dan *the Canon of Solar Eclipses* (1983). Rumus-rumus astronomi-nya untuk kalkulator (1979 dan 1982) telah banyak diakui oleh astronom amatir dan profesional. Selanjutnya, karyanya diterbitkan oleh Willmann-Bell, Inc, yakni *Astronomical Table of the Sun, Moon and Planets* (1983), *Elements of Solar Eclipse 1951-2200* (1989) dan *Transit* (1989). Untuk kontribusinya yang begitu banyak bagi astronomi, maka pada tahun 1981 *The International Astronomical Union* mengumumkan penamaan asteroid 2213 Meeus untuk menghormatinya.³⁵

Dalam bidang perhitungan benda-benda langit, sudah sejak lama Jean Meeus telah mendapatkan pujian dan rasa hormat bahkan sebelum mikrokomputer dan kalkulator saku muncul di pasar. Ketika ia mempublikasikan rumus-rumus Astronomi untuk kalkulator pada tahun 1979 yang secara praktis merupakan buku satu-satunya dalam “*genre*”nya. Dengan cepat menjadi sumber segala sumber, bahkan untuk penulis lain di bidang tersebut. Banyak dari mereka telah menyatakan pengakuan untuk meminjam ataupun harus

³⁵ Jean Meeus, *Algoritma Astronomi Second Edition*, terj. *Astronomical Algorithm Second Edition* oleh Dr. Ing. Khafid (Virginia: Willman-Bell, 1991), 354.

memiliki, mengutip karyanya, yang berupa instruksi dan metode yang jelas dan tak tertandingi.

Dan sekarang, astronom Belgia itu belum menyerah, hampir setiap buku pegangan sebelumnya terkait perhitungan benda-benda langit (termasuk karyanya sendiri sebelumnya) harus mengandalkan rumus-rumus perhitungan Matahari, Bulan, dan planet-planet yang dikembangkan pada abad terakhir atau setidaknya sebelum tahun 1920. Pada 10 tahun yang lalu, kita telah melihat sebuah revolusi menakjubkan dalam dunia observatorium utama yang menghasilkan almanak. *Jet Propulsion Laboratory* di California dan *US Naval Observatory* di Washington, DC yang memiliki metode sempurna didukung mesin hitung baru untuk permodelan gerakan dan interaksi benda-benda langit dalam tata surya. Pada saat yang sama di Paris, *the Bureau des Longitudes* telah menjadi pusat kegiatan yang bertujuan untuk mendeskripsikan gerakan benda langit secara analitis dalam bentuk persamaan eksplisit.

Sampai saati ini buah karya yang luar biasa ini masih di luar jangkauan masyarakat umum. Datanya tersimpan dalam gulungan tape magnetik yang hanya cocok untuk manusia atau mesin elektronik yang mempunyai otak prima. Namun, Algoritma astronomi (yang dipaparkan dalam buku ini) merubah semua itu. Dengan bakat luar biasanya untuk segala macam perhitungan, penulis telah membuat teknik perhitungan

modern yang esensial dan mudah dimanfaatkan bagi kita semua.³⁶

E. Hisab Gerhana Bulan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus

Untuk menghitung gerhana bulan berdasarkan *Astronomical Algorithm* Jean meeus adalah sebagai berikut :

1. Menghitung perkiraan tahun terjadinya gerhana bulan

Perkiraan tahun = tahun + bulan yang lewat / 12 + tanggal / 365

Setelah menemukan hasil dari perkiraan tahun langkah selanjutnya yaitu menentukan perkiraan nilai lintasan bulan melalui titik simpul (k), sebagai catatan lintasan bulan melalui titik simpul (k) adalah ketika bulan melewati titik simpul baik naik maupun turun dari orbitnya garis lintang geosentrisnya adalah 0.³⁷

2. Perkiraan nilai k

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

Dimana tahun harus dinyatakan dengan angka desimal.³⁸ Setelah menemukan nilai k selanjutnya yaitu menentukan nilai k yang tepat.

3. Menentukan nilai k yang tepat

Dimana bilangan bulat k berarti untuk perhitungan bulan baru, selanjutnya penambahan bilangan bulat

³⁶ *Ibid.*, 1.

³⁷ Miftach Rizcha Afifi, “Akurasi Perhitungan Gerhana bulan menurut Jean Meeus Menggunakan Software Matlab”, *Skripsi*, 37.

³⁸ Jean Meeus, *Algoritma*, 266.

tersebut dengan bilangan pecahan berikut untuk fase-fase bulan lainnya :

- 0,25 berarti untuk perempat pertama
- 0,50 berarti untuk bulan purnama
- 0,75 berarti untuk perempat terakhir.³⁹

$k =$ perkiraan nilai $k + 0,5$

Setelah menemukan nilai k yang tepat maka selanjutnya adalah menentukan nilai Julian Day Centuries (T).

4. Menentukan nilai T

T adalah waktu dalam abad Julian sejak tahun (epoch) 2000,0 dan nilai T adalah negatif sebelum tahun (epoch) 2000,0.⁴⁰

$$T = k / 1236,85$$

Setelah menemukan nilai T maka selanjutnya adalah menghitung nilai argumen lintang bulan atau nilai F.

5. Menghitung nilai F (argumen lintang bulan)

$$F = 160,7108 + 390,67050274 * k - 0,0016341 * T * T$$

Setelah menemukan nilai F maka selanjutnya adalah menentukan apakah akan terjadi atau tidak terjadi gerhana bulan.

6. Menentukan apakah benar akan terjadi gerhana bulan

Dari nilai F diatas kita dapat memastikan apakah benar akan terjadi gerhana bulan. Syarat terjadinya gerhana adalah jika selisih F dengan kelipatan 180° harus

³⁹ *Ibid.*, 265.

⁴⁰ *Ibid.*

kurang $13,9^\circ$, maka pasti akan terjadi gerhana. Jika nilai F dekat dengan 180° , maka gerhana terjadi di dekat titik turun bulan (descending node), dan jika nilai F mendekati 0° atau 360° maka gerhana terjadi didekat titik naik bulan (ascending node).⁴¹ Setelah menentukan apakah akan terjadi gerhana bulan maka selanjutnya adalah menghitung nilai E.

7. Menghitung nilai E

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

Setelah menemukan nilai E maka selanjutnya adalah menghitung anomali rata-rata matahari.

8. Menghitung Anomali rata-rata matahari (M)

$$M = 2,5534 + 29,10535669 * k - 0,0000218 * T^2$$

Setelah menemukan nilai anomali rata-rata matahari maka selanjutnya adalah menghitung anomali rata-rata bulan.

9. Menghitung Anomali rata-rata bulan (M')

$$M' = 201,5643 + 385,81693528 * k + 0,0107438 * T^2$$

Setelah menemukan nilai anomali rata-rata bulan maka selanjutnya adalah menghitung bujur titik naik bulan omega.

10. Menghitung bujur titik naik bulan omega

$$\text{Bujur titik naik bulan omega} = 124,7746 - 1,56375580 * k + 0,0020691 * T^2$$

⁴¹ Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, (Yogyakarta : Jurusan Fisika FMIPA UGM, 2012), 143.

Setelah menemukan nilai bujur titik naik bulan omega maka selanjutnya adalah menghitung F1.

11. Menghitung F1

$$F1 = F - 0,02665 * \sin(\text{omega})$$

Setelah menemukan nilai F1 maka selanjutnya adalah menghitung A1.

12. Menghitung A1

$$A1 = 299,77 + 0,107408 * k - 0,009173 * T * T$$

Setelah menemukan nilai A1 maka selanjutnya adalah menghitung JDE bulan yang belum terkoreksi

13. Menghitung JDE bulan yang belum terkoreksi

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

Setelah menemukan nilai JDE bulan yang belum terkoreksi maka selanjutnya adalah menghitung koreksi JDE.

14. Menghitung koreksi JDE

$$\begin{aligned} 10000 * \text{Koreksi JDE bulan} = & - 4065 * \sin(M') + 1727 * \\ & E * \sin(M) + 161 * \sin(2 * M') - 97 * \sin(2 * F1) + 73 \\ & * E * \sin(M' - M) - 50 * E * \sin(M' - M) - 23 * \sin \\ & (M' - 2 * F1) + 21 * E * \sin(2 * M) + 12 * \sin(M' + 2 * \\ & F1) + 6 * E * \sin(2 * M' + M) - 4 * \sin(3 * M') - 3 * E \\ & * \sin(M + 2 * F1) + 3 * \sin(A1) - 2 * E * \sin(M - 2 * \\ & F1) - 2 * E * \sin(2 * M' - M) - 2 * \sin(\text{omega}) \end{aligned}$$

Setelah menemukan nilai koreksi JDE maka selanjutnya adalah menghitung JDE terkoreksi pada saat terjadi gerhana maksimum.

15. Menghitung JDE terkoreksi saat terjadi gerhana maksimum

JDE terkoreksi saat terjadi gerhana maksimum = JDE belum terkoreksi + koreksi JDE

Setelah menemukan nilai JDE terkoreksi saat terjadi gerhana maksimum maka selanjutnya adalah menghitung JD saat gerhana maksimum.

16. Menghitung JD saat gerhana maksimum

JD saat gerhana maksimum = JDE terkoreksi – Delta T

Setelah menemukan JD saat gerhana maksimum maka selanjutnya adalah menghitung P.

17. Menghitung P

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

Setelah menemukan nilai P maka selanjutnya adalah menghitung Q

18. Menghitung Q

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

Setelah menemukan nilai Q maka selanjutnya adalah menghitung W.

19. Menghitung W

$$W = \text{Abs}(\text{Cos}(F1))$$

Setelah menemukan nilai W maka selanjutnya adalah menghitung Gamma.

20. Menghitung Gamma

$$\text{Gamma} = (P * \text{Cos} (F1) + Q * \text{Sin} (F1) * (1 - 0,0048 * W))$$

Setelah menemukan nilai Gamma maka selanjutnya adalah menghitung u.

21. Menghitung u

$$10000 * u = 59 + 46 * E * \text{cos} (M) - 182 * \text{cos} (M') + 4 * \text{cos} (2 * (M') - 5 * E * \text{cos} (M + M'))$$

Setelah mengetahui nilai u maka selanjutnya adalah menghitung radius penumbra.

22. Menghitung radius penumbra

$$\text{Radius penumbra} = 1,2848 + u$$

Setelah mengetahui nilai radius penumbra maka selanjutnya adalah menghitung radius umbra.

23. Menghitung radius umbra

$$\text{Radius umbra} = 0,7403 - u$$

Setelah mengetahui nilai radius umbra maka selanjutnya adalah menghitung magnitude gerhana penumbra.

24. Menghitung Magnitude gerhana penumbra

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

Setelah mengetahui nilai magnitude gerhana penumbra maka selanjutnya adalah menghitung magnitude gerhana umbra.

25. Menghitung Magnitude gerhana umbra

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

Setelah mengetahui nilai magnitude gerhana umbra maka selanjutnya adalah menghitung Pu.

26. Menghitung Pu

$$Pu = 1,0128 - u$$

Setelah mengetahui nilai Pu maka selanjutnya adalah menghitung T1.

27. Menghitung T1

$$T1 = 0,4678 - u$$

Setelah mengetahui nilai T1 maka selanjutnya adalah menghitung H.

28. Menghitung H

$$H = 1,5573 + u$$

Setelah mengetahui nilai H maka selanjutnya adalah menghitung n.

29. Menghitung n

$$n = 0,5458 + 0,0400 * \cos(M^\circ)$$

Setelah mengetahui nilai n maka selanjutnya adalah menghitung Semi durasi fase penumbra.

30. Menghitung Semi durasi fase penumbra

$$\text{Semi durasi fase penumbra} = (60 / n) * \text{SQRT}(H * H - \text{Gamma} * \text{Gamma})$$

Setelah mengetahui nilai semi durasi fase penumbra maka selanjutnya adalah menghitung semi durasi fase parsial umbra.

31. Menghitung Semi durasi fase parsial umbra

Semi durasi fase parsial umbra = $(60 / n) * \text{SQRT} (P_u * P_u - \text{Gamma} * \text{Gamma})$

Setelah mengetahui nilai semi durasi fase parsial umbra maka selanjutnya adalah menghitung semi durasi fase total umbra.

32. Menghitung Semi durasi fase total umbra

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

Setelah mengetahui nilai semi durasi fase total umbra maka selanjutnya adalah menghitung awal fase penumbra.

33. Awal Fase penumbra (P1)

Awal Fase penumbra = waktu JD – 176,66 menit

Setelah mengetahui nilai awal fase penumbra maka selanjutnya adalah menghitung awal fase umbra.

34. Awal Fase umbra (U1)

Awal Fase umbra = waktu JD – 105,8 menit

Setelah mengetahui nilai awal fase umbra maka selanjutnya adalah menghitung nilai awal fase total.

35. Awal fase total (U2)

Awal fase total = waktu JD – 24,83 menit

Setelah mengetahui nilai awal fase total maka selanjutnya adalah menghitung gerhana maksimum.

36. Gerhana maksimum

Setelah mengetahui waktu gerhana maksimum maka selanjutnya adalah menghitung akhir fase total.

37. Akhir fase total (U3)

Akhir fase total = waktu gerhana maksimum + 24,83 menit

Setelah mengetahui waktu akhir fase total maka selanjutnya adalah menghitung akhir fase umbra.

38. Akhir fase umbra (U4)

Akhir fase umbra = waktu gerhana maksimum + 105,8 menit

Setelah mengetahui waktu akhir fase umbra maka selanjutnya yaitu langkah terakhir adalah menghitung akhir fase penumbra.

