

**UJI AKURASI HASIL PERHITUNGAN GERHANA
MATAHARI METODE NUBALA DENGAN SIARAN
LIVE YOUTUBE TIME AND DATE**

SKRIPSI

Oleh
Charist Allaist
C98216026



Universitas Islam Negeri Sunan Ampel
Fakultas Syariah dan Hukum
Jurusan Hukum Perdata Islam
Program Studi Ilmu Falak
Surabaya
2021

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Charist Allaist
NIM : C98216026
Fakultas/Jurusan/Prodi : Syariah dan Hukum/ Hukum Perdata Islam/ Ilmu
Falak
Judul Skripsi : Uji Akurasi Perhitungan Gerhana Matahari
Metode Nubala Dengan Siaran *Live Youtube*
Time And Date

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

Surabaya, 11 Oktober 2021

Saya yang menyatakan,



Charist Allaist
NIM.C98216026

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi yang ditulis oleh Charist Allaist NIM. C98216026 ini telah diperiksa dan disetujui untuk dimunaqasahkan.

Surabaya, 20 Juli 2021
Pembimbing,



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

PENGESAHAN

Skripsi yang ditulis oleh Charist Allaist NIM. C98216026 ini telah dipertahankan didepan sidang Munaqasah Skripsi Fakultas Syariah dan Hukum UIN Sunan Ampel Surabaya pada hari Rabu, tanggal 15 Desember 2021 dan dapat diterima sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program sarjana strata satu dalam Ilmu Falak.

Majelis Munaqasah Skripsi

Penguji I,



Siti Tatmainnul Qulub, SHL., M.S.I.
NIP.198912292015032007

Penguji II,



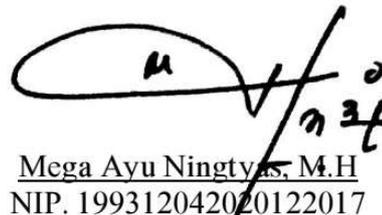
H. Abu Dzarrin Al Hamidy, M.Ag
NIP. 197306042000031005

Penguji III,



Novi Sopwan, M.Si
NIP. 198411212018011002

Penguji IV,



Mega Ayu Ningtyas, M.H
NIP. 199312042020122017

Surabaya, 15 Desember 2021

Menegaskan,

Fakultas Syariah dan Hukum

Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya

Dekan,



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



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN**

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

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Charist Allaist
NIM : C98216026
Fakultas/Jurusan : Syariah dan Hukum/Ilmu Falak
E-mail : Charistallaist789@gmail.com

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

Skripsi Tesis Disertasi Lain-lain (.....)

Yang berjudul:

Uji Akurasi Hasil Perhitungan Gerhana Matahari Metode Nubala Dengan Siaran Live Youtube Time And Date

Beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikan, dan menampilkan/ mempublikasikan 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 saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 15 April 2022

Penulis


Charist Allaist

ABSTRAK

Skripsi dengan judul Uji Akurasi Hasil Perhitungan Gerhana Matahari Metode Nubala Dengan Siaran Live Youtube Time And Date, menjawab dua rumusan masalah, yakni tentang hasil perhitungan gerhana Matahari metode Nubala dan akurasi perhitungan gerhana Matahari metode Nubala dengan siaran *Live Youtube Time and Date*.

Metode penelitian yang digunakan oleh penulis ialah menggunakan penelitian kualitatif. Adapun metode pengumpulan data yang digunakan oleh penulis adalah teknik pengumpulan data penelaahan pustaka (dokumentasi). Melalui beberapa proses pengumpulan data tersebut analisis penelitian ini terbagi menjadi tiga tahapan yakni: 1) Tahap pengumpulan data berupa konsep perhitungan gerhana Matahari metode Nubala, 2) Tahap perhitungan gerhana Matahari metode Nubala, 3) Tahap uji akurasi perhitungan gerhana Matahari metode Nubala.

