

**UJI AKURASI WAKTU GERHANA DALAM *WEBSITE SOLAR ECLIPSE*  
*CALCULATOR***

**SKRIPSI**

**Oleh**

**Labibah Amil Farah**

**NIM. C96219047**



**UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A**

**Universitas Islam Negeri Sunan Ampel**

**Fakultas Syariah dan Hukum**

**Jurusan Hukum Perdata Islam**

**Program Studi Ilmu Falak**

**Surabaya**

**2023**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Labibah Amil Farah  
NIM : C96219047  
Fakultas/Prodi : Syariah dan Hukum/ Ilmu Falak  
Judul : Uji Akurasi Waktu Gerhana dalam *Website Solar Eclipse Calculator*

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

Surabaya, 26 Mei 2023  
Saya yang menyatakan,



**Labibah Amil Farah**  
NIM. C96219047

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi yang ditulis oleh:

Nama : Labibeh Amil Farah  
NIM. : C96219047  
Judul : Uji Akurasi Waktu Gerhana dalam *Website Solar  
Eclipse Calculator*

ini telah dan disetujui untuk dimunculkan

Surabaya, 26 Mei 2023  
Pembimbing,



Agus Solikin, S. Pd, M.S.I  
NIP. 198608162015310003

## PENGESAHAN

Skripsi yang ditulis oleh:

Nama : Labibah Amil Farah

NIM : C96219047

telah dipertahankan di depan sidang Munaqasah Skripsi Fakultas Syariah dan Hukum UIN Sunan Ampel Surabaya pada hari Senin, tanggal 12 Juni 2023 dan dapat diterima sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program sarjana strata satu dalam Ilmu Falak.

### Majelis Munaqasah Skripsi:

Penguji I




Agus Solikin, S.Pd., M.S.I  
NIP. 198608162015031003

Penguji II



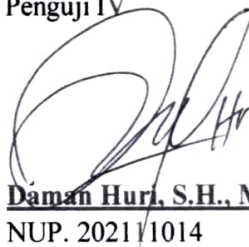
Dr. H. Abu Dzarrin Al-Hamidy, M.Ag.  
NIP.197306042000031005

Penguji III



Adi Damanhuri, M. Si.  
NIP.198611012019031010

Penguji IV



Daman Huri, S.H., M.Hum.  
NUP. 202111014

Surabaya, 12 Juli 2023

Mengesahkan,

Fakultas Syariah dan Hukum

UIN Sunan Ampel Surabaya

Dekan,



Dr. H. Sutiyah Musafa'ah, M.Ag.

NIP. 196303274999032001



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA  
PERPUSTAKAAN

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

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Labibah Amil Farah  
NIM : C96219047  
Fakultas/Jurusan : Syariah dan Hukum/Ilmu Falak  
E-mail address : farahlabibah1011@gmail.com

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

Sekripsi  Tesis  Desertasi  Lain-lain (.....)  
yang berjudul :

UJI AKURASI WAKTU GERHANA DALAM *WEBSITE SOLAR ECLIPSE  
CALCULATOR*

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

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

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 12 Juli 2023

Penulis

( Labibah Amil Farah )  
*nama terang dan tanda tangan*

## ABSTRAK

Skripsi berjudul Uji Akurasi Waktu Gerhana dalam *Website Solar Eclipse Calculator* menjawab dua rumusan masalah mengenai algoritma perhitungan gerhana Matahari yang digunakan *website Solar Eclipse Calculator* serta akurasi waktu gerhana Matahari pada *Solar Eclipse Calculator* dengan gerhana Matahari dalam siaran langsung *Youtube*.

Penelitian yang menggunakan metode penelitian kualitatif dengan pendekatan *library research* atau studi kepustakaan. Sumber data primer dalam penelitian ini adalah *website Solar Eclipse Calculator* sedangkan sumber data sekunder dalam penelitian ini ialah buku *Elements of Solar Eclipse 1951-2200* serta literatur-literatur berhubungan dengan perhitungan gerhana Matahari. Pengumpulan data dilakukan dengan memakai metode telaah pustakan dan dokumentasi. Data yang dikumpulkan selanjutnya diolah kemudian dianalisis dengan metode deskriptif kualitatif.

Hasil dari penelitian ini menjawab rumusan masalah yang disebutkan di atas. Pertama, algoritma perhitungan gerhana Matahari yang digunakan dalam *website Solar Eclipse Calculator* didasarkan pada buku *Elements of Solar Eclipse 1951-2200* karya Jean-Meeus. Kedua, data prediksi waktu gerhana dalam *website Solar Eclipse Calculator* yang dikomparasikan dengan hasil pengamatan fenomena gerhana Matahari dalam siaran langsung *Youtube* dinilai masih belum akurat karena memiliki meskipun hanya hitungan detik namun masih dapat dimaklumi.

Sejalan dengan kesimpulan tersebut, penulis menyarankan agar *website Solar Eclipse Calculator* ini dapat digunakan sebagai alternatif acuan bagi kalangan astronom maupun khalayak umum baik untuk pengamatan fenomena gerhana Matahari maupun untuk pelaksanaan ibadah salat gerhana Matahari. Penulis juga berharap adanya perbaikan dalam algoritma perhitungan gerhana yang diterapkan dalam *website Solar Eclipse Calculator* agar menggunakan  $\Delta T$  yang sesuai sehingga dapat memberikan hasil dengan tingkat akurasi tinggi.

## DAFTAR ISI

<b>SAMPUL DALAM.....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERSETUJUAN PEMBIMBING .....</b>	<b>iii</b>
<b>PENGESAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TRANSLITERASI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Identifikasi Masalah dan Batasan Masalah.....	7
C. Rumusan Masalah .....	8
D. Tujuan Penelitian .....	8
E. Kegunaan Hasil Penelitian.....	9
F. Kajian Pustaka.....	9
G. Definisi Operasional.....	12
H. Metode Penelitian.....	14
1. Jenis Penelitian .....	14
2. Data yang Dikumpulkan .....	15
3. Sumber Data.....	15
4. Metode Pengumpulan Data.....	16
5. Teknik Pengolahan Data.....	16
6. Teknik Analisis Data .....	17
I. Sistematika Pembahasan.....	17
<b>BAB II GERHANA MATAHARI PERSPEKTIF SYAR’I DAN SAINS .....</b>	<b>19</b>
A. Definisi Gerhana Matahari .....	19
B. Gerhana Matahari Perspektif Islam.....	21
C. Gerhana Matahari Menurut Astronomi .....	26

D. Jenis-Jenis Gerhana Matahari .....	28
E. Siklus Saros.....	32
F. Gambaran Umum Perhitungan Gerhana Matahari.....	34
G. Gerhana Matahari dalam Media <i>Youtube</i> .....	41
<b>BAB III ALGORITMA PERHITUNGAN WAKTU GERHANA SOLAR</b>	
<b><i>ECLIPSE CALCULATOR</i></b> .....	<b>47</b>
A. <i>Solar Eclipse Calculator</i> .....	47
B. Cara Kerja <i>Solar Eclipse Calculator</i> .....	50
C. Algoritma Perhitungan Gerhana Matahari dalam <i>Solar Eclipse</i> <i>Calculator</i> .....	53
1. Sumber Data.....	53
2. Menghitung Elemen Bessel .....	55
3. Menghitung Koordinat Rektangular Geosentris .....	59
4. Mengkalkulasi Koordinat Sudut Pengamat dan Variasi Per Jam.....	60
5. Mengkalkulasi Koreksi Waktu Gerhana.....	61
6. Menghitung Waktu Tengah Gerhana (T0), Azimuth dan Altitudenya	64
7. Menghitung Koreksi untuk Fase Total/Cincin .....	64
8. Menghitung Waktu Awal dan Akhir Fase Total/Cincin, Azimuth dan Altitudenya.....	64
9. Menghitung Koreksi untuk Awal dan Akhir Gerhana.....	65
10. Mengkalkulasi Waktu Awal dan Akhir Gerhana, Azimuth serta Altitudenya.....	68
D. Hasil Hisab Menggunakan Algoritma Perhitungan Gerhana Matahari.....	68
<b>BAB IV AKURASI WAKTU GERHANA MATAHARI DALAM SOLAR</b>	
<b><i>ECLIPSE CALCULATOR</i></b> .....	<b>75</b>
A. Data Waktu Gerhana Matahari dalam <i>Solar Eclipse Calculator</i> .....	75
B. Uji Akurasi Waktu Gerhana Matahari pada <i>Solar Eclipse Calculator</i> dan Gerhana Matahari dalam Siaran Langsung <i>Youtube</i> .....	86
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>100</b>
A. Kesimpulan .....	100
B. Saran .....	100
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>102</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>106</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Elemen Bessel gerhana Matahari cincin 26 Desember 2019.....	68
Tabel 3.2 Kesimpulan perhitungan gerhana Matahari cincin 26 Desember 2019.	74
Tabel 4.1 Prediksi waktu gerhana 21 Juni 2020 di Kupang.....	75
Tabel 4.2 Prediksi waktu gerhana 25 Oktober 2022 di Durham .....	76
Tabel 4.3 Prediksi waktu gerhana 25 Oktober 2022 di Karachi.....	77
Tabel 4.4 Prediksi waktu gerhana 25 Oktober 2022 di Abu Dhabi.....	78
Tabel 4.5 Prediksi waktu gerhana 20 April 2023 di OASA.....	79
Tabel 4.6 Prediksi waktu gerhana 21 Agustus 2017 di Madras .....	79
Tabel 4.7 Prediksi waktu gerhana 2 Juli 2019 di Chile .....	80
Tabel 4.8 Prediksi waktu gerhana 14 Desember 2020 di Piedra del Aguila.....	81
Tabel 4.9 Prediksi waktu gerhana 14 Desember 2020 di Volcano Villarica, Chile .....	82
Tabel 4.10 Prediksi waktu gerhana 4 Desember 2021 di Union Glacier.....	83
Tabel 4.11 Prediksi waktu gerhana 20 April 2023 di Exmouth .....	83
Tabel 4.12 Prediksi waktu gerhana 26 Desember 2019 di Batam.....	84
Tabel 4.13 Prediksi waktu gerhana 21 Juni 2020 di Sirsa .....	85
Tabel 4.14 Prediksi waktu gerhana 21 Juni 2020 di Yunlin County .....	86
Tabel 4.15 Perbandingan waktu gerhana Matahari sebagian 21 Juni 2020 .....	88
Tabel 4.16 Perbandingan waktu gerhana Matahari sebagian 25 Oktober 2022....	89
Tabel 4.17 Perbandingan waktu gerhana Matahari sebagian 20 April 2023 .....	90
Tabel 4.18 Perbandingan waktu gerhana Matahari total 21 Agustus 2017.....	91
Tabel 4.19 Perbandingan waktu gerhana Matahari total 2 Juli 2019 .....	92
Tabel 4.20 Perbandingan waktu gerhana Matahari total 14 Desember 2020.....	93
Tabel 4.21 Perbandingan waktu gerhana Matahari total 4 Desember 2021 .....	94
Tabel 4.22 Perbandingan waktu gerhana Matahari total 20 April 2023 .....	96
Tabel 4.23 Perbandingan waktu gerhana Matahari cincin 26 Desember 2019 .....	97
Tabel 4.24 Perbandingan waktu gerhana Matahari cincin 21 Juni 2020 .....	98

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Wilayah di sekitar titik simpul sebagai tempat terjadinya gerhana Matahari .....	28
Gambar 2.2 Skema gerhana Matahari sebagian ( <i>Partial Solar Eclipse</i> ) .....	29
Gambar 2.3 Tahapan terjadinya fenomena gerhana Matahari sebagian .....	29
Gambar 2.4 Skema gerhana Matahari cincin ( <i>Annular Solar Eclipse</i> ).....	30
Gambar 2.5 Tahapan terjadinya fenomena gerhana Matahari cincin .....	30
Gambar 2.6 Skema gerhana Matahari total ( <i>Total Solar Eclipse</i> ).....	31
Gambar 2.7 Tahapan terjadinya fenomena gerhana Matahari total.....	32
Gambar 2.8 Gerhana Matahari total dalam siklus Saros 142.....	34
Gambar 3.1 Tampilan <i>Solar Eclipse Calculator</i> .....	48
Gambar 3.2 Opsi tanggal terjadi fenomena gerhana Matahari.....	50
Gambar 3.3 Kolom input koordinat geografis pengamat.....	50
Gambar 3.4 Konversi koordinat geografis pengamat .....	52
Gambar 3.5 Mencari koordinat geografis menggunakan fitur pada <i>Solar Eclipse Calculator</i> .....	52
Gambar 3.6 Mencari Zona Waktu .....	52
Gambar 3.7 Hasil prediksi waktu gerhana Matahari kondisi lokal .....	53
Gambar 4.1 Diagram prediksi gerhana Matahari sebagian 21 Juni 2020 .....	75
Gambar 4.2 Diagram prediksi gerhana Matahari sebagian 25 Oktober 2022 di Durham UK .....	76
Gambar 4.3 Diagram prediksi gerhana Matahari sebagian 25 Oktober 2022 di Karachi.....	77
Gambar 4.4 Diagram prediksi gerhana Matahari sebagian 25 Oktober di Abu Dhabi.....	78
Gambar 4.5 Diagram prediksi gerhana Matahari sebagian 20 April 2023 di OASA.....	78
Gambar 4.6 Diagram prediksi gerhana Matahari total 21 Agustus 2017 di Madras, Oregon .....	79
Gambar 4.7 Diagram prediksi gerhana Matahari total 2 Juli 2019 di Chile .....	80
Gambar 4.8 Diagram prediksi gerhana Matahari total 14 Desember 2020 di Piedra del Aguila .....	81
Gambar 4.9 Diagram prediksi gerhana Matahari total 14 Desember 2020 di Volcano Villarica.....	82
Gambar 4.10 Diagram prediksi gerhana Matahari total 4 Desember 2021 di Union Glacier .....	82
Gambar 4.11 Diagram prediksi gerhana Matahari total 20 April 2023 di Exmouth, Australia .....	83

Gambar 4.12 Diagram prediksi gerhana Matahari cincin 26 Desember 2019 di Batam .....	84
Gambar 4.13 Diagram prediksi gerhana Matahari cincin 21 Juni 2020 di Sirsa, India .....	85
Gambar 4.14 Diagram prediksi gerhana Matahari cincin 21 Juni 2020 di Yunlin County.....	86
Gambar 4.15 Dokumentasi dan diagram GMS 21 Juni 2020 di Kupang .....	87
Gambar 4.16 Dokumentasi dan diagram GMS 25 Oktober di Karachi .....	88
Gambar 4.17 Dokumentasi dan diagram GMS 20 April 2023 di OASA .....	89
Gambar 4.18 Dokumentasi dan diagram GMT di Madras.....	91
Gambar 4.19 Dokumentasi dan diagram GMT di Chile .....	92
Gambar 4.20 Dokumentasi dan diagram GMT di Piedra del Aguila .....	93
Gambar 4.21 Dokumentasi dan diagram GMT di Union Glacier .....	94
Gambar 4.22 Dokumentasi dan diagram GMT di Exmouth .....	95
Gambar 4.23 Dokumentasi dan diagram GMC di Batam.....	96
Gambar 4.24 Dokumentasi dan diagram GMC di Sirsa .....	97



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR TRANSLITERASI

Di dalam naskah skripsi ini banyak dijumpai nama dan istilah teknis (*technical term*) yang berasal dari bahasa Arab ditulis dengan huruf Latin. Pedoman transliterasi yang digunakan untuk penulisan tersebut adalah sebagai berikut:

### A. Konsonan

No	Arab	Indonesia	No.	Arab	Indonesia
1.	ا	'	16.	ط	t
2.	ب	b	17.	ظ	z
3.	ت	t	18.	ع	'
4.	ث	th	19.	غ	gh
5.	ج	j	20.	ف	f
6.	ح	h	21.	ق	q
7.	خ	kh	22.	ك	k
8.	د	d	23.	ل	l
9.	ذ	dh	24.	م	m
10.	ر	r	25.	ن	n
11.	ز	z	26.	و	w
12.	س	s	27.	هـ	h
13.	ش	sh	28.	ء	'
14.	ص	ṣ	29.	ي	y
15.	ض	ḍ			

Sumber: Kate L. Turabian, *A Manual of Writers of Term Papers, Dissertations* (Chicago and London: The University of Chicago Press, 1987).

### B. Vokal

#### 1. Vokal Tunggal (monoftong)

Tanda dan Huruf Arab	Nama	Indonesia
—	<i>fathah</i>	a
—	<i>kasrah</i>	i
—	<i>ḍammah</i>	u

Catatan: Khusus untuk *hamzah*, penggunaan apostrof hanya berlaku jika *hamzah* ber-*ḥarakat* sukun atau didahului oleh huruf yang ber-*ḥarakat* sukun. Contoh: *iqtiḍā'* (اقتضاء)

## 2. Vokal Rangkap (diftong)

Tanda dan Huruf Arab	Nama	Indonesia	Ket.
يَ	<i>Fathah dan yā'</i>	Ay	a dan y
وَ	<i>Fathah dan wawu</i>	aw	a dan w

Contoh: *bayn* (بين)

: *mawḍū'* (موضوع)

## 3. Vokal Panjang (*mad*)

Tanda dan Huruf Arab	Nama	Indonesia	Keterangan
أَ	<i>fathah dan alif</i>	<i>ā</i>	a dan garis di atas
إِ	<i>kasrah dan ya'</i>	<i>ī</i>	i dan garis di atas
أُ	<i>ḍammah dan wawu</i>	<i>ū</i>	u dan garis di atas

Contoh : *al-Jamā'ah* (الجماعة)

: *Takhyīr* (تخير)

: *Yadūr* (يدور)

### C. *Tā' Marbūṭah*

Transliterasi untuk *tā' marbūṭah* ada dua:

1. Jika hidup (menjadi *muḍāf*) transliterasinya adalah “t”.
2. Jika mati atau sukun, transliterasinya adalah “h”.

Contoh: *sharī'at al-Islām* (شريعة الإسلام)

: *sharī'ah Islāmīyah* (شريعة إسلامية)

### D. Penulisan Huruf Kapital

Penulisan huruf besar dan kecil pada kata, *phrase* (ungkapan) atau kalimat yang ditulis dengan transliterasi Arab-Indonesia mengikuti ketentuan penulisan yang berlaku dalam tulisan. Huruf awal (*initial letter*) untuk nama diri, tempat, judul buku, lembaga dan yang lain ditulis dengan huruf besar.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

Manusia sejak dahulu kala sudah memiliki ketertarikan penuh terhadap langit. Mulanya manusia hanya bertanya-tanya ada benda apa saja yang terdapat di luar angkasa sana. Namun seiring berjalannya waktu dan karena desakan kebutuhan, pertanyaan yang berevolusi menjadi keingintahuan terhadap fenomena keteraturan alam semesta, terbit dan terbenam Matahari, munculnya Bulan dengan fase yang berbeda hingga hilangnya penampakan Bulan dari permukaan Bumi. Beragam informasi tersebut bisa didapatkan melalui pengamatan terhadap pergerakan benda langit.

Pengamatan yang telah dilakukan selama ribuan tahun membuat manusia menyadari bahwa benda-benda langit tersebut terbit, terbenam dan nampak di langit di waktu yang sama sehingga disimpulkan bahwa pergerakan benda langit cenderung konstan. Manusia memanfaatkan informasi mengenai benda-benda langit tersebut sebagaimana fungsi mempelajari ilmu falak dalam hukum Islam yaitu untuk pengembangan dan penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi serta adalah untuk kebutuhan berhubungan dengan peribadatan misal, salat, puasa dan haji yang bersifat pragmatis dan dapat menjadi penentu suatu ibadah sah atau tidak.<sup>1</sup> Seperti disebutkan dalam firman Allah SWT. QS. Yāsīn ayat 37-40:

---

<sup>1</sup>Susiknan Azhari, *Ilmu Falak Teori Dan Praktek*, Cet. 1 (Suara Muhammadiyah, 2004), 3.

وَآيَةٌ لَهُمُ اللَّيْلُ ۖ نَسْلَخُ مِنْهُ النَّهَارَ فَإِذَا هُمْ مُظْلِمُونَ ﴿٣٧﴾ ۚ وَالشَّمْسُ تَجْرِي لِمُسْتَقَرٍّ  
 لَهَا ۚ ذَٰلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ ﴿٣٨﴾ ۚ وَالْقَمَرَ قَدَرْنَاهُ مَنَازِلَ حَتَّىٰ عَادَ كَالْعُرْجُونِ  
 الْقَدِيمِ ﴿٣٩﴾ ۚ لَا الشَّمْسُ يَنْبَغِي لَهَا أَنْ تُدْرِكَ الْقَمَرَ وَلَا اللَّيْلُ سَابِقُ النَّهَارِ ۚ وَكُلٌّ فِي فَلَكٍ  
 يَسْبَحُونَ ﴿٤٠﴾

“Dan suatu tanda (kekuasaan Allah yang besar) bagi mereka adalah malam; Kami tinggalkan siang dari malam itu, maka dengan serta merta mereka berada dalam kegelapan, dan Matahari beredar di tempat peredarannya. Demikianlah ketetapan Yang Maha Perkasa lagi Maha Mengetahui. Dan Bulan telah Kami tetapkan untuknya manzilah-manzilah sehingga kembalilah ia sebagai bentuk tandan yang tua. Tidak mungkin bagi Matahari mendapatkan Bulan dan malam pun tidak dapat mendahului siang. Dan masing-masing beredar pada garis edarnya”.<sup>2</sup>

Ilmu falak merupakan cabang ilmu yang kajian keilmuannya berfokus pada ukuran, bentuk, pergerakan, posisi dan keadaan fisik benda-benda langit terutama Matahari, Bulan dan Bumi yang diperoleh melalui pengamatan dan penelitian yang kemudian menghasilkan informasi berupa fenomena-fenomena langit berkenaan dengan ilmu falak maupun astronomi, salah satunya ialah gerhana. Fenomena gerhana adalah peristiwa alam yang terjadi dengan periodik-periodik tertentu. Tidak seluruh wilayah di dunia akan dapat melihat ataupun dilewati fenomena gerhana. Wilayah yang dilewati dan dapat melihat fenomena ini berbeda-beda pada setiap gerhananya bergantung pada posisi serta jarak antara Bulan, Bumi dan Matahari saat peristiwa ini terjadi. Berdasarkan sudut pandang ilmu falak dan astronomi, pembahasan utama mengenai gerhana adalah penentuan waktu gerhana dengan menghitung waktu kontak antara Bulan dan Matahari terjadi, misal pada pukul berapa Bulan bergerak dan mulai menutupi Matahari sedikit demi sedikit hingga

<sup>2</sup> “Qur’an Kemenag,” accessed June 13, 2023, <https://quran.kemenag.go.id/quran/per-ayat/surah/36?from=37&to=40> QS. Yāsīn ayat 37-40.



Matahari tertutup sepenuhnya hingga bergerak menjauh dan tidak lagi menutupi Matahari.<sup>3</sup>

Kegiatan mengamatai gerhana nyatanya sudah dilakukan oleh manusia sejak ribuan tahun yang lalu di seluruh penjuru di dunia. Tertutupnya Matahari yang membuat siang hari tiba-tiba menjadi gelap, mengakibatkan fenomena gerhana selalu menarik untuk ditelusuri asal-usulnya. Pada masa ketika ilmu pengetahuan masih belum berkembang di mana pola pikir manusia masih sangat sederhana, dibumbui kepercayaan lokal yang diyakini di lingkungan yang berbeda, membuat umat manusia sering menghubungkan fenomena terjadinya gerhana dengan hal-hal bersifat mistis.<sup>4</sup>

Mitos mengenai faktor penyebab gerhana memiliki suatu ciri tertentu pada tiap-tiap wilayah bergantung pada kebudayaan dan keyakinan yang dianut, seperti adanya eksistensi seekor hewan raksasa di langit yang memakan atau membayangi Matahari/Bulan dapat ditemui di wilayah Asia Timur, mitologi Cina dan Suku Viking serta kepercayaan bahwa gerhana terjadi akibat pertarungan antara dewa-dewa, iblis dan makhluk supernatural lain yang dapat ditemui dalam mitologi Hindu, Afrika dan masyarakat pribumi Australia. Salah satu kepercayaan lokal yang tersebar luas dan paling terkenal mengenai ialah gerhana adalah masyarakat Jawa yang berkeyakinan bahwa penyebab terjadinya fenomena gerhana adalah karena adanya sosok raksasa “*buto*” yang akan menelan Matahari sehingga masyarakat akan memukul kentongan, bedug dan benda lain untuk mengusir *buto* menjauhi

---

<sup>3</sup>Ahmad Izzudin, *Ilmu Falak Praktis*, Cet. 2 (Semarang: PT Pustaka Rizki Putra, 2012), 3–4.

<sup>4</sup>Alfan Maghfuri, *Algoritma Gerhana*, Cet. 1 (Bojonegoro: Madza Media, 2020), 15.



Matahari.<sup>5</sup> Masyarakat di Tanah Bone tidak boleh berhubungan saat gerhana terjadi karena masyarakat di sana percaya bahwa anak yang lahir nanti akan terlahir dengan masa depan suram dan diyakini pula bahwa gerhana dapat membuat mata buta atau cacat.<sup>6</sup>

Masyarakat belahan Bumi lain, di Togo dan Benin di Benua Afrika mempercayai bahwa gerhana Matahari cincin berlangsung sebab ada pertarungan antara Bulan dengan Matahari dan manusia harus menyelesaikan semua konflik antara satu sama lain sebagai satu-satunya jalan agar berhenti. Masyarakat di Cina yakin jika gerhana Matahari terjadi akibat seekor naga tak kasat mata sedang memakan Matahari. Kepercayaan mengenai naga atau ular langit ini juga terdapat di wilayah Bolivia. Sementara itu, masyarakat Korea meyakini bahwa penyebab terjadinya gerhana adalah adanya anjing yang sedang berusaha memakan Matahari.<sup>7</sup> Berbeda di Vietnam, hewan yang ingin memakan Matahari tersebut sehingga menyebabkan gerhana adalah seekor katak raksasa.<sup>8</sup> Selain itu, fenomena gerhana juga dikaitkan sebagai pertanda akan kedatangan suatu musibah. Seperti masyarakat Yunani Kuno yang menyimpulkan bahwa gerhana terjadi akibat kemarahan dari para dewa dan masyarakat Mesir yang menghubungkan gerhana dengan hawa jahat sehingga dapat menimbulkan bencana dan kerusakan.<sup>9</sup>

<sup>5</sup>Nurul Mufidah, Mahyuddin Latuconsina, and Sohrah, "Peristiwa Gerhana Matahari dan Bulan Perspektif Budaya dan Ilmu Falak," *HISABUNA: Jurnal Ilmu Falak* 3, no. 1 (April 12, 2022): 123, <https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/hisabuna/article/view/23056>.

<sup>6</sup>Muh Rasywan Syarif, "Islam Fenomalis Gerhana Matahari di Indonesia Studi Budaya 'Siemne Matanna Essoe' pada Perempuan Bugis Bone," *ARICIS PROCEEDINGS* 1, no. 1 (January 27, 2017): 525, <https://doi.org/10.22373/aricis.v1i0.971>.

<sup>7</sup>Muhammad Nabeel Musharraf and Dr Basheer Ahmed Dars, "ECLIPSES, MYTHOLOGY, AND ISLAM," *Al-Duhaa* 2, no. 2 (September 15, 2021): 6–7, <https://doi.org/10.51665/al-duhaa.002.02.0077>.

<sup>8</sup>Maghfuri, *Algoritma Gerhana*, 18.

<sup>9</sup>Musharraf and Dars, "ECLIPSES, MYTHOLOGY, AND ISLAM," 8.