39. Akhir fase penumbra (P2)

Akhir Fase penumbra = waktu gerhana maksimum + 176,66 menit.

BAB IV

ANALISIS KOMPARASI HISAB GERHANA BULAN DALAM KITAB *AL-DURR AL-ANĪQ* DENGAN *ASTRONOMICAL ALGORITHM* JEAN MEEUS

A. Persamaan dan Perbedaan Hisab Gerhana Bulan dalam Kitab *al-Durr al-Anīq* dengan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus

1. Persamaan hisab gerhana Bulan dalam kitab *al-Durr al-Anīq* dengan *astronomical algorithm* Jean Meeus

Hisab gerhana bulan dalam kitab *al-Durr al-Anīq* memiliki persamaan dengan hisab gerhana bulan dalam *astronomical algorithm* Jean Meeus, keduanya memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Hal ini dibuktikan dengan hasil hisab gerhana bulan pada kitab *al-Durr al-Anīq* dibandingkan dengan *eclipse prediction* oleh NASA hasilnya tidak jauh berbeda hanya ada selisih berkisar pada menit sampai detik. Kemudian untuk hisab gerhana bulan dalam *astronomical algorithm* Jean Meeus juga memiliki akurasi yang tinggi juga, hal ini dibuktikan dari hasil hisab pada gerhana bulan *astronomical algorithm* Jean Meeus tidak jauh berbeda dengan *eclipse prediction* oleh NASA, hasil yang diberikan hanya berselisih pada menit sampai detik. Jadi baik hisab gerhana bulan dalam kitab *al-Durr al-Anīq* dan *astronomical algorithm* Jean Meeus keduanya menghasilkan akurasi yang tinggi hal ini didukung dengan

menggunakan *eclipse prediction* oleh NASA sebagai parameter.

2. Perbedaan hisab gerhana Bulan dalam kitab *al-Durr al-Anīq* dengan *astronomical algorithm* Jean Meeus

Hisab gerhana bulan dalam kitab *al-Durr al-Anīq* memiliki beberapa perbedaan dengan hisab gerhana bulan dalam *astronomical algorithm* Jean Meeus, perbedaannya yaitu:

Data yang digunakan, dalam hisab gerhana bulan diperlukan data untuk menghitung gerhana bulan. Dalam hisab gerhana bulan kitab *al-Durr al-Anīq* menggunakan data yang sudah tersedia dalam kitab tersebut, semua data sudah disediakan termasuk data tanggal, bulan serta jenis gerhana apa yang terjadi pada waktu tersebut, jadi untuk menghitung gerhana bulan semua datanya sudah disediakan didalam kitab. Kemudian dalam hisab gerhana bulan *astronomical algorithm* Jean Meeus data yang digunakan adalah hasil dari observasi Jean Meeus, angka angka yang ada pada rumus adalah angka pasti dari hasil observasi Jean Meeus, sehingga dalam menghitung gerhana bulan *astronomical algorithm* Jean Meeus diperlukan data kapan waktu yang akan dihitung selanjutnya untuk kelengkapan data dalam menghitung mengikuti rumus dan angka pasti hasil observasi Jean Meeus dalam *astronomical algorithm*.

Sistematika rumus, dalam hisab gerhana bulan pada kitab *al-Durr al-Anīq* urutan dalam menghitung gerhana bulan sudah tersusun dan urut sehingga mudah bagi kita untuk menghitung gerhana bulan. Kemudian dalam hisab

gerhana bulan pada *astronomical algorithm* Jean Meeus bersifat sistematis namun beda tematik dengan kitab *al-Durr al-Anīq*. Pencarian sebuah data pada *astronomical algorithm* Jean Meeus tidak langsung tapi harus melalui cara dalam berbagai bab namun sudah terstruktur.

Hasil perhitungan, dalam hisab gerhana bulan hasil dari perhitungan adalah sebagai patokan apakah hasil hisab tersebut berakurasi tinggi. Dalam hisab gerhana bulan kitab *al-Durr al-Anīq* hasil yang diberikan berakurasi tinggi hal ini dibuktikan dengan hasil hisab gerhana bulan kitab *al-Durr al-Anīq* dengan *eclipse prediction* oleh NASA keduanya memiliki selisih hasil yang berkisar pada menit sampai detik, sehingga hisab gerhana bulan dalam kitab *al-Durr al-Anīq* memiliki akurasi yang tinggi. Kemudian dalam hisab gerhana bulan pada *astronomical algorithm* Jean Meeus hasil yang diberikan juga memiliki akurasi yang tinggi, hal ini dibuktikan dengan hasil hisab gerhana bulan *astronomical algorithm* Jean Meeus dengan *eclipse predicton* oleh NASA keduanya juga memiliki selisih hasil yang pada kisaran menit sampai detik, sehingga hisab gerhana bulan dalam *astronomical algorithm* memiliki akurasi yang tinggi juga. Namun hasil pada kitab *al-Durr al-anīq* dengan *astronomical algorithm* Jean Meeus keduanya memiliki selisih antara menit sampai detik.

B. Komparasi Hisab Gerhana Bulan dalam Kitab *al-Durr al-Anīq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus

Dalam mengkomparasikan hasil hisab gerhana bulan algoritma dalam kitab *al-Durr al-Anīq* dengan algoritma dalam *Astronomical Algorithm* Jean Meeus, penulis menggunakan *Eclipse Predictions* oleh NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) sebagai parameter dalam mengkomparasikan hasil hisab gerhana bulan.

1. Hisab gerhana bulan dalam *Astronomical Algorithm* Jean Meeus

- Perkiraan tahun

Untuk menghitung perkiraan tahun menggunakan rumus:

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

Untuk data yang digunakan pada rumus tahun diambil dari tahun yang ingin dihitung, kemudian untuk bulan yaitu bulan yang sudah terlewati, contohnya jika ingin menghitung gerhana pada bulan Oktober maka bulan yang sudah terlewati ada 9 jadi data yang digunakan adalah 9. Kemudian untuk tanggal data diambil dari tanggal yang ingin dihitung.

- Perkiraan nilai k

Untuk menghitung perkiraan nilai k menggunakan rumus:

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

Untuk data yang digunakan pada rumus perkiraan tahun diambil dari hasil perhitungan perkiraan tahun.

- Nilai k

Untuk menghitung nilai k menggunakan rumus:

$$\text{Nilai } k = \text{Perkiraan nilai } k + 0,5$$

Untuk data yang digunakan pada rumus perkiraan nilai k diambil dari hasil perhitungan nilai k namun data yang digunakan hanya angka didepan koma. Kemudian untuk angka 0,5 berarti untuk bulan purnama.

- Nilai T

Untuk menghitung nilai T menggunakan rumus:

$$\text{Nilai } T = k / 1236,85$$

Untuk data yang digunakan pada rumus nilai k diambil dari hasil perhitungan nilai k.

- Nilai argumen lintang bulan (F)

Untuk menghitung nilai T menggunakan rumus:

$$\text{Nilai argumen lintang bulan (F)} = 160,7108 + 390,67050274 * k - 0,0016341 * T * T$$

Untuk data yang digunakan pada rumus k diambil dari hasil perhitungan nilai k. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus T diambil dari hasil perhitungan nilai T.

- Apakah benar akan terjadi gerhana Bulan

Untuk mengetahui apakah benar akan terjadi gerhana Bulan atau tidak menggunakan rumus:

$$\text{Nilai } F < 13,9^\circ$$

Untuk data nilai F diambil dari hasil perhitungan nilai F. Kemudian jika nilai F kurang dari $13,9^\circ$ maka pasti akan terjadi gerhana.

- Nilai E

Untuk menghitung nilai E menggunakan rumus:

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

Untuk data yang digunakan pada rumus T diambil dari hasil perhitungan nilai T.

- Anomali rata-rata matahari (M)

Untuk menghitung nilai M menggunakan rumus:

$$(M) = 2,5534 + 29,10535669 * k - 0,0000218 * T * T$$

Untuk data yang digunakan pada rumus k diambil dari hasil perhitungan nilai k. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus T diambil dari hasil perhitungan nilai T.

- Anomali rata-rata bulan (M')

Untuk menghitung nilai M' menggunakan rumus:

$$(M') = 201,5643 + 385,81693528 * k + 0,0107438 * T * T$$

Untuk data yang digunakan pada rumus k diambil dari hasil perhitungan nilai k. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus T diambil dari hasil perhitungan nilai T.

- Bujur titik naik bulan Omega (Ω)

Untuk menghitung nilai Ω menggunakan rumus:

$$(\Omega) = 124,7746 - 1,56375580 * k + 0,0020691 * T * T$$

Untuk data yang digunakan pada rumus k diambil dari hasil perhitungan nilai k. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus T diambil dari hasil perhitungan nilai T.

- F1

Untuk menghitung nilai F1 menggunakan rumus:

$$F1 = F - 0,02665 * \sin(\Omega)$$

Untuk data yang digunakan pada rumus F diambil dari hasil perhitungan nilai F. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus Ω diambil dari hasil perhitungan nilai Ω .

- A1

Untuk menghitung nilai A1 menggunakan rumus:

$$A1 = 299,77 + 0,107408 * k - 0,009173 * T * T$$

Untuk data yang digunakan pada rumus k diambil dari hasil perhitungan nilai k. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus T diambil dari hasil perhitungan nilai T.

- JDE bulan yang belum terkoreksi

Untuk menghitung nilai JDE yang belum terkoreksi menggunakan rumus:

$$\text{JDE bulan yang belum terkoreksi} = 2451550,09765 + 29,530588853 * k + 0,0001337 * T * T$$

Untuk data yang digunakan pada rumus k diambil dari hasil perhitungan nilai k. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus T diambil dari hasil perhitungan nilai T.

- Koreksi JDE

Untuk menghitung nilai koreksi JDE menggunakan rumus:

$$10000 * \text{Koreksi JDE bulan} = - 4065 * \sin (M') + 1727 * E * \sin (M) + 161 * \sin (2 * M') - 97 * \sin (2 * F1) + 73 * E * \sin (M' - M) - 50 * E * \sin (M' - M) - 23 * \sin (M' - 2 * F1) + 21 * E * \sin (2 * M) + 12 * \sin (M' + 2 * F1) + 6 * E * \sin (2 * M' + M) - 4 * \sin (3 * M')$$

$$- 3 * E * \sin (M + 2 * F1) + 3 * \sin (A1) - 2 * E * \sin (M - 2 * F1) - 2 * E * \sin (2 * M' - M) - 2 * \sin (\Omega)$$

Untuk data yang digunakan pada rumus M' diambil dari hasil perhitungan nilai M' , untuk data yang digunakan pada rumus E diambil dari hasil perhitungan nilai E , untuk data yang digunakan pada rumus M diambil dari hasil perhitungan nilai M , untuk data yang digunakan pada rumus $F1$ diambil dari hasil perhitungan nilai $F1$. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus Ω diambil dari hasil perhitungan nilai Ω .

- JDE terkoreksi saat terjadi gerhana maksimum

Untuk menghitung nilai koreksi JDE saat terjadi gerhana maksimum menggunakan rumus:

JDE terkoreksi saat gerhana maksimum = JDE belum terkoreksi + koreksi JDE

Untuk data yang digunakan pada rumus JDE belum terkoreksi diambil dari hasil perhitungan JDE belum terkoreksi. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus koreksi JDE diambil dari hasil perhitungan koreksi JDE.

- Y

Untuk menghitung nilai Y menggunakan rumus:

$$Y = 2000 + 100 * k / 1236,85$$

Untuk data yang digunakan pada rumus k diambil dari hasil perhitungan nilai k .

- ΔT

Untuk menghitung nilai ΔT menggunakan rumus:

$$\Delta T = 62,92 + 0,32217 * (Y - 2000) + 0,005589 * (Y - 2000) * (Y - 2000)$$

Untuk data yang digunakan pada rumus Y diambil dari hasil perhitungan nilai Y.

- JD saat gerhana maksimum

Untuk menghitung nilai JD saat gerhana maksimum menggunakan rumus:

$$\text{JD saat gerhana maksimum} = \text{JDE terkoreksi saat gerhana maksimum} - \Delta T$$

Untuk data yang digunakan pada rumus JDE terkoreksi saat gerhana maksimum diambil dari hasil perhitungan JDE terkoreksi saat gerhana maksimum. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus ΔT diambil dari hasil perhitungan ΔT .

- JD1

Untuk menghitung nilai JD1 menggunakan rumus:

$$\text{JD1} = \text{JD saat gerhana maksimum} + 0,5$$

Untuk data yang digunakan pada rumus JD saat gerhana maksimum diambil dari hasil perhitungan JD saat gerhana maksimum.

- Z

Untuk menghitung nilai Z menggunakan rumus:

$$Z = \text{INT}(\text{JD1})$$

Untuk data yang digunakan pada rumus JD1 diambil dari hasil perhitungan JD1.

- F

Untuk menghitung nilai F menggunakan rumus:

$$F = \text{JD1} - Z$$

Untuk data yang digunakan pada rumus JD1 diambil dari hasil perhitungan JD1. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus Z diambil dari hasil perhitungan Z.

- AA

Untuk menghitung nilai AA menggunakan rumus:

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

Untuk data yang digunakan pada rumus Z diambil dari hasil perhitungan Z.

- A

Untuk menghitung nilai A menggunakan rumus:

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

Untuk data yang digunakan pada rumus Z diambil dari hasil perhitungan Z. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus AA diambil dari hasil perhitungan AA.

- B

Untuk menghitung nilai B menggunakan rumus:

$$B = A + 1524$$

Untuk data yang digunakan pada rumus A diambil dari hasil perhitungan A.