Hasil penelitian yang dilakukan penulis menyimpulkan, bahwa perhitungan gerhana Matahari metode Nubala dapat dihitung melalui langkah berikut: 1) Melacak jam FIB terkecil ketika terjadinya konjungsi, 2) Mencari Data Matahari dan Bulan pada jam FIB terkecil dan 1 jam sesudahnya melalui software yang menyediakan data ephemeris Matahari dan Bulan. Data tersebut seperti deklinasi Matahari, asensio rekta Matahari, semidiameter Matahari, true geocentric distance Matahari, deklinasi Bulan, asensio rekta Bulan, horizontal paralaks Bulan, dan Sidereal Time, 3) Melakukan perhitungan elemen besel yang akan dihitung dengan menggunakan data Matahari dan Bulan. Data tersebut meliputi X_0 , X_1 , Y_0 , Y_1 , D_0 , D_1 , M_0 , M_1 , L_{10} , L_{11} , L_{20} , L_{21} , $\tan f_1$, dan $\tan f_2$, 4) Menghitung jam puncak gerhana dengan 16 langkah perhitungan yang dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali, 5) Menghitung waktu awal dan akhir total atau cincin dengan 11 langkah perhitungan. Lalu untuk Hasil akurasi perhitungan gerhana Matahari metode Nubala dengan siaran *Live Youtube Time and Date* yang telah dilakukan oleh penulis menghasilkan bahwa dari tiga gerhana Matahari yang disiarkan pada *Youtube Time and Date* rata-rata selisih dari hasil Metode Nubala melalui pengujian tiga gerhana Matahari di live *Youtube Time and Date* memiliki rerata selisih 5.5 detik. 5.5 detik sehingga metode Nubala dalam perhitungan gerhana Matahari masih dikatakan akurat karena selisihnya bernilai rata-rata 5.5 detik, adapun gerhana yang dimaksud adalah gerhana Matahari Total 21 Agustus 2017, gerhana Matahari Total 2 Juli 2019, dan gerhana Matahari Cincin 21 Juni 2020.

Alangkah baiknya pihak dari channel Youtube time and date melakukan live streaming gerhana Matahari pada satu lokasi tempat saja, apabila diinginkan melihat fase gerhana di beda tempat maka patutnya membuat live streaming di tempat yang berbeda sehingga ini dapat memudahkan para peneliti untuk melakukan pengujian akurasi perhitungan gerhana Matahari dari fase kontak awal gerhana hingga akhir gerhana.

DAFTAR ISI

SAMPUL DALAM	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
PENGESAHAN	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TRANSLITERASI	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah dan Batasan Masalah.....	7
C. Rumusan Masalah.....	8
D. Kajian Pustaka.....	9
E. Tujuan Penelitian.....	11
F. Kegunaan Hasil Penelitian	11
G. Definisi Operasional	12
H. Metode Penelitian.....	13
I. Sistematika Penulisan	17
BAB II GERHANA MATAHARI DALAM TINJAUAN SYARIAT DAN SAINS.....	19
A. Pengertian Gerhana Matahari.....	19
B. Gerhana Matahari Perspektif Astronomi	21
C. Ragam Jenis Gerhana Matahari.....	23
D. Siklus Terjadinya Gerhana Matahari	27
E. Dasar Hukum Gerhana Matahari.....	29
F. Metode Observasi Gerhana Matahari.....	33

BAB III	LIVE YOUTUBE TIME AND DATE DAN ALGORITMA PERHITUNGAN GERHANA MATAHARI NUBALA	37
	A. Pengertian <i>Live Youtube</i>	37
	B. Sejarah Berdirinya Time and Date	38
	C. Data yang Dibutuhkan Dalam Algoritma Gerhana Matahari Metode Nubala.....	42
	D. Perhitungan Gerhana Matahari Metode Nubala.....	45
BAB IV	UJI AKURASI HASIL PERHITUNGAN GERHANA MATAHARI METODE NUBALA DENGAN SIARAN LIVE YOUTUBE TIME AND DATE.....	49
	A. Hasil Perhitungan Gerhana Matahari Metode Nubala.....	49
	B. Uji Akurasi Hasil Perhitungan Gerhana Matahari Metode Nubala Dengan Siaran Live Youtube Time And Date	70
BAB V	PENUTUP	80
	A. Kesimpulan	80
	B. Saran	82
	DAFTAR PUSTAKA.....	84
	LAMPIRAN	