Persitiwa gerhana pada masa Rasulullah Saw. juga sering dihubungkan dengan kelahiran dan kematian seseorang. Pada satu waktu, saat itu gerhana terjadi bersamaan dengan wafatnya anak Nabi Muhammad Saw. bernama Sayyid Ibrahim dan beberapa kelompok berkata jika peristiwa tersebut merupakan penyebab terjadinya gerhana dengan maksud untuk mengagungkan Rasulullah Saw. beserta putranya. Rasulullah Saw. tidak membenarkan hal tersebut karena Bulan dan Matahari ialah dua di antara tanda-tanda yang memperlihatkan kekuasaan Allah SWT. sebagai halnya dalam hadis berikut:

حدثنا عبد الله بن محمد قال : حدثنا هاشم بن قاسم قال : حدثنا شيبان أبو معاوية عن زياد بن علاقة عن المغيرة بن شعبة قال : كسفت الشمس على عهد رسول الله صلى الله عليه وسلم يوم مات إبراهيم فقال الناس : كسفت الشمس لموت إبراهيم ، فقال رسول الله صلى الله عليه وسلم (( إن الشمس والقمر لا ينكسفان لموت أحد ولا لحياته ، فإذا رأيتم فصلوا وادعوا الله ))

“Telah menceritakan kepada kami ‘Abdullah bin Muhammad berkata, telah menceritakan kepada kami Hasyim bin al- Qasim berkata, telah mencertiakan kepada kami Syaiban Abu Mu’awiyah dari Ziyad bin ‘Alaqah dari al-Mughiroh bin Syu’ban berkata: “Pada Masa Rasulullah Saw. pernah terjadi gerhana Matahari, yaitu di hari meninggalnya Ibrahim. Orang-orang lalu berkata, “Gerhana Matahari ini terjadi karena meninggalnya Ibrahim!” Maka Rasulullah Saw. pun bersabda: “Sesungguhnya Matahari dan Bulan tidak akan mengalami gerhan disebabkan karena mati atau hidupnya seseorang. Jika kalian melihat gerhana, maka salat dan berdoalah kepada Allah””. (HR. Bukhori: 1043)<sup>10</sup>

Hadis di atas memberikan jawaban mengapa gerhana termasuk dalam salah satu kajian utama dalam ilmu falak karena berdasarkan hadis tersebut umat Islam diajarkan untuk mendirikan salat sunah saat terjadi fenomena gerhana. Salat gerhana dalam hadits tersebut menunjukkan perintah wajib

<sup>10</sup>Al-Imam Abi ‘Abdullah Muhammad bin Ismail al-Bukhari, *Shahih al-Bukhari* (Beirut: Dar Ibn Katsir, 2002), 253.

tetapi jumbuh ulama memahaminya sebagai sunnah muakkad karena salat yang hukumnya wajib hanya salat yang lima.<sup>11</sup>

Berbagai metode perhitungan untuk menentukan waktu terjadinya gerhana sudah dapat ditemui dari berbagai literatur, baik berasal dari kitab-kitab klasik yang menggunakan metode hisab hakiki dan taqribi, seperti dalam kitab *Sullamun Nayyirain*, *ad-Durr al-Aniq* dan *Fath Raufulmanan* maupun metode perhitungan modern berpedoman pada perhitungan astronomi dan fisika yang merujuk pada data-data bersifat komputerisasi. Selain itu dengan berkembangnya zaman menuju era digital, ditemukan pula banyak aplikasi *smartphone* dan *website* penyedia prediksi terjadinya waktu gerhana yang dapat diakses dengan mudah di manapun dan kapanpun, salah satunya adalah *website Solar Eclipse Calculator*. Hal ini tentu saja memudahkan bagi masyarakat yang ingin melaksanakan salat sunnah gerhana terutama gerhana Matahari tanpa perlu menghitung untuk mendapatkan perkiraan waktu terjadinya gerhana yang cukup akurat.

Berlandaskan pada latar belakang masalah tersebut penulis beranggapan bahwa penelitian mengenai perhitungan waktu gerhana Matahari menjadi penting untuk menambah pengetahuan dan wawasan kepada masyarakat berkenaan dengan ilmu falak. Namun karena langkah perhitungan yang cukup rumit, keberadaan aplikasi atau halaman penyedia prediksi waktu gerhana Matahari seperti *website Solar Eclipse Calculator* tentunya akan membantu masyarakat yang ingin mengamati fenomena gerhana maupun sebagai acuan untuk melaksanakan salat gerhana. Di sisi lain, sejauh pengetahuan yang

---

<sup>11</sup>Muhammad bin Ismail al-Amir ash-Shan'ani, *Subulus Salam: Syarah Bulughul Maram*, trans. Muhammad Isnani, Muhammad Rasikh, and Muhammad Arif, Jilid 1 (Jakarta Timur: Darus Sunnah Press, 2008), 766.

penulis punya penelitian mengenai akurasi *website Solar Eclipse Calculator* sebagai penyedia waktu gerhana yang diuji dengan bantuan data dari kejadian gerhana Matahari sebenarnya pada dokumentasi berupa rekaman video saat-saat terjadinya gerhana Matahari masih belum pernah dilakukan. Dengan demikian peneliti tertarik untuk membahasnya dalam karya ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Uji Akurasi Waktu Gerhana dalam *WebsiteSolar Eclipse Calculator*”.

## **B. Identifikasi Masalah dan Batasan Masalah**

Melalui latar belakang masalah di atas penulis menemukan keberadaan masalah di antaranya adalah:

1. Fenomena alam disangkutpautkan dengan mitos.
2. Kepercayaan masyarakat Indonesia maupun di penjuru dunia mengenai gerhana yang masih terpengaruh oleh kebudayaan.
3. Eksistensi aplikasi dan website penyedia prediksi waktu gerhana.
4. Hasil prediksi waktu gerhana Matahari pada *website Solar Eclipse Calculator*.
5. Uji akurasi waktu gerhana Matahari pada *website Solar Eclipse Calculator* dalam siaran langsung Youtube.

Menilik dari identifikasi masalah yang tersedia, maka penulis membatasi penelitian ini pada dua poin sebagai batasan masalah supaya penelitian ini tidak terlalu meluas pembahasannya. Batasan masalah itu adalah:

1. Algoritma perhitungan waktu gerhana Matahari yang digunakan dalam *website Solar Eclipse Calculator*.
2. Uji akurasi waktu gerhana Matahari pada *Solar Eclipse Calculator* dalam siaran langsung Youtube.

### C. Rumusan Masalah

Merujuk pada latar belakang dan identifikasi yang penulis paparkan tersebut ditemukan beberapa permasalahan yang akan menjadi pokok pembahasan pada penelitian ini, di antaranya:

1. Bagaimana algoritma perhitungan waktu gerhana Matahari yang digunakan dalam *website Solar Eclipse Calculator*?
2. Bagaimana tingkat akurasi waktu terjadinya gerhana Matahari dalam *website Solar Eclipse Calculator* dalam siaran langsung Youtube?

### D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian berjudul “Uji Akurasi Data Matahari pada *Website Online Ephemeris Service*” adalah:

1. Mengetahui algoritma perhitungan waktu gerhana Matahari yang digunakan dalam *Solar Eclipse Calculator*
2. Mengetahui tingkat keakuratan waktu gerhana Matahari pada *Solar Eclipse Calculator*

## E. Kegunaan Hasil Penelitian

Melalui penelitian ini, penulis berharap penelitian ini dapat memberikan manfaat baik ditinjau dari aspek teoritis maupun dari aspek praktis.

### 1. Aspek teoritis

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan tambahan terutama dalam kajian ilmu falak baik bagi mahasiswa ilmu falak maupun masyarakat umum yang memerlukan wawasan tentang perhitungan untuk memprediksi waktu terjadinya gerhana Matahari.

### 2. Aspek praktis

Lewat hasil penelitian ini, diharapkan dapat menyediakan alternatif baru baik berupa aplikasi atau *website* penyedia data hasil perhitungan waktu gerhana Matahari yang dapat dimanfaatkan dalam praktik-praktik astronomi dan falak, seperti kegiatan pengamatan fenomena gerhana Matahari.

## F. Kajian Pustaka

Kajian pustaka merupakan kegiatan untuk mengaitkan antara masalah penelitian dan teori-teori yang relevan, yaitu dengan menggali, mengamati lalu menghubungkan dengan bahan tertulis berupa penelitian baik jurnal maupun buku yang mengkaji mengenai topik yang hendak diteliti dalam rangka membangun konsep teori sebagai dasar pijakan suatu penelitian.<sup>12</sup> Langkah ini menjadi penting untuk dikerjakan karena peneliti akan memperoleh jaminan bahwa pemecahan terhadap suatu masalah penelitian

<sup>12</sup>Muhammad Darwin et al., *Metode Penelitian Pendekatan Kuantitatif* (Bandung: CV. Media Sains Indonesia, 2021), 21.

sudah melewati alur logika yang sesuai. Lewat tinjauan pustaka ini akan diketahui sampai mana tingkat perkembangan ilmu yang dipakai dalam mengkaji persoalan yang sedang diteliti hingga tindakan duplikasi tidak sengaja dapat dihindari. Kajian pustaka di sisi lain berguna pula sebagai portal untuk mengkomparasi persoalan utama yang sedang diteliti dengan masalah utama serta topik berasal dari penelitian seragam yang lain.<sup>13</sup>

Beberapa hasil penelitian di bawah ini diketahui mempunyai relevansi dengan penelitian yang hendak dilakukan oleh penulis, penelitian yang dimaksud adalah:

1. Skripsi yang ditulis oleh Charist Allaist berjudul “Uji Akurasi Hasil Perhitungan Gerhana Matahari Metode Nubala dengan Siaran Youtube Time and Date”.<sup>14</sup> Skripsi ini membahas akurasi perhitungan waktu gerhana Matahari menggunakan metode nubala lalu diuji dengan siaran langsung dari kanal Youtube Time and Date dengan selisih rata-rata 5.5 detik. Perbedaan penelitian ini dengan penulis terletak pada objek yang diuji pada penelitian ini adalah metode nubala yang digunakan untuk menghitung gerhana Matahari sedangkan objek dalam penelitian penulis adalah hasil prediksi waktu terjadinya gerhana Matahari yang terdapat pada *website Solar Eclipse Calculator*. Adapun kesamaan di antara dua penelitian ini adalah pemanfaatan siaran langsung Youtube sebagai data pembandingan untuk menguji tingkat keakuratan objek penelitian.
2. Skripsi yang ditulis oleh Fiki Nu’afi Qurrota Aini bertajuk “Studi Komparatif Perhitungan Gerhana Matahari *Elements of Solar Eclipses*

---

<sup>13</sup>Ma’ruf Abdullah, *Metode Penelitian Kuantitatif*, Cet. 1 (Aswaja Pressindo, 2015), 149–50.

<sup>14</sup>Charist Allaist, “Uji Akurasi Hasil Perhitungan Gerhana Matahari Metode Nubala Dengan Siaran Live Youtube Time and Date” (Skripsi, UIN Sunan Ampel Surabaya, 2021).



Jean Meeus dan *Textbook on Spherical Astronomy* W.M. Smart”.<sup>15</sup> Penelitian ini didasari oleh penggunaan Elemen Bessel sebagai perhitungan pada buku *Elements of Solar Eclipse* dan *Textbook on Spherical Astronomy* namun dengan konsep berbeda sehingga memberikan hasil yang berbeda pula. Dalam penelitian ini juga ditemukan kekurangan dan kekurangan dari kedua metode, seperti perhitungan mudah dan cepat pada buku *Elements of Solar Eclipse* serta perhitungan dengan alur sistematis untuk buku *Textbook on Spherical Astronomy*.

3. Skripsi oleh Jafar Shodiq dengan tajuk “Studi Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari Menurut Rinto Anugraha dalam Buku Mekanika Benda Langit”.<sup>16</sup> Skripsi ini membahas metode perhitungan dalam buku Mekanika Benda Langit yang memakai algoritma Jean Meeus dan  $\Delta T$  diambil dari rumus polinomial NASA serta memakai NASA sebagai data pembanding dengan akurasi selisih 1 hingga 2 menit. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan penulis adalah objek pada penelitian ini adalah metode perhitungan dalam buku Mekanika Benda Langit sedangkan penulis menggunakan *website Solar Eclipse Calculator*. Selain itu, penulis menggunakan siaran langsung di kanal Youtube sebagai data pembanding sedangkan penelitian ini memakai data waktu gerhana Matahari dari NASA.
4. Skripsi oleh Muhammad Akbarul Humam bertajuk “Hisab Gerhana Matahari dengan Acuan Data Ephemeris Hisab Rukyat dalam Buku ‘Ilmu

<sup>15</sup>Fiki Nu’afi Qurrota Aini, “Studi Komparatif Sistem Perhitungan Gerhana Matahari Elements of Solar Eclipses Jean Meeus Dan Textbook on Spherical Astronomy W.M. Smart” (Undergraduate Thesis, Semarang, UIN Walisongo, 2019), <http://eprints.walisongo.ac.id/id/eprint/9713/>.

<sup>16</sup>Jafar Shodiq, “Studi Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari Rinto Anugraha Dalam Buku Mekanika Benda Langit” (Undergraduate Thesis, Semarang, UIN Walisongo, 2016).



Falak dalam Teori dan Praktik' Karya Muhyiddin Khazin".<sup>17</sup> Skripsi ini membahas mengenai metode hisab gerhana Matahari dalam buku karya Muhyiddin Khazin dengan mengacu pada data astronomis Matahari dan Bulan diambil dari Ephemeris Hisab Rukyat oleh Kementerian Agama RI yang kemudian diuji keakuratannya dengan dokumentasi pengamatan fenomena gerhana Matahari yang dilakukan oleh lembaga-lembaga observatorium di Indonesia. Perbedaan skripsi ini dengan penelitian penulis adalah objek yang diteliti adalah metode perhitungan dalam buku Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik sedangkan penulis menggunakan *website Solar Eclipse Calculator*. Meskipun keduanya memakai dokumentasi siaran langsung di *youtube* sebagai data pembanding, penulis menggunakan sepuluh data di tempat yang berbeda sedang skripsi ini menggunakan tiga data dan semuanya diambil di Indonesia.

## G. Definisi Operasional

Definisi operasional adalah ekplanasi mengenai pengertian yang bersifat operasional dari konsep penelitian kemudian dapat dipakai menjadi pedoman dalam menelusuri, mengukur atau menguji variabel melalui penelitian. Adapun dalam penelitian bertajuk "Uji Akurasi Waktu Gerhana dalam *Website Solar Eclipse Calculator*" terdapat beberapa istilah, di antaranya:

### 1. Uji Akurasi

---

<sup>17</sup>Muhammad Akbarul Humam, "Hisab Gerhana Matahari Dengan Acuan Data Ephemeris Hisab Rukyat Dalam Buku 'Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik' Karya Muhyiddin Khazin" (Undergraduate Thesis, Surabaya, UIN Sunan Ampel, 2021).

Kata uji mempunyai arti percobaan untuk memperoleh informasi mengenai kualitas sesuatu. Akurasi memiliki arti kecermatan, ketelitian atau ketepatan.<sup>18</sup> Sehingga uji akurasi adalah suatu kegiatan atau percobaan untuk mengetahui kualitas tingkat ketepatan sesuatu. Dalam penelitian ini uji akurasi yang dimaksud adalah aktivitas untuk menemukan tingkat ketepatan atau keakuratan suatu prediksi waktu gerhana pada *website Solar Eclipse Calculator* kemudian akan diuji dengan data pembanding berupa dokumentasi fenomena gerhana yang tersedia secara *online* di Youtube.

## 2. Waktu Gerhana

Kata waktu dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia berarti seluruh rangkaian saat ketika proses, saat yang tertentu untuk melakukan sesuatu atau saat yang telah ditetapkan berdasar pembagian bola dunia. Karena gerhana Bulan sulit untuk diamati, kata gerhana dalam penelitian ini dikhususkan pada gerhana Matahari sehingga bermakna gelapnya sebagian atau keseluruhan Matahari, berkurangnya intensitas benda yang dapat terlihat atau hilangnya suatu benda dari visi sebab benda tersebut masuk ke dalam bayangan yang dibuat oleh benda lain.<sup>19</sup> Jadi waktu gerhana merupakan semua rangkaian proses saat ketampakan Matahari berkurang atau bahkan ‘menghilang’ akibat keberadaan Bulan di sela-sela Matahari dengan Bumi sehingga membuat bayangan Bulan jatuh ke permukaan Bumi.

## 3. *Website Solar Eclipse Calculator*

<sup>18</sup>Departemen Pendidikan Nasional, *Kamus Bahasa Indonesia* (Jakarta: Pusat Bahasa, 2008), 33.

<sup>19</sup>Departemen Pendidikan Nasional, 1806.

*Website* merupakan suatu halaman informasi yang disediakan secara *online* sehingga seluruh dunia dapat mengaksesnya selama terhubung dengan jaringan internet tersusun dari komponen-komponen berupa teks, gambar, animasi dan suara sehingga bisa menjadi media informasi menarik untuk ditengok.<sup>20</sup> *Solar Eclipse Calculator* adalah website penghitung waktu gerhana Matahari lokal. Sehingga *website Solar Eclipse Calculator* adalah sebuah halaman yang menyediakan informasi penghitung waktu gerhana Matahari untuk waktu setempat atau lokal yang dapat diakses selama penggunaanya terhubung dengan jaringan internet.

## H. Metode Penelitian

Supaya proses penelitian dapat berjalan lebih mudah dibutuhkan metode penelitian. Berdasar pada latar belakang di atas penulis memakai metode kualitatif yang diperoleh tidak melalui proses penyelesaian statistik atau hitungan.

### 1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang penulis terapkan adalah kualitatif, yaitu sebuah kajian yang fokus pada analisis data/bahan penelitian bersifat kualitatif (kualitas, nilai atau/mutu) dengan pendekatan studi literatur (*library research*).<sup>21</sup> Metode penelitian kepustakaan sama dengan aktivitas menganalisis teks ataupun bacaan yang menyelami suatu peristiwa atau fenomena, baik berupa tulisan atau perbuatan yang dikaji supaya diperoleh

<sup>20</sup>Raden Aryadi Hidayatullah, "LKP : Pembuatan Desain Website Sebagai Penunjang Company Profile CV. Hensindo" (Undergraduate, S1 Desain Komunikasi Visual, 2016), 11.

<sup>21</sup> Fakultas Syariah dan Hukum UIN Sunan Ampel Surabaya, *Pedoman Penyusunan Karya Ilmiah Fakultas Syariah Dan Hukum*, 2022, 29.

fakta yang akurat.<sup>22</sup> Studi literatur dikenal pula sebagai penelitian deskriptif karena mendeskripsikan, menjelaskan fakta yang ada lalu dilanjutkan dengan analisis yang bersumber dari buku-buku maupun literatur. Kegiatan penelitian ditujukan agar menghasilkan uraian serta pemahaman mengenai karakter khas objek yang diteliti sehingga metode, cara kerja dan tingkat akurasi *Solar Eclipse Calculator* sebagai *website* penyedia data waktu gerhana dapat diketahui.

## 2. Data yang Dikumpulkan

### a. Data primer

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah waktu terjadinya fenomena gerhana Matahari.

### b. Data sekunder

Penelitian ini data sekundernya adalah prosedur hisab waktu gerhana Matahari yang di gunakan dalam *website Solar Eclipses Calculator* dan data waktu gerhana Matahari dalam siaran langsung di kanal Youtube yang digunakan sebagai pembanding untuk menghitung keakuratan waktu gerhana Matahari pada *website Solar Eclipses Calculator*.

## 3. Sumber Data

Sumber data adalah data dan subjek yang bisa didapat dan dibagi menjadi dua, yaitu:

### a. Sumber primer

---

<sup>22</sup>Amir Hamzah, *Metode Penelitian Kepustakaan (Library Research)* (Malang: Literasi Nusantara Abadi, 2020), 7.

Sumber primer dalam penelitian ini adalah *website Solar Eclipses Calculator* sebagai penyedia data prediksi waktu terjadinya fenomena gerhana Matahari yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

b. Sumber sekunder

Adapun sumber sekunder dalam penelitian ini adalah perhitungan waktu gerhana Matahari berdasarkan langkah-langkah perhitungan yang digunakan dalam *website Solar Eclipses Calculator* serta data waktu gerhana Matahari berdasarkan pengamatan yang disiarkan secara langsung di kanal Youtube.

4. Metode Pengumpulan Data

Penulis dalam penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data telaah literatur dan dokumentasi. Telaah pustaka dilakukan untuk proses pengumpulan data mengenai algoritma perhitungan waktu gerhana Matahari yang digunakan dalam *website Solar Eclipses Calculator*. Metode dokumentasi dilaksanakan dengan menghimpun dan mencatat sejumlah informasi dan data yang sudah tersedia.<sup>23</sup> Dalam penelitian ini dokumentasi dipakai untuk menghimpun data tentang waktu detik-detik fenomena gerhana Matahari yang terjadi di beberapa wilayah. Data ini memiliki peran penting karena nanti akan digunakan sebagai pembanding untuk menguji akurasi *website Solar Eclipse Calculator*.

5. Teknik Pengolahan Data

Data yang sudah terhimpun selanjutnya diolah bertahap, yaitu mengedit, mengorganisir dan menganalisis. Tahap pengeditan dilakukan

---

<sup>23</sup>Hardani et al., *Metode Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif*, Cet. 1 (Yogyakarta: Pustaka Ilmu, 2020), 149.

dengan menyeleksi data-data yang diperoleh dan sudah dipilih sebelumnya lalu disaring agar sesuai dengan satu sama lain sehingga data yang akan digunakan dapat dipastikan otentik, jelas dan relevan. Langkah mengorganisir adalah penataan, pengkategorian dan penyusunan hingga gambaran yang sesuai dengan rumusan masalah dapat diberikan oleh data.<sup>24</sup> Tahap terakhir adalah menganalisis data yang sudah diedit dan ditata sebelumnya sehingga kesimpulan bisa didapatkan.<sup>25</sup>

#### 6. Teknik Analisis Data

Data yang telah melalui proses pengolahan akan dianalisa menggunakan metode deksriptif kualitatif dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Menyajikan data waktu gerhana yang terdapat dalam *website Solar Eclipse Calculator*.
- b. Mencantumkan data saat-saat terjadinya gerhana Matahari berupa detik terjadinya tiap kontak Matahari dan Bulan berdasarkan kejadian sebenarnya yang diperoleh dari siaran langsung Youtube.
- c. Mengkomparasikan data dari *website* dengan data fenomena gerhana dari siaran langsung Youtube sehingga diperoleh derajat tingkat akurasi.

#### I. Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan penelitian diperlukan untuk mempermudah dalam mempelajari hingga memahami penelitian ini. Pengkajian dalam penelitian ini secara garis besar tersusun dari lima bab yang di setiap babnya

<sup>24</sup>M. A. Tatang, *Menyusun Rencana Penelitian* (Jakarta: PT. RajaGrafindo, 1995), 154.

<sup>25</sup>Tatang, 195.

terdapat cabang pembahasan. Sistematika pembahasan dalam penelitian ini adalah berikut:

Bab I Pendahuluan mencakup latar belakang masalah, identifikasi masalah, rumusan masalah, kajian pustaka, tujuan penelitian, kegunaan hasil penelitian, definisi operasional, metode penelitian dan sistematika pembahasan.

Bab II Gerhana Matahari Perspektif Syar'i dan Sains, mengkaji landasan teori mengenai gerhana Matahari ditinjau dari sudut pandang Islam gerhana Matahari dalam kaca mata astronomi, jenis-jenis gerhana Matahari, siklus Saros, gambaran umum perhitungan gerhana Matahari dan gerhana Matahari dalam media *Youtube*.

Bab III Algoritma Perhitungan Waktu Gerhana *Solar Eclipse Calculator*, membahas definisi *Solar Eclipses Calculator*, cara kerja *website Solar Eclipses Calculator*, data yang diperlukan dalam algoritma perhitungan gerhana Matahari dalam *website Solar Eclipses Calculator*, proses perhitungan gerhana Matahari dengan algoritma yang digunakan pada *website* tersebut dan hasil hisab berdasarkan algoritma perhitungan gerhana Matahari.

Bab IV Akurasi Waktu Gerhana Matahari dalam *Solar Eclipse Calculator* membahas data waktu gerhana Matahari pada *website Solar Eclipse Calculator* dan uji akurasi waktu gerhana Matahari dalam *Solar Eclipses Calculator* dengan data fenomena gerhana Matahari pada *live streaming Youtube*.

Bab V Penutup, bab ini memuat kesimpulan serta saran atas pembahasan yang penulis angkat dalam penelitian ini.



## BAB II

### GERHANA MATAHARI PERSPEKTIF SYAR'I DAN SAINS

#### A. Definisi Gerhana Matahari

*Eclipse* adalah istilah untuk gerhana berasal dari bahasa Inggris. Istilah *eclipse* tersebut dipakai sebagai penggambaran semua gerhana, baik Bulan maupun Matahari. Sedangkan untuk penyebutan masing-masing, istilah yang paling banyak digunakan adalah gerhana Matahari untuk *solar eclipse* lalu *lunar eclipse* untuk gerhana Bulan. Gerhana ialah fenomena astronomi yang berlangsung akibat suatu objek yang menghalangi cahaya dari sumber tertentu.<sup>1</sup>

Kata gerhana pada Kamus Besar Bahasa Indonesia memiliki dua arti. Pertama, gerhana adalah fenomena ketika Matahari atau Bulan nampak gelap sebagian atau bahkan seluruhnya. Secara umum, gerhana merupakan fenomena berkurangnya penampakan benda atau lenyapnya suatu entitas dari visi sebab entitas tersebut memasuki bayangan terbentuk oleh benda lain. Maka definisi gerhana Matahari secara khusus adalah kejadian ketika Bulan berada di antara jarak Matahari dan Bumi sehingga bayang-bayang Bulan jatuh ke permukaan Bumi. Kedua, arti gerhana dalam KBBI ialah kata sifat yang berarti kesulitan atau kesedihan.<sup>2</sup> Ada pula kata lain yang digunakan dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia untuk menyebut gerhana, yaitu khusuf untuk gerhana Bulan<sup>3</sup> dan kusuf untuk gerhana Matahari.<sup>4</sup> Kedua kata ini

---

<sup>1</sup>Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Cet. 2 (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2008), 71.

<sup>2</sup>Departemen Pendidikan Nasional, *Kamus Bahasa Indonesia*, 478–79.

<sup>3</sup>Departemen Pendidikan Nasional, 767.

<sup>4</sup>Departemen Pendidikan Nasional, 847.



pada dasarnya adalah bahasa Arab namun telah diadaptasi ke dalam bahasa Indonesia.

Berdasarkan istilah-istilah itu, istilah Arab adalah yang memiliki pengertian terdekat dengan makna sebenarnya. Istilah gerhana dalam bahasa Arab menggunakan kata *kusūf* dan *khusūf*. Penyebutan *kusūf* digunakan untuk gerhana Matahari sedangkan *khusūf* untuk gerhana Bulan. *Kusūf* secara bahasa bermakna menutupi. Makna itu memberikan gambaran bahwa *kusūfash-shams* adalah Bulan menutupi Matahari sehingga dari Bumi terlihat bahwa fenomena gerhana Matahari sedang terjadi. *Khusūf* secara bahasa berarti memasuki. Makna tersebut menggambarkan bahwa *kusūf al-qamar*, adalah fenomena alam berupa Bulan memasuki bayangan Bumi yang terbentuk akibat sejajar dengan Matahari sehingga gerhana Bulan terjadi.<sup>5</sup>

*Kusūf* secara etimologi memiliki arti berubah menjadi hitam. Disebut *كسفت حله*, berarti keadaannya sudah berubah, *كسف وجهه*, maknanya wajahnya berubah dan *كسف الشمس* yang berarti Matahari berubah menjadi gelap dan hilang pancaran sinarnya. Secara bahasa *khusūf* artinya kekurangan.

Disebutkan *خسف المكان يخسف خسوفا* berarti tempat itu menghilang di

Bumi, *خسف القمر* artinya Bulan sudah lenyap cahayanya. Jadi, kata *khusūf*

dan *kusūf* bagi Bulan dan Matahari memiliki makna berubah dan berkurangnya sinar Matahari dan Bulan.

<sup>5</sup>Kementerian Agama Republik Indonesia, *Ilmu Falak Praktik*, Cet. 1 (Jakarta: Sub Direktorat Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat, 2013), 109.