- C

Untuk menghitung nilai CC menggunakan rumus:

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

Untuk data yang digunakan pada rumus B diambil dari hasil perhitungan B.

- D

Untuk menghitung nilai D menggunakan rumus:

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

Untuk data yang digunakan pada rumus C diambil dari hasil perhitungan nilai C.

- E

Untuk menghitung nilai E menggunakan rumus:

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

Untuk data yang digunakan pada rumus B diambil dari hasil perhitungan nilai B. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus D diambil dari hasil perhitungan nilai D.

- Nilai Tanggal

Untuk menentukan tanggal menggunakan rumus:

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

Untuk data yang digunakan pada rumus B diambil dari hasil perhitungan nilai B, untuk data yang digunakan pada rumus D diambil dari hasil perhitungan nilai D, untuk data yang digunakan pada rumus E diambil dari hasil perhitungan nilai E. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus F diambil dari hasil perhitungan nilai F.

- Tanggal

Untuk menentukan tanggal menggunakan rumus:

$$\text{Tanggal} = \text{INT}(\text{Nilai Tanggal})$$

Untuk data yang digunakan pada rumus nilai tanggal diambil dari hasil perhitungan nilai tanggal.

- Bulan

Untuk menentukan bulan menggunakan rumus:

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

Untuk data yang digunakan pada rumus E diambil dari hasil perhitungan nilai E.

- Tahun

Untuk menentukan tahun menggunakan rumus:

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

Untuk data yang digunakan pada rumus C diambil dari hasil perhitungan nilai C.

- Jam

Untuk menentukan jam menggunakan rumus:

$$\text{Jam} = (\text{Nilai tanggal} - \text{tanggal}) * 24$$

Untuk data yang digunakan pada rumus nilai tanggal diambil dari hasil perhitungan nilai tanggal. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus tanggal diambil dari hasil perhitungan tanggal.

- P

Untuk menentukan nilai P menggunakan rumus:

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

Untuk data yang digunakan pada rumus E diambil dari hasil perhitungan nilai E, untuk data yang digunakan pada rumus M diambil dari hasil perhitungan nilai M, untuk data yang digunakan pada rumus M' diambil dari hasil perhitungan nilai M'. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus F1 diambil dari hasil perhitungan nilai F1.

- Q

Untuk menentukan nilai Q menggunakan rumus:

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

Untuk data yang digunakan pada rumus E diambil dari hasil perhitungan nilai E, untuk data yang digunakan pada rumus M diambil dari hasil perhitungan nilai M. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus M' diambil dari hasil perhitungan nilai M'.

- W

Untuk menentukan nilai W menggunakan rumus:

$$W = \text{Abs} (\text{Cos} (F1))$$

Untuk data yang digunakan pada rumus F1 diambil dari hasil perhitungan nilai F1.

- Gamma

Untuk menentukan nilai Gamma menggunakan rumus:

$$\text{Gamma} = (P * \text{Cos} (F1) + Q * \text{Sin} (F1) * (1 - 0,0048 * W))$$

Untuk data yang digunakan pada rumus P diambil dari hasil perhitungan nilai P, untuk data yang digunakan pada rumus F1 diambil dari hasil perhitungan nilai F1, untuk data yang digunakan pada rumus Q diambil dari hasil perhitungan nilai Q. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus W diambil dari hasil perhitungan nilai W.

- u

Untuk menentukan nilai u menggunakan rumus:

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

Untuk data yang digunakan pada rumus E diambil dari hasil perhitungan nilai E, untuk data yang digunakan pada rumus M diambil dari hasil perhitungan nilai M. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus M' diambil dari hasil perhitungan nilai M'.

- Radius penumbra

Untuk menentukan nilai radius penumbra menggunakan rumus:

$$\text{Radius penumbra} = 1,2848 + u$$

Untuk data yang digunakan pada rumus u diambil dari hasil perhitungan nilai u.

- Radius umbra

Untuk menentukan nilai radius umbra menggunakan rumus:

$$\text{Radius umbra} = 0,7403 - u$$

Untuk data yang digunakan pada rumus u diambil dari hasil perhitungan nilai u.

- Magnitude gerhana penumbra

Untuk menentukan nilai magnitude gerhana penumbra menggunakan rumus:

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

Untuk data yang digunakan pada rumus u diambil dari hasil perhitungan nilai u. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus gamma diambil dari hasil perhitungan nilai gamma.

- Magnitude gerhana umbra

Untuk menentukan nilai magnitudo gerhana umbra menggunakan rumus:

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

Untuk data yang digunakan pada rumus u diambil dari hasil perhitungan nilai u . Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus gamma diambil dari hasil perhitungan nilai gamma .

- Pu

Untuk menentukan nilai Pu menggunakan rumus:

$$Pu = 1,0128 - u$$

Untuk data yang digunakan pada rumus u diambil dari hasil perhitungan nilai u .

- T1

Untuk menentukan nilai T1 menggunakan rumus:

$$T1 = 0,4678 - u$$

Untuk data yang digunakan pada rumus u diambil dari hasil perhitungan nilai u .

- H

Untuk menentukan nilai H menggunakan rumus:

$$H = 1,5573 + u$$

Untuk data yang digunakan pada rumus u diambil dari hasil perhitungan nilai u .

- n

Untuk menentukan nilai n menggunakan rumus:

$$n = 0,5458 + 0,0400 * \cos(M')$$

Untuk data yang digunakan pada rumus M' diambil dari hasil perhitungan nilai M' .

- Semi durasi fase penumbra
 Untuk menentukan nilai semi durasi fase penumbra menggunakan rumus:

$$\text{Semi durasi fase penumbra} = (60 / n) * \text{SQRT} (H * H - \text{Gamma} * \text{Gamma})$$
 Untuk data yang digunakan pada rumus n diambil dari hasil perhitungan nilai n, untuk data yang digunakan pada rumus H diambil dari hasil perhitungan nilai H. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus Gamma diambil dari hasil perhitungan nilai Gamma.
- Semi durasi fase parsial umbra
 Untuk menentukan nilai semi durasi fase parsial umbra menggunakan rumus:

$$\text{Semi durasi fase parsial umbra} = (60 / n) * \text{SQRT} (\text{Pu} * \text{Pu} - \text{Gamma} * \text{Gamma})$$
 Untuk data yang digunakan pada rumus n diambil dari hasil perhitungan nilai n, untuk data yang digunakan pada rumus Pu diambil dari hasil perhitungan nilai Pu. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus Gamma diambil dari hasil perhitungan nilai Gamma.
- Semi durasi fase total umbra
 Untuk menentukan nilai semi durasi fase total umbra menggunakan rumus:

$$\text{Semi durasi fase total umbra} = (60 / n) * \text{SQRT} (\text{T1} * \text{T1} - \text{Gamma} * \text{Gamma})$$
 Untuk data yang digunakan pada rumus n diambil dari hasil perhitungan nilai n, untuk data yang digunakan pada rumus T1 diambil dari hasil perhitungan nilai T1.

Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus Gamma diambil dari hasil perhitungan nilai Gamma.

- Awal fase penumbra (P1)

Untuk menentukan nilai P1 menggunakan rumus:

$$P1 = \text{Waktu JD} - 176,66 \text{ menit}$$

Untuk data yang digunakan pada rumus waktu JD diambil dari hasil perhitungan nilai waktu JD.

- Awal fase umbra (U1)

Untuk menentukan nilai U1 menggunakan rumus:

$$U1 = \text{Waktu JD} - 105,8 \text{ menit}$$

Untuk data yang digunakan pada rumus waktu JD diambil dari hasil perhitungan nilai waktu JD.

- Awal fase total (U2)

Untuk menentukan U2 menggunakan rumus:

$$U2 = \text{Waktu JD} - 24,83 \text{ menit}$$

Untuk data yang digunakan pada rumus waktu JD diambil dari hasil perhitungan nilai waktu JD.

- Gerhana maksimum

Untuk nilai gerhana maksimum diambil dari hasil perhitungan nilai Jam.

- Akhir fase total (U3)

Untuk menentukan nilai U3 menggunakan rumus:

$$U3 = \text{waktu gerhana maksimum} + 24,83 \text{ menit}$$

Untuk data yang digunakan pada rumus waktu gerhana maksimum diambil dari hasil perhitungan nilai gerhana maksimum.

- Akhir fase umbra (U4)

Untuk menentukan nilai U4 menggunakan rumus:

$$U4 = \text{waktu gerhana maksimum} + 105,8 \text{ menit}$$

Untuk data yang digunakan pada rumus waktu gerhana maksimum diambil dari hasil perhitungan nilai gerhana maksimum.

- Akhir fase penumbra (P2)

Untuk menentukan nilai P2 menggunakan rumus:

$$P2 = \text{Waktu gerhana maksimum} + 176,66 \text{ menit}$$

Untuk data yang digunakan pada rumus waktu gerhana maksimum diambil dari hasil perhitungan nilai gerhana maksimum.

2. Hisab gerhana bulan dalam kitab *al-Durr al-Anīq*

- TM

Untuk menentukan nilai TM menggunakan rumus:

$$TM = Y + (M-1) / 12 + D / 365$$

Untuk data yang digunakan pada rumus Y diambil dari nilai tahun yang akan dihitung, untuk data yang digunakan pada rumus M diambil dari nilai bulan yang akan dihitung. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus D diambil dari nilai hari yang akan dihitung.

- T

Untuk menentukan nilai T menggunakan rumus:

$$T = TM - 2000$$

Untuk perhitungan rumus T menggunakan rumus tersebut karena hasil TM yang penulis teliti > 2005 dan ≤ 2050 . Untuk data yang digunakan pada rumus TM diambil dari hasil perhitungan nilai TM.

- Delta T

Untuk menentukan nilai Delta T menggunakan rumus:

$$\Delta T = 62,92 + 0,32217 \times T + 0,005589 \times T^2$$

Untuk perhitungan rumus Delta T menggunakan rumus tersebut karena hasil TM yang penulis teliti > 2005 dan ≤ 2050 . Untuk data yang digunakan pada rumus T diambil dari hasil perhitungan nilai T.

- Jam tengah gerhana

Untuk menentukan nilai jam tengah gerhana menggunakan rumus:

$$n^2 = (x1^2 + y1^2)$$

$$n = \sqrt{n^2}$$

Untuk data yang digunakan pada rumus x1 dan y1 diambil dari tabel data lihat lampiran 1 dan diambil sesuai tanggal gerhana yang ingin dihitung. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus n^2 diambil dari hasil perhitungan nilai n^2 .

- Jam tengah gerhana yang sebenarnya

Untuk menentukan nilai jam tengah gerhana yang sebenarnya menggunakan rumus:

$$T_0 \text{ UT} = T_D + T - \Delta T$$

Untuk data yang digunakan pada rumus T_D diambil dari tabel data lihat lampiran 1 dan diambil sesuai tanggal gerhana yang ingin dihitung, untuk data yang digunakan pada rumus T diambil dari hasil perhitungan nilai T. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus delta T diambil dari hasil perhitungan delta T.

- Magnitude gerhana bulan penumbra dan umbra

Untuk menentukan nilai magnitudo gerhana bulan penumbra dan umbra menggunakan rumus:

$$L1 = L10 + L11 \times T$$

$$L2 = L20 + L21 \times T$$

$$L3 = L30 + L31 \times T$$

$$Sc = Sc0 + Sc1 \times T$$

$$m = \sqrt{(x0 + x1 \times T)^2 + (y0 + y1 \times T)^2}$$

$$\text{Magnitudo penumbra} = (L1 - m) / (2 \times Sc)$$

$$\text{Magnitudo umbra} = (L2 - m) / (2 \times Sc)$$

Untuk data yang digunakan pada rumus L10, L11, L20, L21, L30, L31, Sc0, Sc1, x0, x1, y0, dan y1 diambil dari tabel data lihat lampiran 1 dan diambil sesuai tanggal gerhana yang ingin dihitung, untuk data yang digunakan pada rumus T diambil dari hasil perhitungan nilai T, untuk data yang digunakan pada rumus L1 diambil dari hasil perhitungan nilai L1, untuk data yang digunakan pada rumus m diambil dari hasil perhitungan nilai m, untuk data yang digunakan pada rumus Sc diambil dari hasil perhitungan nilai Sc. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus L2 diambil dari hasil perhitungan nilai L2. Jika magnitudo penumbra (-) maka tidak terjadi gerhana, jika magnitudo umbra (-) maka terjadi gerhana penumbra. Jika kedua-duanya 1 atau lebih dari 1 maka terjadi gerhana total.

- Jam gerhana penumbra (T1), gerhana umbra (T2), dan gerhana total (T3)

Untuk menentukan nilai T1, T2, dan T3 menggunakan rumus:

$$\Delta = (x_0 \times y_1 - y_0 \times x_1) / n$$

$$T1 = \sqrt{(L1^2 - \Delta^2)} / n$$

$$T2 = \sqrt{(L2^2 - \Delta^2)} / n$$

$$T3 = \sqrt{(L3^2 - \Delta^2)} / n$$

Untuk data yang digunakan pada rumus x_0 , y_1 , y_0 , dan x_1 diambil dari tabel data lihat lampiran 1 dan diambil sesuai tanggal gerhana yang ingin dihitung, untuk data yang digunakan pada rumus n diambil dari hasil perhitungan nilai n , untuk data yang digunakan pada rumus $L1$ diambil dari hasil perhitungan nilai $L1$, untuk data yang digunakan pada rumus $L2$ diambil dari hasil perhitungan nilai $L2$. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus $L3$ diambil dari hasil perhitungan nilai $L3$.