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Hasil Kesimpulan Perhitungan Gerhana Matahari Nubala dengan <i>Live Time and Date</i>	31
-----------	---	----



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Wilayah di sekitar titik simpul yang menjadi tempat terjadinya gerhana Matahari	22
Gambar 2.2	Figur Geometri Gerhana Matahari Total.....	24
Gambar 2.3	Foto Keadaan Gerhana Matahari Total 29 Maret 2006 (Dipotret oleh Fred Espenak di Libya)	24
Gambar 2.4	Figur Geometri Gerhana Matahari Cincin.....	25
Gambar 2.5	Foto Keadaan Gerhana Matahari Cincin 03 Oktober 2005 (Dipotret oleh Fred Espenak di Spanyol)	26
Gambar 2.6	Foto Fase Gerhana Matahari Sebagian 26 Desember 2019 (Difoto oleh Udin. A.N. Fathoni di Halaman Masjid Ulul Albab UIN Sunan Ampel Surabaya	27
Gambar 4.1	Hasil perhitungan puncak gerhana di kota Stanley dalam <i>Live YouTube Time and Date</i> menggunakan metode Nubala.....	71
Gambar 4.2	Puncak Gerhana Matahari di Kota Charleston pukul (Momen ketika piringan bulan sudah menutupi seluruh piringan Matahari) 18:47:14 UT	72
Gambar 4.3	Puncak Gerhana Matahari Total 2 Juli 2019 di Kota San Jose de Jachal, Argentina pada pukul 20:41:22 UT.....	73
Gambar 4.4	Hasil dari metode Nubala ketika kontak awal cincin di Kota Sirsa, India pada Gerhana Matahari Cincin 21 Juni 2020 Pukul 06:25:49 UT	75
Gambar 4.5	Hasil dari metode Nubala ketika puncak gerhana di Kota Sirsa, India pada Gerhana Matahari Cincin 21 Juni 2020 Pukul 06:26:25 UT	75
Gambar 4.6	Hasil dari metode Nubala ketika kontak akhir cincin di Kota Sirsa, India pada Gerhana Matahari Cincin 21 Juni 2020 Pukul 06:26:25 UT	76
Gambar 4.7	Keadaan ketika piringan luar Matahari telah tertutup oleh seluruh piringan Bulan terjadi pada pukul 06:26:30 UT di Kota Sirsa, India pada Gerhana Matahari Cincin 21 Juni 2020 Pukul 06:26:30 UT	77

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Ilmu falak merupakan ilmu yang mempelajari seluk-beluk benda-benda langit dari segi bentuk, ukuran, keadaan fisik, posisi, gerakan dan hubungan antara benda satu dengan yang lainnya. Keterangan dari seluk-beluk benda-benda langit tersebut dapat diketahui dari berbagai penyelidikan.¹ Kemudian dari penyelidikan-penyelidikan inilah dapat diketahui fenomena-fenomena alam yang berkaitan dengan ilmu falak salah satunya adalah gerhana.

Gerhana atau dalam astronomi dikenal dengan, *Eclipse* dan dalam bahasa Arab dikenal dengan istilah *Kusuf* atau *Khusuf* merupakan fenomena alam yang disebabkan oleh peredaran benda-benda langit terutama akibat dari peredaran Bumi, Bulan dan Matahari. Pada dasarnya istilah *Kusuf* dan *Khusuf* ini dapat digunakan untuk menyebut gerhana Matahari ataupun gerhana Bulan. Hanya saja kata *Kusuf* lebih dikenal untuk menyebut gerhana Matahari, sedangkan *Khusuf* digunakan untuk menyebut gerhana Bulan.