Kata *khusūf* untuk Bulan dan *kusūf* untuk Matahari acapkali dipakai oleh ahli *fiqh*. Dalam pemaparan di atas, penggunaan kata *khusūf* dan *kusūf* menurut etimologi memiliki perbedaan arti, sebab kata *kusūf* bermakna bertransformasi menjadi hitam atau gelap, sedang *khusūf* bermakna kekurangan. Berdasarkan penjelasan tersebut, maka tepat apabila Matahari disebut *كسفت* atau *خسفت* karena Matahari mengalami perubahan dan berkurang cahayanya sehingga menjadi hitam atau gelap, begitu pula dengan Bulan.<sup>6</sup>

## B. Gerhana Matahari Perspektif Islam

Terdapat dua istilah gerhana dalam bahasa Arab, yaitu *khusūf* dan *kusūf* yang terkadang dalam penggunaannya dikhususkan dan di waktu yang lain digunakan secara bersamaan.<sup>7</sup> Fenomena gerhana dalam al-Quran tidak disebutkan secara langsung. Meskipun kata *khasafa* dan *kasafa* beberapa kali disebutkan di dalam al-Qur'an, akan tetapi pengartian oleh para ulama terhadap kata *khasafa* dan *kasafa* ini tidak merujuk kepada fenomena gerhana. Sebagaimana kata *khasafa* dengan kata yang satu akar disinggung dalam sejumlah ayat berikut:

1. QS. al-Ankabut [29] ayat 40,

وَمِنْهُمْ مَّنْ حَسَفْنَا بِهِ الْأَرْضَ

“Dan di antara mereka ada yang kami benamkan ke dalam Bumi”.<sup>8</sup>

<sup>6</sup>Ibnu Hajar al-Asqalani, *Fath Al-Bari Bi Syarh Shahih al-Bukhari* (Jakarta: Pustaka Imam Asy-Syafi'i, 2018), 273.

<sup>7</sup>Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, *Pengantar Ilmu Falak: Teori, Praktik Dan Fikih*, 1st ed., Cet. 2 (Depok: Rajawali Pers, 2019), 109.

<sup>8</sup>*Al-Qur'an* al-Ankabut: 40.

2. QS. al-Mulk [67] ayat 16,

ءَأَمِنْتُمْ مَّن فِي السَّمَاءِ أَنْ يَخْتَسِفَ بِكُمْ الْأَرْضَ فَإِذَا هِيَ تَمُورُ

“Apakah kamu merasa aman terhadap Allah yang (berkuasa) di langit bahwa dia akan menjungkir-balikkan Bumi bersama kamu, sehingga dengan tiba-tiba Bumi itu bergoncang?”<sup>9</sup>

3. QS. ash-Shu'ara' [26] ayat 187

فَأَسْقِطْ عَلَيْنَا كِسْفًا مِّنَ السَّمَاءِ إِن كُنتَ مِنَ الصَّادِقِينَ

“Maka jatuhkanlah atas kami gumpalan dari langit, jika kamu termasuk orang-orang yang benar”.<sup>10</sup>

4. QS. al-Qiyamah [75] ayat 7-9

فَإِذَا بَرِقَ الْبَصُرُ ﴿٧﴾ وَخَسَفَ الْقَمَرُ ﴿٨﴾ وَجُمِعَ الشَّمْسُ وَالْقَمَرُ ﴿٩﴾

“Maka apabila mata terbelalak (ketakutan), dan apabila Bulan telah hilang cahayanya, dan Matahari dan Bulan dikumpulkan”.<sup>11</sup>

Beberapa ayat di atas menggunakan kata *khasafa* dan *kasafa* beserta dengan akarnya, memiliki makna membenamkan, hilang, menjatuhkan dan makna lain. Tetapi QS. al-Qiyamah merupakan ayat yang dekat indikasinya dengan fenomena gerhana. Kendati demikian menurut Prof. Dok. Hamka dalam kitabnya Tafsir al-Azhar, yang dimaksud “Bulan telah hilang cahayanya” dan “Matahari dan Bulan dikumpulkan” tidak lagi membahas mengenai gerhana. Sebab ketika kiamat sudah tiba, ketentuan alam semesta, daya tarik antar suatu bintang dengan yang lainnya, jarak tertentu Bumi mengorbit Matahari akan berubah dan maksud dari “Matahari dan Bulan dikumpulkan” adalah akhir zaman atau kiamat. Karena Bumi tidak lagi akan

<sup>9</sup>Al-Qur'an al-Mulk:16.

<sup>10</sup>Al-Qur'an ash-Shu'ara': 187.

<sup>11</sup>Al-Qur'an al-Qiyamah: 7-9.

menerima pancaran cahaya Matahari lalu Bulan tidak lagi menjadi satelit Bumi.<sup>12</sup>

Berbeda dengan al-Quran yang bersifat *mujmāl* di mana lafalnya bermakna global dan kejelasannya tidak bisa diketahui melalui pengertian dari lafal itu sendiri, akan tetapi membutuhkan penjelasan baik dari Allah SWT. dan Rasulullah Saw., hadis di sini memiliki sifat *mubayyan*, yakni berfungsi untuk memberikan kejelasan kandungan ayat-ayat tersebut baik lewat perkataan, perbuatan dan penetapan Rasulullah Saw.<sup>13</sup>

Gerhana dalam kitab *Ṣaḥīḥ al-Muslim* terdapat pada pembahasan ke sepuluh. Pembahasannya terbagi menjadi lima judul, yaitu salat gerhana, penyebutan tentang siksa kubur pada salat gerhana, anjuran untuk salat gerhana berjamaah, pendapat mengenai “ruku’ delapan rakaat dalam empat sujud” dan sesuatu yang diperlihatkan pada Rasulullah Saw. mengenai surga dan neraka.<sup>14</sup> Pokok pembahasan dalam hadis-hadis ini mengacu pada tiga hal, yaitu:

1. Gerhana ialah tanda keagungan Allah SWT.

Gerhana pernah terjadi di masa Rasulullah Saw., kala itu gerhana terjadi bertepatan dengan meninggalnya putra Nabi Muhammad dan Maria al-Qibti, Ibrahim. Melihat itu, banyak yang mengatakan jika gerhana berlangsung sebab kematian putra Rasulullah tersebut, namun tidak dibenarkan yang selanjutnya Nabi Muhammad menyatakan bahwa

<sup>12</sup>Hamka, *Tafsir Al-Azhar*, Jilid 8 (Singapura: Pustaka Nasional, 1982), 7757–58.

<sup>13</sup>Farid Naya, “Al-Mujmal Dan al-Mubayyan Dalam Kajian Ushul Fiqh,” *Tahkim: Jurnal Peradaban Dan Hukum Islam* 9, no. 2 (2013): 190.

<sup>14</sup>Abu al-Husain Musim bin al-Hajjaj, *Ṣaḥīḥ Muslim* (Saudi Arabia: Dar as-Salam, 2000), 361–69.

peristiwa gerhana tidak disebabkan oleh lahir serta kematian seseorang melainkan tanda kebesaran Allah SWT.<sup>15</sup>

## 2. Perintah beribadah saat terjadi gerhana

Setelah pernyataan mengenai gerhana sebagai pertanda kekuasaan Allah SWT., Rasulullah Saw. selanjutnya menitahkan kaum muslim agar mendirikan beberapa ibadah saat gerhana berlangsung. Salah satunya adalah salat sunnah gerhana. Selain itu, Rasulullah juga menganjurkan umat muslim untuk melaksanakan ibadah lain di antaranya adalah sedekah, berdoa kepada Allah SWT. ketika gerhana terjadi.<sup>16</sup>

## 3. Cara melaksanakan salat gerhana

Jumhur ulama telah sepakat bahwa ibadah salat gerhana hukumnya adalah *sunnah mu'akkadah* dengan berdasar pada hadis-hadis *shahih* yang menerangkan bahwa Rasulullah Saw. mendirikan salat gerhana saat gerhana terjadi. Dibandingkan dengan hadis lain, hadis yang membahas tentang tata cara pelaksanaan salat gerhana isinya lebih banyak sehingga menghasilkan pendapat yang beragam dari para ahli fikih. Perbedaan pendapat para ulama disebabkan karena bervariasinya teks hadis yang menerangkan bagaimana Rasulullah Saw. melakukan salat gerhana. Salah satu hadis yang memberikan gambaran mendetail pelaksanaan salat gerhana oleh Nabi Muhammad Saw. adalah hadis riwayat Aisyah.

Berdasarkan hadis tersebut saat gerhana Matahari terjadi di masa Nabi Muhammad Saw., beliau keluar ke arah masjid diikuti yang lain dan kemudian bertakbir. Rasulullah Saw. membaca dengan bacaan panjang

<sup>15</sup>al-Bukhari, *Shahih al-Bukhari*, 253.

<sup>16</sup>Maghfuri, *Algoritma Gerhana*, 36.

lalu bertakbir lalu memperlama ruku'. Kemudian Rasulullah mengucapkan: *sami'allāhu liman ḥamidah*, kemudian berdiri dan tidak sujud, lalu membaca bacaan panjang namun tidak sepanjang bacaan sebelumnya. Lalu beliau takbir dan ruku' sembari memperlama ruku'nya tapi lebih pendek dibanding ruku' yang pertama selanjutnya mengucapkan *sami'allāhu liman ḥamidah, rabbanā wa laka al-ḥamd*, setelah itu sujud. Hal yang sama dilakukan pada rakaat akhir. Maka dengan itu Rasulullah Saw. menyempurnakan empat rakaat pada empat kali sujud.<sup>17</sup>

Mayoritas ulama bersepakat bahwa salat gerhana dilakukan dengan dua rakaat, dengan dua kali berdiri dan dua kali rukuk pada tiap rakaatnya. Sedangkan untuk sistematika urutan pelaksanaannya diawali dengan *takbirah al-iḥrām* dengan niat shalat gerhana, membaca surat al-Fātiḥah, ruku', bangun dari ruku', membaca al-Fātiḥah, ruku' kedua lalu *i'tidal* dan disambung sujud hingga bangun dari sujud untuk berdiri lagi. Di rakaat kedua, caranya sama dengan rakaat pertama. Dengan demikian, dalam dua rakaat salat sunnah ini terdapat empat kali berdiri dan membaca surat al-Fātiḥah, empat ruku' dan empat kali sujud.<sup>18</sup>

Adapun waktu pelaksanaan salat gerhana Matahari berakhir ketika peristiwa gerhana tersebut selesai atau saat Matahari terbenam. Ini disepakati oleh para ulama didasarkan pada hadis Rasulullah Saw. yang bersabda:

فَإِذَا رَأَيْتُمُوهُمَا، فَصَلُّوا، وَادْعُوا حَتَّى يُكْشَفَ مَا بَيْنَكُمْ

<sup>17</sup>al-Hajjaj, *Shahih Muslim*, 361–62.

<sup>18</sup>Maghfuri, *Algoritma Gerhana*, 41.

“Apabila kalian melihat keduanya (Matahari dan Bulan ketika gerhana), maka salatlah dan berdoalah hingga disingkapkan apa yang ada pada kalian”.<sup>19</sup>

Para ulama berbeda pendapat pada persoalan mengenai boleh atau tidaknya melaksanakan salat gerhana saat gerhana terjadi pada waktu-waktu yang diharamkan. Jumhur ulama berpendapat, dilarang untuk melakukan salat gerhana di waktu-waktu yang diharamkan karena aturan ini berlaku untuk semua salat. Syafi’i memiliki pendapat bahwa salat gerhana bisa dilakukan pada waktu-waktu yang diharamkan karena memiliki sebab. Sedangkan Ibnu Qāsim meriwayatkan bahwa aturan waktu pelaksanaan salat sunnah gerhana Matahari adalah di waktu Duha hingga Zuhur.<sup>20</sup>

### C. Gerhana Matahari Menurut Astronomi

Gerhana merupakan sebuah fenomena di mana sebuah benda memasuki atau melewati bayangan benda lain. Sedangkan okultasi adalah peristiwa ketika sebuah objek langit tertutupi oleh objek langit lain yang ukuran tampaknya dari Bumi lebih besar dari objek yang tertutup.<sup>21</sup> Gerhana Bulan dan Matahari ialah fenomena langit yang banyak menarik perhatian dan populer di kalangan masyarakat umum. Gerhana Bulan berlangsung saat sebagian bahkan seluruh permukaan Bulan terselimuti oleh bayangan Bumi. Gerhana Matahari terjadi saat Bulan berada di antara Matahari dan Bumi. Berdasarkan definisi tersebut, gerhana Matahari tidak termasuk dalam

<sup>19</sup> al-Bukhari, *Shahih al-Bukhari*, 254.

<sup>20</sup> Maghfuri, *Algoritma Gerhana*, 44.

<sup>21</sup> Agus T. P. Jatmiko, “Okultasi,” Observatorium Bosscha, accessed April 3, 2023, [https://bosscha.itb.ac.id/id/penelitian/topik\\_penelitian/okultasi/](https://bosscha.itb.ac.id/id/penelitian/topik_penelitian/okultasi/).



fenomena gerhana, melainkan okultasi. Jika sumber utama cahaya (Matahari) dari benda pemantul (Bulan) terputus oleh okultasi, maka fenomena ini juga disebut sebagai gerhana.<sup>22</sup> Apabila seluruh piringan Matahari berada di belakang Bulan, maka yang terjadi adalah gerhana Matahari total dan sebaliknya adalah gerhana Matahari sebagian.<sup>23</sup> Meskipun ukuran Bulan yang sebetulnya jauh lebih kecil dibandingkan dengan Matahari, akan tetapi bayangan Bulan dapat menghalangi sinar Matahari yang akan mencapai Bumi. Hal ini bisa terjadi sebab Bulan yang memiliki jarak rata-rata 384.000 km dari Bumi, lebih dekat daripada Matahari yang berjarak 149.680.000 km.<sup>24</sup>

Menurut perspektif astronomi, gerhana berlangsung disebabkan oleh revolusi Bulan mengelilingi Bumi yang membuat suatu lintasan tidak sejajar dengan bidang orbit Bumi hingga terbentuk sudut rata-rata  $5^{\circ} 8'$ . Sudut ini diketahui dengan istilah sudut inklinasi. Perpotongan antara orbit Bumi dan Bulan ini membentuk dua titik simpul, yaitu simpul atas atau *ascending node* dan simpul bawah atau *descending node*. Di antara titik-titik simpul ini terbentuk wilayah yang jika letak Bulan dan Matahari berada di wilayah tersebut ketika ijtimak, maka gerhana Matahari akan terjadi. Hanya saat berada di posisi tersebut ketika konjungsi gerhana Matahari akan berlangsung, tidak di setiap ijtimak.<sup>25</sup>

---

<sup>22</sup>Martin V. Zombeck, *Handbook of Space Astronomy and Astrophysics*, 3rd ed. (Cambridge: Cambridge University Press, 2007), 178.

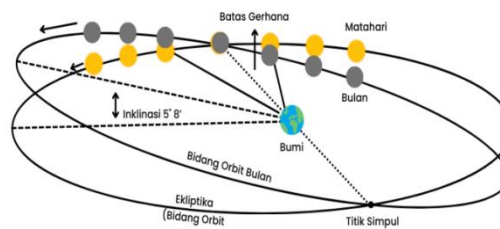
<sup>23</sup>Hannu Karttunen, ed., *Fundamental Astronomy*, 5th ed. (New York: Springer, 2007), 138–39.

<sup>24</sup>Butar-Butar, *Pengantar Ilmu Falak: Teori, Praktik Dan Fikih*, 103.

<sup>25</sup>Maghfuri, *Algoritma Gerhana*, 21.



Gambar 2. 1 Wilayah di sekitar titik simpul sebagai tempat terjadinya gerhana Matahari



Fenomena gerhana Matahari mendudukkan posisi Bulan di antara Bumi dan Matahari. Akibat posisinya ini, pancaran cahaya Matahari yang menuju ke Bumi terhalangi Bulan. Cahaya yang terhalangi Bulan itu menyebabkan bayangan Bulan jatuh ke Bumi. Skala Matahari yang jika dibandingkan Bulan jauh lebih besar dibanding menyebabkan bayangan Bulan yang jatuh ke Bumi berbentuk kerucut dan hanya jatuh ke wilayah tertentu di permukaan Bumi. Dampaknya, tidak seluruh tempat di permukaan Bumi yang merasakan gerhana Matahari, melainkan hanya tempat yang dijatuhi oleh bayangan Bulan.<sup>26</sup>

#### D. Jenis-Jenis Gerhana Matahari

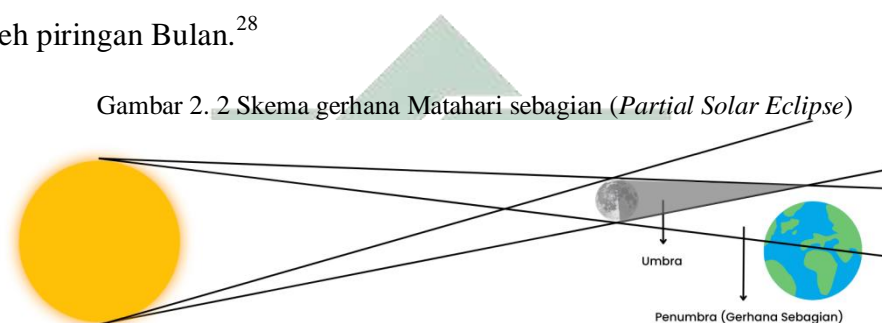
Munculnya bayangan Bulan berbentuk kerucut yang jatuh ke permukaan Bumi. Setiap tempat di permukaan Bumi memiliki dampak terhadap tidak dapat disaksikannya gerhana Matahari di seluruh wilayah di Bumi. Hanya tempat yang dijatuhi bayang-bayang kerucut Bulan inilah yang memiliki peluang untuk dapat menyaksikan salah satu dari empat jenis gerhana Matahari. Secara umum, terdapat empat jenis gerhana Matahari yang dapat disaksikan dari Bumi, yaitu:<sup>27</sup>

<sup>26</sup>Maghfuri, 22.

<sup>27</sup>Fred Espenak and Jean Meeus, *Five Millenium Catalog of Solar Eclipses: -1999 to +3000 (2000 BCE to 3000 CE)* (Maryland: National Aeronautics and Space Administration, 2009), 3.

## 1. Gerhana Matahari Sebagian atau *Partial Solar Eclipse*

Gerhana Matahari sebagian atau *partial solar eclipse* terjadi saat jarak Bulan dekat dengan Bumi atau dalam astronomi dikenal dengan istilah Bulan ada di posisi *perigee*. Bumi, Bulan serta Matahari tidak berada tepat pada satu garis bujur lurus sehingga sekadar sebagian bayangan kerucut (umbra) Bulan yang mengenai Bumi. Ketika puncak gerhana berlangsung, hanya sebagian dari piringan Matahari yang tertutupi oleh piringan Bulan.<sup>28</sup>



Gerhana Matahari sebagian (parsial) hanya terjadi dua kali kontak, yaitu.<sup>29</sup>

- a. Kontak pertama ialah saat piringan Bulan menyentuh piringan Matahari sebagai pertanda dimulainya gerhana Matahari sebagian.
- b. Kontak kedua adalah saat piringan Bulan telah keluar dari piringan Matahari sebagai pertanda berakhirnya gerhana Matahari sebagian.

Gambar 2. 3 Tahapan terjadinya fenomena gerhana Matahari sebagian



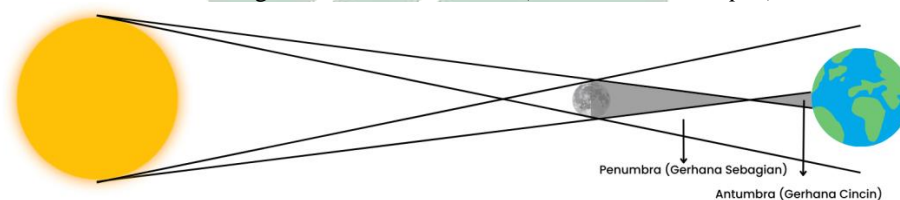
## 2. Gerhana Matahari Cincin atau *Annular Solar Eclipse*

<sup>28</sup> Ismail, "Lhokseumawe Society Rituals at The Solar Eclipse," *Al-Hilal: Journal of Islamic Astronomy* 2, no. 1 (2020): 105.

<sup>29</sup> Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik* (Yogyakarta, 2008), 190.

Gerhana Matahari cincin atau *annular solar eclipse* berlangsung saat kedudukan Matahari-Bulan-Bumi terletak di satu garis lurus dan Bulan berada di jarak paling jauh dari Bumi atau istilah astronominya adalah *apogee*. Kerucut umbra Bulan dalam posisi ini menjadi pendek dan tidak bisa mengenai permukaan Bumi. Karena posisinya berada di titik terjauh dari Bumi, membuat diameter Bulan tampak lebih kecil dari Matahari sehingga Bulan tidak dapat menutupi piringan Matahari sepenuhnya dan ada bagian yang masih bisa dilihat di Bumi.

Gambar 2. 4 Skema gerhana Matahari cincin (*Annular Solar Eclipse*)



Gambar 2. 5 Tahapan terjadinya fenomena gerhana Matahari Cincin



Jumlah kontak dalam fenomena gerhana Matahari cincin (*annular*) dan gerhana Matahari total adalah empat kali kontak antara Matahari dengan Bulan, yakni:<sup>30</sup>

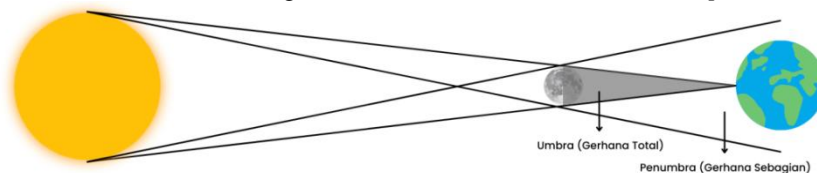
- a. Kontak pertama, saat piringan Bulan mulai bergerak menutupi piringan Bulan sebagai pertanda dimulainya gerhana Matahari cincin atau total.
- b. Kontak kedua, saat Bulan muncul dan tampak seperti piringan hitam dan menutupi piringan Matahari. Cahaya Matahari yang bersinar hanya di tepian piringan Bulan sehingga membentuk sabit.

<sup>30</sup>Khazin, 189.

- c. Kontak ketiga, adalah ketika piringan Bulan perlahan menjauhi Matahari dan cahaya Matahari membentuk sabit kembali setelah sebelumnya tertutupi sepenuhnya oleh Bulan jika yang terjadi adalah gerhana Matahari total atau tertutup dengan menyisakan cahaya Matahari yang bersinar di sekeliling tepian Bulan apabila yang terjadi adalah gerhana Matahari cincin.
- d. Kontak keempat, ialah pertanda berakhirnya gerhana Matahari cincin atau total. Hanya bagian kecil dari piringan Bulan yang menutupi piringan Matahari dan tidak lama kemudian Bulan tidak akan menghalangi Matahari lagi.
3. Gerhana Matahari Total atau *Total Solar Eclipse*

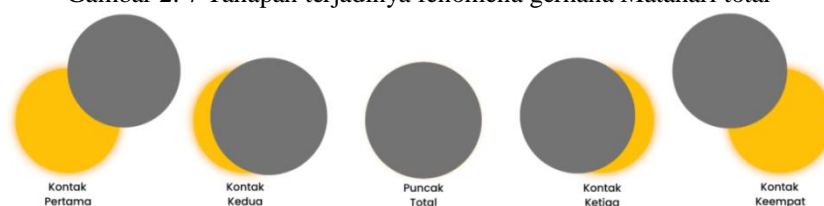
Gerhana Matahari total atau *total solar eclipse* terjadi ketika piringan Bulan menyelimuti keseluruhan piringan Matahari sehingga saat tengah gerhana atau puncak berlangsung, permukaan Bumi yang dilewati akan mengalami kegelapan dalam beberapa menit. Pada jenis ini, ketika jarak Bulan dekat dengan Bumi, bayangan kerucut umbra menjadi panjang dan mengenai permukaan Bumi.<sup>31</sup>

Gambar 2. 6 Skema gerhana Matahari total (*Total Solar Eclipse*)



<sup>31</sup>Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit* (Yogyakarta: Lab. Fisika Material dan Instrumentasi Jurusan Fisika FMIPA UGM, 2012), 127.

Gambar 2. 7 Tahapan terjadinya fenomena gerhana Matahari total



#### 4. Gerhana Matahari Hybrid atau *Hybrid Solar Eclipse*

Gerhana Matahari hybrid atau *hybrid solar eclipse* dikenal juga dengan istilah gerhana cincin dan total karena di suatu tempat, gerhana ini terlihat seperti gerhana Matahari total akan tetapi di tempat lainnya gerhana yang tampak adalah gerhana Matahari cincin.<sup>32</sup>

#### E. Siklus Saros

Sistem peredaran Bumi, Matahari dan Bulan sudah dianalisis oleh para ilmuwan sebelumnya menghasilkan data astronomi dari Bumi Matahari serta Bulan yang dibutuhkan untuk menjelaskan fenomena gerhana.<sup>33</sup> Dalam satu tahun Masehi gerhana Matahari terjadi paling sedikit 2 kali dan maksimal 5 kali yang mana merupakan kejadian yang sangat langka. Antara tahun -600 sampai dengan 3400, hanya terdapat 14 tahun yang gerhana Mataharinya terjadi sebanyak 5 kali. Peristiwa unik lain terkait gerhana Matahari ialah adanya dua kali gerhana dengan persamaan tipe dalam setahun.<sup>34</sup>

Gerhana Matahari yang muncul secara berkala, dapat dikenali menggunakan suatu siklus. Perioditas dan pengulangan gerhana diatur oleh siklus Saros, yaitu siklus yang mengidentifikasi bahwa gerhana Matahari

<sup>32</sup>Maghfuri, *Algoritma Gerhana*, 23.

<sup>33</sup>Akhmad Aminuddin Bama et al., "Study of Saros Cycle and Non-Partial Solar Eclipse with Newton Mechanics Approach," *Journal of Physics: Conference Series* 1282, no. 1 (July 1, 2019): 1, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1282/1/012023>.

<sup>34</sup>Maghfuri, *Algoritma Gerhana*, 22.

bertipe sama akan terjadi lagi setelah 6585.3 hari atau 18 tahun 11 hari 8 jam.<sup>35</sup> Siklus ini telah dikenal sejak zaman Babilonia yang telah menentukannya dengan akurat sekitar tahun 500 SM (Sebelum Masehi), Untuk mengetahui keteraturan ini diperlukan observasi dalam jangka waktu yang panjang dan dokumentasi. Tablet tersebut dikenal dengan “*Babylonian Astronomical Diaries*” yang mencatat pengamatan langit hampir setiap hari sejak abad ke-8 SM hingga abad ke-1 SM.

Tidak hanya menemukan siklus Saros, kaum Babilonia juga mendeskripsikan pergerakan bulan secara tepat. Siklus ini merupakan gabungan dari tiga periode, yakni waktu di antara dua Bulan purnama (Bulan sinodis) yaitu 29 hari 12 jam dan 44 menit, waktu yang diperlukan bagi Bulan untuk kembali dari satu titik simpul ke titik simpul yang sama (Bulan drakonis) dengan 27 hari 5 jam 6 menit dan waktu yang diperlukan Bulan untuk berpindah dari titik *apogee* ke *apogee* lagi (Bulan anomali) ialah 27 hari 13 jam 19 menit.<sup>36</sup>

Tiga periode Bulan yang bertemu kembali ini yang disebut siklus Saros, dan membutuhkan waktu 18 tahun 11 hari 8 jam. Dengan kelebihan 8 jam membuat wilayah yang dapat melihat gerhana Matahari akan bergeser kurang lebih 120 derajat ke arah barat.<sup>37</sup> Sebagaimana yang terjadi pada gerhana Matahari total 4 Desember 2002 yang melewati Afrika dan Australia. Setelah melewati satu periode Saros terjadi gerhana Matahari total pada 14 Desember 2020 namun tidak melewati akan tetapi bergeser 120 derajat ke barat

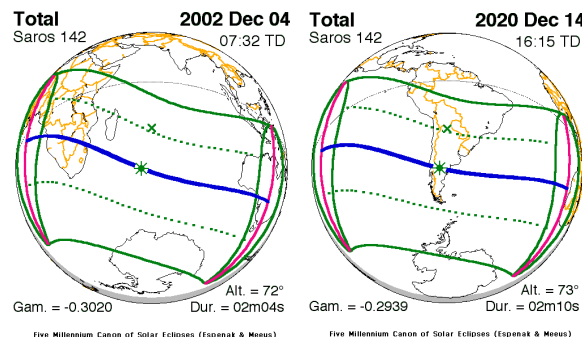
<sup>35</sup> Fred Espenak, “Eclipses and the Saros,” NASA, accessed April 4, 2023, <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEsaros/SEsaros.html>.

<sup>36</sup>Fabio A.C.C. Chalub, “The Saros Cycle: Obtaining Eclipse Periodicity from Newton’s Law,” *Revista Brasileira de Ensino de Fisica* 31, no. 1 (2009): 1302.