- Awal penumbra

Untuk menentukan nilai awal penumbra menggunakan rumus:

$$\text{Awal penumbra} = TO \text{ UT} - T1$$

Untuk data yang digunakan pada rumus $TO \text{ UT}$ diambil dari hasil perhitungan nilai $TO \text{ UT}$. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus $T1$ diambil dari hasil perhitungan nilai $T1$.

- Akhir penumbra

Untuk menentukan nilai awal penumbra menggunakan rumus:

$$\text{Akhir penumbra} = TO \text{ UT} + T1$$

Untuk data yang digunakan pada rumus $TO \text{ UT}$ diambil dari hasil perhitungan nilai $TO \text{ UT}$. Kemudian

untuk data yang digunakan pada rumus T1 diambil dari hasil perhitungan nilai T1.

- Awal umbra

Untuk menentukan nilai awal umbra menggunakan rumus:

$$\text{Awal umbra} = TO\ UT - T2$$

Untuk data yang digunakan pada rumus TO UT diambil dari hasil perhitungan nilai TO UT. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus T2 diambil dari hasil perhitungan nilai T2.

- Akhir umbra

Untuk menentukan nilai akhir umbra menggunakan rumus:

$$\text{Akhir umbra} = TO\ UT + T2$$

Untuk data yang digunakan pada rumus TO UT diambil dari hasil perhitungan nilai TO UT. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus T2 diambil dari hasil perhitungan nilai T2.

- Awal total

Untuk menentukan nilai awal total menggunakan rumus:

$$\text{Awal total} = TO\ UT - T3$$

Untuk data yang digunakan pada rumus TO UT diambil dari hasil perhitungan nilai TO UT. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus T3 diambil dari hasil perhitungan nilai T3.

- Akhir total

Untuk menentukan nilai akhir total menggunakan rumus:

$$\text{Akhir total} = \text{TO UT} + \text{T3}$$

Untuk data yang digunakan pada rumus TO UT diambil dari hasil perhitungan nilai TO UT. Kemudian untuk data yang digunakan pada rumus T3 diambil dari hasil perhitungan nilai T3.

3. Komparasi hasil kitab *al-Durr al-Anīq*, *astronomical algorithm* Jean Meeus dan *eclipse predictions* NASA

Gerhana bulan Total 8 November 2022	<i>Astronomical Algorithm</i> Jean Meeus	Kitab <i>al-Durr al-Anīq</i>	NASA
Awal fase penumbra (P1)	08 : 03 : 12	08 : 02 : 12,33	08 : 02 : 17
Awal fase umbra (U1)	09 : 09 : 56,16	09 : 09 : 12,35	09 : 09 : 12
Awal fase total (U2)	10 : 16 : 59,68	10 : 16 : 37,49	10 : 16 : 39
Gerhana bulan maksimum	10 : 59 : 13,82	10 : 59 : 07,06	10 : 59 : 08.8
Akhir fase total (U3)	11 : 41 : 27,96	11 : 41 : 36,64	11 : 41 : 37
Akhir fase umbra (U4)	12 : 48 : 31,48	12 : 49 : 01,78	12 : 49 : 03
Akhir fase penumbra (P2)	13 : 55 : 15,24	13 : 56 : 01,80	13 : 56 : 08
Magnitude gerhana penumbra	2,3581362	2,414460667	2,4143
Magnitude gerhana umbra	1,359053631	1,359162193	1,3589

Selisih	<i>al-Durr al-Anīq & Astronomical Algorithm</i>	<i>al-Durr al-Anīq & NASA</i>	<i>Astronomical Algorithm & NASA</i>
Awal fase penumbra (P1)	59,67 detik	4,67 detik	55 detik
Awal fase umbra (U1)	43,81 detik	0,35 detik	44,16 detik
Awal fase total (U2)	22,19 detik	1,51 detik	20,68 detik.
Gerhana bulan maksimum	6,76 detik	1,74 detik	5,02 detik
Akhir fase total (U3)	8,68 detik	0,36 detik	9,04 detik
Akhir fase umbra (U4)	30,3 detik	1,22 detik	31,52 detik
Akhir fase penumbra (P2)	46,56 detik	6,2 detik	52,76 detik
Magnitude gerhana penumbra	0,056324467	0,000160667	0,0561638
Magnitude gerhana umbra	0,000108562	0,000262193	0,000153631

Gerhana bulan Sebagian 28 Oktober 2023	<i>Astronomical Algorithm</i> Jean Meeus	Kitab <i>al-Durr al-Anīq</i>	NASA
Awal fase penumbra (P1)	18 : 02 : 34,56	18 : 01 : 42,78	18 : 01 : 47
Awal fase umbra (U1)	19 : 35 : 59,95	19 : 35 : 07,06	19 : 35 : 18
Awal fase total (U2)	Tidak Ada	Tidak ada	Tidak ada
Gerhana bulan maksimum	20 : 14 : 08,10	20 : 13 : 51,62	20 : 14 : 03,9
Akhir fase total (U3)	Tidak Ada	Tidak ada	Tidak ada
Akhir fase umbra (U4)	20 : 52 : 16,24	20 : 52 : 36,18	20 : 52 : 39
Akhir fase penumbra (P2)	22 : 25 : 41,63	22 : 26 : 00,47	22 : 26 : 20
Magnitude gerhana penumbra	1,118809861	1,118638259	1,1181
Magnitude gerhana umbra	0,119727293	0,122767438	0,1220

Selisih	<i>al-Durr al-Anīq & Astronomical Algorithm</i>	<i>al-Durr al-Anīq & NASA</i>	<i>Astronomical Algorithm & NASA</i>
Awal fase penumbra (P1)	51,78 detik	4,22 detik	47,56 detik
Awal fase umbra (U1)	52,89 detik	10,94 detik	41,95 detik
Awal fase total (U2)	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
Gerhana bulan maksimum	16,48 detik	12,28 detik	4,2 detik
Akhir fase total (U3)	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
Akhir fase umbra (U4)	19,94 detik	2,82 detik	22,76 detik
Akhir fase penumbra (P2)	18,84 detik	19,53 detik	38,37 detik
Magnitude gerhana penumbra	0,000171602	0,000538259	0,000709861
Magnitude gerhana umbra	0,003040145	0,000767438	0,002272707

Gerhana bulan Penumbra 5 Mei 2023	<i>Astronomical Algorithm</i> Jean Meeus	Kitab <i>al-Durr al-Anīq</i>	NASA
Awal fase penumbra (P1)	15 : 15 : 08,16	15 : 13 : 52,96	15 : 14 : 10
Awal fase umbra (U1)	Tidak Ada	Tidak ada	Tidak ada
Awal fase total (U2)	Tidak Ada	Tidak ada	Tidak ada
Gerhana bulan maksimum	17 : 22 : 55,23	17 : 22 : 32,48	17 : 22 : 51,7
Akhir fase total (U3)	Tidak Ada	Tidak ada	Tidak ada
Akhir fase umbra (U4)	Tidak Ada	Tidak ada	Tidak ada
Akhir fase penumbra (P2)	19 : 30 : 42,30	19 : 31 : 11,99	19 : 31 : 41
Magnitude gerhana penumbra	0,941920603	0,964142259	0,9636
Magnitude gerhana umbra	-0,057161965	-0,04498946	-0,0457

Selisih	<i>al-Durr al-Anīq & Astronomical Algorithm</i>	<i>al-Durr al-Anīq & NASA</i>	<i>Astronomical Algorithm & NASA</i>
Awal fase penumbra (P1)	1 menit 15,2 detik	17,04 detik	58,16 detik
Awal fase umbra (U1)	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
Awal fase total (U2)	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
Gerhana bulan maksimum	22,75 detik	19,22 detik	3,53 detik
Akhir fase total (U3)	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
Akhir fase umbra (U4)	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
Akhir fase penumbra (P2)	29,69 detik	29,01 detik	58,7 detik
Magnitude gerhana penumbra	0,022221656	0,000542259	0,021679397
Magnitude gerhana umbra	-0,012172505	-0,00071054	-0,011461965

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan analisis dari beberapa bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dalam algoritma hisab gerhana bulan di kitab *Al-Durr Al-Anīq* karya KH. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus ada perbedaan yaitu dalam pengambilan data yang digunakan dan proses perhitungannya. Seperti yang terlihat dalam kitab *Al-Durr Al-Anīq* karya KH. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah ketika pengambilan data bisa melihat pada tabel yang sudah disediakan dan perhitungan algoritmanya terstruktur di dalam kitab sedangkan untuk *Astronomical Algorithm* Jean Meeus pengambilan data diambil dari hasil observasi langsung dan pencarian sebuah data tidak langsung tapi harus melalui cara dalam berbagai bab namun terstruktur. Hasil komparasi dari hisab gerhana bulan antara kitab *al-Durr al-Anīq* karya KH. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus hanya berkisar pada menit sampai detik. Seperti yang terlihat pada tabel 4.16 bahwa perhitungan waktu gerhana bulan maksimum pada gerhana bulan total pada tanggal 8 November 2022 dalam kitab *al-Durr al-Anīq* menunjukkan pukul 10 : 59 : 07,06 UT sedangkan dalam *Astronomical*

Algorithm Jean Meeus menunjukkan pukul 10 : 59 : 13,82 UT. Dari hasil tersebut membuktikan bahwa terdapat perbedaan dan selisih sebesar 6,76 detik dalam perhitungan waktu gerhana bulan maksimum diantara keduanya. Kemudian lihat pada tabel 4.17 dalam perhitungan magnitude gerhana penumbra pada gerhana bulan sebagian pada tanggal 28 Oktober 2023 dalam kitab *al-Durr al-Anīq* menunjukkan hasil 1,118638259 sedangkan dalam *Astronomical Algorithm* Jean Meeus menunjukkan hasil 1,118809861. Dari hasil tersebut membuktikan bahwa terdapat perbedaan dan selisih sebesar 0,000171602 dalam perhitungan magnitude gerhana penumbra diantara keduanya.

B. Saran

Hisab gerhana bulan dalam kitab *al-Durr al-Anīq* karya KH. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah maupun *Astronomical Algorithm* Jean Meeus ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu:

1. Dalam menghitung hisab gerhana bulan bisa menggunakan program seperti Microsoft Excel hal ini diharapkan bisa mengurangi waktu pengerjaan dan meminimalisir kesalahan dalam input data sehingga kita paling tidak harus mengerti walaupun sedikit mengenai pemrograman Microsoft Excel. Dari hal tersebut jika kita menghitung hisab gerhana bulan lagi kita bisa tinggal memasukkan data langsung keluar hasil tanpa perlu menghitung kembali.

2. Dalam pengomparasian hasil hisab gerhana bulan dari kitab *al-Durr al-Anīq* karya KH. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah dengan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus bisa dibuktikan dengan ketika gerhana bulan itu terjadi, sehingga bisa kita ketahui hasil hisab gerhana bulan mana yang hasilnya mendekati bahkan bisa saja tepat sesuai kenyataan.

C. Penutup

Alhamdulillah rasa syukur yang penulis panjatkan kepada Allah SWT. Setelah melalu perjalanan yang panjang akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan. Penulis berkeyakinan meskipun sudah berusaha secara maksimal namun penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan dan kelemahan dalam penulisan skripsi ini. Meskipun demikian penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Atas masukan, saran dan kritik yang diberikan untuk kebaikan dan kesempurnaan tulisan ini, penulis sampaikan terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifi, Miftach Rizcha. “Akurasi Perhitungan Gerhana bulan menurut Jean Meeus Menggunakan Software Matlab”, *Skripsi* S1 Fakultas Syari’ah dan Hukum UIN Sunan Ampel Surabaya. Surabaya: 2019.
- Agustin, Ria. “Studi Analisis Metode Penentuan Awal Bulan Qamariah Dalam Kitab *al-Durr al-Anīq* Karya Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah”, *Skripsi* UIN Walisongo Semarang. Semarang: 2014.
- Anugraha, Rinto. *Mekanika Benda Langit*. Yogyakarta : Jurusan Fisika FMIPA UGM, 2012.
- Azhari, Susiknan. *Ensiklopedia Hisab Rukyat*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2012.
- Azmi, Muhammad Farid. “Menelisik Akurasi Hisab Gerhana Matahari dalam Kitab *al-Durr al-Anīq*”, *Al-Marshad*, vol. 7, 2021.
- Fathullah, Ahmad Ghozali Muhammad. *Al-Durr al-Anīq* (Madura: Lajnah Falakiyah Al – Mubarak Lanbulan, 1437 H.
- Fitria, Wahyu. “Studi Komparatif Hisab Gerhana Bulan dalam Kitab al-Khulashah al-Wafiyah dan Ephemeris”, *Skripsi* IAIN Walisongo Semarang. Semarang: 2011.
- Hambali, Slamet. *Pengantar Ilmu Falak Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*. Banyuwangi: Bismillah Publisher, 2012.

Hardani, dkk. *Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif*. Yogyakarta: Pustaka Ilmu Group Yogyakarta, 2020.

<https://www.britannica.com/science/solar-eclipse/images-videos#/media/1/718045/1224>

https://en.wikipedia.org/wiki/Jean_Meeus.

https://id.wikipedia.org/wiki/Siklus_Saros#:~:text=Siklus%20Saros%20adalah%20siklus%20gerhana,yang%20hampir%20identik%20akan%20terjadi.