Alasannya karena *Kusuf* berarti menutupi, dapat digambarkan adanya fenomena alam bahwa ketika dilihat dari Bumi, Bulan menutupi Matahari sehingga terjadilah gerhana Matahari. Sedangkan *Khusuf* berarti memasuki

¹ Abd Salam Nawawi, *Ilmu Falak Praktis* (Surabaya: Imtiyaz, 2016), 2.

menggambarkan fenomena alam bahwa Bulan memasuki bayangan Bumi sehingga terjadilah gerhana Bulan.²

Pada zaman dahulu fenomena gerhana ini sering dikait-kaitkan dengan hal-hal mistis misalnya, di daerah Jawa terjadinya gerhana dipercaya jika Bulan atau Matahari yang mengalami gerhana itu dimakan oleh buto (raksasa) sehingga masyarakat beramai-ramai membuat bunyi-bunyian agar Bulan atau Matahari tidak jadi dimakan raksasa. Kemudian masyarakat juga percaya terjadinya fenomena gerhana ini akan membawa petaka sehingga para wanita yang sedang hamil dianjurkan untuk bersembunyi di bawah kolong tempat tidur, bahkan hewan-hewan peliharaan (sapi, kambing) yang sedang hamilpun perutnya akan ditepuk-tepuk dengan abu agar bayi yang di dalam perut sang induk tidak mati. Mitos tentang terjadinya gerhana ini tidak hanya dipercaya oleh masyarakat di Indonesia.³

Pada zaman Rasulullah saw pun, gerhana juga sering dikait-kaitkan dengan kematian dan kelahiran seseorang.⁴ Hal ini tidak dibenarkan oleh Rasulullah saw sebagaimana sabda beliau:

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

“Sesungguhnya matahari dan bulan adalah dua tanda di antara tanda-tanda kekuasaan Allah. Gerhana ini tidak terjadi karena kematian seseorang atau lahirnya seseorang. Jika melihat hal tersebut maka

² Muhyidin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik* (Yogyakarta: Buana Pustaka 2004), 186.

³ Syaiful Mujab ”Gerhana; Antara Mitos, Sains, dan Islam” *Yudisia*, No. 1 Vol.5 (Juni, 2014), 84.

⁴ Ainul Yaqin dan Fahmi Fatwa Rosyadi ”Hadist gerhana dan Wafatnya Ibrahim ibn Muhammad” *Tahkim*, No.1 Vol.1 (2018), 55.

berdo'alah kepada Allah, bertakbirlah, kerjakanlah shalat dan bersedekahlah." (HR. Bukhari no. 1044)⁵

Pada dasarnya fenomena gerhana merupakan peristiwa tertutupnya objek benda langit yang disebabkan oleh benda langit/objek lain yang melintas didepannya atau berada disatu garis bujur astronomis yang sama. Maka dari itu gerhana Matahari akan terjadi pada saat ijtimak/konjungsi (Bulan baru), dimana Matahari dan Bulan berada pada kedudukan/bujur astronomi yang sama.

Bidang elips lintasan Bumi dengan bidang ekliptika membentuk sudut 23.5° karena kedua bidang ini berhimpit. Sedangkan bidang lintasan Bulan dan bidang ekliptika tidak berhimpit, melainkan membentuk sudut sebesar $5^{\circ}8'$. Oleh karena itu, tidak setiap ijtima'(konjungsi) akan terjadi gerhana Matahari begitu pula tidak setiap istiqlal(oposisi) akan terjadi gerhana Bulan.

Gerhana Matahari dapat terjadi setiap 18 tahun sekali dan disaksikan di semua tempat yang sedang mengalami siang dan hanya tempat yang menerima bayang-bayang Bulan saja yang dapat melihat gerhana Matahari, meskipun demikian bisa saja dalam satu tahun tidak terjadi gerhana Matahari. Maka dari itu diperlukan alat-alat atau perhitungan untuk memprediksi terjadinya gerhana supaya tidak melewatkan fenomena yang tidak selalu terjadi sewaktu-waktu. Meskipun demikian, dalam realitanya fenomena gerhana terlebih gerhana Matahari ini kurang mendapat perhatian yang khusus

⁵ Imam Abi Abdillah Muhammad bin Ismail ibnu Ibrahim bin al Mughirah bin Bardzabah al Bukhari al Jafi'I, *Shahih Bukhari*, Juz 2 (Beirut: Daar al-Fikr, 1986) 87.