<sup>37</sup>Maghfuri, *Algoritma Gerhana*, 25.

sehingga gerhana Matahari total saat itu terjadi di bagian wilayah Chile dan Argentina.<sup>38</sup>

Gambar 2. 8 Gerhana Matahari Total dalam siklus Saros 142



## F. Gambaran Umum Perhitungan Gerhana Matahari

Dewasa ini sudah terdapat berbagai metode perhitungan gerhana Matahari, baik yang sederhana maupun metode yang dapat memberikan hasil akurat. Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan gerhana Matahari sederhana yang dikemukakan dalam buku karya Muhyiddin Khazin berikut:<sup>39</sup>

1. Menentukan peluang berlangsungnya gerhana Matahari pada bulan Hijriyah (dihitung berdasarkan tabel). Gerhana Matahari mungkin akan terjadi jika hasil penambahan tersebut berkisar:
    - a. antara  $000^{\circ}$  s/d  $020^{\circ}$
    - b. antara  $159^{\circ}$  s/d  $190^{\circ}$
    - c. antara  $348^{\circ}$  s/d  $360^{\circ}$
  2. Konversi tanggal kemungkinan terjadinya gerhana Matahari ke penanggalan Masehi. Langkah ini perlu dilakukan untuk mendapatkan data astronomi di tanggal berkemungkinan terjadinya gerhana Matahari.
- Gerhana Matahari hanya terjadi saat Bulan dan Matahari berijtimak, jadi

<sup>38</sup> "Total Solar Eclipse on 14 December 2020," Time and Date, accessed April 4, 2023, <https://www.timeanddate.com/eclipse/solar/2020-december-14>.

<sup>39</sup> Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik*, 189.



kemungkinan terjadinya adalah antara tanggal 29 atau 30 bulan Hijriyah.

Setelah tanggal Hijriyah tersebut dikonversikan ke penanggalan Masehi.

3. Menyediakan data astronomi ephemeris untuk tanggal Masehi dari hasil konversi sebelumnya dan data tersebut bisa diperoleh dari *software* WinHisab.
4. Mencari nilai FIB (*Fraction Illumination* Bulan) terkecil selanjutnya disebut waktu refrensi di data ephemeris yang menggunakan UT *Unuversal Time*. Peluang terjadinya gerhana Matahari diperiksa ulang dengan menilik nilai mutlak lintang Bulan di kolom *Apparent Latitude* Bulan pada waktu refrensi.
  - a. Jika harga mutlak lintang lebih dari  $1^{\circ} 32' 02''$  maka gerhana tidak mungkin terjadi
  - b. Jika harga mutlak lintang kurang dari  $1^{\circ} 24' 10''$  maka gerhana dipastikan terjadi
  - c. Jika harga mutlak lintang ada di antara  $1^{\circ} 24' 10''$  sampai  $1^{\circ} 32' 02''$  maka gerhana mungkin terjadi
5. Mengkalkulasi *sabaq* Matahari (B1) untuk mengetahui gerak Matahari tiap jam dengan mengkalkulasi nilai mutlak selisih data ELM (*Ecliptic Longitude* Matahari) pada waktu refrensi dengan data ELM satu jam setelahnya
6. Mengkalkulasi *Sabaq* Bulan (B2) untuk mengetahui gerak Bulan tiap jam dengan mengkalkulasi selisih nilai data ALB (*Apparent Longitude* Bulan) di waktu refrensi dan data ALB satu jam setelahnya

7. Mengkalkulasi jarak Matahari dan Bulan (MB) untuk mengetahui selisih jarak titik Matahari hingga titik Aries diukur sepanjang lingkaran ekliptika.

$$MB = ELM - ALB$$

8. Mengkalkulasi *Sabaq* Bulan *Mu'addal* (SB) untuk mengetahui kecepatan gerak relatif Bulan dari Matahari

$$SB = B2 - B1$$

9. Mengkalkulasi titik ijtimak (TI), mengetahui selisih waktu dari waktu refrensi hingga waktu ijtimak

$$TI = MB : SB$$

10. Mengkalkulasi ijtimak pertama (Ijt1), mengetahui kedudukan Matahari serta Bulan ada di garis bujur astronomis yang sama dalam UT saat gerhana Matahari terjadi

$$Ijt1 = \text{Waktu Refrensi} + T1$$

11. Mengkalkulasi data Semidiameter Bulan (SDc), Horizontal Parallax Bulan (HPc), Lintang Bulan (LC), Semidiameter Matahari (SDm), Obl dan *Equation of Time* (e) dari ephemeris pada waktu konjungsi atau ijtimak.

12. Mengkalkulasi waktu meridian (MP)

$$MP = 12 - e$$

13. Mengkalkulasi waktu ijtimak kedua (Ijt2), waktu ijtimak pada waktu setempat pada tempat atau daerah yang sudah ditentukan

$$Ijt2 = Ijt1 + (\lambda : 15)$$

14. Mengkalkulasi jarak ijtimak, jarak busur sepanjang lingkaran ekliptika yang diukur hingga titik kulminasinya dari Matahari

$$JI = [MP - Ijt2] \times 15^\circ$$

15. Hisab 'Ashir pertama, jarak busur sepanjang ekliptika dihitung dari titik

Aries hingga suatu titik di ekliptika

Jika  $I_{jt2} < MP$  maka  $A1 = ELM - JI$

Jika  $I_{jt2} > MP$  maka  $A1 = ELM + JI$

16. Menghitung *Mail 'Ashir* pertama (MA1)

$\sin MA1 = \sin A1 \times \sin Obl$

17. Mengkalkulasi ketinggian Matahari pada 'Ashir pertama (IA1)

$IA1 = 90 - [MA1 - \phi]$

18. Mengkalkulasi sudut pembantu (SP)

$\sin SP = ((\sin SB \times \cos MA1) : (\sin HPc \times \sin IA1))$

19. Menghisab waktu yang diperlukan untuk koreksi waktu ijtimak supaya

waktu tengah terjadinya gerhana Matahari dapat diperoleh

$SBW = \sin JI : \sin SP$

20. Menghisab waktu tengah gerhana (tgh)

Jika  $I_{jt2} < MP$  maka  $tgh = I_{jt2} - SBW$

Jika  $I_{jt2} > MP$  maka  $tgh = I_{jt2} + SBW$

Supaya hasilnya menjadi waktu daerah, maka koreksi waktu diperlukan

dengan cara mengurangi hasil tgh di atas. Jadi rumus yang digunakan

adalah  $TGH = tgh - ((\lambda - \lambda D) : 15)$

21. Mengkalkulasi jarak gerhana (JG)

$JG = [MP - tgh] \times 15^\circ$

22. Mengkalkulasi 'Ashir kedua (A2)

$A2 = ELM + JG$

23. Mengkalkulasi *Mail 'Ashir* (MA2)

$$\sin MA2 = \sin A2 \times \sin Obl$$

24. Mengkalkulasi ketinggian Matahari pada 'Ashir kedua (IA2)

$$IA2 = 90 - [MA2 - \varphi]$$

25. Mengkalkulasi jarak busur pada lingkaran meridian yang dihitung dari zenith hingga titik proyeksi A2 sepanjang lingkaran meridian

$$AIR = 90 - IA2, \text{ dengan syarat}$$

- Apabila  $MA2 < 0$  serta  $\varphi > 0$  maka  $AIR = AIR$
- Apabila  $MA2 > 0$  serta  $\varphi < 0$  maka  $AIR = -AIR$
- Apabila  $MA2 > 0$  serta  $\varphi > 0$  dan jika  $[MA2] > [\varphi]$  maka  $AIR = -AIR$
- Apabila  $MA2 > 0$  serta  $\varphi > 0$  dan jika  $[MA2] < [\varphi]$  maka  $AIR = AIR$
- Apabila  $MA2 < 0$  serta  $\varphi < 0$  dan jika  $[MA2] > [\varphi]$  maka  $AIR = AIR$
- Apabila  $MA2 < 0$  serta  $\varphi < 0$  dan jika  $[MA2] < [\varphi]$  maka  $AIR = -AIR$

26. Menghitung *Ikhtilafah al-'Ardi* (IkA). Apabila  $AIR > 0$  maka  $Ika = -IkA$ , dan apabila  $AIR < 0$  maka  $Ika = IkA$

$$\sin IkA = [\cos IA2 \times \sin 00^\circ 51' 22'']$$

27. Menghitung *Arzul Qamar Mar'i*, lebar piringan Bulan yang tidak menutupi Matahari

$$LC' = [LC + IkA], \text{ dengan syarat}$$

- Jika  $LC > 0$  maka  $LC' = LC'$
- Jika  $LC < 0$  maka  $LC' = -LC'$
- Jika  $LC' = 0$  maka gerhana mulai dari arah barat
- Jika  $LC' > 0$  maka gerhana mulai dari arah barat laut
- Jika  $LC' < 0$  maka gerhana mulai dari arah barat daya
- Jika  $LC' > (SDm + SDc)$  maka tidak terjadi gerhana

- g. Jika  $LC' < (SDm + SDc)$  maka:
- h. Jika  $SDc < (SDm + LC')$  maka terjadi gerhana Matahari sebagian
- i. Jika  $SDc > (SDm + LC')$  maka terjadi gerhana Matahari total
- j. Jika  $SDm < (SDc + LC')$  maka terjadi gerhana Matahari cincin
- a. Jika  $LC' = 0$  dan  $SDm = SDc$  maka terjadi gerhana Matahari total selama beberapa detik saja

28. Mengkalkulasi *al-Jamu'u* (J), setengah lebar bayangan penumbra Bulan

$$J = [SDc + SDm + [LC']]$$

29. Mengkalkulasi *al-Baqiy*(B), setengah lebar bayangan umbra Bulan

$$B = [SDc + SDm - [LC']]$$

30. Menghitung *Daqa'iqu al-Khusuf* (DK)

$$DK = \sqrt{(J \times B)}$$

31. Menghitung *Sabaq Mu'addal*(SM)

$$SM = SB - 0^\circ 11' 48''$$

32. Menghitung *Sa'ah as-Suquth* (SS), jarak waktu antara mulainya kontak gerhana atau berakhirnya gerhana dengan waktu tengah gerhana

$$SS = DK : SM$$

33. Menghitung waktu mulai gerhana atau kontak pertama (MG)

$$MG = TGH - SS$$

34. Mengkalkulasi waktu selesai gerhana atau kontak keempat (SG)

$$SG = TGH + SS$$

35. Menghitung lebar piringan Matahari yang terhalangi Bulan (LG)

$$LG = (B : (SDM \times 2)) \times 100\%$$

atau

$LG' = LG \times 12$ , jika ingin menggunakan satuan *uṣbu'*

Jika  $LG > 100\%$  atau  $LG' > 12$  artinya saat puncak gerhana terdapat bagian piringan Bulan yang tidak menyelimuti Matahari sebab piringan Bulan lebih besar daripada piringan Matahari.

$LG'$  dijadikan tolak ukur warna gerhana Matahari, yaitu apabila nilainya:

- a. 0.333 s.d 1.000 maka berwarna kuning keputih-putihan
- b. 1.000 s.d 1.750 maka berwarna kekuning-kuningan
- c. 1.750 s.d 2.167 maka berwarna kelabu kebiru-biruan
- d. 2.167 s.d 3.667 maka berwarna kelabu
- e. 3.667 s.d 4.667 maka berwarna debu kelabu
- f. 4.667 s.d 5.833 maka berwarna kedebuah
- g. 5.833 s.d 7.000 maka berwarna debu kekuning-kuningan
- h. 7.000 s.d 8.333 maka berwarna debu kemerah-merahan
- i. 8.333 s.d 9.667 maka berwarna debu kebiru-biruan
- j. 9.667 s.d 10.83 maka berwarna debu kehitam-hitaman
- k.  $> 10.83$  maka berwarna hitam suram

Langkah selanjutnya, apabila terjadi gerhana Matahari sebagian maka perhitungan setelah ini tidak harus dilanjutkan.

36. Mengkalkulasi durasi waktu antara kontak pertama atau keempat dengan waktu gerhana Matahari (SMk)

$$SMk = [12 - LG'] : 15$$

37. Mengkalkulasi waktu mulai terjadi kontak pertama (MT)

$$MT = TGH - SMk$$

38. Mengkalkulasi waktu selesai total (ST)

$$ST = TGH + SMk$$

Berdasarkan langkah perhitungan di atas, kemudian akan diperoleh kesimpulan berupa tanggal terjadinya gerhana Matahari, wilayah yang dapat menyaksikan, waktu terjadinya kontak gerhana, lebar gerhana, dari arah mana gerhana dimulai dan juga warna gerhana. Kendati langkah yang sederhana, metode ini cukup layak untuk dijadikan referensi dalam kajian perhitungan gerhana Matahari.

#### **G. Gerhana Matahari dalam Media Youtube**

Gerhana Matahari adalah salah satu peristiwa langit yang paling ditunggu-tunggu oleh para astronom maupun komunitas pecinta langit. Dahulu sebelum ilmu mengenai gerhana dipahami oleh umat manusia, fenomena ini cenderung ditakuti karena dianggap membawa kabar buruk dan dapat mendatangkan bencana. Namun saat ini, fenomena gerhana terutama gerhana Matahari menjadi suatu peristiwa yang dinantikan hingga mereka yang ingin menyaksikan secara langsung rela untuk pergi ke wilayah yang dilewati oleh jalur gerhana tersebut. Selain itu, pada zaman di mana segala sesuatunya sudah didukung oleh teknologi, banyak yang mengabadikan atau bahkan menyiarkan secara langsung peristiwa berlangsungnya gerhana Matahari melalui media *Youtube* sehingga masyarakat dapat menyaksikan gerhana dengan mudah.

##### **1. Gerhana Matahari Sebagian 21 Juni 2020**



Dokumentasi yang penulis gunakan untuk gerhana Matahari sebagian 21 Juni 2020 adalah video milik LAPAN Kupang. Karena merupakan gerhana Matahari sebagian, maka hanya terdapat tiga fase yang terjadi, yaitu (1) awal gerhana yang dimulai pada pukul 16:02:00; (2) puncak sebagian pada pukul 16:32:43 WIB; dan (3) akhir gerhana pada pukul 17:01:20 WIB.<sup>40</sup>

## 2. Gerhana Matahari Sebagian 25 Oktober 2022

Berikut adalah dokumentasi gerhana Matahari sebagian 25 Oktober 2022 yang direkam dan disiarkan secara langsung dalam kanal *youtube* *timeanddate*. Fenomena gerhana Matahari dalam siaran langsung yang dilakukan oleh *timeanddate* ini dilakukan dari wilayah yang berbeda dan tidak berfokus pada satu wilayah sehingga fase yang dijabarkan di bawah diambil di wilayah yang berbeda pula. Awal gerhana yang disaksikan dari Durham, United Kingdom dimulai pada pukul 09:04:36 UTC, kemudian puncak sebagiannya diambil di Karachi, Pakistan terjadi pada pukul 12:01:44 UTC dan fase akhir gerhana yang disiarkan dari Abu Dhabi, Uni Emirat Arab dimulai pada pukul 12:55:03 UTC.<sup>41</sup>

## 3. Gerhana Matahari Sebagian 20 April 2023

Siaran langsung gerhana Matahari 20 April 2023 ini diselenggarakan oleh OASA (Observatorium Astronomi Sunan Ampel) kemudian disiarkan langsung dalam serangkaian webinar dalam rangka terjadinya fenomena gerhana Matahari hibrida yang sangat langka. Pengamatan gerhana ini

<sup>40</sup> *Pengamatan Gerhana Matahari Sebagian 21 Juni 2020, 2020,*  
<https://www.youtube.com/watch?v=LgAyBLrQNfg>.

<sup>41</sup> *LIVE: Partial Solar Eclipse - October 25, 2022, 2022,*  
[https://www.youtube.com/watch?v=0sx\\_vuKEGIY](https://www.youtube.com/watch?v=0sx_vuKEGIY).

dilakukan di Surabaya, tepatnya di OASA karena di wilayah ini hanya dapat melihat gerhana Matahari sebagian. Sedangkan di lokasi lain ada yang dapat menyaksikan gerhana Matahari total. Terdapat dua fase yang dapat disaksikan, yaitu awal gerhana yang terjadi pada pukul 09:29:31 WIB dan puncak sebagian pada pukul 10:54 pada detik yang tidak diketahui pasti karena tertutup awan sedangkan fase akhir gerhana tidak dapat dilihat karena tertutup oleh awan tebal.<sup>42</sup>

#### 4. Gerhana Matahari Total 21 Agustus 2017

Siaran langsung yang diselenggarakan oleh NASA untuk gerhana Matahari total 21 Agustus juga disiarkan dari beberapa wilayah, namun penulis akan berfokus pada fenomena yang terjadi di Madras, Oregon. Terdapat dua fase yang tertangkap jelas dari wilayah Madras, yaitu puncak total yang terjadi pada pukul 17:20:33 UTC dan fase akhir total pada pukul 17:21:37 UTC.<sup>43</sup>

#### 5. Gerhana Matahari Total 2 Juli 2019

Dokumentasi fenomena gerhana Matahari total 2 Juli 2019 disiarkan langsung dalam kanal *youtube* Exploratium dan berfokus pada wilayah Chile saja. Sejak di siarkan, gerhana Matahari sudah melewati fase awal gerhana atau kontak pertama dan juga kontak keempat yaitu fase akhir gerhana sehingga data yang didapat adalah tiga fase, yakni: (1) awal total

<sup>42</sup> *Gerhana Matahari Hybrida 1444 H - 2023, 2023*, <https://www.youtube.com/watch?v=REB18o4H1gM>.

<sup>43</sup> "Eclipse 2017: Through the Eyes of NASA - YouTube," accessed April 13, 2023, <https://www.youtube.com/watch?v=nr4Sozvo5aU&list=PLG9i1qIE3zMxFLVTIWL2MBwK18dRs57Uy&index=15&t=24s>.

yang dimulai pada pukul 20:38:18 UTC; (2) puncak total pada pukul 20:39:18 UTC; dan (3) akhir total yang bermula di pukul 20:40:28 UTC.<sup>44</sup>

#### 6. Gerhana Matahari Total 14 Desember 2020

Fenomena gerhana Matahari total 14 Desember 2020 oleh timeanddate ini disiarkan dari beberapa wilayah, seperti yang penulis gunakan adalah kontak pertama dan ketiga yang disiarkan dari Piedra del Aguilo, Argentina sedangkan kontak kedua dan puncak total gerhana diambil dari Chile. Siaran ini berakhir sebelum memasuki akhir gerhana berlangsung sehingga penulis tidak memiliki data untuk fase tersebut.

Berikut adalah waktu terjadinya fase gerhana:<sup>45</sup>

- a. Awal gerhana : 14:45:37 UTC
- b. Awal total : 16:02:16 UTC
- c. Puncak total : 16:02:34 UTC
- d. Akhir total : 16:09:38 UTC

#### 7. Gerhana Matahari Total 4 Desember 2021

Penulis menggunakan siaran langsung gerhana Matahari total 4 Desember 2021 yang dibuat oleh NASA. Fenomena ini disiarkan dari Union Glacier, Antartika. Hanya empat dari lima fase yang terekam karena siaran ini tidak berlangsung sebelum melewati fase akhir gerhana. Adapun waktu terjadinya fase tersebut adalah:<sup>46</sup>

- a. Awal gerhana : 06:54:30 UTC

<sup>44</sup>“Total Solar Eclipse July 2, 2019 - Live Stream From Chile - YouTube,” accessed April 13, 2023, [https://www.youtube.com/watch?v=0Vo0LK\\_dYl4&list=PLG9i1qIE3zMxFLVTIWL2MBwK18dRs57Uy&index=5&t=6s](https://www.youtube.com/watch?v=0Vo0LK_dYl4&list=PLG9i1qIE3zMxFLVTIWL2MBwK18dRs57Uy&index=5&t=6s).

<sup>45</sup>“Total Solar Eclipse on 14 December 2020.”

<sup>46</sup> *Live Feed of the Dec. 4, 2021 Total Solar Eclipse, 2021*, <https://www.youtube.com/watch?v=J04GFN2Pq1w>.

- b. Awal total : 07:44:48 UTC
- c. Puncak total : 07:45:03 UTC
- d. Akhir total : 07:45:44 UTC

#### 8. Gerhana Matahari Total 20 April 2023

Fenomena langka gerhana Matahari hibrida terjadi pada 20 April 2023 dan Exmouth, Australia bagian barat menjadi wilayah yang dilalui oleh jalur gerhana Matahari total. Adapun fase yang dapat dilihat adalah:<sup>47</sup>

- a. Awal gerhana : 02:04:33 UTC
- b. Awal total : 03:29:47 UTC
- c. Puncak total : 03:30:13 UTC
- d. Akhrit total : 03:30:43 UTC
- e. Akhir gerhana : 05:02:09 UTC

#### 9. Gerhana Matahari Cincin 26 Desember 2019

Siaran langsung oleh Planetarium dan Observatorium Jakarta (POJ) sebenarnya dilakukan di dua tempat, yaitu di Batam dan di Jakarta. Namun kali ini penulis hanya berfokus pada wilayah Batam. Adapun waktu terjadinya fase gerhana adalah:<sup>48</sup>

- a. Awal gerhana : 10:27:43 WIB
- b. Awal cincin : 12:22:47 WIB
- c. Puncak cincin : 12:24:20 WIB
- d. Akhir cincin : 12:25:44 WIB
- e. Akhir gerhana : 14:18:50 WIB

<sup>47</sup> *LIVE: Total Solar Eclipse - April 20, 2023, 2023*, <https://www.youtube.com/watch?v=ifIL17GeZpE>.

<sup>48</sup> *Time Lapse Gerhana Matahari 26 Desember 2019 - Batam Dan Jakarta, 2020*, <https://www.youtube.com/watch?v=y8pqazhcAg0>.

## 10. Gerhana Matahari Cincin 21 Juni 2020

Siaran oleh timeanddate dimulai saat fase awal gerhana sudah terlewati sehingga penulis tidak memiliki data untuk fase tersebut. Berikut adalah fase gerhana Matahari cincin 21 Juni 2020 yang disiarkan oleh timeanddate di mana kontak pertama hingga kontak ketiga diambil dari Sirsa, India sedangkan untuk kontak keempat disiarkan dari Yunlin, Taiwan:<sup>49</sup>

- a. Awal cincin : 06:25:52 UTC
- b. Puncak cincin : 06:26:15 UTC
- c. Akhir cincin : 06:26:31 UTC
- d. Akhir gerhana : 09:25:31 UTC



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

---

<sup>49</sup>*Annular Solar Eclipse - June 10, 2021*, 2021, <https://www.youtube.com/watch?v=7S6dhT1voAo>.

## BAB III

### ALGORITMA PERHITUNGAN WAKTU GERHANA *SOLAR ECLIPSE* *CALCULATOR*

#### A. *Solar Eclipse Calculator*

*Solar Eclipse Calculator* adalah sebuah *website* penyedia data prediksi waktu gerhana Matahari lokal non-profit yang dibuat oleh Xavier M. Jubier astronomer asal Prancis. Algoritma yang digunakan untuk *Solar Eclipse Calculator* didasarkan pada buku *Astronomical Algorithms* dan *Element of Solar Eclipses 1951-2200* karya Jean Meeus. Selain *Solar Eclipse Calculator*, Xavier M. Jubier juga menyediakan fitur lain yang dapat digunakan bagi para pecinta astronomi yang ingin menyaksikan atau bahkan mengabadikan momen gerhana Matahari.<sup>1</sup>

Gerhana Matahari total biasanya terjadi sekitar setiap 18 bulan dan sering kali hanya bisa terlihat di lokasi yang sulit dijangkau serta dengan rata-rata durasi tiga menit. Oleh karena itu pengamatan suatu fenomena megah seperti ini haruslah direncanakan dengan baik tanpa terhalang situasi tidak menyenangkan seperti gerhana yang tertutup awan atau mungkin tertutup pegunungan sehingga pemilihan tempat yang akan digunakan untuk pengamatan perlu dilakukan dengan pilihan utamanya adalah memilih tempat di garis tengah atau dekat dengan tepi jalur gerhana. Pengamat dapat menggunakan *Solar Eclipse Calculator* untuk menghitung waktu gerhana untuk lokasi tertentu dan fitur lain berupa *solar eclipse timer* akan

---

<sup>1</sup> “Solar Eclipse Calculator & Diagram - Xavier Jubier,” accessed May 14, 2023, [http://xjubier.free.fr/en/site\\_pages/SolarEclipseCalc\\_Diagram.html](http://xjubier.free.fr/en/site_pages/SolarEclipseCalc_Diagram.html).

memberitahukan awal mula fenomena. *Time exposure calculator* dapat membantu pengamat untuk memilih pengaturan kamera. Namun jika pengamat ingin berfokus hanya pada pengamatan secara visual bisa mengandalkan *Solar Eclipse Maestro* untuk mengabadikan gambar fenomena gerhana Matahari secara otomatis.<sup>2</sup>

Gambar 3. 1 Tampilan *Solar Eclipse Calculator*

Select the eclipse : 2019 Jul 02 (T)

Observer Geographic Coordinates  
(enter your position [Lat/Long/CMS/±DD Converter] and time zone)  
Find your coordinates by place name Find your standard time zone (webpage)

Latitude : 29 54.13333 S  
Longitude : 71 33.13333 W  
Altitude : 12 meters  
Time zone : 00 : 00 (E) (Winter/Regular Time)

Calculate Eclipse Circumstances

Predicted Eclipse Local Circumstances  
(for above coordinates with ΔT=69.4s)

Event	Date	Time	Alt	Azi	P	V	LC
Start of partial eclipse : (1 <sup>st</sup> contact)							
Start of central eclipse : (2 <sup>nd</sup> contact)							
Mid eclipse :							
End of central eclipse : (3 <sup>rd</sup> contact)							
End of partial eclipse : (4 <sup>th</sup> contact)							

Eclipse type :      Duration :      Obscuration :  
 Magnitude at mid eclipse :      Moon/Sun size ratio :  
 Umbral depth :      Moon libration l :      b :      c :

Waktu dan kondisi lokal dari lokasi pengamat disajikan pada bagian “Predicted Eclipse Local Circumstances”. Informasi yang diberikan berdasarkan kolom dari sebelah kiri secara berturut-turut di antaranya adalah:

1. *Eclipse event*, yaitu momen yang menunjukkan fase terjadinya gerhana Matahari;
2. Tanggal dan waktu lokal terjadinya gerhana Matahari sesuai dengan fase. Apabila fase tersebut terjadi ketika Matahari berada di bawah horizon, maka dapat ditemukan tanda asterisk (\*) di sisi setelah jam terjadinya fase tersebut;
3. *Alt.*, yakni ketinggian Matahari dalam derajat di atas ufuk;
4. *Azi.*, azimut Matahari ( $0^\circ$  = utara,  $90^\circ$  = timur, dst.);

<sup>2</sup> “Solar Eclipses - Total & Annular - Xavier Jubier,” accessed May 14, 2023, [http://xjubier.free.fr/en/site\\_pages/Solar\\_Eclipses.html](http://xjubier.free.fr/en/site_pages/Solar_Eclipses.html).



5. P, sudut antara titik utara pada piringan Matahari dan titik kontak dengan Bulan;
6. V, posisi “jam” muka Matahari dari titik kontak dengan Bulan, misal  $V = 12.0$  berarti titik kontak ada di posisi “jam 12” atau berada di bagian atas piringan Matahari;
7. LC, atau *lunar limb correction*. *Solar Eclipse Calculator* mampu menentukan koreksi terhadap waktu mulai dan berakhirnya gerhana berdasarkan fakta bahwa tubuh Bulan tidak halus;
8. *Eclipse type*, tipe gerhana Matahari yang terlihat dari lokasi pengamat;
9. *Duration*, durasi terjadinya gerhana (dari kontak kedua hingga ketiga) diikuti dengan durasi terkoreksi profil tubuh Bulan. Kotak ini akan menampilkan “n/a” untuk tipe gerhana sebagian atau “???” apabila gerhana berlangsung ketika Matahari terbit atau terbenam;
10. *Obscuration*, persentase permukaan piringan Matahari yang tertutup saat tengah gerhana (puncak gerhana). Kotak ini akan menampilkan “???” jika Matahari berada di bawah ufuk saat puncak gerhana;
11. *Magnitude*, pecahan diameter Matahari tertutup oleh Bulan ketika tengah gerhana;
12. *Ratio*, rasio ukuran tampak Bulan terhadap Matahari;
13. *Umbral/Antumbral depth*, persentase jalan dari tepi gerhana ke garis tengah tempat lokasi berada.