<https://idschool.net/sd/gerhana-matahari-total-sebagian-dan-cincin/>

<https://idschool.net/sd/tahapan-terjadinya-gerhana-bulan-total-sebagian-dan-penumbra/>

<https://langitselatan.com/2016/08/29/gerhana-matahari-cincin-1-september-2016/>

<https://langitselatan.com/2017/08/21/gerhana-matahari-total-2017/>

<https://langitselatan.com/2018/01/08/gerhana-bulan-total-31-januari-2018-bulan-super-darah-biru/skema-gbt-2/>

<https://langitselatan.com/2019/07/15/gerhana-bulan-sebagian-17-juli-2019-dari-indonesia/>

<https://langitselatan.com/2020/11/20/gerhana-bulan-penumbra-terakhir-tahun-2020/>

Ismail. "Lhokseumawe Society Rituals At The Solar Eclipse", *Al-Hilal: Journal of Islamic Astronomy*, vol. 2, 2020.

- Izzudin, Ahmad. *Fiqih Hisab Rukyah (Menyatukan NU & MUHAMMADIYAH Dalam Penentuan Awal Ramadhan, Idul Fitri, dan Idul Adha)*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 2007.
- _____. *Ilmu Falak Praktis Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*. Semarang: PT. Pustaka Rizki Putra, 2012.
- Khazin, Muhyiddin. *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik*. Yogyakarta: Buana Pustaka, tth.
- _____. *Kamus Ilmu Falak*. Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005.
- M. Basthoni. “Accuracy of Solar Eclipse Calculation Algorithm Based on Jet Propulsion Laboratory Data Nasa”, *Al-Ahkam*, vol. 30, 2020.
- Meeus, Jean. *Astronomical Algorithm Second Edition*, Virginia: Willman-Bell, 1991. Diterjemahkan oleh Dr. Ing. Khafid.
- Muhajir. “Hisab Gerhana Bulan Dalam Kitab *Nūr al-Anwār* (Analisis Pemikiran KH. Noor Ahmad SS)”, *Jurnal Islam Nusantara*, vol. 03, 2019.
- Mujab, Syaiful. “Gerhana; Antara Mitos, Sains, Dan Islam”, *Yudisia*, vol. 5, 2014.
- Qamaruzzaman. “Gerhana Dalam Perspektif Hukum Islam dan Astronomi”, *Empirisma*, vol. 25, 2016.
- Sabda, Abu. *Ilmu Falak Rumusan Syar’i dan Astronomi Seri 2*. Bandung: Persis Pers, 2019.
- Shodiq, Jafar “Studi Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari menurut Rinto Anugraha dalam buku Mekanika Benda

Langit”, *Skripsi* S1 Fakultas Syari’ah dan Hukum UIN Walisongo. Semarang: 2016.

Wardani, Restu Trisna. “Studi Komparatif Kitab *al-Durr al-Anāq* dengan Astronomical Algorithm”, *Skripsi* S1 Fakultas Syari’ah dan Hukum UIN Walisongo. Semarang: 2018.

Yaqin, ‘Alamul. “Algoritme Hisab Gerhana bulan menurut Rinto Anugraha dalam Buku Mekanika Benda Langit”, *Skripsi* S1 Fakultas Syari’ah dan Hukum UIN Walisongo. Semarang: 2017.

Zed, Mestika. *Metode Penelitian Kepustakaan*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia, 2008.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Lampiran jadwal awamil husūf

- ٢٤٨ -
تابع جدول عوامل الحسوف

سنة هـ	شهر	TD	x0	y0	L10	L20	L30	Se0	M0	dm0	
تاريخ	شهر	نوع	x1	y1	L11	L21	L31	Se1	M1	dm1	
11	1439	20	-671.1148	286.6611	5108.4597	3218.7308	1453.2647	882.7330	298.5674	-18.9977	
7	2018	T	1618.6999	228.8035	0.1727	0.1645	0.0929	0.0358	14.5246	0.0731	
5	1440	5	-312.6504	1402.2961	5700.8526	3750.7230	1746.5115	1002.1057	72.3062	20.3549	
21	1	2019	T	2117.6925	-253.6401	0.6752	0.6825	0.3940	0.1442	14.3696	-0.0797
11	1440	22	954.2387	-2053.3597	5182.1399	3294.1359	1496.9946	898.5706	328.1884	-21.8612	
16	7	2019	F	1695.3993	132.0175	-1.2185	-1.2228	-0.7041	-0.2593	14.4918	0.0436
5	1441	19	-176.8377	3811.5525	5525.4508	3573.9867	1644.5850	964.7009	283.1971	23.0070	
10	1	2020	N	1967.6297	-97.5099	1.8587	1.8617	1.0713	0.3952	14.4020	-0.0333
10	1441	19	34.4062	4508.7780	5527.3162	3636.2273	1693.0894	971.5690	285.3271	-21.4016	
5	6	2020	N	1964.4337	-405.1361	-1.7863	-1.7761	-1.0193	-0.3784	14.4121	-0.1168
11	1441	5	939.8159	-4726.2974	5402.2523	3514.8190	1624.0341	945.3925	73.5534	-24.0507	
7	2020	N	1896.5049	15.9541	-1.9382	-1.9385	-1.1149	-0.4118	14.4214	0.0085	
4	1442	10	1364.3506	-3473.5316	5182.5999	3236.6295	1451.7201	892.4547	152.4002	20.7788	
30	11	2020	N	1611.9382	416.0522	0.9746	0.9612	0.5500	0.2056	14.5170	0.1221
10	1442	11	-203.1707	1884.0521	5676.2625	3732.0896	1776.3295	1002.8800	165.7944	-20.6813	
26	5	2021	T	2062.0732	-586.0790	-0.4168	-0.4031	-0.2290	-0.0871	14.3867	-0.1699
4	1443	9	375.0877	-1433.6494	5142.9682	3201.1952	1432.2248	884.4852	138.5434	19.1436	
19	11	2021	P	1545.9675	530.3379	-0.4647	-0.4816	-0.2806	-0.1005	14.5430	0.1569
10	1443	4	-722.8689	-719.3899	5616.9961	3718.8652	1739.1327	989.8652	61.1182	-19.2849	
16	5	2022	T	1966.3233	-699.2153	1.3286	1.3454	0.7774	0.2840	14.4214	-0.2038
4	1444	11	-340.3904	795.6079	5296.5819	3359.7906	1524.4845	917.6530	169.1673	16.8507	
8	11	2022	T	1637.2746	678.2638	-1.6572	-1.6770	-0.9687	-0.3542	14.5242	0.2005
10	1444	17	-2074.1541	-3011.6161	5397.0271	3494.2094	1608.9427	942.6333	256.4275	-17.1562	
5	5	2023	N	1737.0646	-729.4939	1.9198	1.9392	1.1194	0.4099	14.4965	-0.2145
4	1445	20	-1889.3274	2834.6968	5539.4046	3607.9829	1668.3557	969.8136	304.5982	14.0202	
28	10	2023	P	1805.9530	850.1795	-1.7834	-1.8052	-1.0428	-0.3812	14.4843	0.2501
9	1445	7	1336.7426	3196.0959	5133.1123	3208.9553	1440.3958	884.2798	103.1627	-1.1463	
25	3	2024	N	1431.1407	-793.6003	0.4469	0.4697	0.2750	0.0974	14.6055	-0.2368
3	1446	3	2198.7980	-2902.0421	5683.9159	3774.1390	1768.4724	1002.8333	45.8683	-25.5169	
18	9	2024	P	1874.4821	1036.4923	0.4787	0.4571	0.2583	0.0994	14.4826	0.3040
9	1446	7	556.7795	996.8574	5176.4573	3246.2877	1460.5007	892.8435	102.5576	2.6816	
14	3	2025	T	1460.1192	-811.9476	-0.9874	-0.9655	-0.5507	-0.2074	14.5969	-0.2420
3	1447	18	86.7982	-1066.6240	5525.1520	3620.6471	1681.3049	969.6711	270.5119	-0.6629	
7	9	2025	T	1756.3955	950.2645	1.8217	1.8019	1.0322	0.3849	14.5129	0.2796
9	1447	12	72.3710	-1507.3333	5386.1615	3450.4082	1576.8191	936.7946	177.0100	6.2930	
3	3	2026	T	1632.0540	-875.2373	-1.8881	-1.8681	-1.0702	-0.3990	14.5461	-0.2591
3	1448	4	-1133.4937	1299.1821	5280.1005	3380.4615	1544.1930	918.1342	59.9842	-9.3572	
28	8	2026	P	1583.1380	809.1944	1.6847	1.6672	0.9552	0.3560	14.5571	0.2395
9	1448	23	-2128.0634	-3181.5085	5624.2884	3683.5853	1709.8829	986.8512	342.1551	9.8514	
20	2	2027	N	1848.9715	-918.7828	-1.4526	-1.4350	-0.8216	-0.3067	14.4793	-0.2702
2	1449	16	1316.6629	-4933.6938	5108.9556	3220.6998	1454.7072	882.9963	238.0382	-22.3498	
18	7	2027	N	1572.6321	461.1477	-0.2338	-0.2386	-0.1382	-0.0502	14.5273	0.1355
3	1449	7	-2125.6210	3597.3134	5121.5391	3226.2429	1456.4132	884.9149	104.5612	-12.4624	
17	8	2027	N	1489.0654	689.7366	0.4909	0.4763	0.2709	0.1027	14.5781	0.2049
8	1449	4	420.7293	3594.9618	5668.1015	3716.8466	1726.7914	995.0276	57.8787	22.7250	
12	1	2028	P	2034.5833	-530.6070	1.1437	1.1471	0.6605	0.2433	14.3834	-0.1540
2	1450	18	-41.2799	-2708.4317	5235.7930	3348.2978	1528.2513	910.0233	268.7841	-23.3252	
6	7	2028	P	1708.6828	366.7599	-1.5267	-1.5276	-0.8787	-0.3244	14.4815	0.1064
8	1450	17	412.7056	1078.7718	5453.6176	3502.0873	1603.2199	949.4337	254.0433	23.3161	
31	12	2028	T	1873.5662	-339.9860	1.9139	1.9129	1.0999	0.4065	14.4285	-0.0978

Lampiran 2

Hisab gerhana bulan total 8 November 2022 *al-Durr al-Anīq*

$$TM = 2022 + (11-1) / 12 + 8 / 365 = 2022,855251$$

$$T = 2022,855251 - 2000 = 22,85525114$$

Delta T =

$$62,92 + 0,32217 \times 22,85525114 + 0,005589 \times 22,85525114^2 = 73,2028$$

$$n^2 = (1637,2746^2 + 678,2638^2) = 3140709,898$$

$$n = \sqrt{3140709,898} = 1772,204813$$

T0 UT =

$$11 + 22,85525114 - 73,2028 / 3600 = 10,98529537 = 10 : 59 : 07,06 \text{ UT}$$

$$L1 = 5296,5819 + -1,6572 \times 22,85525114 = 5296,572571$$

$$L2 = 3359,7906 + -1,677 \times 22,85525114 = 3359,781159$$

$$L3 = 1524,4845 + -0,9687 \times 22,85525114 = 1524,479047$$

$$Sc = 917,653 + -0,3542 \times 22,85525114 = 917,651006$$

$$m = \sqrt{((-340,3904 + 1637,2746 \times 22,85525114)^2 + (795,6079 + 678,2638 \times 22,85525114)^2)} = -865,308051$$

Magnitude penumbra =

$$(5296,572571 - -865,308051) / (2 \times 917,651006) = 2,414460667$$

Magnitude umbra =

$$(3359,781159 - (-865,308051)) / (2 \times 917,651006) = 1,359162193$$

$$\Delta = (-340,3904 \times 678,2638 - 795,6079 \times 1637,2746) / 1772,204813 = -865,308051$$

$$T1 = \sqrt{(5296,572571^2 - (-865,308051)^2)} / 1772,204813 = 2,948536894$$

$$T2 = \sqrt{(3359,781159^2 - (-865,308051)^2)} / 1772,204813 = 1,831864908$$

$$T3 = \sqrt{(1524,479047^2 - (9-865,308051)^2)} / 1772,204813 = 0,708214378$$

Awal penumbra =

$$10,98529537 - 2,948536894 = 8,036758472 = 08 : 02 : 12,33$$

UT

Akhir penumbra =

$$10,98529537 + 2,948536894 = 13,93383226 = 13 : 56 : 01,80$$

UT

Awal umbra =

$$10,98529537 - 1,831864908 = 9,153430457 = 09 : 09 : 12,35$$

UT

Akhir umbra =

$$10,98529537 + 1,831864908 = 12,81716027 = 12 : 49 : 01,78$$

UT

Awal total =

$$10,98529537 - 0,708214378 = 10,27708099 = 10 : 16 : 37,49$$

UT

Akhir total =

$$10,98529537 + 0,708214378 = 11,69350974 = 11 : 41 : 36,64$$

UT

Hisab Gerhana bulan sebagian 28 Oktober 2023 *al-Durr al-Anīq*

$$TM = 2023 + (10-1) / 12 + 28 / 365 = 2023,826712$$

$$T = 2023,826712 - 2000 = 23,82671233$$

Delta T =

$$62,92 + 0,32217 \times 23,82671233 + 0,005589 \times 23,82671233^2 = 73,7692$$

$$n^2 = (1805,953^2 + 850,1795^2) = 3984271,42$$

$$n = \sqrt{3984271,42} = 1996,063982$$

T0 UT =

$$20 + 23,82671233 - 73,7692 / 3600 = 20,23100633 = 20 : 13 : 51,62 \text{ UT}$$

$$L1 = 5539,4046 + -1,7834 \times 23,82671233 = 5538,956079$$

$$L2 = 3607,9829 + -1,8052 \times 23,82671233 = 3607,528896$$

$$L3 = 1668,3557 + -1,0428 \times 23,82671233 = 1668,093438$$

$$Sc = 969,8136 + -0,3812 \times 23,82671233 = 969,7177291$$

$$m = \sqrt{((-1889,3274 + 1805,953 \times 23,82671233)^2 + (2834,6968 + 850,1795 \times 23,82671233)^2) = 3369,429374$$