oleh masyarakat. Padahal dalam fenomena ini juga terdapat unsur ibadahnya bagi umat muslim seperti sabda Rasulullah saw berikut:

فاذا رأيتومها فكريوا وادعواهللا وصلوا وتصدقوا (رواه البخارى و مسلم عن عائشة)

“Apabila kamu melihatnya (gerhana Matahari atau gerhana Bulan) maka hendaklah kamu bertakbir, berdo’a kepada Allah, melaksanakan salat, dan bersedekah. (HR. Bukhari dan Muslim dari Aisyah)”⁶

Seiring berjalannya waktu fenomena gerhana Matahari ini mulai dijadikan ajang observasi oleh masyarakat, namun masih sangat sedikit yang melakukannya, karena tidak banyak orang yang mengetahui tentang perhitungan atau prediksi gerhana Matahari ini.

Untuk mengetahui jenis-jenis gerhana Matahari dapat dilihat dari posisi piringan Matahari yang memasuki bayangan inti Bulan, maka dari itu gerhana Matahari terbagi menjadi tiga macam, yaitu gerhana Matahari sebagian, gerhana Matahari cincin dan Gerhana Matahari total. Gerhana Matahari sebagian terjadi dimana posisi Bulan berada tidak tepat di tengah-tengah garis antara Matahari dan Bumi, sehingga hanya menutupi sebagian Matahari. Sedangkan gerhana Matahari total terjadi dimana posisi bulan terletak di antara Bumi dan Matahari sehingga terlihat menutup sebagian atau seluruh cahaya Matahari di langit Bumi, sedangkan gerhana Matahari cincin tidak jauh berbeda dengan gerhana Matahari total, namun yang membedakan yaitu ukuran bulan lebih kecil sehingga tidak seluruh permukaan Bulan mampu menutup semua permukaan Matahari.⁷

⁶ Ibid. 87.

⁷ Ibid., 88.

Pada dasarnya perhitungan gerhana Matahari adalah menghitung waktu yaitu kapan atau jam berapa terjadi kontak gerhana Matahari. Untuk gerhana Matahari total akan terjadi 4 kali kontak yaitu:

1. Kontak pertama adalah ketika piringan Matahari mulai menyentuh masuk pada bayangan Bulan. Pada posisi ini waktu dimulainya terjadi gerhana;
2. Kontak kedua adalah ketika seluruh piringan Matahari sudah memasuki bayangan Bulan. Pada posisi ini gerhana Matahari total dimulai;
3. Kontak ketiga adalah ketika piringan Matahari mulai menyentuh untuk keluar dari bayangan Bulan, pada posisi ini gerhana Matahari total akan berakhir;
4. Kontak keempat adalah ketika seluruh piringan Matahari sudah keluar dari bayang Bulan. Pada posisi ini waktu gerhana telah berakhir.

Sedangkan pada gerhana Matahari sebagian hanya dua kali kontak yaitu:

1. Kontak pertama adalah ketika piringan Matahari mulai menyentuh masuk pada bayangan Bulan. Pada posisi ini waktu gerhana dimulai;
2. Kontak kedua adalah ketika piringan Matahari sudah keluar dari bayangan Bulan. Pada posisi ini waktu Gerhana sebagian berakhir.⁸

Guna memprediksi fenomena gerhana Matahari yang tidak selalu terjadi dalam kurun waktu 1 tahun dibutuhkan kecermatan dalam perhitungannya. Biasanya untuk menghitung (memprediksi) gerhana

⁸ Muhyidin khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan...*, 85.

Matahari kebanyakan orang masih menggunakan kitab-kitab klasik seperti *Al-Dur Al-Aniq*, *Nūrul Anwār* dan lain sebagainya. Selain mengacu pada kitab-kitab klasik biasanya orang-orang sering menggunakan kalkulator *saintific*, Kalkulator Program, Microsoft Excel, atau software Visual Basic dan lain sebagainya untuk membantu perhitungan mereka.