*Solar Eclipse Calculator* memiliki keterbatasan di antaranya adalah tidak memperhitungkan refraksi atmosfer sehingga memunculkan perbedaan apabila fenomena gerhana Matahari terjadi di waktu menjelang Matahari

terbit atau pun terbenam; koreksi *lunar limb* hanya tersedia jika terhubung dengan jaringan internet dan menyebabkan perbedaan beberapa detik di awal dan akhir dari gerhana Matahari total atau cincin. *Solar Eclipse Calculator* juga tidak memungkinkan untuk memprediksi nilai pasti  $\Delta T$  meskipun nilai ekstrapolasi harus lebih baik dari 0.5 detik.<sup>3</sup>

## B. Cara Kerja Solar Eclipse Calculator

1. Pilih tanggal terjadinya gerhana Matahari yang ingin diketahui waktu gerhananya.

Gambar 3. 2 Opsi tanggal terjadi fenomena gerhana Matahari

**Local Circumstances Calculator**

Select the eclipse :

**Observer Geographic Coordinates**  
(enter your position [[Lat/Lon DMS](#)] and time zone)

[Find your coordinates by place name](#) [Find your standard time zone \(webpage\)](#)

Latitude : °

Longitude : °

Altitude :  meters

Time zone :  :   (Winter / Regular Time)

**Geolocate**

2. Input koordinat geografis tempat di mana pengamatan dilakukan, seperti *latitude* (lintang tempat), *longitude* (bujur tempat), *altitude* (ketinggian tempat) dan *time zone* (zona waktu).

Gambar 3. 3 Kolom input koordinat geografis pengamat

**Observer Geographic Coordinates**  
(enter your position [[Lat/Lon DMS](#) <-> [DD Converter](#)] and time zone)

[Find your coordinates by place name](#) [Find your standard time zone \(webpage\)](#)

Latitude : °

Longitude : °

Altitude :  meters


Time zone :  :   (Winter / Regular Time)

**Geolocate**

<sup>3</sup>“Solar Eclipse Calculator & Diagram - Xavier Jubier.”

Satuan yang dibutuhkan agar dapat menggunakan *website* ini adalah derajat menit desimal sehingga konversi perlu dilakukan apabila koordinat geografis yang dimiliki dalam bentuk derajat menit detik atau pun derajat desimal. *Solar Eclipse Calculator* sudah menyediakan pilihan untuk mengkonversi koordinat geografis yang masih belum sesuai dengan kebutuhan *website*. Opsi ini bisa ditemukan di bawah kalimat “*Observer Geographic Coordinates*”, yaitu tulisan berwarna biru “[*Lat/Lon DMS <-> DD Converter*]”.

Gambar 3. 4 Konversi koordinat geografis pengamat

[Home](#) > [Eclipses](#) > [Solar Eclipses](#) > [Lat/Lon DMS <-> Converter](#)  Français

### Lat/Lon DMS <-> DD Converter (v1.0)

Copy the coordinates back

dms				ddm				Decimal Degrees (dd)	
Latitude :	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="17.99999999"/>	<input type="text" value="N"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="7.3"/>	<input type="text" value="N"/>	Latitude :	<input type="text" value="1.1216667"/>
Longitude :	<input type="text" value="104"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="58.48979999"/>	<input type="text" value="E"/>	<input type="text" value="104"/>	<input type="text" value="0.97483"/>	<input type="text" value="E"/>	Longitude :	<input type="text" value="104.0162472"/>
<input type="button" value="Convert Lat/Lon DMS to DD coordinates"/>					<input type="button" value="Convert Lat/Lon DD to DMS coordinates"/>				

Hanya perlu memasukkan nilai koordinat geografis di grup “dms” dengan memperhatikan lokasi yang dicari, apakah termasuk wilayah lintang utara atau selatan dan bujur timur atau barat. Lalu tekan “*Convert Lat/Lon DMS to DD coordinates*”.

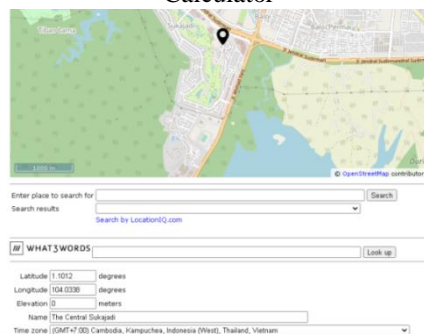
Selain itu, *Solar Eclipse Calculator* juga menyediakan beberapa menu yang dapat memudahkan penggunaannya dalam memakai *website* ini, di antaranya:

- a. “*Find your coordinates by place name*”, untuk mencari koordinat geografis lokasi pengamat. Setelah menekan menu tersebut pengguna akan diarahkan ke halaman lain, yaitu “*Select Location*”.<sup>4</sup> Untuk mendapatkan data yang diinginkan, pengguna hanya perlu menuliskan

<sup>4</sup>“*Select Location*,” accessed May 9, 2023, <https://www.heavens-above.com/SelectLocation.aspx>.

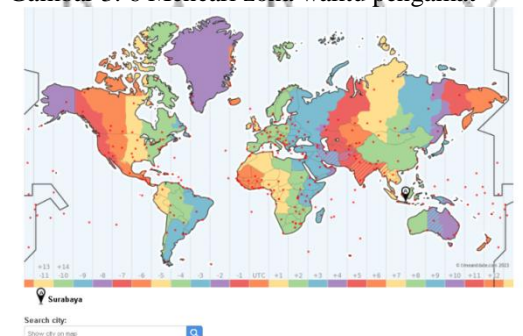
tempat yang ingin dicari koordinat geografisnya di kolom pencarian dan kemudian hasil akan muncul.

Gambar 3. 5 Mencari koordinat geografis menggunakan fitur pada Solar Eclipse Calculator



- b. “Find your standard time zone” untuk mengetahui zona waktu lokasi pengamat. Setelah menekan menu ini pengguna akan diarahkan menuju *website* Time Zone Map milik timeanddate.<sup>5</sup> Hanya perlu mengetik kota yang ingin dicari di kolom pencarian kemudian pin yang menunjukkan kota tersebut akan muncul pada peta yang sudah terbagi menjadi beberapa kisi sesuai dengan zona waktunya. Seperti terdapat dalam gambar di bawah, setelah mengetik kota Surabaya di kolom pencarian, maka pin berlabel “A” muncul pada peta menunjukkan kota Surabaya dan berada pada zona waktu +7.

Gambar 3. 6 Mencari zona waktu pengamat



<sup>5</sup>“Time Zone Map,” accessed May 9, 2023, <https://www.timeanddate.com/time/map/>.

3. Tekan “*Calculate Eclipse Circumstances*” maka prediksi waktu gerhana Matahari akan muncul dalam bagian “*Predicted Eclipse Local Circumstances*”. Ilustrasi gerhana Matahari tiap fase dapat dilihat apabila *ponter* diarahkan ke waktu di mana fase tersebut ingin kita lihat.

Gambar 3. 7 Hasil prediksi waktu gerhana Matahari kondisi lokal

Predicted Eclipse Local Circumstances							
(for above coordinates with $\Delta T=69.4s$ )							
Event	Date	Time	Alt	Azi	P	V	LC
Start of partial eclipse : (1 <sup>st</sup> contact)	2019/12/26	10:27:40.6	+56.1°	137.8°	280°	01.0	
Start of central eclipse : (2 <sup>nd</sup> contact)	2019/12/26	12:22:48.8	+65.1°	190.2°	244°	04.1	---S
Mid eclipse :	2019/12/26	12:24:22.3	+65.0°	191.0°	186°	06.1	
End of central eclipse : (3 <sup>rd</sup> contact)	2019/12/26	12:25:56.0	+64.9°	191.9°	127°	08.2	---S
End of partial eclipse : (4 <sup>th</sup> contact)	2019/12/26	14:18:54.3	+49.1°	231.0°	091°	10.9	

Eclipse type :	<input type="text" value="Annular"/>	Duration :	<input type="text" value="3m 07.2s"/>	<input type="text" value="-m--s"/>	Obscuration :	<input type="text" value="94.085%"/>	
Magnitude at mid eclipse :	<input type="text" value="0.97706"/>	Moon/Sun size ratio :	<input type="text" value="0.96997"/>	<input type="button" value="Display the lunar limb profile"/>			
Antumbra depth :	<input type="text" value="47.17%"/>	Moon libration l :	<input type="text" value="4.92°"/>	b :	<input type="text" value="0.06°"/>	c :	<input type="text" value="356.68°"/>

## C. Algoritma Perhitungan Gerhana Matahari dalam *Solar Eclipse Calculator*

### 1. Sumber Data

#### a. Data astronomis Matahari dan Bulan

*Solar Eclipse Calculator* sebagai *website* penyedia data waktu gerhana Matahari menggunakan buku *Elements of Solar Eclipse 1951-2200* dan *Astronomical Algorithms* karya Jean-Meeus sebagai dasar perhitungannya. Algoritma untuk menghitung waktu gerhana Matahari pada buku *Elements of Solar Eclipse* karya Jean Meeus didasarkan pada teori modern VSOP87 untuk Matahari yang dikemukakan oleh P. Bretagnon serta G. Francou, di Bureau des Longitudes, Paris 1978. Dari teori ini diperoleh bujur astronomis dan lintang astronomis planet serta garis radius planet tersebut. Perhitungannya mengabaikan masa perodes koefisien lebih kecil dari  $0''.0005$  untuk bujur dan lintang,

serta lebih kecil daripada 0.000000001 SA (Satuan Astronomi) untuk garis radius.<sup>6</sup>

Teori modern yang digunakan untuk Bulan adalah ELP-2000/82 oleh M. Chapront-Touze dan J. Chapront dalam Bureau des Longitudes pula. Data astronomi yang dihasilkan tersebut memiliki tingkat akurasi tinggi sehingga tepat untuk digunakan menghitung waktu gerhana sebab memerlukan data dengan keakurasian yang tinggi pula. Dalam pemrograman komputer, diabaikan masa periodis dengan koefisien lebih kecil dari  $0^{\circ}0005$  untuk lintang serta bujur astronomis serta lebih kecil dari 1 meter untuk jarak.<sup>7</sup> Adapun data-data yang diperlukan dalam menghitung elemen Bessel adalah:<sup>8</sup>

- 1) Deklinasi Bulan ( $\delta_b$ ) serta deklinasi Matahari ( $\delta_m$ ) pada waktu refrensi dan beberapa jam setelahnya untuk kebutuhan koreksi.
  - 2) Asensioirekta Bulan ( $\alpha_b$ ) serta asensioirekta Matahari ( $\alpha_m$ )
  - 3) Jarak antar Matahari dan Bumi dengan satuan astronomi (R)
  - 4) Horizontal Parallaks Bulan (HPb)
  - 5) Semidiameter Matahari (SDm)
- b. Nilai radius Bulan

Digunakan nilai  $k = 0.272481$  untuk kontak luar (kerucut penumbra Bulan) yang berhubungan dengan radius bola rata-rata Bulan. Sebab gerhana Matahari tidak dianggap sebagai total selama cahaya Matahari bersinar melewati lembah Bulan, mempunyai nilai yang lebih kecil dari rata-rata nilai konstanta  $k$ , sehingga digunakanlah nilai

<sup>6</sup>Jean Meeus, *Elements of Solar Eclipses 1951-2200* (United States: Willmann-Bell, Inc., 1989), 3.

<sup>7</sup>Meeus, 3.

<sup>8</sup>Maghfuri, *Algoritma Gerhana*, 94.

konstanta  $k = 0.272274$  untuk menghitung kerucut umbra (fase cincin dan total). Nilai-nilai konstanta tersebut digunakan berdasar rekomendasi *Explanatory Supplement*.<sup>9</sup>

## 2. Menghitung Elemen Bessel

Elemen Bessel dalam hal gerhana Matahari mendeskripsikan letak geometris bayangan Bulan terhadap Bumi. Garis singgung dalam pada permukaan Bulan dan Matahari membentuk kerucut penumbra sedangkan untuk garis singgung luar adalah kerucut umbra. Sumbu sama dari dua kerucut (umbra dan penumbra) ialah sumbu bayangan.<sup>10</sup>

Sebuah bidang disebut bidang dasar (bidang fundamental) diletakkan melewati titik pusat Bumi, dan tegak lurus terhadap sumbu bayangan Bulan. Bidang dasar tersebut menggunakan sistem koordinat persegi panjang XY digambarkan dengan utara untuk nilai positif Y dan arah timur untuk nilai positif X sedangkan sumbu Z tegak lurus dengan bidang dasar serta sejajar dengan sumbu bayangan. Sebanyak delapan elemen Bessel yang dibutuhkan untuk menggambarkan gerhana Matahari adalah;  $(x,y)$  koordinat kartesius sumbu bayangan Bulan di bidang fundamental satuan radius ekuator Bumi;  $(L1, L2)$  jari-jari bayangan umbra/antumbra dan penumbra Bulan di bidang fundamental satuan radius ekuator Bumi;  $(d)$  deklinasi sumbu bayangan Bulan di bola langit;  $(\mu)$  sudut jamsumbu bayangan Bulan pada bola langit yang diperoleh melalui waktu sideris ephemeris yang dikurangkan terhadap asensiorekta sumbu bayangan; dan

<sup>9</sup>Meeus, *Elements of Solar Eclipses 1951-2200*, 4.

<sup>10</sup>Nautical Almanac Office H.M., *Explanatory of Supplement to the Ephemeris and the American Ephemeris and Nautical Almanac* (London: H.M. Nautical Stationery Office, 1961), 216.



( $f1, f2$ ) sudut kerucut bayangan umbra/antumbra dan penumbra terhadap sumbu bayangan Bulan.<sup>11</sup>

Selain elemen Bessel, perhitungan untuk variasi perjam tiap elemen perlu dilakukan dengan cara dicari selisih antara elemen-elemen yang dihitung saat ijtimak dengan elemen-elemen pada jam setelahnya dilanjutkan dengan menghitung koordinat sudut pengamat dengan bantuan koordinat rektanguler geosentris pengamat menghasilkan koordinat  $\xi$  (xi),  $\eta$  (eta), dan  $\zeta$  (zeta) yang sesuai dengan koordinat bidang dasar lalu kemudian diambil selisihnya dan dilakukan pengulangan perhitungan hingga diperoleh koreksi untuk tengah gerhana (puncak), awal dan akhir gerhana yang akurat.<sup>12</sup> Buku *Element of Solar Eclipses* telah menyediakan elemen Bessel pada lampiran. Namun apabila ingin mengetahui rumus untuk menghitung elemen Bessel, berikut langkah perhitungannya yang penulis adopsi dari buku *Algoritma Gerhana* karya Alfan Maghfuri:

- a. Mengkalkulasi nilai ( $b$ ) yaitu jarak titik pusat Bulan dengan Bumi dalam satuan astronomi

$$b = \sin 0^\circ 0' 08.8'' / R \sin HPb$$

- b. Mengkalkulasi sudut bantu  $sb1, sb2, sb3$

$$sb1 = \cos \delta_m \cos \alpha_m - b \cos \delta_b \cos \alpha_b$$

$$sb2 = \cos \delta_m \sin \alpha_m - b \cos \delta_b \sin \alpha_b$$

$$sb3 = \sin \delta_m - b \sin \delta_b$$

- c. Mengkalkulasi asensio rekta sumbu bayangan ( $a$ )

$$\tan a = sb2 / sb1$$

<sup>11</sup> "EclipseWise - Besselian Elements of Solar Eclipses," accessed May 11, 2023, <https://www.eclipsewise.com/solar/SEhelp/SEbeselm.html>.

<sup>12</sup>Maghfuri, *Algoritma Gerhana*, 90–91.

d. Menghitung nilai Julian Ephemeris Day (JDE)

$$A = \text{int} \left( \frac{y}{100} \right)$$

$$B = 2 - A + \text{int} \left( \frac{A}{4} \right)$$

$$\text{JDE} = \text{int} (365.25 \times (y + 4716)) + \text{int} (30.6001 \times (m + 1)) + d + B - 1524.5$$

e. Menghitung nilai bilangan abad Julian (T1)

$$T1 = \frac{\text{JD} - 2451545}{36525}$$

f. Menghitung nilai *Ephemeris Sidereal Time* pada pukul 0

$$\text{EST}_0 = 6.6973745583 + 2400.0513369072 \times T1 + 0.0000258622 \times T1^2$$

g. Mengkalkulasi nilai *Ephemeris Sidereal Time* pada pukul referensi

$$\text{EST} = \text{EST}_0 + 1.00273790935 \times t$$

h. Menghitung Elemen Bessel sudut waktu sumbu bayangan di waktu referensi ( $M$ )

$$M = \text{EST} \times 15 - a$$

$$M1 = |M \text{ waktu referensi} - M \text{ 1 jam setelah waktu referensi}|$$

i. Menghitung nilai  $g$

$$g = \sqrt{\text{sb}^1 + \text{sb}^2 + \text{sb}^3}$$

j. Menghitung elemen  $d$ , deklinasi sumbu bayangan

$$\sin d = \text{sb}^3 / g$$

k. Mengkalkulasi elemen sudut penumbra dan umbra,  $f1$  dan  $f2$

$$\sin f1 = 0.004664018 / g R$$

$$\sin f2 = 0.004640783 / g R$$

- l. Menghitung nilai jarak titik pusat Bulan dengan Bumi dalam satuan jari-jari khatulistiwa Bumi ( $r_b$ )

$$r_b = 1 / \sin HP_b$$

- m. Mengkalkulasi sumbu  $X, Y$ , dan  $Z$ , yaitu sumbu koordinat bidang fundamental

$$X = r_b (\cos \delta_b \sin (\alpha_b - a))$$

$$Y = r_b (\sin \delta_b \cos d - \cos \delta_b \sin d \cos (\alpha_b - a))$$

$$Z = r_b (\sin \delta_b \sin d + \cos \delta_b \cos d \cos (\alpha_b - a))$$

- n. Mengkalkulasi jarak antara bidang fundamental dengan kerucut umbra dan penumbra,  $c_1$  dan  $c_2$ ,

$$c_1 = Z + 0.272481 \operatorname{cosec} f_1$$

$$c_2 = Z - 0.272274 \operatorname{cosec} f_2$$

- o. Mengkalkulasi jari-jari penumbra dan umbra,  $L_1$  dan  $L_2$

$$L_{10} = c_1 \times \tan f_1$$

$$L_{20} = c_2 \times \tan f_2$$

- p. Mengkalkulasi nilai variasi per jam dari seluruh elemen Bessel terkecuali  $\tan f_1$  dan  $\tan f_2$ , yaitu  $X_1, Y_1, d_1, M_1, L_{11}$  dan  $L_{21}$  dengan menghitung elemen Bessel memakai cara yang sama tetapi mengacu pada waktu satu jam sesudah waktu refresi kemudian dihitung selisih antara keduanya dengan catatan nilai  $X_1$  dan  $M_1$  selalu positif.

Elemen Bessel yang diperoleh melalui langkah perhitungan dalam buku *Algoritma Gerhana* ini berbeda dengan elemen yang disediakan *Elements of Solar Eclipses*. Dalam buku ini perhitungan elemen Bessel

menghasilkan  $X0, X1, Y0, Y1, d0, d1, M0, M1, L10, L11, L20, L21, \tan f1$  dan  $\tan f2$  sedangkan *Elements of Solar Eclipses* memberikan elemen Bessel berupa  $X0, X1, X2, X3, Y0, Y1, Y2, Y3, d0, d1, d2, M0, M1, L10, L11, L12, L20, L21, L22, \tan f1$  dan  $\tan f2$ .

### 3. Menghitung Koordinat Rektangular Geosentris

Dimulai dari langkah ini hingga akhir perhitungan gerhana Matahari menggunakan algoritma sebagaimana terdapat dalam buku *Elements of Solar Eclipses 1951-2200*. Sebelum melakukan langkah ini, lihat waktu referensi atau waktu FIB terkecil. Ketika jam FIB menunjukkan waktu malam hari di koordinat pengamat yang akan dicari, maka gerhana Matahari pada lokasi tersebut tidak tampak sebab berlangsung pada malam hari. Untuk langkah ini diperlukan ketinggian pengamat ( $h$ ), data lintang tempat pengamat ( $\phi$ ), jari-jari khatulistiwa Bumi atau nilai radius ekuator ( $r$ ), yaitu 6378137 m serta harga pengepengan Bumi ( $f$ ), yaitu  $1 - 1/298.257223563$  setara dengan 0.99664719.  $\phi'$  adalah lintang tempat geosentris dan  $\rho$  adalah jaraknya terhadap pusat Bumi.<sup>13</sup>

- a. Mengkalkulasi nilai  $u$ , perbandingan posisi lintang tempat dalam jari-jari khatulistiwa Bumi dengan posisi lintang tempat dalam jari-jari kutub Bumi.

$$\tan u = 0.9966471893 \tan \phi$$

- b. Mengkalkulasi  $\rho \sin \phi'$ , posisi lintang tempat dalam jari-jari kutub Bumi

$$\rho \sin \phi' = 0.9966471893 \sin u + \frac{h}{r} \sin \phi$$

<sup>13</sup>Meeus, *Elements of Solar Eclipses 1951-2200*, 10.

- c. Menghitung  $\rho \cos \varphi'$ , posisi lintang tempat dalam jari-jari khatulistiwa Bumi

$$\rho \cos \varphi' = 0.9966471893 \cos u + \frac{h}{r} \cos \varphi$$

4. Mengkalkulasi Koordinat Sudut Pengamat dan Variasi Per Jam <sup>14</sup>

- a. Menghitung nilai  $X$ ,  $Y$ ,  $d$ ,  $M$ ,  $L1$  dan  $L2$  dan variasi perjamnya

menggunakan rumus:

$$X = X0 + X1t + X2 t^2 + X3 t^3$$

$$Y = Y0 + Y1t + Y2 t^2 + Y3 t^3$$

$$d = d0 + d1 t + d2 t^2$$

$$L1 = L10 + L11 t + L12 t^2$$

$$L2 = L20 + L21 t + L22 t^2$$

$$M = M0 + M1 t$$

$$X' = X1 + (2 X2t) + (3 X3t^2)$$

$$Y' = Y1 + (2 Y2 t) + (3 Y3t^2)$$

- b. Menghitung deltaT ( $\Delta T$ )

$$y = \text{tahun} + (\text{bulan} - 1)/12 + \text{tanggal} / 365$$

$$\Delta T = 62.92 + 0.32217 \times t + 0.005589 \times t^2, \text{ dengan } t = y - 2000 \text{ | untuk tahun } 2006 \text{ s.d. } 2050$$

- c. Menghitung sudut waktu pengamat ( $H$ )

$$H = M + \lambda - 0.00417807 \Delta T$$

- d. Mengkalkulasi sumbu  $\xi$ ,  $\eta$  dan  $\zeta$  dari koordinat sudut pengamat

$$\xi = \rho \cos \varphi' \sin H$$

$$\eta = \rho \sin \varphi' \cos d - \rho \cos \varphi' \cos H \sin d$$

<sup>14</sup>Meeus, 24–28.

$$\zeta = \rho \sin \varphi' \sin d + \rho \cos \varphi' \cos H \cos d$$

- e. Mengkalkulasi variasi perjam dari koordinat sudut pengamat ( $\xi_1$  dan  $\eta_1$ )

$$\xi_1 = 0.01745329 M_1 \rho \cos \varphi' \cos H$$

$$\eta_1 = 0.01745329 (M_1 \xi \sin d - \zeta d_1)$$

#### 5. Mengkalkulasi Koreksi Waktu Gerhana

- a. Mencari nilai selisih antara koordinat pengamat dengan sumbu dalam koordinat bidang fundamental ( $v$  dan  $u$ )

$$u = X - \xi$$

$$v = Y - \eta$$

- b. Mengkalkulasi selisih antara variasi perjam sumbu dalam koordinat bidang fundamental dengan koordinat pengamat ( $u_1$  dan  $v_1$ )

$$u_1 = X' - \xi_1$$

$$v_1 = Y' - \eta_1$$

- c. Mengkalkulasi harga  $n^2$ , besaran kecepatan untuk membagi nilai jarak

$$n^2 = u_1^2 + v_1^2$$

- d. Menghitung koreksi waktu gerhana pertama  $k_1$

$$k_1 = \frac{u \cdot u_1 + v \cdot v_1}{n^2}$$

- e. Iterasi pertama

$$X = X_0 + X_1 k_1 + X_2 k_1^2 + X_3 k_1^3$$

$$Y = Y_0 + Y_1 k_1 + Y_2 k_1^2 + Y_3 k_1^3$$

$$d = d_0 + d_1 k_1 + d_2 k_1^2 + d_3 k_1^3$$

$$X' = X_1 + (2 X_2 k_1) + (3 X_3 k_1^2)$$

$$Y' = Y_1 + (2 Y_2 k_1) + (3 Y_3 k_1^2)$$

$$d_{10} = d_1 + (2 d_2 k_1) + (3 d_3 k_1^2)$$

$$M = M_0 + M_1 k_1$$

$$H = M - \lambda - 0.00417807 \Delta T$$

$$\xi = \rho \cos \varphi' \sin H$$

$$\eta = \rho \sin \varphi' d - \rho \cos \varphi' \cos H \sin d$$

$$\zeta = \rho \sin \varphi' \sin d + \rho \cos \varphi' \cos H \cos d$$

$$\xi_1 = 0.01745329 M_1 \rho \cos \varphi' \cos H$$

$$\eta_1 = 0.01745329 (M_1 \xi \sin d - \zeta d_{10})$$

$$u = X - \xi$$

$$v = Y - \eta$$

$$u_1 = X' - \xi_1$$

$$v_1 = Y' - \eta_1$$

$$n^2 = u_1^2 + v_1^2$$

$$k_2 = -\frac{u \cdot u_1 + v \cdot v_1}{n^2} + k_1$$

f. Iterasi kedua

$$X = X_0 + X_1 k_2 + X_2 k_2^2 + X_3 k_2^3$$

$$Y = Y_0 + Y_1 k_2 + Y_2 k_2^2 + Y_3 k_2^3$$

$$d = d_0 + d_1 k_2 + d_2 k_2^2 + d_3 k_2^3$$

$$M = M_0 + M_1 k_2$$

$$X' = X_1 + (2 X_2 k_2) + (3 X_3 k_2^2)$$

$$Y' = Y_1 + (2 Y_2 k_2) + (3 Y_3 k_2^2)$$

$$d_{10} = d_1 + (2 d_2 k_2) + (3 d_3 k_2^2)$$

$$H = M - \lambda - 0.00417807 \Delta T$$

$$\xi = \rho \cos \varphi' \sin H$$



$$\eta = \rho \sin \varphi' d - \rho \cos \varphi' \cos H \sin d$$

$$\zeta = \rho \sin \varphi' \sin d + \rho \cos \varphi' \cos H \cos d$$

$$\xi_1 = 0.01745329 M_1 \rho \cos \varphi' \cos H$$

$$\eta_1 = 0.01745329 (M_1 \xi \sin d - \zeta d_{10})$$

$$u = X - \xi$$

$$v = Y - \eta$$

$$u_1 = X' - \xi_1$$

$$v_1 = Y' - \eta_1$$

$$n^2 = u_1^2 + v_1^2$$

$$k_3 = -\frac{u \cdot u_1 + v \cdot v_1}{n^2} + k_2$$

g. Iterasi ketiga

$$X = X_0 + X_1 k_3 + X_2 k_3^2 + X_3 k_3^3$$

$$Y = Y_0 + Y_1 k_3 + Y_2 k_3^2 + Y_3 k_3^3$$

$$d = d_0 + d_1 k_3 + d_2 k_3^2 + d_3 k_3^3$$

$$M = M_0 + M_1 k_3$$

$$X' = X_1 + (2 X_2 k_3) + (3 X_3 k_3^2)$$

$$Y' = Y_1 + (2 Y_2 k_3) + (3 Y_3 k_3^2)$$

$$d_{10} = d_1 + (2 d_2 k_3) + (3 d_3 k_3^2)$$

$$H = M - \lambda - 0.00417807 \Delta T$$

$$\xi = \rho \cos \varphi' \sin H$$

$$\eta = \rho \sin \varphi' d - \rho \cos \varphi' \cos H \sin d$$

$$\zeta = \rho \sin \varphi' \sin d + \rho \cos \varphi' \cos H \cos d$$

$$\xi_1 = 0.01745329 M_1 \rho \cos \varphi' \cos H$$

$$\eta_1 = 0.01745329 (M_1 \xi \sin d - \zeta d_{10})$$

$$u = X - \xi$$

$$v = Y - \eta$$

$$u1 = X1 - \xi1$$

$$v1 = Y1 - \eta1$$

$$n^2 = u1^2 + v1^2$$

$$k4 = -\frac{u.u1+v.v1}{n^2} + k3$$

6. Menghitung Waktu Tengah Gerhana (T0), Azimuth dan Altitudenya

$$T0 = T + k4 - \Delta T$$

$$\tan A = \tan d \cos \varphi / \sin H - \sin \varphi / \tan H$$

$$Az = 90 + A \quad | \text{ jika gerhana terjadi sebelum zawal}$$

$$Az = 270 + A \quad | \text{ jika gerhana terjadi sesudah zawal}$$

$$\cos h = \sin \varphi \sin d + \cos \varphi \cos d \cos H$$

7. Menghitung Koreksi untuk Fase Total / Cincin

$$L2 = L20 + L21k4 + L22k4^2$$

$$L2' = L2 - \tan f^2$$

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

$$ksu = \frac{u1.v+u.v1}{n L2'}$$

$$su = \frac{L2'}{n} \sqrt{1 - ksu^2}$$

8. Menghitung Waktu Awal dan Akhir Fase Total/Cincin, Azimuth dan

Altitudenya

$$\text{Awal total / cincin} = T0 - su$$

$$H \text{ awal total / cincin} = H - (su \times 15)$$

$$\tan A = \tan d \cos \varphi / \sin H - \sin \varphi / \tan H$$

$$Az = 90 + A$$

$$\begin{aligned} \sin H &= \sin \varphi \sin d + \cos \varphi \cos d \cos H \\ \text{Akhir total/cincin} &= T0 + su \\ H \text{ akhir total/cincin} &= H + (su \times 15) \\ \tan A &= \tan d \cos \varphi / \sin H - \sin \varphi / \tan H \\ Az &= 90 + A \\ \sin H &= \sin \varphi \sin d + \cos \varphi \cos d \cos H \end{aligned}$$