Magnitude penumbra =

$$(5538,956079 - 3369,429374) / (2 \times 969,7177291) = 1,118638259$$

Magnitude umbra =

$$(L2 - 3369,429374) / (2 \times 969,7177291) = 0,122767438$$

$$\Delta = (-1889,3274 \times 850,1795 - 2834,6968 \times 1805,953) / 1996,063982 = -3369,429374$$

$$T1 = \sqrt{(5538,956079^2 - (-3369,429374)^2) / 1996,063982} = 2,202457527$$

$$T2 = \sqrt{(3607,528896^2 - (-3369,429374)^2)} / 1996,063982 = 0,645710526$$

Awal penumbra =

$$20,23100633 - 2,202457527 = 18,0285488 = 18 : 01 : 42,78 \text{ UT}$$

Akhir penumbra =

$$20,23100633 + 2,202457527 = 22,43346385 = 22 : 26 : 00,47 \text{ UT}$$

Awal umbra =

$$20,23100633 - 0,645710526 = 19,5852958 = 19 : 35 : 07,06 \text{ UT}$$

Akhir umbra =

$$20,23100633 + 0,645710526 = 20,87671685 = 20 : 52 : 36,18 \text{ UT}$$

Hisab Gerhana bulan penumbra 5 Mei 2023 *al-Durr al-Anīq*

$$TM = 2023 + (5-1) / 12 + 58 / 365 = 2023,347032$$

$$T = 2023,347032 - 2000 = 22,85525114$$

Delta T =

$$62,92 + 0,32217 \times 22,85525114 + 0,005589 \times 22,85525114^2 = 73,4882$$

$$n^2 = (1737,0646^2 + -729,4939^2) = 3549554,775$$

$$n = \sqrt{3549554,775} = 1884,026214$$

T0 UT =

$$17 + 22,85525114 - 73,4882 / 3600 = 17,37568815 = 17 : 22 : 32,48 \text{ UT}$$

$$L1 = 5397,0271 + 1,9198 \times 22,85525114 = 5397,787536$$

$$L2 = 3494,2094 + 1,9392 \times 22,85525114 = 3494,97752$$

$$L3 = 1608,9427 + 1,1194 \times 22,85525114 = 1609,386096$$

$$Sc = 942,6333 + 0,4099 \times 22,85525114 = 942,795662$$

$$m = \sqrt{((-2074,1541 + 1737,0646 \times 22,85525114)^2 + (-3011,6161 + -729,4939 \times 22,85525114)^2)} = 3579,809256$$

Magnitude penumbra =

$$(5397,787536 - 3579,809256) / (2 \times 942,795662) = 0,964142259$$

Magnitude umbra =

$$(3494,97752 - 3579,809256) / (2 \times 942,795662) = 0,04498946$$

$$\Delta = (-2074,1541 \times -729,4939 - -3011,6161 \times 1737,0646) / 1884,026214 = 3579,809256$$

$$T1 = \sqrt{(5397,787536^2 - 3579,809256^2)} / 1884,026214 = 2,144309413$$

Awal penumbra =

$$17,37568815 - 2,144309413 = 15 : 13 : 52,96 \text{ UT}$$

Akhir penumbra =

$$17,37568815 + 2,144309413 = 19 : 31 : 11,99 \text{ UT}$$

Lampiran 3

Hisab gerhana bulan total 8 November 2022 *Astronomical Algorithm* Jean Meeus

$$\text{Perkiraan tahun} = 2022 + 10 / 12 + 8 / 365 = 2022, 855251$$

Perkiraan nilai k

$$= (2022, 855251 - 2000) * 12,3685 = 282, 6851737$$

$$\text{Nilai k} = \text{INT} (282, 6851737) + 0,5 = 282,5$$

$$\text{Nilai T} = 282,5 / 1236,85 = 0,228402797$$

Nilai argumen lintang bulan (F) =

$$160,7108 + 390,67050274 * 282,5 - 0,0016341 * 0,228402797 * 0,228402797 = 5,127738803^\circ$$

Nilai F kurang dari $13,9^\circ$ = Terjadi gerhana Bulan

$$E = 1 - 0,002516 * 0,228402797 - 0,0000074 * 0,228402797 * 0,228402797 = 0,999424953$$

Anomali rata-rata matahari (M) =

$$2,5534 + 29,10535669 * 282,5 - 0,0000218 * 0,228402797 * 0,228402797 = 304,816663788^\circ$$

Anomali rata-rata bulan (M') =

$$201,5643 + 385,81693528 * 282,5 + 0,0107438 * 0,228402797 * 0,228402797 = 114,8490771^\circ$$

Bujur titik naik bulan Omega (Ω) =

$$124,7746 - 1,56375580 * 282,5 + 0,0020691 * 0,228402797 * 0,228402797 = 43,01369444^\circ$$

$$F1 = 5,127738803 - 0,02665 * \sin (43,01369444) = 5,109558888^\circ$$

$$A1 = 299,77 + 0,107408 * 282,5 - 0,009173 * 0,228402797 * 0,228402797 = 330,1122815^\circ$$

Jde bulan yag belum terkoreksi =

$$2451550,09765 + 29,530588853 * 282,5 + 0,0001337 * 0,228402797 * 0,228402797 = 2459892,489008$$

10000 * Koreksi JDE bulan =

$$\begin{aligned} & - 4065 * \sin (114,8490771) + 1727 * 0,999424953 * \sin \\ & (304,816663788) + 161 * \sin (2 * 114,8490771) - 97 * \sin (2 * \\ & 5,109558888) + 73 * 0,999424953 * \sin (114,8490771 - \\ & 304,816663788) - 50 * 0,999424953 * \sin (114,8490771 - \\ & 304,816663788) - 23 * \sin (114,8490771 - 2 * 5,109558888) + \\ & 21 * 0,999424953 * \sin (2 * 304,816663788) + 12 * \sin \\ & (114,8490771 + 2 * 5,109558888) + 6 * 0,999424953 * \sin (2 * \\ & 114,8490771 + 304,816663788) - 4 * \sin (3 * 114,8490771) - 3 \\ & * 0,999424953 * \sin (304,816663788 + 2 * 5,109558888) + 3 * \\ & \sin (330,1122815) - 2 * 0,999424953 * \sin (304,816663788 - 2 * \\ & 5,109558888) - 2 * 0,999424953 * \sin (2 * 114,8490771 - \\ & 304,816663788) - 2 * \sin (43,01369444) = - 0,53036338 \end{aligned}$$

JDE terkoreksi saat gerhana maksimum =

$$2459892,489008 + - 0,53036338 = 2459891,95864457$$

$$Y = 2000 + 100 * 282,5 / 1236,85 = 2022,84027974$$

$$\begin{aligned} \Delta T &= 62,92 + 0,32217 * (2022,84027974 - 2000) + 0,005589 * \\ & (2022,84027974 - 2000) * (2022,84027974 - 2000) = \\ & 73.19411338184 \end{aligned}$$

JD saat gerhana maksimum =

$$2459891,95864457 - 73.19411338184 = 2459891,9577974156$$

$$JD1 = 2459891,9577974156 + 0,5 = 2459892,4577989$$

$$Z = \text{INT} (2459892,4577989) = 2459892$$

$$F = 2459892,4577989 - 2459892 = 0,4577989$$

$$AA = \text{INT}((2459892 - 1867216,25) / 36524,25) = 16$$

$$A = 2459892 + 1 + 16 - \text{INT} (16/4) = 2459905$$

$$B = 2459905 + 1524 = 2461054$$

$$C = \text{INT} ((2461429-122,1) / 365,25) = 6738$$

$$D = \text{INT}(365,25 * 6738) = 2461054$$

$$E = \text{INT} ((2461054 - 2461054) / 30,6001) = 12$$

$$\text{Tanggal} =$$

$$2461054 - 2461054 - \text{INT} (30,6001 * 12) + 0,4577989 = 8,4577988$$

$$\text{Tanggal} = \text{INT}(8,4577988) = 8$$

$$\text{Bulan} = 12 - 1 = 11$$

$$\text{Tahun} = 6738 - 4716 = 2022$$

$$\text{Jam} = (8,4577988 - 8) * 24 = 10,98717238$$

$$10000 * P =$$

$$2070 * 12 * \sin (304,816663788) + 24 * 0,999424953 * \sin (2 * 304,816663788) - 392 * \sin (114,8490771) + 116 * \sin (2 * 114,8490771) - 73 * 0,999424953 * \sin (114,8490771 + 304,816663788) + 67 * 0,999424953 * \sin (114,8490771 - 304,816663788) + 118 * \sin (2 * 5,109558888) = -0,219556398$$

$$10000 * Q =$$

$$52207 - 48 * 0,999424953 * \cos (304,816663788) + 20 * 0,999424953 * \cos (2 * 304,816663788) - 3299 * \cos (114,8490771) - 60 * 0,999424953 * \cos (114,8490771 + 304,816663788) + 41 * 0,999424953 * \cos (114,8490771 - 304,816663788) = 5,348834748$$

$$W = \text{Abs} (\text{Cos} (5,109558888)) = 0,996026221$$

$$\text{Gamma} =$$

$$(-0,219556398 * \text{Cos} (5,109558888) + 5,348834748 * \text{Sin} (5,109558888) * (1 - 0,0048 * 0,996026221)) = 0,256453826$$

$$10000 * u =$$

$$59 + 46 * 0,999424953 * \cos (304,816663788) - 182 * \cos (114,8490771) + 4 * \cos (2 * (114,8490771) - 5 * 0,999424953 * \cos (304,816663788 + 114,8490771) = 0,015661945$$

$$\text{Radius penumbra} = 1,2848 + 0,015661945 = 1,300461945$$

$$\text{Radius umbra} = 0,7403 - 0,015661945 = 0,724638055$$

$$\text{Magnitude gerhana penumbra} =$$

$$(1,5573 - 0,015661945 - \text{Abs} (0,256453826)) / 0,545 = 2,3581362$$

$$\text{Magnitude gerhana umbra} =$$

$$(1,0128 - 0,015661945 - \text{Abs} (0,256453826)) / 0,545 = 1,359053631$$

$$P_u = 1,0128 - 0,015661945 = 0,997138055$$

$$T_1 = 0,4678 - 0,015661945 = 0,452138055$$

$$H = 1,5573 + 0,015661945 = 1,572961945$$

$$n = 0,5458 + 0,0400 * \cos (114,8490771) = 0,52899082$$

$$\text{Semi durasi fase penumbra} =$$

$$(60 / 0,52899082) * \text{SQRT} (1,572961945 * 1,572961945 - 0,256453826 * 0,256453826) = 176,0236794$$

$$\text{Semi durasi fase parsial umbra} =$$

$$(60 / 0,52899082) * \text{SQRT} (0,997138055 * 0,997138055 - 0,256453826 * 0,256453826) = 109,2943594$$

$$\text{Semi durasi fase total umbra} =$$

$$(60 / 0,52899082) * \text{SQRT} (0,452138055 * 0,452138055 - 0,256453826 * 0,256453826) = 42,23564328$$

$$\text{Awal fase penumbra (P1)} =$$

$$10,98717238 - 176,66 \text{ menit} = 08 : 03 : 12 \text{ UT}$$

$$\text{Awal Fase umbra (U1)} =$$

$$10,98717238 - 105,8 \text{ menit} = 09 : 09 : 56,16 \text{ UT}$$

Awal fase total (U2) =

$$10,98717238 - 24,83 \text{ menit} = 10 : 16 : 59,68 \text{ UT}$$

Gerhana maksimum = 10 : 59 : 13,82 UT

Akhir fase total (U3) =

$$10,98717238 + 24,83 \text{ menit} = 11 : 41 : 27,96 \text{ UT}$$

Akhir fase umbra (U4) =

$$10,98717238 + 105,8 \text{ menit} = 12 : 48 : 31,48 \text{ UT}$$

Akhir fase penumbra (P2) =

$$10,98717238 + 176,66 \text{ menit} = 13 : 55 : 15,24 \text{ UT}$$

Hisab gerhana bulan sebagian 28 Oktober 2023 *Astronomical
Algorithm* Jean Meeus

$$\text{Perkiraan tahun} = 2023 + 9 / 12 + 28 / 365 = 2023,826712$$

Perkiraan nilai k =

$$(2023,826712 - 2000) * 12,3685 = 294,7006914$$

$$\text{Nilai k} = \text{INT}(294,7006914) + 0,5 = 294,5$$

$$\text{Nilai T} = 294,5 / 1236,85 = 0,238104863$$

Nilai argumen lintang bulan (F) =

$$160,7108 + 390,67050274 * 294,5 - 0,0016341 * 0,238104863 * 0,238104863 = 13,17376429^\circ$$

Nilai F kurang dari $13,9^\circ$ = Terjadi gerhana bulan

$$E = 1 - 0,002516 * 0,238104863 - 0,0000074 * 0,238104863 * 0,238104863 = 0,999400509$$

Anomali rata-rata matahari (M) =

$$2,5534 + 29,10535669 * 294,5 - 0,0000218 * 0,238104863 * 0,238104863 = 294,080943969^\circ$$

Anomali rata-rata bulan (M') =

$$201,5643 + 385,81693528 * 294,5 + 0,0107438 * 0,238104863 * 0,238104863 = 64,65234907^\circ$$