Akan tetapi ada salah satu metode perhitungan gerhana Matahari yang mudah digunakan namun mempunyai tingkat akurasi yang tinggi, yaitu algoritma Nubala. Nubala menggunakan teori besel untuk melakukan perhitungan gerhana Matahari sehingga tingkat akurasinya tidak diragukan lagi.

Dalam algoritma Nubala perhitungan gerhana Matahari, untuk menentukan terjadinya gerhana Matahari ada banyak sekali langkah-langkah perhitungan mulai dari langkah pertama yaitu menentukan perkiraan tahun, menghitung JD (Julian Day) yang dalam buku ini di ibaratkan sebagai Delta T, lalu sampai langkah terakhir yaitu menghitung akhir fase penumbra. Maksud Julian day yaitu Julian day atau hari Julian merupakan hitungan hari yang digunakan oleh para astronom sejak periode Julian. Angka Julian day adalah bilangan bulat yang ditetapkan untuk keseluruhan hari Matahari dalam hari Julian dihitung mulai siang waktu universa, dimana angka 0 pada hari Julian ditetapkan untuk hari terhitung siang pada tanggal 1 Januari 4713 SM kalender Julian atau 24 Noveber 4714 SM kalender Gregorius.

Kemudian dalam penelitian ini algoritma Nubala yang biasa dilakukan dengan menggunakan Microsoft Excel akan dipadukan dengan salah satu

fenomena alam yang berada di rekaman ulang kejadian gerhana Matahari di media video *YouTube*.

YouTube adalah salah satu media sosial dengan situs web yang menyediakan berbagai macam video mulai dari video clip sampai film, serta video-video yang dibuat oleh pengguna *YouTube* itu sendiri, dalam hal ini perbandingan yang digunakan dalam perhitungan gerhana Matahari yaitu kejadian alam yang terekam oleh media *YouTube* dengan cara melihat apakah jam atau menit yang ada di *YouTube* sudah sesuai dengan perhitungan gerhana Matahari metode nubala, cara ini yang dinamakan dengan cara *time and date*.

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut penulis menganggap bahwasanya penelitian tentang perhitungan gerhana Matahari ini penting sebagai penambahan wawasan atau pengetahuan ilmu falak bagi masyarakat. Selain itu sejauh pengetahuan penulis penelitian tentang perhitungan gerhana Matahari metode Nubala yang di bandingkan dengan kejadian yang nyata pada video tayang ulang kejadian gerhana Matahari ini juga belum pernah dilakukan. Hal inilah yang menarik minat penulis untuk membahasnya dengan judul Uji Akurasi Perhitungan Gerhana Matahari Metode Nubala Dalam Siaran *Live Youtube Time And Date*.

B. Identifikasi Masalah dan Batasan Masalah

Sesuai dengan latar belakang di atas penulis mengidentifikasi adanya masalah diantaranya sebagai berikut:

1. Kejadian atau fenomena alam sering di kaitkan dengan hal mistis.
2. Mitos masyarakat Indonesia tentang gerhana yang meresahkan
3. Banyak masyarakat yang melewatkan kejadian terjadinya gerhana
4. Adanya perhitungan gerhana Matahari menggunakan metode baru
5. Hasil perhitungan gerhana Matahari metode Nubala
6. Uji akurasi perhitungan gerhana Matahari metode Nubala dalam siaran
Live Youtube Time and Date

Melihat identifikasi masalah yang ada, penulis hanya mengambil dua masalah untuk dijadikan batasan masalah, agar pembahasan dalam penelitian ini tidak terlalu luas, adapun batasan masalah tersebut sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan gerhana Matahari metode Nubala
2. Uji akurasi perhitungan gerhana Matahari metode Nubala dalam siaran
Live Youtube Time and Date

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi dan batasan masalah di atas dapat di tarik rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil perhitungan gerhana Matahari metode Nubala?
2. Bagaimana uji akurasi perhitungan gerhana Matahari metode Nubala dengan siaran *Live Youtube Time and Date*?