### 9. Menghitung Koreksi untuk Awal dan Akhir Gerhana

a. Menghitung jari-jari penumbra (L1)

$$L1 = L10 + L11 k4 + L12 k4^2$$

b. Menghitung jari-jari penumbra untuk pengamat (L1')

$$L1' = L1 - \zeta \tan f1$$

c. Mengkalkulasi harga koreksi semi durasi penumbra (ksp)

$$ksp = \frac{u1 v - u v1}{nL1'}$$

d. Mengkalkulasi semi durasi penumbra bagi awal dan akhir gerhana (sp)

$$sp = \frac{L1'}{n} \sqrt{1 - ksp^2}$$

e. Menghitung koreksi awal gerhana pertama (kpl1) dan akhir gerhana pertama (kpr1)

$$kpl1 = k4 - sp$$

$$kpr1 = k4 + sp$$

f. Melaksanakan beberapa kali iterasi untuk koreksi awal gerhana

$$X = X0 + X1 kpl1 + X2 kpl1^2 + X3 kpl1^3$$

$$Y = Y0 + Y1 kpl1 + Y2 kpl1^2 + Y3 kpl1^3$$

$$d = d0 + d1 kpl1 + d2 kpl1^2 + d3 kpl1^3$$

$$M = M0 + M1 kpl1$$

$$L1 = L10 + L11 t + L12 t^2$$

$$X' = X1 + (2 X2kpl1) + (3 X3kpl1^2)$$

$$Y' = Y1 + (2 Y2kpl1) + (3 Y3kpl1^2)$$

$$d10 = d1 + (2 d2kpl1) + (3 d3kpl1^2)$$

$$H = M - \lambda - 0.00417807 \Delta T$$

$$\xi = \rho \cos \varphi' \sin H$$

$$\eta = \rho \sin \varphi' d - \rho \cos \varphi' \cos H \sin d$$

$$\zeta = \rho \sin \varphi' \sin d + \rho \cos \varphi' \cos H \cos d$$

$$\xi1 = 0.01745329 M1 \rho \cos \varphi' \cos H$$

$$\eta1 = 0.01745329 (M1 \xi \sin d - \zeta d10)$$

$$u = X - \xi$$

$$v = Y - \eta$$

$$u1 = X' - \xi1$$

$$v1 = Y' - \eta1$$

$$n^2 = u1^2 + v1^2$$

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

$$L1' = L1 - \zeta \tan f1$$

$$ksp = \frac{u1 v - u v1}{n L1'}$$

$$sp = -\frac{u u1 - v v1}{n^2} - \frac{L1'}{n} \sqrt{1 - ksp^2}$$

$$kpl2 = kpl1 + sp$$

Iterasi untuk koreksi awal gerhana dilakukan sebanyak tiga kali hingga diperoleh nilai kpl4. Begitu pula dengan langkah di bawah yang harus diiterasi sebanyak tiga kali, dilakukan guna mendapatkan nilai kpr4 untuk koreksi akhir gerhana

$$X = X_0 + X_1 \text{ kpr1} + X_2 \text{ kpr1}^2 + X_3 \text{ kpr1}^3$$

$$Y = Y_0 + Y_1 \text{ kpr1} + Y_2 \text{ kpr1}^2 + Y_3 \text{ kpr1}^3$$

$$d = d_0 + d_1 \text{ kpr1} + d_2 \text{ kpr1}^2 + d_3 \text{ kpr1}^3$$

$$M = M_0 + M_1 \text{ kpr1}$$

$$L_1 = L_{10} + L_{11} t + L_{12} t^2$$

$$X' = X_1 + (2 X_2 \text{ kpr1}) + (3 X_3 \text{ kpr1}^2)$$

$$Y' = Y_1 + (2 Y_2 \text{ kpr1}) + (3 Y_3 \text{ kpr1}^2)$$

$$d_{10} = d_1 + (2 d_2 \text{ kpr1}) + (3 d_3 \text{ kpr1}^2)$$

$$H = M - \lambda - 0.00417807 \Delta T$$

$$\xi = \rho \cos \varphi' \sin H$$

$$\eta = \rho \sin \varphi' d - \rho \cos \varphi' \cos H \sin d$$

$$\zeta = \rho \sin \varphi' \sin d + \rho \cos \varphi' \cos H \cos d$$

$$\xi_1 = 0.01745329 M_1 \rho \cos \varphi' \cos H$$

$$\eta_1 = 0.01745329 (M_1 \xi \sin d - \zeta d_{10})$$

$$u = X - \xi$$

$$v = Y - \eta$$

$$u_1 = X' - \xi_1$$

$$v_1 = Y' - \eta_1$$

$$n^2 = u_1^2 + v_1^2$$

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

$$L_1' = L_1 - \zeta \tan f_l$$

$$k_{sp} = \frac{u_1 v - u v_1}{n L_1'}$$

$$sp = -\frac{u u_1 - v v_1}{n^2} - \frac{L_1'}{n} \sqrt{1 - k_{sp}^2}$$

$$\text{kpr2} = \text{kpr1} + sp$$

10. Mengkalkulasi Waktu Awal dan Akhir Gerhana, Azimuth serta  
Altitudenya

$$\text{Awal gerhana} = T + kpl3 - \Delta T$$

$$\text{Tan } A = \tan d \cos \varphi / \sin H - \sin \varphi / \tan H$$

$$\text{Az} = 90 + A$$

$$\text{Sin } h = \sin \varphi \sin d + \cos \varphi \cos d \cos H$$

$$\text{Akhir gerhana} = T + kpr3 - \Delta T$$

$$\text{Tan } A = \tan d \cos \varphi / \sin H - \sin \varphi / \tan H$$

$$\text{Az} = 90 + A$$

$$\text{Sin } h = \sin \varphi \sin d + \cos \varphi \cos d \cos H$$

#### D. Hasil Hisab Menggunakan Algoritma Perhitungan Gerhana Matahari

Perhitungan ini menggunakan gerhana Matahari cincin 26 Desember 2019 di Batam sebagai contoh dengan lintang tempat  $1^{\circ} 07' 18''$  LU, bujur tempat  $104^{\circ} 00' 58''$  BT, ketinggian tempat 7 meter di atas permukaan laut, zona waktu +07:00, dan waktu referensi atau  $T = 5$ . Elemen Bessel untuk gerhana Matahari 26 Desember 2019 sebagaimana terdapat dalam buku *Elements of Solar Eclipses 1951-2200* adalah:<sup>15</sup>

Tabel 3. 1 Elemen Bessel gerhana Matahari cincin 26 Desember 2019

Orde	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>D</i>	<i>L1</i>	<i>L2</i>	<i>M</i>
0	-0.140358	0.423900	-23.373467	0.558880	0.012693	254.93677
1	0.5356103	-0.0366551	0.001407	0.0001284	0.0001277	14.99620
2	-0.0000015	0.0001458	0.000006	-0.0000112	-0.0000111	
3	-0.00000716	0.00000061				
<i>tan f1</i>	0.0047548	<i>tan f2</i>	0.0047311			

1. Menghitung koordinat rectangular geosentris dan koordinat sudut pengamat

<sup>15</sup>Meeus, 62.

$$\tan u = 0.9966471893 \tan \varphi = 1.120670918$$

$$\rho \sin \varphi' = 0.9966471893 \sin u + \frac{h}{r} \sin \varphi = 0.019492597$$

$$\rho \cos \varphi' = 0.9966471893 \cos u + \frac{h}{r} \cos \varphi = 0.999809818$$

$$\Delta T = 67.2 \text{ detik}$$

$$H = M + \lambda - 0.00417807 \Delta T = 358^\circ 39' 41.0''$$

$$\xi = \rho \cos \varphi' \sin H = -0^\circ 01' 24.08''$$

$$\eta = \rho \sin \varphi' \cos d - \rho \cos \varphi' \cos H \sin d = 0^\circ 24' 51.96''$$

$$\zeta = \rho \sin \varphi' \sin d + \rho \cos \varphi' \cos H \cos d = 0^\circ 54' 35.21''$$

$$\xi_1 = 0.01745329 M_1 \rho \cos \varphi' \cos H = 0^\circ 15' 41.81''$$

$$\eta_1 = 0.01745329 (M_1 \xi \sin d - \zeta d_1) = 0^\circ 00' 08.65''$$

## 2. Menghitung koreksi waktu gerhana

$$u = X - \xi = -0^\circ 07' 01.22''$$

$$v = Y - \eta = 0^\circ 00' 34.70''$$

$$u_1 = x_1 - \xi_1 = 0^\circ 16' 26.41''$$

$$v_1 = y_1 - \eta_1 = -0^\circ 02' 20.61''$$

$$n^2 = u_1^2 + v_1^2 = 0^\circ 04' 35.77''$$

$$k_1 = -\frac{u \cdot u_1 + v \cdot v_1}{n^2} = -0^\circ 25' 24.35''$$

Iterasi pertama

$$X = X_0 + X_1 k_1 + X_2 k_1^2 + X_3 k_1^3 = 0^\circ 05' 11.16''$$

$$Y = Y_0 + Y_1 k_1 + Y_2 k_1^2 + Y_3 k_1^3 = 0^\circ 24' 30.87''$$

$$d = d_0 + d_1 k_1 + d_2 k_1^2 + d_3 k_1^3 = -23^\circ 22' 22.32''$$

$$X' = X_1 + (2 X_2 k_1) + (3 X_3 k_1^2) = 0^\circ 32' 08.20''$$

$$Y' = Y_1 + (2 Y_2 k_1) + (3 Y_3 k_1^2) = -0^\circ 02' 11.51''$$

$$d_{10} = d_1 + (2 d_2 k_1) + (3 d_3 k_1^2) = 0^\circ 00' 05.08''$$



$$\begin{aligned}
 M &= M0 + M1 k1 && = 261^\circ 17' 11.87'' \\
 H &= M - \lambda - 0.00417807 \Delta T && = 365^\circ 00' 40.51'' \\
 \xi &= \rho \cos \varphi' \sin H && = 0^\circ 05' 14.41'' \\
 \eta &= \rho \sin \varphi' d - \rho \cos \varphi' \cos H \sin d && = 0^\circ 24' 46.85'' \\
 \zeta &= \rho \sin \varphi' \sin d + \rho \cos \varphi' \cos H \cos d && = 0^\circ 54' 23.50'' \\
 \xi_1 &= 0.01745329 M1 \rho \cos \varphi' \cos H && = 0^\circ 15' 38.46'' \\
 \eta_1 &= 0.01745329 (M1 \xi \sin d - \zeta d_{10}) && = -0^\circ 00' 32.73'' \\
 u &= X - \xi && = -0^\circ 00' 03.24'' \\
 v &= Y - \eta && = -0^\circ 00' 15.98'' \\
 u_1 &= X' - \xi_1 && = 0^\circ 00' 29.73'' \\
 v_1 &= Y' - \eta_1 && = -0^\circ 01' 38.79'' \\
 n^2 &= u_1^2 + v_1^2 && = 0^\circ 04' 34.81'' \\
 k_2 &= -\frac{u \cdot u_1 + v \cdot v_1}{n^2} + k_1 && = 0^\circ 25' 30.28'' \\
 \text{Iterasi kedua} &&& \\
 X &= X0 + X1 k_2 + X2 k_2^2 + X3 k_2^3 && = 0^\circ 05' 14.34'' \\
 Y &= Y0 + Y1 k_2 + Y2 k_2^2 + Y3 k_2^3 && = 0^\circ 24' 30.65'' \\
 d &= d0 + d1 k_2 + d2 k_2^2 + d3 k_2^3 && = -23^\circ 22' 22.31'' \\
 M &= M0 + M1 k_2 && = 261^\circ 18' 40.92'' \\
 X' &= X1 + (2 X2 k_2) + (3 X3 k_2^2) && = 0^\circ 32' 08.21'' \\
 Y' &= Y1 + (2 Y2 k_2) + (3 Y3 k_2^2) && = -0^\circ 02' 11.51'' \\
 d_{10} &= d1 + (2 d2 k_2) + (3 d3 k_2^2) && = 0^\circ 00' 05.08'' \\
 H &= M - \lambda - 0.00417807 \Delta T && = 365^\circ 02' 09.56'' \\
 \xi &= \rho \cos \varphi' \sin H && = 0^\circ 05' 15.95'' \\
 \eta &= \rho \sin \varphi' d - \rho \cos \varphi' \cos H \sin d && = 0^\circ 24' 46.80''
 \end{aligned}$$

$$\zeta = \rho \sin \varphi' \sin d + \rho \cos \varphi' \cos H \cos d = 0^\circ 54' 23.37''$$

$$\xi_1 = 0.01745329 M_1 \rho \cos \varphi' \cos H = 0^\circ 15' 38.43''$$

$$\eta_1 = 0.01745329 (M_1 \xi \sin d - \zeta d_{10}) = -0^\circ 00' 32.89''$$

$$u = X - \xi = -0^\circ 00' 01.61''$$

$$v = Y - \eta = -0^\circ 00' 16.15''$$

$$u_1 = X' - \xi_1 = 0^\circ 16' 29.78''$$

$$v_1 = Y' - \eta_1 = -0^\circ 01' 38.63''$$

$$n^2 = u_1^2 + v_1^2 = 0^\circ 04' 34.83''$$

$$k_3 = -\frac{u \cdot u_1 + v \cdot v_1}{n^2} + k_2 = 0^\circ 25' 30.29''$$

Iterasi ketiga

$$X = X_0 + X_1 k_3 + X_2 k_3^2 + X_3 k_3^3 = 0^\circ 05' 14.35''$$

$$Y = Y_0 + Y_1 k_3 + Y_2 k_3^2 + Y_3 k_3^3 = 0^\circ 24' 30.65''$$

$$d = d_0 + d_1 k_3 + d_2 k_3^2 + d_3 k_3^3 = -23^\circ 22' 22.31''$$

$$M = M_0 + M_1 k_3 = 261^\circ 18' 41.07''$$

$$X' = X_1 + (2 X_2 k_2) + (3 X_3 k_2^2) = 0^\circ 32' 08.21''$$

$$Y' = Y_1 + (2 Y_2 k_2) + (3 Y_3 k_2^2) = -0^\circ 02' 11.51''$$

$$d_{10} = d_1 + (2 d_2 k_2) + (3 d_3 k_2^2) = 0^\circ 00' 05.08''$$

$$H = M - \lambda - 0.00417807 \Delta T = 365^\circ 02' 09.70''$$

$$\xi = \rho \cos \varphi' \sin H = 0^\circ 05' 15.96''$$

$$\eta = \rho \sin \varphi' d - \rho \cos \varphi' \cos H \sin d = 0^\circ 24' 46.80''$$

$$\zeta = \rho \sin \varphi' \sin d + \rho \cos \varphi' \cos H \cos d = 0^\circ 54' 23.37''$$

$$\xi_1 = 0.01745329 M_1 \rho \cos \varphi' \cos H = 0^\circ 15' 38.43''$$

$$\eta_1 = 0.01745329 (M_1 \xi \sin d - \zeta d_1) = -0^\circ 00' 32.89''$$

$$u = X - \xi = -0^\circ 00' 01.61''$$

$$\begin{aligned}
 v &= Y - \eta &= -0^\circ 00' 16.15'' \\
 u_1 &= X_1 - \xi_1 &= 0^\circ 16' 29.78'' \\
 v_1 &= Y_1 - \eta_1 &= -0^\circ 01' 38.62'' \\
 n^2 &= u_1^2 + v_1^2 &= 0^\circ 04' 34.83'' \\
 k_4 &= -\frac{u \cdot u_1 + v \cdot v_1}{n^2} + k_3 &= 0^\circ 25' 30.29''
 \end{aligned}$$

3. Menghitung Waktu Tengah Gerhana ( $T_0$ ), Az dan h

$$\begin{aligned}
 T_0 &= T + k_4 - \Delta T &= 5:24:20 \text{ UT} \\
 &&= 12:24:20 \text{ LT} \\
 \text{Azimut} &&= 190^\circ 59' 56.46'' \\
 \text{Altitude} &&= 65^\circ 01' 03.53''
 \end{aligned}$$

4. Menghitung Koreksi untuk Fase Total / Cincin

$$\begin{aligned}
 L_2 &= L_{20} + L_{21} k_4 &= 0^\circ 00' 45.87'' \\
 L_2' &= L_2 - \tan f_2 &= 0^\circ 00' 30.43'' \\
 n &= \sqrt{n^2} &= 0^\circ 16' 34.68'' \\
 k_{su} &= \frac{u \cdot v + u_1 \cdot v_1}{n L_2'} &= -0^\circ 31' 59.77'' \\
 s_u &= \frac{L_2'}{n} \sqrt{1 - k_{su}^2} &= 0^\circ 01' 33.16''
 \end{aligned}$$

5. Menghitung Waktu Awal dan Akhir Fase Total/Cincin, Azimuth dan Altitudenya

$$\begin{aligned}
 \text{Awal total/cincin} &= T_0 - s_u &= 5:22:47 \text{ UT} \\
 &&= 12:22:47 \text{ LT} \\
 \text{H awal total/cincin} &&= 364^\circ 38' 52.69'' \\
 \text{Azimut} &&= 190^\circ 10' 17.42'' \\
 \text{Ketinggian} &&= 65^\circ 05' 19.99''
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Akhir total/cincin} &= T_0 + s_u &&= 5:25:54 \text{ UT} \\ &&&= 12:25:54 \text{ LT} \\ \text{H akhir total/cincin} &&&= 365^\circ 25' 26.72'' \\ \text{Azimut} &&&= 191^\circ 49' 17.35'' \\ \text{Ketinggian} &&&= 64^\circ 56' 27.33'' \end{aligned}$$

6. Menghitung Koreksi untuk Awal dan Akhir Gerhana

$$\begin{aligned} L_1 &= L_{10} + L_{11} k_4 + L_{12} k_4^2 &&= 0^\circ 33' 32.26'' \\ L_1' &= L_1 - \zeta \tan f_1 &&= 0^\circ 33' 16.75'' \\ k_{sp} &= \frac{u_1 v - u v_1}{n L_1'} &&= -0^\circ 00' 29.25'' \\ sp &= \frac{L_1'}{n} \sqrt{1 - k_{sp}^2} &&= 2^\circ 00' 26.46'' \\ k_{p1} &= k_4 - sp &&= -1^\circ 34' 56.17'' \\ k_{pr1} &= k_4 + sp &&= 2^\circ 25' 56.76'' \end{aligned}$$

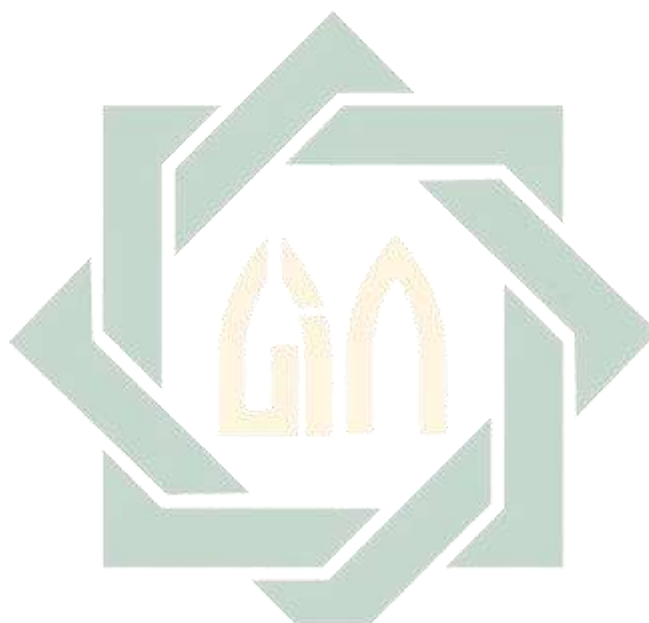
7. Melaksanakan beberapa kali iterasi untuk koreksi awal gerhana hingga diperoleh nilai  $k_{p4} -1^\circ 31' 11.06''$  dan  $k_{pr4} 2^\circ 20' 02.58''$  untuk koreksi akhir gerhana.

8. Mengkalkulasi Waktu Awal dan Akhir Gerhana, Azimuth serta Altitudenya

$$\begin{aligned} \text{Awal gerhana} &= T + k_{p4} - \Delta T &&= 3:27:39 \text{ UT} \\ &&&= 10:27:39 \text{ LT} \\ \text{Azimut} &&&= 231^\circ 01' 53.44'' \\ \text{Ketinggian} &&&= 49^\circ 07' 16.10'' \\ \text{Akhir gerhana} &= T + k_{pr4} - \Delta T &&= 7:18:53 \text{ UT} \\ &&&= 14:18:53 \text{ LT} \\ \text{Azimut} &&&= 137^\circ 45' 03.03'' \\ \text{Ketinggian} &&&= 56^\circ 04' 32.28'' \end{aligned}$$

Tabel 3. 2 Kesimpulan perhitungan gerhana Matahari cincin 26 Desember 2019

Fase Gerhana	Waktu	Azimut	Altitude
Awal gerhana	10:27:39 WIB	231° 01' 53.44"	49° 07' 16.10"
Awal cincin	12:22:47 WIB	190° 10' 17.42"	65° 05' 19.99"
Tengah gerhana	12:24:20 WIB	190° 59' 56.46"	65° 01' 03.53"
Akhir cincin	12:25:54 WIB	191° 49' 17.35"	64° 56' 27.33"
Akhir gerhana	14:18:53 WIB	137° 45' 03.03"	56° 04' 32.28"



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## BAB IV

### AKURASI WAKTU GERHANA MATAHARI DALAM *SOLAR ECLIPSE* *CALCULATOR*

#### A. Data Waktu Gerhana Matahari dalam *Solar Eclipse Calculator*

##### 1. Gerhana Matahari Sebagian 21 Juni 2020<sup>1</sup>

###### Kupang, Nusa Tenggara Timur

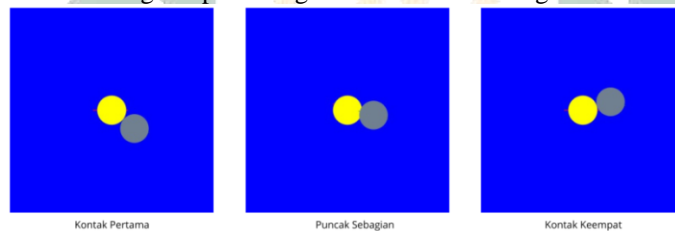
$\varphi$  : 10° 8' 31" LS

$\lambda$  : 123° 43'

Alt. : 92 mdpl

TZ : + 08:00

Gambar 4. 1 Diagram prediksi gerhana Matahari sebagian 21 Juni 2020



Prediksi waktu gerhana Matahari sebagian bertepatan dengan 21 Juni 2020 yang dihasilkan *Solar Eclipse Calculator* adalah:

Tabel 4. 1 Prediksi waktu Gerhana 21 Juni 2020 di Kupang

Fase Gerhana	Waktu	LC	Durasi
Kontak Pertama	16:01:59.6		-
Kontak Kedua	-		
Tengah Gerhana	16:32:40.2		Obscuration
Kontak Ketiga	-		2.894%.
Kontak Keempat	17:02:25.9		

<sup>1</sup>“Solar Eclipse Calculator & Diagram - Xavier Jubier” GMS 21 Juni 2020 di Kupang.

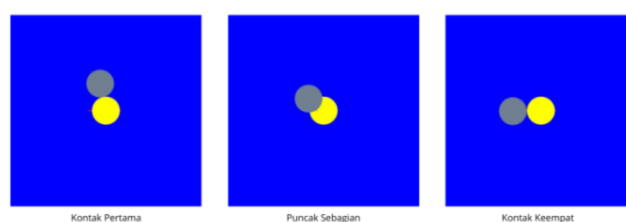
## 2. Gerhana Matahari Sebagian 25 Oktober 2022

Durham, United Kingdom<sup>2</sup> $\varphi$  : 54° 46' 35" LU $\lambda$  : 01° 35' 07" BB

Alt. : 59 mdpl

TZ : (diabaikan mengikuti ketentuan di media *Youtube*)

Gambar 4. 2 Diagram prediksi gerhana Matahari sebagian 25 Oktober 2022 di Durham, UK



Prediksi waktu gerhana Matahari sebagian pada tanggal 25

Oktober 2022 di kota Durham berdasar *Solar Eclipse Calculator* adalah:

Tabel 4. 2 Prediksi waktu Gerhana 25 Oktober 2022 di Durham

Fase Gerhana	Waktu	LC	Durasi
Kontak Pertama	09:04:37.9		
Kontak Kedua	-		-
Tengah Gerhana	09:57:13.1		Obscuration
Kontak Ketiga	-		18.934%
Kontak Keempat	10:51:34.3		

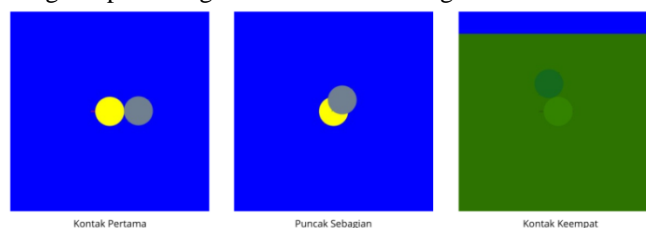
Karachi, Pakistan<sup>3</sup> $\varphi$  : 24° 51' 41" LU $\lambda$  : 67° 00' 11" BT

Alt. : 5 mdpl

TZ : (diabaikan mengikuti ketentuan di media *Youtube*)<sup>2</sup>“Solar Eclipse Calculator & Diagram - Xavier Jubier” GMS 25 Oktober 2022 di Durham.<sup>3</sup>“Solar Eclipse Calculator & Diagram - Xavier Jubier” GMS 25 Oktober 2022 di Karachi.



Gambar 4. 3 Diagram prediksi gerhana Matahari sebagian 25 Oktober 2022 di Karachi



Prediksi waktu gerhana Matahari sebagian pada tanggal 25 Oktober 2022 di kota Karachi, Pakistan yang dihasilkan *Solar Eclipse Calculator* adalah:

Tabel 4. 3 Prediksi waktu Gerhana 25 Oktober 2022 di Karachi

Fase Gerhana	Waktu	LC	Durasi
Kontak Pertama	10:57:33.8		-
Kontak Kedua	-		-
Tengah Gerhana	12:01:42.6		Obscuration
Kontak Ketiga	-		39.010%
Kontak Keempat	12:59:30.1*		

Sebagaimana dipaparkan dalam cara kerja *Solar Eclipse Calculator* di bab sebelumnya, tanda (\*) pada kontak keempat memiliki arti bahwa kontak keempat terjadi ketika Matahari telah berada di bawah ufuk.