Bujur titik naik bulan Omega (Ω) =

$$124,7746 - 1,56375580 * 294,5 + 0,0020691 * 0,238104863 * 0,238104863 = 24,24863421^\circ$$

$$F1 = 13,17376429 - 0,02665 * \sin(24,24863421) = 13,16281921$$

$$A1 = 299,77 + 0,107408 * k - 0,009173 * 0,238104863 * 0,238104863^\circ$$

Jde bulan yang belum terkoreksi =

$$2451550,09765 + 29,530588853 * 294,5 + 0,0001337 * 0,238104863 * 0,238104863 = 2460246,856075$$

$$10000 * \text{Koreksi JDE bulan} =$$

$$\begin{aligned} & - 4065 * \sin(64,65234907) + 1727 * 0,999400509 * \sin(294,080943969) + 161 * \sin(2 * 64,65234907) - 97 * \sin(2 * 13,16281921) + 73 * 0,999400509 * \sin(64,65234907 - 294,080943969) - 50 * 0,999400509 * \sin(64,65234907 - 294,080943969) - 23 * \sin(64,65234907 - 2 * 13,16281921) + 21 * 0,999400509 * \sin(2 * 294,080943969) + 12 * \sin(64,65234907 + 2 * 13,16281921) + 6 * 0,999400509 * \sin(2 * 64,65234907 + 294,080943969) - 4 * \sin(3 * 64,65234907) - 3 * 0,999400509 * \sin(294,080943969 + 2 * 13,16281921) + 3 * \sin(331,4011359) - 2 * 0,999400509 * \sin(294,080943969 - 2 * 13,16281921) - 2 * 0,999400509 * \sin(2 * 64,65234907 - 294,080943969) - 2 * \sin(331,4011359) = -0,512071835 \end{aligned}$$

$$\text{JDE terkoreksi saat gerhana maksimum} =$$

$$2460246,856075 + (-0,512071835) = 2460246,34400295$$

$$Y = 2000 + 100 * 294,5 / 1236,85 = 2023,81048631604$$

$$\begin{aligned} \Delta T = 62,92 + 0,32217 * (2023,81048631604 - 2000) + 0,005589 \\ * (2023,81048631604 - 2000) * (2023,81048631604 - 2000) = 73,75964789279 \end{aligned}$$

$$\text{JD saat gerhana maksimum} =$$

$$2460246,34400295 - 73,75964789279 = 2460246,3431492504$$

$$\text{JD1} = 2460246,3431492504 + 0,5 = 2460246,8431492504$$

$$Z = \text{INT}(2460246,8431492504) = 2460246$$

$$F = 2460246,8431492504 - 2460246 = 0,8431492504$$

$$\text{AA} = \text{INT}((2460246 - 1867216,25) / 36524,25) = 16$$

$$A = 2460246 + 1 + 16 - \text{INT}(16/4) = 2460259$$

$$B = 2460259 + 1524 = 2461783$$

$$C = \text{INT}((2461783-122,1) / 365,25) = 6739$$

$$D = \text{INT}(365,25 * 6739) = 2461419$$

$$E = \text{INT}((2461783 - 2461419) / 30,6001) = 11$$

$$\text{Tanggal} =$$

$$2461783 - 2461419 - \text{INT}(30,6001 * 11) + 0,8431492504 = 28,84314925$$

$$\text{Tanggal} = \text{INT}(28,84314925) = 28$$

$$\text{Bulan} = 11 - 1 = 10$$

$$\text{Tahun} = 6739 - 4716 = 2023$$

$$\text{Jam} = (28,84314925 - 28) * 24 = 20,23558201$$

$$10000 * P =$$

$$2070 * 0,999400509 * \sin(294,080943969) + 24 * 0,999400509 * \sin(2 * 294,080943969) - 392 * \sin(64,65234907) + 116 * \sin(2 * 64,65234907) - 73 * 0,999400509 * \sin(64,65234907 + 294,080943969) + 67 * 0,999400509 * \sin(64,65234907 - 294,080943969) + 118 * \sin(2 * 13,16281921) = -0,206628139$$

$$10000 * Q =$$

$$52207 - 48 * 0,999400509 * \cos(294,080943969) + 20 * 0,999400509 * \cos(2 * 294,080943969) - 3299 * \cos(64,65234907) - 60 * 0,999400509 * \cos(64,65234907 + 294,080943969) + 41 * 0,999400509 * \cos(64,65234907 - 294,080943969) = 5,067516069$$

$$W = \text{Abs}(\text{Cos}(13,16281921)) = 0,973726881$$

$$\text{Gamma} =$$

$$(-0,206628139 * \text{Cos}(13,16281921) + 5,067516069 * \text{Sin}(13,16281921)) * (1 - 0,0048 * 0,973726881) = 0,948317378$$

$$10000 * u =$$

$$59 + 46 * 0,999400509 * \cos (294,080943969) - 182 * \cos (64,65234907) + 4 * \cos (2 * (64,65234907)) - 5 * 0,999400509 * \cos (294,080943969 + 64,65234907) = -0,000768753$$

$$\text{Radius penumbra} = 1,2848 + -0,000768753 = 1,284031247$$

$$\text{Radius umbra} = 0,7403 - -0,000768753 = 0,741068753$$

$$\text{Magnitude gerhana penumbra} =$$

$$(1,5573 - -0,000768753 - \text{Abs} (0,948317378)) / 0,545 = 1,118809861$$

$$\text{Magnitude gerhana umbra} =$$

$$(1,0128 - (-0,000768753) - \text{Abs} (0,948317378)) / 0,545 = 0,119727293$$

$$P_u = 1,0128 - (-0,000768753) = 1,013568753$$

$$T_1 = 0,4678 - (-0,000768753) = 0,468568753$$

$$H = 1,5573 + -0,000768753 = 1,556531247$$

$$n = 0,5458 + 0,0400 * \cos (64,65234907) = 0,562924384$$

$$\text{Semi durasi fase penumbra} =$$

$$(60 / 0,562924384) * \text{SQRT} (1,556531247 * 1,556531247 - 0,948317378 * 0,948317378) = 131,5588569$$

$$\text{Semi durasi fase parsial umbra} =$$

$$(60 / 0,562924384) * \text{SQRT} (1,013568753 * 1,013568753 - 0,948317378 * 0,948317378) = 38,1358051$$

$$\text{Awal fase penumbra (P1)} =$$

$$20,23558201 - 176,66 \text{ menit} = 18 : 02 : 34,56 \text{ UT}$$

$$\text{Awal Fase umbra (U1)} =$$

$$20,23558201 - 105,8 \text{ menit} = 19 : 35 : 59,95 \text{ UT}$$

$$\text{Gerhana maksimum} = 20 : 14 : 08,10 \text{ UT}$$

$$\text{Akhir fase umbra (U4)} =$$

$$20,23558201 + 105,8 \text{ menit} = 20 : 52 : 16,24 \text{ UT}$$

Akhir fase penumbra (P2) =

$$20,23558201 + 176,66 \text{ menit} = 22 : 25 : 41,63 \text{ UT}$$

Hisab gerhana bulan penumbra 5 Mei 2023 *Astronomical
Algorithm* Jean Meeus

$$\text{Perkiraan tahun} = 2023 + 4 / 12 + 5 / 365 = 2023,347032$$

Perkiraan nilai k =

$$(2023,347032 - 2000) * 12,3685 = 288,7677648$$

$$\text{Nilai k} = \text{INT}(288,7677648) + 0,5 = 288,5$$

$$\text{Nilai T} = 288,5 / 1236,85 = 0,23325383$$

Nilai argumen lintang bulan (F) =

$$160,7108 + 390,67050274 * 0,23325383 - 0,0016341 * 0,23325383 * 0,23325383 = 189,1507516^\circ$$

Nilai F kurang dari $13,9^\circ$ = Terjadi gerhana Bulan

$$E = 1 - 0,002516 * 0,23325383 - 0,0000074 * 0,23325383 * 0,23325383 = 0,999412731$$

Anomali rata-rata matahari (M) =

$$2,5534 + 29,10535669 * 288,5 - 0,0000218 * 0,23325383 * 0,23325383 = 119448803879^\circ$$

Anomali rata-rata bulan (M') =

$$201,5643 + 385,81693528 * 288,5 + 0,0107438 * 0,23325383 * 0,23325383 = 269,7507128^\circ$$

Bujur titik naik bulan Omega (Ω) =

$$124,7746 - 1,56375580 * 288,5 + 0,0020691 * 0,23325383 * 0,23325383 = 33,63116427^\circ$$

F1 =

$$189,1507516 - 0,02665 * \sin(33,63116427) = 189,1359916^\circ$$

$$A1 = 299,77 + 0,107408 * 288,5 - 0,009173 * 0,23325383 * 0,23325383 = 330,7567089^\circ$$

Jde bulan yang belum terkoreksi =

$$2451550,09765 + 29,530588853 * 288,5 + 0,0001337 * 0,23325383 * 0,23325383 = 2460069,672541$$

$$10000 * \text{Koreksi JDE bulan} =$$

$$\begin{aligned} & - 4065 * \sin (269,7507128) + 1727 * 0,999412731 * \sin \\ & (119448803879) + 161 * \sin (2 * 269,7507128) - 97 * \sin (2 * \\ & 189,1359916) + 73 * 0,999412731 * \sin (269,7507128 - \\ & 119448803879) - 50 * 0,999412731 * \sin (269,7507128 - \\ & 119448803879) - 23 * \sin (269,7507128 - 2 * 189,1359916) + \\ & 21 * 0,999412731 * \sin (2 * 119448803879) + 12 * \sin \\ & (269,7507128 + 2 * 189,1359916) + 6 * 0,999412731 * \sin (2 * \\ & 269,7507128 + 119448803879) - 4 * \sin (3 * 269,7507128) - 3 * \\ & 0,999412731 * \sin (119448803879 + 2 * 189,1359916) + 3 * \sin \\ & (330,7567089) - 2 * 0,999412731 * \sin (119448803879 - 2 * \\ & 189,1359916) - 2 * 0,999412731 * \sin (2 * 269,7507128 - \\ & 119448803879) - 2 * \sin (33,63116427) = 0,552559445 \end{aligned}$$

$$\text{JDE terkoreksi saat gerhana maksimum} =$$

$$2460069,672541 + 0,552559445 = 2460070,22510081$$

$$Y = 2000 + 100 * 288,5 / 1236,85 = 2023,325383$$

$$\begin{aligned} \Delta T &= 62,92 + 0,32217 * (2023,325383 - 2000) + 0,005589 * \\ & (2023,325383 - 2000) * (2023,325383 - 2000) = \\ & 73,47556541 \end{aligned}$$

$$\text{JD saat gerhana maksimum} =$$

$$2460070,22510081 - 73,47556541 = 2460070,224$$

$$\text{JD1} = 2460070,224 + 0,5 = 2460070,724$$

$$Z = \text{INT} (2460070,724) = 2460070$$

$$F = 2460070,724 - 2460070 = 0,724250399$$

$$\text{AA} = \text{INT}((2460070 - 1867216,25) / 36524,25) = 16$$

$$A = 2460070 + 1 + 16 - \text{INT} (16/4) = 2460083$$

$$B = 2460083 + 1524 = 2461607$$

$$C = \text{INT}((2461607-122,1) / 365,25) = 6739$$

$$D = \text{INT}(365,25 * 6739) = 2461419$$

$$E = \text{INT}((2461607 - 2461419) / 30,6001) = 6$$

$$\text{Tanggal} =$$

$$2461607 - 2461419 - \text{INT}(30,6001 * 6) + 0,724250399 = 5,724250399$$

$$\text{Tanggal} = \text{INT}(5,724250399) = 5$$

$$\text{Bulan} = 6 - 1 = 5$$

$$\text{Tahun} = 6739 - 4716 = 2023$$

$$\text{Jam} = (5,724250399 - 5) * 24 = 17,38200957$$

$$10000 * P =$$

$$2070 * 6 * \sin(119448803879) + 24 * 6 * \sin(2 * 119448803879) - 392 * \sin(269,7507128) + 116 * \sin(2 * 269,7507128) - 73 * 6 * \sin(269,7507128 + 119448803879) + 67 * 6 * \sin(269,7507128 - 119448803879) + 118 * \sin(2 * 189,1359916) = 0,220853397$$

$$10000 * Q =$$

$$52207 - 48 * 6 * \cos(119448803879) + 20 * 6 * \cos(2 * 119448803879) - 3299 * \cos(269,7507128) - 60 * 6 * \cos(269,7507128 + 119448803879) + 41 * 6 * \cos(269,7507128 - 119448803879) = 5,214667487$$

$$W = \text{Abs}(\text{Cos}(189,1359916)) = 0,987314261$$

$$\text{Gamma} =$$

$$(0,220853397 * \text{Cos}(189,1359916) + 5,214667487 * \text{Sin}(189,1359916)) * (1 - 0,0048 * 0,987314261) = -1,041070519$$

$$10000 * u =$$

$$59 + 46 * 0,999412731 * \cos (119448803879) - 182 * \cos (269,7507128) + 4 * \cos (2 * (269,7507128) - 5 * 0,999412731 * \cos (119448803879 + 269,7507128) = 0,002882752$$

$$\text{Radius penumbra} = 1,2848 + 0,002882752 = 1,287682752$$

$$\text{Radius umbra} = 0,7403 - 0,002882752 = 0,737417248$$

$$\text{Magnitude gerhana penumbra} =$$

$$(1,5573 - 0,002882752 - \text{Abs} (-1,041070519)) / 0,545 = 0,941920603$$

$$\text{Magnitude gerhana umbra} =$$

$$(1,0128 - 0,002882752 - \text{Abs} (-1,041070519)) / 0,545 = 0,057161965$$

$$P_u = 1,0128 - 0,002882752 = 1,009917248$$

$$T_1 = 0,4678 - 0,002882752 = 0,464917248$$

$$H = 1,5573 + 0,002882752 = 1,560182752$$

$$n = 0,5458 + 0,0400 * \cos (269,7507128) = 0,545625965$$

$$\text{Semi durasi fase penumbra} =$$

$$(60 / 0,545625965) * \text{SQRT} (1,560182752 * 1,560182752 - -1,041070519 * -1,041070519) = 127,7844984$$

$$\text{Awal fase penumbra (P1)} =$$

$$17,38200957 - 176,66 \text{ menit} = 15 : 15 : 08,16 \text{ UT}$$

$$\text{Gerhana maksimum} = 17 : 22 : 55,23 \text{ UT}$$

$$\text{Akhir fase penumbra (P2)} =$$

$$17,38200957 + 176,66 \text{ menit} = 19 : 30 : 42,30 \text{ UT}$$

Lampiran 4

Perbandingan hasil gerhana Bulan total 8 November 2022

	<i>Astronomical Algorithm Jean Meeus</i>	<i>Kitab al-Durr al-Anīq</i>	NASA
Awal fase penumbra (P1)	08 : 03 : 12	08 : 02 : 12,33	08 : 02 : 17
Awal fase umbra (U1)	09 : 09 : 56,16	09 : 09 : 12,35	09 : 09 : 12
Awal fase total (U2)	10 : 16 : 59,68	10 : 16 : 37,49	10 : 16 : 39
Gerhana bulan maksimum	10 : 59 : 13,82	10 : 59 : 07,06	10 : 59 : 08.8
Akhir fase total (U3)	11 : 41 : 27,96	11 : 41 : 36,64	11 : 41 : 37
Akhir fase umbra (U4)	12 : 48 : 31,48	12 : 49 : 01,78	12 : 49 : 03
Akhir fase penumbra (P2)	13 : 55 : 15,24	13 : 56 : 01,80	13 : 56 : 08
Magnitudo gerhana penumbra	2,3581362	2,414460667	2,4143
Magnitudo gerhana umbra	1,359053631	1,359162193	1,3589

Perbandingan hasil gerhana bulan sebagian 28 Oktober 2023

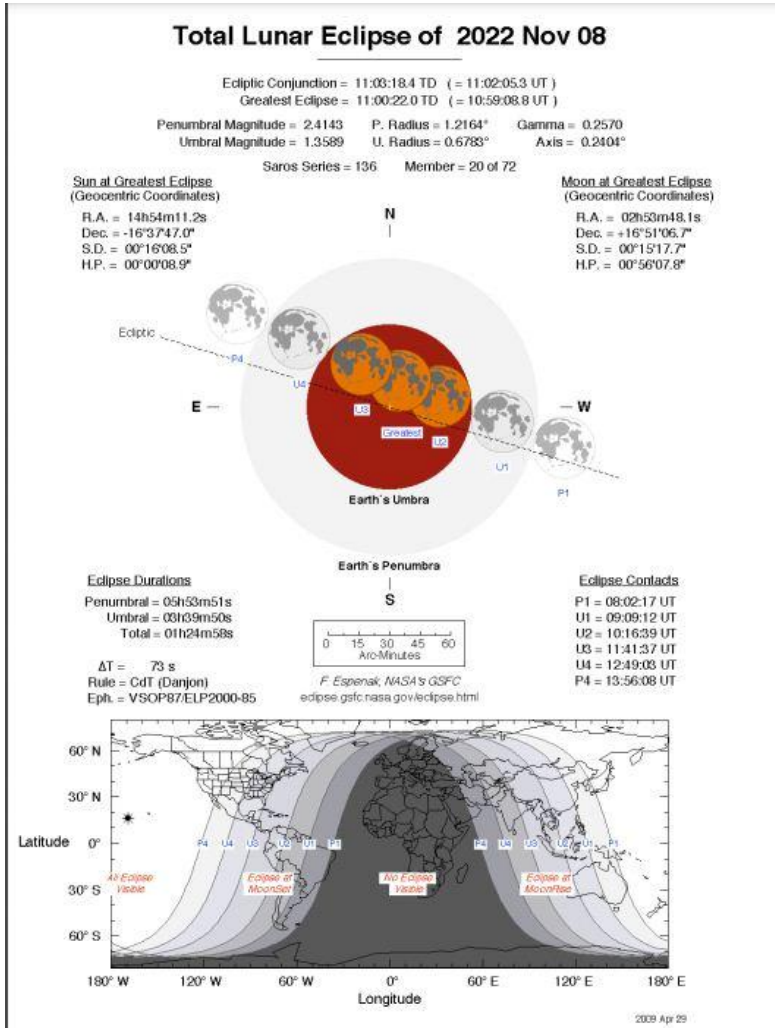
	<i>Astronomical Algorithm</i> Jean Meeus	Kitab <i>al-Durr al-Anīq</i>	NASA
Awal fase penumbra (P1)	18 : 02 : 34,56	18 : 01 : 42,78	18 : 01 : 47
Awal fase umbra (U1)	19 : 35 : 59,95	19 : 35 : 07,06	19 : 35 : 18
Awal fase total (U2)	Tidak Ada	Tidak ada	Tidak ada
Gerhana bulan maksimum	20 : 14 : 08,10	20 : 13 : 51,62	20 : 14 : 03,9
Akhir fase total (U3)	Tidak Ada	Tidak ada	Tidak ada
Akhir fase umbra (U4)	20 : 52 : 16,24	20 : 52 : 36,18	20 : 52 : 39
Akhir fase penumbra (P2)	22 : 25 : 41,63	22 : 26 : 00,47	22 : 26 : 20
Magnitude gerhana penumbra	1,118809861	1,118638259	1,1181
Magnitude gerhana umbra	0,119727293	0,122767438	0,1220

Perbandingan hasil gerhana bulan penumbra 5 Mei 2023

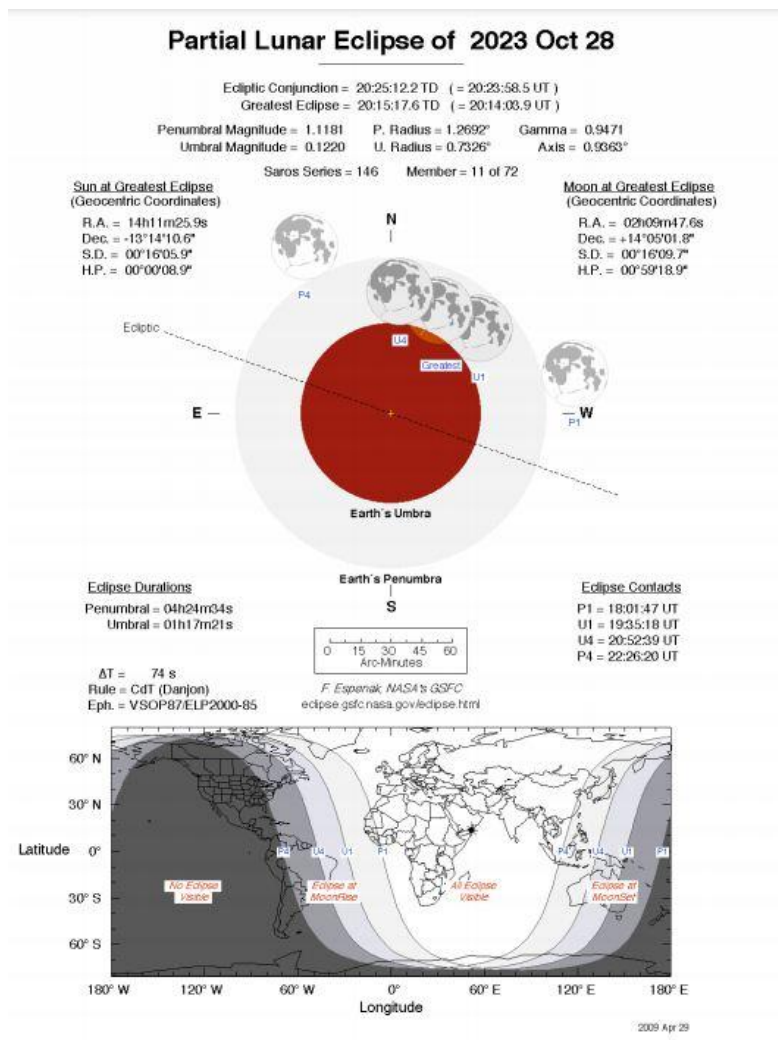
	<i>Astronomical Algorithm</i> Jean Meeus	Kitab <i>al-Durr al-Anīq</i>	NASA
Awal fase penumbra (P1)	15 : 15 : 08,16	15 : 13 : 52,96	15 : 14 : 10
Awal fase umbra (U1)	Tidak Ada	Tidak ada	Tidak ada
Awal fase total (U2)	Tidak Ada	Tidak ada	Tidak ada
Gerhana bulan maksimum	17 : 22 : 55,23	17 : 22 : 32,48	17 : 22 : 51,7
Akhir fase total (U3)	Tidak Ada	Tidak ada	Tidak ada
Akhir fase umbra (U4)	Tidak Ada	Tidak ada	Tidak ada
Akhir fase penumbra (P2)	19 : 30 : 42,30	19 : 31 : 11,99	19 : 31 : 41
Magnitude gerhana penumbra	0,941920603	0,964142259	0,9636
Magnitude gerhana umbra	-0,057161965	-0,04498946	-0,0457

Lampiran 5

Eclipse Predictions NASA 8 November 2022



Eclipse Predictions NASA 28 Oktober 2023



Eclipse Predictions NASA 5 Mei 2023

Penumbral Lunar Eclipse of 2023 May 05

Ecliptic Conjunction = 17:35:12.7 TD (= 17:33:59.2 UT)

Greatest Eclipse = 17:24:05.1 TD (= 17:22:51.7 UT)

Penumbral Magnitude = 0.9636 P. Radius = 1.2375° Gamma = -1.0349

Umbral Magnitude = -0.0457 U. Radius = 0.7089° Axis = 0.9947°

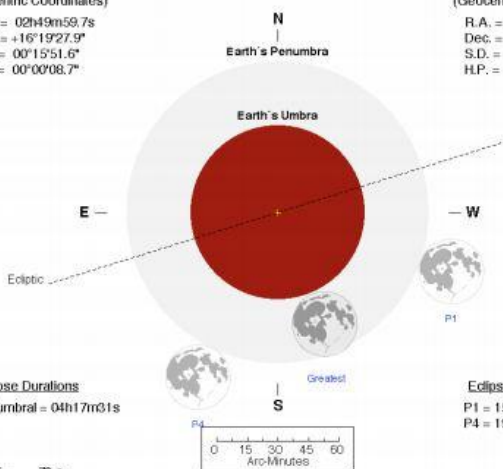
Saros Series = 141 Member = 24 of 73

Sun at Greatest Eclipse
(Geocentric Coordinates)

R.A. = 02h49m59.7s
Dec. = +16°19'27.9"
S.D. = 00°15'51.6"
H.P. = 00°00'08.7"

Moon at Greatest Eclipse
(Geocentric Coordinates)

R.A. = 14h49m23.5s
Dec. = -17°14'31.9"
S.D. = 00°15'42.8"
H.P. = 00°57'40.1"



Eclipse Durations

Penumbral = 04h17m31s

Eclipse Contacts

P1 = 15:14:10 UT

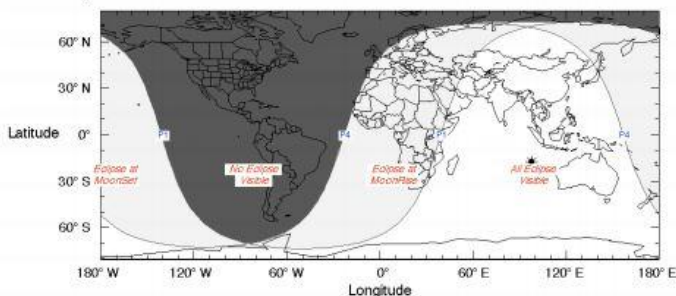
P4 = 19:31:41 UT

$\Delta T = 73$ s

Rule = CdT (Danjon)

Eph. = VSOP87/ELP2000-85

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



2009 Apr 29

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : M. Kautsar Reyhan
Tempat, Tanggal Lahir : Pekalongan, 11 Agustus 1999
Alamat : No. 11 RT. 03 RW. 01,
Wiyorowetan, Ulujami, Pemalang.
Nomor HP : 085702771432
E-Mail : kautsar110899reyhan@gmail.com

Riwayat Pendidikan

1. Formal

- SDN 01 Wiyorowetan (2011)
- SMP 1 Wiradesa (2014)
- SMA Unggulan Pondok Modern Selamat (2017)
- UIN Walisongo (Masih berjalan)

2. Non Formal

- MDA Nurul Islam Wiyorowetan (2006-2010)
- MDA Ulya (2015-2017)
- Impress English Course (2010-2013)
- Logico English Course (2019)

3. Pengalaman Organisasi

- Anggota IPNU-IPPNU Ranting Wiyorowetan (Periode 2012)
- Anggota PMR Madya (Periode 2011)
- Krani Dewan Ambalan Selamat – Sri Rahayu (Periode 2015)
- Pengurus Clicks (Periode 2019)
- Pengurus Pondok Pesantren Life Skill Daarun Najaah (Periode 2019)

- Divisi Humas Buletin An-Najwa Pesantren Life Skill Daarun
Najaah Semarang (Periode 2018)

Semarang, 29 Juli 2021



M. Kautsar Reyhan

NIM 1702046048