#### Abu Dhabi, Uni Emirat Arab<sup>4</sup>

$\varphi$  : 24° 27' 22" LU

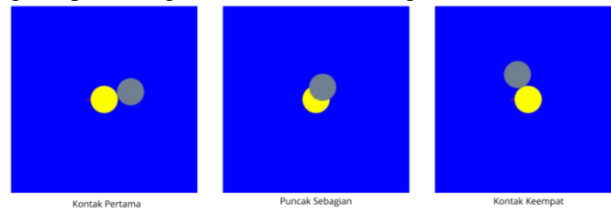
$\lambda$  : 54° 22' 34" BT

Alt. : 19 mdpl

TZ : (diabaikan mengikuti ketentuan di media *Youtube*)

<sup>4</sup>“Solar Eclipse Calculator & Diagram - Xavier Jubier” GMS 25 Oktober 2022 di Abu Dhabi.

Gambar 4. 4 Diagram prediksi gerhana Matahari sebagian 25 Oktober 2022 di Abu Dhabi



Prediksi waktu gerhana Matahari sebagian pada tanggal 25 Oktober 2022 di kota Abu Dhabi, UEA yang disajikan *Solar Eclipse Calculator* adalah:

Tabel 4. 4 Prediksi waktu Gerhana 25 Oktober 2022 di Abu Dhabi

Fase Gerhana	Waktu	LC	Durasi
Kontak Pertama	10:42:06.5		-
Kontak Kedua	-		
Tengah Gerhana	11:51:54.6		Obscuration
Kontak Ketiga	-		37.156%.
Kontak Keempat	12:54:56.2		

### 3. Gerhana Matahari Sebagian 20 April 2023

Observatorium Astronomi Sunan Ampel, Surabaya<sup>5</sup>

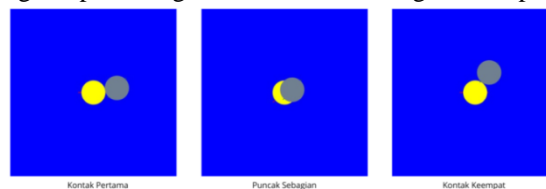
$\varphi$  : 07° 19' 22.62" LS

$\lambda$  : 112° 44' 00.64" BT

Alt. : 45 mdpl

TZ : + 07:00

Gambar 4. 5 Diagram prediksi gerhana Matahari sebagian 20 April 2023 di OASA



<sup>5</sup>“Solar Eclipse Calculator & Diagram - Xavier Jubier” GMS 20 April 2023 di OASA.

Prediksi waktu gerhana Matahari sebagian di 20 April 2023 di Observatorium Astronomi Sunan Ampel, Surabaya yang dihasilkan *Solar Eclipse Calculator* adalah:

Tabel 4. 5 Prediksi waktu Gerhana 20 April 2023 di OASA

Fase Gerhana	Waktu	LC	Durasi
Kontak Pertama	09:29:32.2		-
Kontak Kedua	-		
Tengah Gerhana	10:54:17.8		Obscuration
Kontak Ketiga	-		58.027%.
Kontak Keempat	12:23:58.9		

#### 4. Gerhana Matahari Total 21 Agustus 2017<sup>6</sup>

##### Madras, Oregon

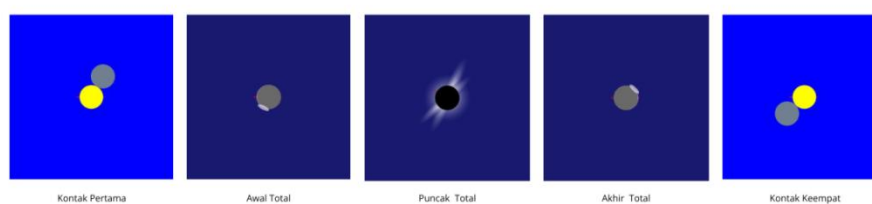
$\varphi$  : 44° 38' 51" LS

$\lambda$  : 121° 07' 46" BB

Alt. : 691 mdpl

TZ : (diabaikan mengikuti ketentuan di media Youtube)

Gambar 4. 6 Diagram prediksi gerhana Matahari total 21 Agustus 2017 di Madras, Oregon



Prediksi waktu gerhana Matahari total pada tanggal 21 Agustus 2017 di kota Madras, Oregon berdasar *Solar Eclipse Calculator* adalah:

Tabel 4. 6 Prediksi waktu Gerhana 21 Agustus 2017 di Madras

Fase Gerhana	Waktu	LC	Durasi
Kontak Pertama	16:06:42.6		2m 02.1 s

<sup>6</sup>“Solar Eclipse Calculator & Diagram - Xavier Jubier” GMT 21 Agustus 2017 di Madras.

Kontak Kedua	17:19:35.0	-1.5 s	[2m 04.0 s]
Tengah Gerhana	17:20:36.0		Obscuration
Kontak Ketiga	17:21:37.1	+0.4 s	100.00%.
Kontak Keempat	18:41:04.8		

## 5. Gerhana Matahari Total 2 Juli 2019<sup>7</sup>

### Chile

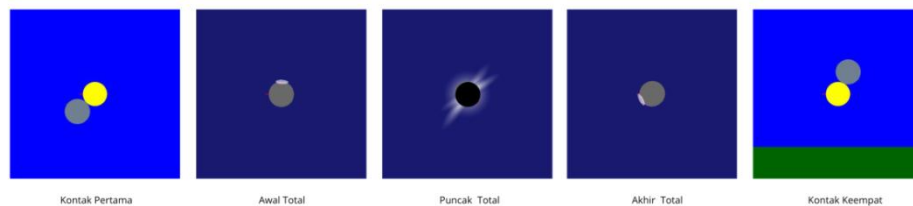
$\varphi$  : 29° 54' 08" LS

$\lambda$  : 71° 33' 08" BB

Alt. : 12 mdpl

TZ : (diabaikan mengikuti ketentuan di media *Youtube*)

Gambar 4. 7 Diagram prediksi gerhana Matahari total 2 Juli 2019 di Chile



Prediksi waktu gerhana Matahari total untuk 2 Juli 2019 di Chile

yang dihasilkan *Solar Eclipse Calculator* adalah:

Tabel 4. 7 Prediksi waktu Gerhana 2 Juli 2019 di Chile

Fase Gerhana	Waktu	LC	Durasi
Kontak Pertama	19:22:34.1		2m 15.1 s
Kontak Kedua	20:38:13.7	+1.7 s	[2m 12.3 s]
Tengah Gerhana	20:39:21.4		Obscuration
Kontak Ketiga	20:40:28.8	-1.1 s	100.00%.
Kontak Keempat	21:46:36.3		

## 6. Gerhana Matahari Total 14 Desember 2020

### Piedra del Aguila, Argentina<sup>8</sup>

<sup>7</sup>"Solar Eclipse Calculator & Diagram - Xavier Jubier" GMT 2 Juli 2019 di Chile.

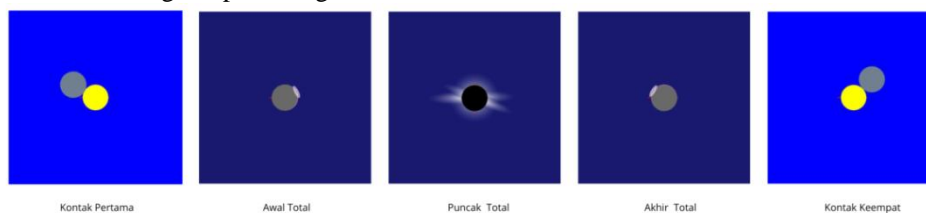
$\varphi$  : 40° 02' 53" LS

$\lambda$  : 70° 04' 38" BB

Alt. : 511 mdpl

TZ : (diabaikan mengikuti ketentuan di media *Youtube*)

Gambar 4. 8 Diagram prediksi gerhana Matahari total 14 Desember 2020 di Piedra de Aguila



Prediksi waktu gerhana Matahari total pada tanggal 14 Desember 2020 di kota Piedra de Aguila, Argentina yang dihasilkan *Solar Eclipse Calculator* adalah:

Tabel 4. 8 Prediksi waktu Gerhana 14 Desember 29 Piedra del Aguila

Fase Gerhana	Waktu	LC	Durasi
Kontak Pertama	14:45:33.1		1m 52.3 s
Kontak Kedua	16:08:00.8	-3.5 s	[1m 55.2 s]
Tengah Gerhana	16:08:56.9		Obscuration
Kontak Ketiga	16:09:53.1	-0.6 s	100.00%.
Kontak Keempat	17:35:42.4		

Volcano Villarica, Chile<sup>9</sup>

$\varphi$  : 38° 44' 18" LS

$\lambda$  : 72° 35' 25" BB

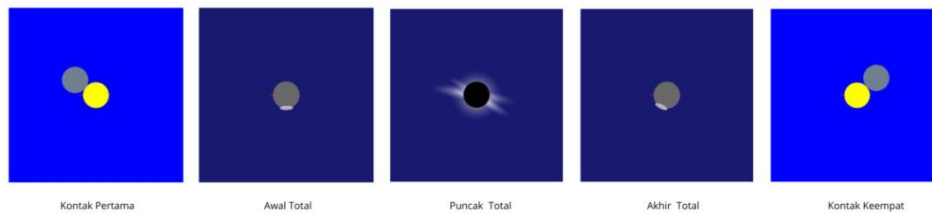
Alt. : 113 mdpl

TZ : (diabaikan mengikuti ketentuan di media *Youtube*)

<sup>8</sup>“Solar Eclipse Calculator & Diagram - Xavier Jubier” GMT 14 Desember 2020 di Piedra del Aguila.

<sup>9</sup>“Solar Eclipse Calculator & Diagram - Xavier Jubier” GMT 14 Desember 2020 di Volcano Villarica .

Gambar 4. 9 Diagram prediksi gerhana Matahari total 14 Desember 2020 di Volcano Villarica, Chile



Prediksi waktu gerhana Matahari total bertepatan dengan 14 Desember 2020 di Volcano Villarica, Chile yang dihasilkan *Solar Eclipse Calculator* adalah:

Tabel 4. 9 Prediksi waktu Gerhana 14 Desember di Volcano Villarica, Chile

Fase Gerhana	Waktu	LC	Durasi
Kontak Pertama	19:22:34.1		2m 15.1 s
Kontak Kedua	20:38:13.7	+1.7 s	[2m 12.3 s]
Tengah Gerhana	20:39:21.4		Obscuration
Kontak Ketiga	20:40:28.8	-1.1 s	100.00%.
Kontak Keempat	21:46:36.3		

#### 7. Gerhana Matahari Total 4 Desember 2021

Union Glacier, Antartika<sup>10</sup>

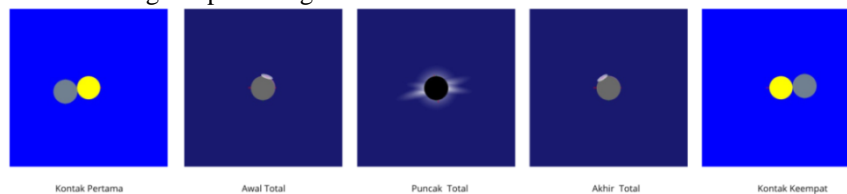
$\varphi$  : 79° 45' 00" LS

$\lambda$  : 82° 30' 04" BB

Alt. : 684 mdpl

TZ : (diabaikan mengikuti ketentuan di media *Youtube*)

Gambar 4. 10 Diagram prediksi gerhana Matahari total 4 Desember 2021 di Union Glacier



<sup>10</sup>“Solar Eclipse Calculator & Diagram - Xavier Jubier” GMT 4 Desember 2021 di Union Glacier.

Prediksi waktu gerhana Matahari total pada 4 Desember 2021 di Union Glacier, Antartica yang dihasilkan *Solar Eclipse Calculator* adalah:

Tabel 4. 10 Prediksi waktu Gerhana 4 Desember 2021 di Union Glacier

Fase Gerhana	Waktu	LC	Durasi
Kontak Pertama	06:53:41.0		0m 46.0 s
Kontak Kedua	07:44:51.0	+2.1 s	[0m 43.0 s]
Tengah Gerhana	07:45:14.0		Obscuration
Kontak Ketiga	07:45:37.0	-0.9 s	100.00%.
Kontak Keempat	08:37:12.3		

#### 8. Gerhana Matahari Total 20 April 2023<sup>11</sup>

##### Exmouth, Australia

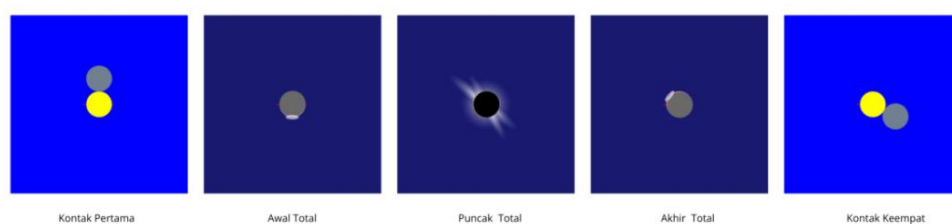
$\varphi$  : 21° 55' 56" LS

$\lambda$  : 114° 07' 40" BT

Alt. : 9 mdpl

TZ : (diabaikan mengikuti ketentuan di media *Youtube*)

Gambar 4. 11 Diagram prediksi gerhana Matahari total 20 April 2023 di Exmouth, Australia



Prediksi waktu gerhana Matahari total di tanggal 20 April 2023 di

kota Exmouth, Australia yang dihasilkan *Solar Eclipse Calculator* adalah:

Tabel 4. 11 Prediksi waktu Gerhana 20 April 2023 di Exmouth

Fase Gerhana	Waktu	LC	Durasi
Kontak Pertama	02:04:31.6		0m 56.5 s
Kontak Kedua	03:29:48.9	+0.9 s	[0m 54.1 s]
Tengah Gerhana	03:30:17.2		Obscuration

<sup>11</sup>“Solar Eclipse Calculator & Diagram - Xavier Jubier” GMT 20 April 2023 di Exmouth.



Kontak Ketiga	03:30:45.5	-1.5 s	100.00%.
Kontak Keempat	05:02:33.6		

## 9. Gerhana Matahari Cincin 26 Desember 2019<sup>12</sup>

### Batam

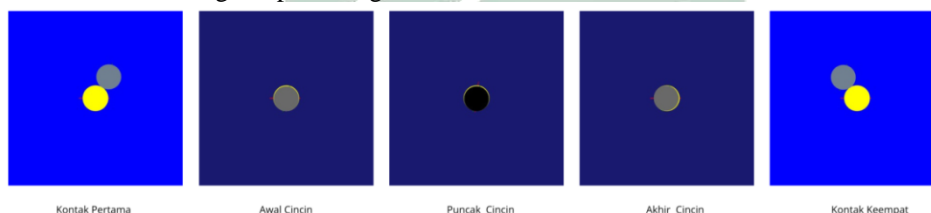
$\varphi$  : 01° 07' 18" LU

$\lambda$  : 104° 00' 58.49" BB

Alt. : 7 mdpl

TZ : + 07:00

Gambar 4. 12 Diagram prediksi gerhana Matahari cincin 26 Desember 2019 di Batam



Prediksi waktu gerhana Matahari sebagaimana pada tanggal 26 Desember 2019 di Batam yang dihasilkan *Solar Eclipse Calculator* adalah:

Tabel 4. 12 Prediksi waktu Gerhana 26 Desember 2019 di Batam

Fase Gerhana	Waktu	LC	Durasi
Kontak Pertama	10:27:40.6		3m 07.2 s
Kontak Kedua	12:22:48.8	+7.8 s	[2m 44.2 s]
Tengah Gerhana	12:24:22.3		Obscuration
Kontak Ketiga	12:25:56.0	-15.2 s	94.085%.
Kontak Keempat	14:18:54.3		

## 10. Gerhana Matahari Cincin 21 Juni 2020

### Sirsa, India<sup>13</sup>

<sup>12</sup>“Solar Eclipse Calculator & Diagram - Xavier Jubier” GMC 26 Desember 2019 di Batam.

<sup>13</sup>“Solar Eclipse Calculator & Diagram - Xavier Jubier” GMC 21 Juni 2020 di Sirsa.

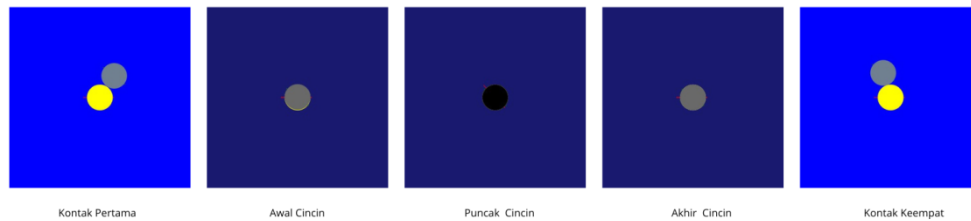
$\varphi$  : 29° 31' 57" LU

$\lambda$  : 75° 01' 52" BT

Alt. : 238 mdpl

TZ : 00:00

Gambar 4. 13 Diagram prediksi gerhana Matahari cincin 21 Juni 2020 di Sirsa, India



Prediksi waktu gerhana Matahari sebagian pada tanggal 21 Juni

2020 di kota Sirsa, India yang dihasilkan *Solar Eclipse Calculator* adalah:

Tabel 4. 13 Prediksi waktu Gerhana 21 Juni 2020 di Sirsa

Fase Gerhana	Waktu	LC	Durasi
Kontak Pertama	04:46:49.8		0m 31.7 s
Kontak Kedua	06:25:56.4	+6.3 s	[0m 17.7 s]
Tengah Gerhana	06:26:12.3		Obscuration
Kontak Ketiga	06:26:28.1	-7.7 s	98.759%.
Kontak Keempat	08:12:32.7		

Yunlin County, Taiwan<sup>14</sup>

$\varphi$  : 23° 42' 40" LU

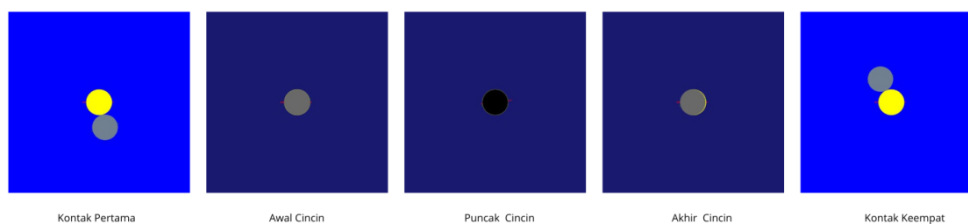
$\lambda$  : 120° 25' 49" BT

Alt. : 31 mdpl

TZ : (diabaikan mengikuti ketentuan di media *Youtube*)

<sup>14</sup>“Solar Eclipse Calculator & Diagram - Xavier Jubier” GMC 21 Juni 2020 di Yunlin County.

Gambar 4. 14 Diagram prediksi gerhana Matahari cincin 21 Juni 2020 di Yunlin County, Taiwan



Prediksi waktu gerhana Matahari sebagian pada tanggal 21 Juni 2020 di Yunlin County, Taiwan yang dihasilkan *Solar Eclipse Calculator* adalah:

Tabel 4. 14 Prediksi waktu Gerhana 21 Juni 2020 di Yunlin County

Fase Gerhana	Waktu	LC	Durasi
Kontak Pertama	06:49:05.3		0m 16.7 s
Kontak Kedua	08:13:48.8	+30.4 s	[0m 00.0 s]
Tengah Gerhana	08:13:57.1		Obscuration
Kontak Ketiga	08:14:05.5	-30.4 s	97.459%.
Kontak Keempat	09:25:39.4		

#### B. Uji Akurasi Waktu Gerhana Matahari pada *Solar Eclipse Calculator* dengan Gerhana Matahari dalam Siaran Langsung *Youtube*

Terdapat banyak dokumentasi kegiatan siaran langsung gerhana Matahari di *Youtube* yang diselenggarakan oleh berbagai kanal saat ini dan dapat diakses dengan mudah. Penulis hanya memilih menggunakan sepuluh gerhana untuk menambah variasi data demi proses uji akurasi. Namun di antara beberapa data tersebut memiliki kekurangan di antaranya lokasi pengamatan yang berubah dan tidak berfokus di satu lokasi pengamatan saja sehingga beberapa data kontak gerhana dalam penelitian ini terjadi pada lokasi yang berbeda, tidak ada rincian waktu dalam tampilan *live* meskipun demikian bisa ditemukan pada kolom deskripsi video.

Guna keperluan pelaksanaan uji akurasi terhadap data waktu gerhana terhada sepuluh gerhana Matahari dengan tipe berbeda yang sebelumnya sudah diakumulasi melalui *website Solar Eclipse Calculator*, penulis kemudian akan membandingkan data tersebut dengan dokumentasi dari siaran langsung di *Youtube*. Adapun sepuluh gerhana Matahari tersebut adalah tiga gerhana Matahari sebagian pada tanggal (1) 21 Juni 2020; (2) 25 Oktober 2022; dan (3) 20 April 2023, lima gerhana Matahari total untuk tanggal (1) 21 Agustus 2017; (2) 2 Juli 2019; (3) 14 Desember 2019; (4) 4 Desember 2021; dan (5) 20 April 2023 serta dua gerhana Matahari cincin yang terjadi di tanggal 26 Desember 2019 dan 21 Juni 2020.

1. Perbandingan data waktu gerhana Matahari sebagian *Solar Eclipse Calculator* dengan siaran langsung *Youtube* 21 Juni 2020

Bagian piringan Matahari yang terselimuti Bulan pada puncak gerhana untuk gerhana Matahari sebagian yang disiarkan dari Kupang, Nusa Tenggara Timur ini tidak bisa dikatakan cukup besar karena. Hanya sekitar 2.894% dari piringan Matahari atau sekitar 0.08443 bagian dari diameter Matahari yang tertutupi.

Gambar 4. 15 Dokumentasi dan diagram GMS 21 Juni 2020 di Kupang



Berikut perbandingan waktu gerhana Matahari sebagian 21 Juni 2020 di Kupang, Nusa Tenggara Timur menggunakan data dari *Solar*

*Eclipse Calculator* dibandingkan dengan dokumentasi oleh LAPAN

Kupang:

Tabel 4. 15 Perbandingan waktu gerhana Matahari sebagian 21 Juni 2020

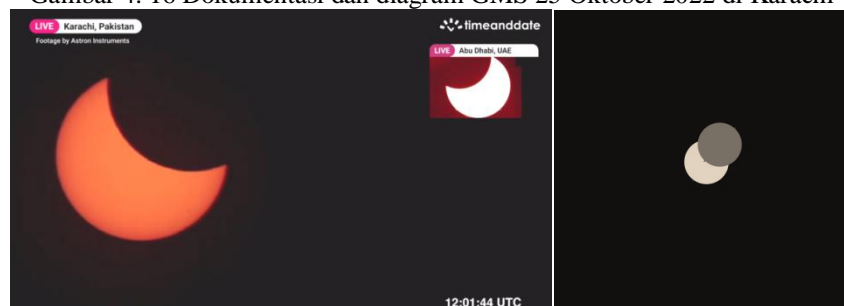
Fase Gerhana	<i>Solar Eclipse Calculator</i>	<i>Youtube</i>	Selisih
Awal gerhana	16:01:59.6	16:02:00	00:00:0.4
Tengah gerhana	16:32:40.2	16:32:43	00:00:0.8
Akhir gerhana	17:01:25.9	17:01:20	00:00:5.9

Berdasarkan hasil komparasi pada tabel 4.15 menunjukkan bahwa *Solar Eclipse Calculator* memberikan selisih rata-rata 2.37 detik dengan selisih terkecil 0.4 detik untuk awal gerhana yakni saat Bulan bergerak menutupi bagian kecil piringan Matahari dan selisih terbesar dengan 5.9 detik untuk akhir gerhana.

2. Perbandingan data waktu gerhana Matahari sebagian *Solar Eclipse Calculator* dengan siaran langsung *Youtube* 25 Oktober 2022

Perlu diperhatikan bahwa siaran langsung pengamatan gerhana Matahari yang diadakan oleh kanal *Youtube* timeanddate ini siarannya dilakukan secara acak sehingga penulis mendapatkan data waktu tiap fase dari tempat yang berbeda. Awal gerhana disiarkan langsung dari Durham, UK; Tengah gerhana dari Karachi, Pakistan sedangkan akhir gerhana diambil dari Abu Dhabi UEA.

Gambar 4. 16 Dokumentasi dan diagram GMS 25 Oktober 2022 di Karachi



Berikut perbandingan waktu gerhana Matahari sebagian 25 Oktober 2022 di Durham, Karachi dan Abu Dhabi berdasarkan data dari *Solar Eclipse Calculator* dibandingkan dengan dokumentasi oleh timeanddate:

Tabel 4. 16 Perbandingan waktu gerhana Matahari sebagian 25 Oktober 2022

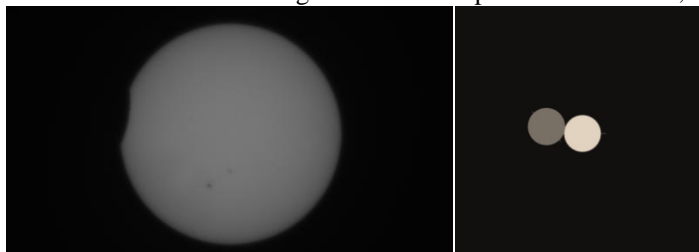
Fase Gerhana	<i>Solar Eclipse Calculator</i>	<i>Youtube</i>	Selisih
Awal gerhana	09:04:37.9	09:04:36	00:00:1.9
Tengah gerhana	12:01:42.6	12:01:44	00:00:1.4
Akhir gerhana	12:54:56.2	12:55:03	00:00:6.8

Berdasarkan perbandingan yang dihitung pada tabel 4.16 menunjukkan bahwa *Solar Eclipse Calculator* memberikan selisih rata-rata 3.37 detik dengan selisih terkecil 1.4 detik untuk puncak gerhana sebagian dan selisih terbesar yaitu 6.8 detik untuk akhir gerhana.

### 3. Perbandingan data waktu gerhana Matahari sebagian *Solar Eclipse Calculator* dengan siaran langsung *Youtube* 20 April 2023

Fase awal gerhana adalah satu-satunya kontak yang dapat didokumentasikan pada siaran langsung gerhana Matahari sebagian 20 April 2023 oleh Observatorium Astronomi Sunan Ampel dari Surabaya sedangkan fase tengah dan akhir gerhana tertutup awan tebal sehingga tidak dapat dilihat.

Gambar 4. 17 Dokumentasi dan diagram GMS 20 April 2023 di OASA, Surabaya



Berikut perbandingan waktu gerhana Matahari sebagian 20 April 2023 di OASA, Surabaya berdasarkan data dari *Solar Eclipse Calculator*

dibandingkan dengan dokumentasi oleh Observatorium Astronomi Sunan Ampel:

Tabel 4. 17 Perbandingan waktu gerhana Matahari sebagian 20 April 2023

Fase Gerhana	<i>Solar Eclipse Calculator</i>	<i>Youtube</i>	Selisih
Awal gerhana	09:29:32.2	09:29:31	00:00:1.2
Tengah gerhana	10:54:17.8	10:54:---	00:00:---
Akhir gerhana	12:23:58.9	-	-

Merujuk pada tabel 4.17, hasil perbandingan menunjukkan bahwa *Solar Eclipse Calculator* memberikan selisih 1.2 detik untuk awal gerhana saat Bulan mulai menutupi piringan Matahari. Sedangkan untuk tengah gerhana diasumsikan selisih yang dihasilkan juga tidak jauh berbeda namun tidak dapat dipastikan pula karena pada siaran langsung saat puncak gerhana Matahari sebagian 20 April 2023 hanya tertangkap pada pukul 10:54 dan tidak diketahui bilangan detiknya sebab gerhana tertutup awan sepenuhnya.

4. Perbandingan data waktu gerhana Matahari total *Solar Eclipse Calculator* dengan siaran langsung *Youtube* 21 Agustus 2017

Siaran langsung gerhana Matahari total 21 Agustus 2017 yang dibuat oleh NASA kali ini memiliki kesamaan dengan timeanddate karena disiarkan langsung dari beberapa lokasi pengamatan. Namun untuk pengujian akurasi dalam penelitian ini hanya mengacu pada satu lokasi, yaitu Madras.

Gambar 4. 18 Dokumentasi dan diagram GMT 21 Agustus 2017 di Madras, Oregon



Berikut perbandingan waktu gerhana Matahari total 21 Agustus 2017 di Madras, Oregon berdasarkan data dari *Solar Eclipse Calculator* dibandingkan dengan dokumentasi oleh NASA:

Tabel 4. 18 Perbandingan waktu gerhana Matahari total 21 Agustus 2017

Fase Gerhana	<i>Solar Eclipse Calculator</i>	<i>Youtube</i>	Selisih
Awal gerhana	16:06:42.6	-	-
Awal total	17:19:35.0	-	-
Tengah gerhana	17:20:36.0	17:20:33	00:00:03
Akhir total	17:21:37.1	17:21:37	00:00:0.1
Akhir gerhana	18:41:04.8	-	-

Perbandingan pada tabel 4.18 menyajikan bahwa *Solar Eclipse Calculator* memiliki selisih terkecil 0.1 untuk akhir total yaitu saat cahaya Matahari mulai bersinar dari bagian ujung piringan dan selisih 3 detik untuk puncak gerhana.

- Perbandingan data waktu gerhana Matahari total *Solar Eclipse Calculator* dengan siaran langsung *Youtube* 2 Juli 2019

Momen gerhana yang tertangkap dan dapat digunakan datanya untuk gerhana Matahari total 2 Juli 2019 yang disiarkan secara langsung oleh kanal *Youtube* Exploratorium dari NSF Cerro Tololo Inter American Observatory ini hanya rangkaian fase totalnya saja.



Gambar 4. 19 Dokumentasi dan diagram GMT 2 Juli 2019 di Chile



Berikut perbandingan waktu gerhana Matahari total 2 Juli 2019 berdasarkan data waktu gerhana dari *Solar Eclipse Calculator* dibandingkan dengan dokumentasi oleh NSF Cerro Tololo Inter American Observatory:

Tabel 4. 19 Perbandingan waktu gerhana Matahari total 2 Juli 2019

Fase Gerhana	<i>Solar Eclipse Calculator</i>	<i>Youtube</i>	Selisih
Awal gerhana	19:22:34.1	-	-
Awal total	20:38:13.7	20:38:18	00:00:4.3
Tengah gerhana	20:39:21.4	20:39:18	00:00:3.4
Akhir total	20:40:28.8	20:40:28	00:00:0.8
Akhir gerhana	21:46:36.3	-	-

Tabel 4.19 menunjukkan selisih terkecil 0.8 detik saat fase akhir gerhana total dimulai, selisih 3.4 detik untuk puncak gerhana Matahari total dan selisih terbesar yaitu 4.3 detik. Informasi durasi gerhana yang didapatkan dari siaran langsung *Youtube* adalah 2 menit 15.1 detik sehingga tidak memiliki selisih dengan durasi gerhana yang diprediksi oleh *Solar Eclipse Calculator* tabel 4.8 sebelum dikoreksi dengan badan Bulan. Namun apabila dibandingkan dengan durasi yang sudah terkoreksi, memberikan selisih 2.8 detik.

6. Perbandingan data waktu gerhana Matahari total *Solar Eclipse Calculator* dengan siaran langsung *Youtube* 14 Desember 2020

Siaran langsung gerhana Matahari total 14 Desember 2020 oleh timeanddate ini disiarkan dari beberapa titik pengamatan sehingga data yang digunakan untuk tiap fase diambil dari tempat yang berbeda pula. Untuk awal dan tengah gerhana, penulis menggunakan data dari pengamatan di Piedra del Aguila sedangkan untuk awal total dan akhir total dari Chile.

Gambar 4. 20 Dokumentasi dan diagram GMT di Piedra del Aguila



Berikut perbandingan waktu gerhana Matahari total 14 Desember 2020 berdasarkan data waktu gerhana dari *Solar Eclipse Calculator* dibandingkan dengan dokumentasi oleh timeanddate:

Tabel 4. 20 Perbandingan waktu gerhana Matahari total 14 Desember 2020

Fase Gerhana	<i>Solar Eclipse Calculator</i>	<i>Youtube</i>	Selisih
Awal gerhana	14:45:33.1	14:45:37	00:00:4.9
Awal total	16:02:22.2	16:02:16	00:00:6.2
Tengah gerhana	16:02:37.2	16:02:34	00:00:3.2
Akhir total	16:09:53.1	16:09:38	00:00:13.1
Akhir gerhana	-	-	-

Selisih yang diberikan *Solar Eclipse Calculator* untuk gerhana ini relatif besar dibandingkan dengan gerhana lain, di mana selisih terkecilnya adalah 249 detik yaitu saat awal gerhana sedangkan selisih terbesar bisa mencapai 13.1 detik. Sedangkan nilai durasi total tidak bisa dibandingkan

sebab meskipun rangkaian fase total untuk gerhana ini sudah lengkap, namun karena diambil dari lokasi yang berbeda sehingga tidak bisa digunakan.

7. Perbandingan data waktu gerhana Matahari total *Solar Eclipse Calculator* dengan siaran langsung *Youtube* 4 Desember 2021

Terdapat empat dari lima fase yang terekam dalam siaran langsung gerhana Matahari 4 Desember 2021 oleh NASA dari Union Glacier, Antartika ini karena siarannya berakhir sebelum memasuki fase akhir gerhana

Gambar 4. 21 Dokumentasi dan diagram GMT 4 Desember 2021 di Union Glacier



Berikut perbandingan waktu gerhana Matahari total 4 Desember 2021 berdasarkan data waktu gerhana dari *Solar Eclipse Calculator* dibandingkan dengan dokumentasi oleh NASA:

Tabel 4. 21 Perbandingan waktu gerhana Matahari total 4 Desember 2021

Fase Gerhana	<i>Solar Eclipse Calculator</i>	<i>Youtube</i>	Selisih
Awal gerhana	06:53:41	06:53:52	00:00:11
Awal total	07:44:51	07:44:48	00:00:03
Tengah gerhana	07:45:14	00:45:03	00:00:11
Akhir total	07:45:37	07:45:44	00:00:07
Akhir gerhana	08:37:12.3	-	-

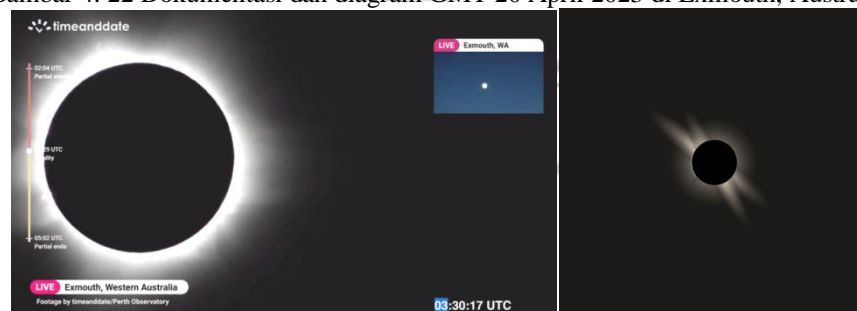
Selisih rata-rata yang didapat dari perbandingan tersebut adalah 7.5 detik dengan selisih terkecil 3 detik dan selisih terbesar 11 detik yang terjadi pada awal dan tengah gerhana. Pada fase awal gerhana terdapat

selisih sebesar 11 detik yang diakibatkan oleh adanya *delay* pada video hasil pengamatan yang terjadi pada pukul 06:53:52 di mana fase awal gerhana sudah terlewati dengan asumsi bahwa fase ini terjadi diperkirakan pada pukul 06:53:44. Durasi totalnya untuk *Solar Eclipse Calculator* adalah 0 menit 46 detik sebelum dikoreksi dan 0 menit 43 detik setelah dikoreksi, sedangkan durasi gerhana Matahari total berdasarkan siaran langsung adalah 0 menit 56 detik sehingga memiliki perbedaan 10 detik.

8. Perbandingan data waktu gerhana Matahari total *Solar Eclipse Calculator* dengan siaran langsung *Youtube* 20 April 2023

Fenomena yang berlangsung saat tanggal 20 April 2023 sebenarnya adalah gerhana Matahari hibrida di mana di suatu tempat dapat melihat gerhana Matahari cincin sedangkan di lokasi berbeda yang tampak adalah gerhana Matahari total. Akan tetapi gerhana Matahari cincin tidak dapat disaksikan karena hanya melewati samudera sehingga tidak memungkinkan untuk dilakukan pengamatan.

Gambar 4. 22 Dokumentasi dan diagram GMT 20 April 2023 di Exmouth, Australia



Berikut perbandingan waktu gerhana Matahari total 2 Juli 2019 berdasarkan data waktu gerhana dari *Solar Eclipse Calculator* dibandingkan dengan dokumentasi oleh timeanddate yang disiarkan langsung dari Exmouth, Australia:

Tabel 4. 22 Perbandingan waktu gerhana Matahari total 20 April 2023

Fase Gerhana	<i>Solar Eclipse Calculator</i>	<i>Youtube</i>	Selisih
Awal gerhana	02:04:31.6	02:04:33	00:00:1.4
Awal total	03:29:48.9	03:29:47	00:00:1.9
Tengah gerhana	03:30:17.2	03:30:13	00:00:4.2
Akhir total	03:30:45.5	03:30:43	00:00:2.5
Akhir gerhana	05:02:33.6	05:02:29	00:00:4.6

Merujuk pada tabel 4.22 disimpulkan bahwa selisih terkecil yang diberikan adalah 1.9 detik dan 4.6 detik sebagai selisih terbesar. Sedangkan perbedaan durasi di antara keduanya adalah 0.5 detik dengan 0 menit 0 menit 56.5 detik dan 0 menit 54.1 detik dari *Solar Eclipse Calculator* yang belum dan sudah dikoreksi secara berturut-turut, serta 0 menit 54 detik dari siaran langsung oleh timeanddate.

#### 9. Perbandingan data waktu gerhana Matahari cincin *Solar Eclipse Calculator* dengan siaran langsung *Youtube* 26 Desember 2019

Gambar 4. 23 Dokumentasi dan diagram GMC 26 Desember 2019 di Batam



Disiarkan dari dua lokasi yaitu di Jakarta dan Batam namun penulis hanya menggunakan Batam sebagai fokus. Berikut perbandingan waktu gerhana Matahari total 26 Desember 2019 berdasarkan data waktu gerhana dari *Solar Eclipse Calculator* dibandingkan dengan dokumentasi oleh Planetarium dan Observatorium Jakarta:

Tabel 4. 23 Perbandingan waktu gerhana Matahari cincin 26 Desember 2019

Fase Gerhana	<i>Solar Eclipse Calculator</i>	<i>Youtube</i>	Selisih
Awal gerhana	10:27:40.6	10:27:43	00:00:2.4
Awal cincin	12:22:48.8	12:22:47	00:00:1.8
Tengah gerhana	12:24:22.3	12:24:20	00:00:2.3
Akhir cincin	12:25:56.0	12:25:44	00:00:12.
Akhir gerhana	14:18:54.3	14:18:50	00:00:4.3

Tabel 4.23 menunjukkan bahwa prediksi *Solar Eclipse Calculator* memberikan selisih yang cukup besar saat akhir fase cincin 26 Desember 2019 yaitu 12 detik dengan selisih terkecil 2.8 detik.

10. Perbandingan data waktu gerhana Matahari cincin *Solar Eclipse Calculator* dengan siaran langsung *Youtube* 21 Juni 2020

Momen yang tertangkap dari siaran langsung ini dimulai setelah fase awal gerhana terlewati sehingga hanya ada data mengenai fase awal cincin, tengah gerhana cincin, akhir cincin dan akhir gerhana. Perlu diperhatikan bahwa timeanddate untuk gerhana Matahari cincin pada 21 Juni 2020 ini juga disiarkan dari lokasi yang berbeda untuk setiap fasenya. Penulis menggunakan data Sirsa, India untuk awal gerhana, awal cincin, puncak gerhana cincin dan akhir cincin namun untuk akhir gerhana memakai data yang disiarkan dari Yunlin County, Taiwan.

Gambar 4. 24 Dokumentasi dan diagram GMC 21 Juni 2020 di Sirsa, India



Berikut perbandingan waktu gerhana Matahari cincin 21 Juni 2020 berdasarkan data waktu gerhana dari *Solar Eclipse Calculator* dibandingkan dengan dokumentasi oleh timeanddate dengan fase awal total, tengah gerhana, akhir total datanya diambil dari kota Sirsa, India sedangkan akhir gerhana dari Yunlin County, Taiwan:

Tabel 4. 24 Perbandingan waktu gerhana Matahari cincin 21 Juni 2020

Fase Gerhana	<i>Solar Eclipse Calculator</i>	<i>Youtube</i>	Selisih
Awal gerhana	04:46:49.8	-	-
Awal cincin	06:25:56.4	06:25:52	00:00:4.4
Tengah gerhana	06:26:12.3	06:26:15	00:00:2.7
Akhir cincin	06:26:28.1	06:26:31	00:00:3.0
Akhir gerhana	09:25:39.4	09:25:31	00:00:8.4

Selisih rata-rata yang didapat dari komparasi pada tabel tersebut adalah 7.1 detik dengan selisih minimum 2,7 detik dan selisih maksimum 12.9 detik yang secara berturut-turut terjadi pada awal cincin dan akhir cincin. Sedangkan durasi tengah gerhana untuk gerhana Matahari cincin 21 Juni 2020 adalah 0 menit 31.7 detik sebelum terkoreksi badan Bulan dan 0 menit 17.7 detik setelah terkoreksi sehingga memiliki selisih 7.3 detik dan 31.3 detik dengan dokumentasi dari siaran langsung.

Berdasarkan dari eksplanasi perbandingan waktu gerhana Matahari di atas dapat diambil kesimpulan bahwa data prediksi waktu gerhana Matahari yang disediakan dalam *Solar Eclipse Calculator* karya Xavier M. Jubier masih belum akurat dengan selisih rata-rata 4.5 detik dan berkisar antara 0.1 detik hingga 13.1 detik jika dikomparasikan dengan hasil dokumentasi yang didapat melalui siaran langsung di *Youtube* namun masih dapat dimaklumi karena selisih yang muncul masih dalam skala



detik yang terbilang minim. Selisih yang muncul menurut analisis dari penulis adalah disebabkan oleh  $\Delta T$  yang digunakan dalam *website* tersebut, *delay* yang terjadi saat siaran berlangsung sehingga membuat video terkadang keluar secara tidak berurutan seperti pada gerhana Matahari Total 4 Desember 2021 untuk fase awal gerhananya memiliki selisih 11 detik akibat adanya *delay* tersebut padahal menurut asumsi penulis, selisih sebenarnya adalah 3 detik. Adapun alasan lain penyebab munculnya selisih ini adalah *human error* yang terjadi selama penelitian ini dilakukan.

Walaupun gerhana Matahari didasarkan pada Terrestrial Dynamical Time (TDT), posisi jalur gerhana sentral masih bergantung pada Universal Time (UT). Untuk mengubah waktu TDT ke UT, perbedaan antara kedua waktu tersebut perlu diketahui terlebih dahulu dan parameter ini dikenal dengan istilah  $\Delta T$  atau  $\Delta T$ . Nilai yang digunakan dalam *Solar Eclipse Calculator* adalah 67.2 detik padahal kenyatannya nilai tersebut selalu berubah setiap tahun. Seperti contoh  $\Delta T$  untuk tahun 2019 dan tahun 2023 dengan perhitungan menggunakan rumus  $\Delta T = 62.92 + 0.32217 \times t + 0.005589 \times t^2$ , di mana  $t = y - 2000$  dengan hasil  $\Delta T = 71.6$  detik untuk tahun 2019 dan 73.5 detik untuk tahun 2023. Meskipun nilainya terlampau kecil, namun memberi hasil perhitungan dengan selisih 6.3 detik untuk tahun 2023 dan 4.4 detik untuk tahun 2019.



## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan dua rumusan masalah sebagai acuan dalam penelitian ini, maka diperoleh dua kesimpulan yaitu:

1. Algoritma perhitungan gerhana Matahari yang diterapkan pada *website Solar Eclipse Calculator* merujuk pada buku *Elements of Solar Eclipses 1951-2200* oleh Jean-Meeus.
2. Uji akurasi waktu gerhana *website Solar Eclipse Calculator* dengan siaran langsung memberikan hasil bahwa *website Solar Eclipse Calculator* mampu menyajikan prediksi waktu gerhana Matahari dengan selisih minimum untuk skala detik tapi masih belum akurat karena memiliki selisih berkisar antara 0.1 hingga 13.1 detik apabila dibandingkan dengan siaran langsung fenomena gerhana Matahari di *Youtube*. Selisih muncul disebabkan oleh *delay* yang terjadi saat siaran berlangsung, *human error* selama penelitian dilakukan dan juga penggunaan nilai  $\Delta T$  yang disamaratakan.

#### B. Saran

Selaras dengan penelitian “Uji Akurasi Waktu Gerhana dalam *Website Solar Eclipse Calculator*” ini, penulis menyarankan beberapa hal di antaranya:

- a. Baiknya nilai  $\Delta T$  yang digunakan dalam *website Solar Eclipse Calculator* tidak hanya mengacu pada satu nilai saja, yaitu 67.2 detik karena mempengaruhi hasil prediksi waktu gerhana yang disajikan dalam *website*.
- b. *Website Solar Eclipse Calculator* ini sudah menghasilkan waktu gerhana yang cukup akurat untuk digunakan sebagai pedoman untuk pengamatan dan juga pelaksanaan ibadah shalat gerhana Matahari. Hanya waktu gerhana yang diuji penulis dalam penelitian ini. Masih banyak data yang belum diuji akurasi seperti obskurasi.



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Ma'ruf. *Metode Penelitian Kuantitatif*. Cet. 1. Aswaja Pressindo, 2015.
- Aini, Fiki Nu'afi Qurrota. "Studi Komparatif Sistem Perhitungan Gerhana Matahari Elements of Solar Eclipses Jean Meeus Dan Textbook on Spherical Astronomy W.M. Smart." Undergraduate Thesis, UIN Walisongo, 2019. <http://eprints.walisongo.ac.id/id/eprint/9713/>.
- Allaist, Charist. "Uji Akurasi Hasil Perhitungan Gerhana Matahari Metode Nubala Dengan Siaran Live Youtube Time and Date." Skripsi, UIN Sunan Ampel Surabaya, 2021.
- Al-Qur'an*. Kementrian Agama RI, 2019.
- al-Hajjaj, Abu al-Husain Musim bin. *Shahih Muslim*. Saudi Arabia: Dar as-Salam, 2000.
- Annular Solar Eclipse - June 10, 2021*, 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=7S6dhT1voAo>.
- Anugraha, Rinto. *Mekanika Benda Langit*. Yogyakarta: Lab. Fisika Material dan Instrumentasi Jurusan Fisika FMIPA UGM, 2012.
- ash-Shan'ani, Muhammad bin Ismail al-Amir. *Subulus Salam: Syarah Bulughul Maram*. Translated by Muhammad Isnani, Muhammad Rasikh, and Muhammad Arif. Jilid 1. Jakarta Timur: Darus Sunnah Press, 2008.
- Asqalani, Ibnu Hajar al-. *Fath Al-Bari Bi Syarh Shahih al-Bukhari*. Jakarta: Pustaka Imam Asy-Syafi'i, 2018.
- Azhari, Susiknan. *Ensiklopedi Hisab Rukyat*. Cet. 2. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2008.
- . *Ilmu Falak Teori Dan Praktek*. Cet. 1. Suara Muhammadiyah, 2004.
- Bama, Akhmad Aminuddin, M R Tamara, Arsali, and D Marini. "Study of Saros Cycle and Non-Partial Solar Eclipse with Newton Mechanics Approach." *Journal of Physics: Conference Series* 1282, no. 1 (July 1, 2019): 012023. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1282/1/012023>.
- Bukhari, Al-Imam Abi 'Abdullah Muhammad bin Ismail al-. *Shahih al-Bukhari*. Beirut: Dar Ibn Katsir, 2002.
- Butar-Butar, Arwin Juli Rakhmadi. *Pengantar Ilmu Falak: Teori, Praktik Dan Fikih*. 1st ed. Cet. 2. Depok: Rajawali Pers, 2019.

- Chalub, Fabio A.C.C. "The Saros Cycle: Obtaining Eclipse Periodicity from Newton's Law." *Revista Brasileira de Ensino de Fisica* 31, no. 1 (2009): 1303.
- Darwin, Muhammad, Marianne Mamondol, Salman Alparis Sormin, Yuliana Nurhayati, Hardi Tambunan, Diana Sylvia, I Made Dwi Mertha Adnyana, Budi Prasetyo, Pasionista Vianitati, and Antonius Adolf Gebang. *Metode Penelitian Pendekatan Kuantitatif*. Bandung: CV. Media Sains Indonesia, 2021.
- Departemen Pendidikan Nasional. *Kamus Bahasa Indonesia*. Jakarta: Pusat Bahasa, 2008.
- "Eclipse 2017: Through the Eyes of NASA - YouTube." Accessed April 13, 2023. <https://www.youtube.com/watch?v=nr4Sozvo5aU&list=PLG9i1qIE3zMXFLVTIWL2MBwK18dRs57Uy&index=15&t=24s>.
- "EclipseWise - Besselian Elements of Solar Eclipses." Accessed May 11, 2023. <https://www.eclipsewise.com/solar/SEhelp/SEbeselm.html>.
- Espenak, Fred. "Eclipses and the Saros." NASA. Accessed April 4, 2023. <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEsaros/SEsaros.html>.
- Espenak, Fred, and Jean Meeus. *Five Millenium Catalog of Solar Eclipses: -1999 to +3000 (2000 BCE to 3000 CE)*. Maryland: National Aeronautics and Space Administration, 2009.
- Fakultas Syariah dan Hukum UIN Sunan Ampel Surabaya. *Pedoman Penyusunan Karya Ilmiah Fakultas Syariah Dan Hukum*, 2022.
- Gerhana Matahari Hybrida 1444 H - 2023, 2023*.  
<https://www.youtube.com/watch?v=REB18o4H1gM>.
- Hamka. *Tafsir Al-Azhar*. Jilid 8. Singapura: Pustaka Nasional, 1982.
- Hamzah, Amir. *Metode Penelitian Kepustakaan (Library Research)*. Malang: Literasi Nusantara Abadi, 2020.
- Hardani, Nur Hikmatul Auliya, Helmina Andriani, Roushandy Asri Fardani, Jumari Ustiawaty, Evi Fatmi Utami, Dhika Juliana Sukmana, and Ria Rahmatul Istiqomah. *Metode Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif*. Cet. 1. Yogyakarta: Pustaka Ilmu, 2020.
- Hidayatullah, Raden Aryadi. "LKP: Pembuatan Desain Website Sebagai Penunjang Company Profile CV. Hensindo." Undergraduate, S1 Desain Komunikasi Visual, 2016.
- H.M., Nautical Almanac Office. *Explanatory of Supplement to the Ephemeris and the American Ephemeris and Nautical Almanac*. London: H.M. Nautical Stationery Office, 1961.

- Humam, Muhammad Akbarul. "Hisab Gerhana Matahari Dengan Acuan Data Ephemeris Hisab Rukyat Dalam Buku 'Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik' Karya Muhyiddin Khazin." Undergraduate Thesis, UIN Sunan Ampel, 2021.
- Ismail. "Lhokseumawe Society Rituals at The Solar Eclipse." *Al-Hilal: Journal of Islamic Astronomy* 2, no. 1 (2020).
- Izzudin, Ahmad. *Ilmu Falak Praktis*. Cet. 2. Semarang: PT Pustaka Rizki Putra, 2012.
- Jatmiko, Agus T. P. "Okultasi." Observatorium Bosscha. Accessed April 3, 2023. [https://bosscha.itb.ac.id/id/penelitian/topik\\_penelitian/okultasi/](https://bosscha.itb.ac.id/id/penelitian/topik_penelitian/okultasi/).
- Karttunen, Hannu, ed. *Fundamental Astronomy*. 5th ed. New York: Springer, 2007.
- Kementerian Agama Republik Indonesia. *Ilmu Falak Praktis*. Cet. 1. Jakarta: Sub Direktorat Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat, 2013.
- Khazin, Muhyiddin. *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik*. Yogyakarta, 2008.
- Live Feed of the Dec. 4, 2021 Total Solar Eclipse*, 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=J04GFN2Pq1w>.
- LIVE: Partial Solar Eclipse - October 25, 2022*, 2022. [https://www.youtube.com/watch?v=0sx\\_vuKEGIY](https://www.youtube.com/watch?v=0sx_vuKEGIY).
- LIVE: Total Solar Eclipse - April 20, 2023*, 2023. <https://www.youtube.com/watch?v=ifIL17GeZpE>.
- Maghfuri, Alfian. *Algoritma Gerhana*. Cet. 1. Bojonegoro: Madza Media, 2020.
- Meeus, Jean. *Elements of Solar Eclipses 1951-2200*. United States: Willmann-Bell, Inc., 1989.
- Mufidah, Nurul, Mahyuddin Latuconsina, and Sohrah. "Peristiwa Gerhana Matahari dan Bulan Perspektif Budaya dan Ilmu Falak." *HISABUNA: Jurnal Ilmu Falak* 3, no. 1 (April 12, 2022). <https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/hisabuna/article/view/23056>.
- Musharraf, Muhammad Nabeel, and Dr Basheer Ahmed Dars. "ECLIPSES, MYTHOLOGY, AND ISLAM." *Al-Duhaa* 2, no. 2 (September 15, 2021): 01–16. <https://doi.org/10.51665/al-duhaa.002.02.0077>.
- Naya, Farid. "Al-Mujmal Dan al-Mubayyan Dalam Kajian Ushul Fiqh." *Tahkim: Jurnal Peradaban Dan Hukum Islam* 9, no. 2 (2013).
- Pengamatan Gerhana Matahari Sebagian 21 Juni 2020*, 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=LgAyBLrQNfg>.

- “Qur’an Kemenag.” Accessed June 13, 2023. <https://quran.kemenag.go.id/quran/per-ayat/surah/36?from=37&to=40>.
- “Select Location.” Accessed May 9, 2023. <https://www.heavens-above.com/SelectLocation.aspx>.
- Shodiq, Jafar. “Studi Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari Rinto Anugraha Dalam Buku Mekanika Benda Langit.” Undergraduate Thesis, UIN Walisongo, 2016.
- “Solar Eclipse Calculator & Diagram - Xavier Jubier.” Accessed May 14, 2023. [http://xjubier.free.fr/en/site\\_pages/SolarEclipseCalc\\_Diagram.html](http://xjubier.free.fr/en/site_pages/SolarEclipseCalc_Diagram.html).
- “Solar Eclipses - Total & Annular - Xavier Jubier.” Accessed May 14, 2023. [http://xjubier.free.fr/en/site\\_pages/Solar\\_Eclipses.html](http://xjubier.free.fr/en/site_pages/Solar_Eclipses.html).
- Syarif, Muh Rasywan. “Islam Fenomalis Gerhana Matahari di Indonesia Studi Budaya ‘Siemme Matanna Essoe’ pada Perempuan Bugis Bone.” *ARICIS PROCEEDINGS* 1, no. 1 (January 27, 2017). <https://doi.org/10.22373/aricis.v1i0.971>.
- Tatang, M. A. *Menyusun Rencana Penelitian*. Jakarta: PT. RajaGrafindo, 1995.
- Time and Date. “Total Solar Eclipse on 14 December 2020.” Accessed April 4, 2023. <https://www.timeanddate.com/eclipse/solar/2020-december-14>.
- Time Lapse Gerhana Matahari 26 Desember 2019 - Batam Dan Jakarta*, 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=y8pqazhcAg0>.
- “Time Zone Map.” Accessed May 9, 2023. <https://www.timeanddate.com/time/map/>.
- “Total Solar Eclipse July 2, 2019 - Live Stream From Chile - YouTube.” Accessed April 13, 2023. [https://www.youtube.com/watch?v=0Vo0LK\\_dYI4&list=PLG9i1qIE3zMxFLVTIWL2MBwK18dRs57Uy&index=5&t=6s](https://www.youtube.com/watch?v=0Vo0LK_dYI4&list=PLG9i1qIE3zMxFLVTIWL2MBwK18dRs57Uy&index=5&t=6s).
- Zombeck, Martin V. *Handbook of Space Astronomy and Astrophysics*. 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.