D. Kajian Pustaka

Kajian pustaka merupakan deskripsi ringkas tentang penelitian atau kajian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya yang berkaitan dengan masalah yang akan diangkat oleh penulis, serta menghubungkan penelitian dengan literatur-literatur yang ada dan mengisi celah-celah penelitian sebelumnya.⁹ Kemudian isinya nanti dapat dilihat bahwa kajian yang dilakukan oleh penulis bukan merupakan pengulangan atau duplikasi dari kajian atau penelitian yang sudah ada.¹⁰ Sejauh penelusuran penulis ditemukan beberapa penelitian yang berkaitan dengan perhitungan gerhana Bulan dan Matahari yang mengukur tingkat akurasi suatu metode perhitungan, namun belum ada yang membahas tentang perhitungan gerhana Matahari metode Nubala. Berikut kajian pustaka yang akan penulis paparkan, diantaranya adalah:

1. Skripsi yang ditulis oleh Khotibul Umam yang berjudul Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari Dalam Kitab Irsyād Al-Murīd.¹¹ Dalam skripsinya, Khotibul Umam menyimpulkan bahwa bahwa kitab Irsyād Al-Murīd merupakan kitab yang tergolong memakai hisab hakiki tahkiki kontemporer. kitab tersebut menggunakan rumus-rumus yang langsung dioperasikan tanpa harus melihat ke jadwal atau tabel. Adapun dari segi

⁹ John W. Creswell, *Research Design Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif dan Mixed* (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2014), 40.

¹⁰ Fakultas Syariah UIN Sunan Ampel Surabaya, *Petunjuk Teknis Penulisan Skripsi*. (Surabaya, 2017), 8.

¹¹ Khotibul Umam, “Metode Hisab Gerhana Matahari Dalam Kitab Irsyad Al Murid” Skripsi—UIN Walisongo Semarang, 2014).

akurasiya maka kitab *Irsyâd al-Murîd* karangan KH. Ahmad Ghozali ini sudah termasuk akurat dan dapat dijadikan pedoman dalam menentukan waktu gerhana Matahari karena selisih hasil perhitungan kitab *Irsyâd al-Murîd* dengan hasil NASA hanya berbeda tipis, yakni rata-rata selisihnya antara 1-2 menit.

2. Skripsi yang ditulis oleh Muhammad Farih Al Husna yang berjudul *Studi Analisis Program Tracking Gerhana Matahari Karya Muhammad Wasil*.¹² Dalam skripsinya Muhammad Farih menyimpulkan bahwa algoritma Program Tracking Gerhana Matahari memiliki akurasi yang tinggi dalam segi prediksi waktu dan tidak akurat dalam prediksi koordinat lokasi jika dibandingkan dengan tolak ukur NASA. Secara pandangan hukum Islam program ini boleh atau sah digunakan untuk memperkirakan waktu terjadinya gerhana Matahari.
3. Skripsi yang ditulis oleh Ehsan Hidayat yang berjudul *Analisis Pola Gerhana Matahari Ditinjau Dari Kriteria Nilai Argumen Lintang Bulan (F), Gamma (y), Dan Magnitudo (u)*.¹³ Dalam skripsinya Ehsan Hidayat menyimpulkan bahwa secara umum pola gerhana Matahari yang terbentuk berdasarkan periode saros adalah hampir memberikan pola sama, baik jumlah setiap tahun maupun jenisnya dengan kata lain polanya tidak beraturan dikarenakan kontribusi gamma dan magnitudo tersebut

¹² Muhammad Farih Al Husna, “Studi Analisis Program *Tracking Gerhana Matahari Karya Muhammad Wasil*” Skripsi—UIN Walisongo Semarang, 2019).

¹³ Ehsan Hidayat, “Analisis Pola Gerhana Matahari Ditinjau dari Kriteria Nilai Argumen Lintang Bulan (F), Gamma (y), dan Magnitudo (u)” Skripsi—UIN Walisongo Semarang, 2017).

tidak beraturan dalam hal selisih angka. Akurasi yang didapat dari algoritma Jean Mecus juga sudah tidak diragukan karena dalam beberapa periode saros memberikan hasil sama dengan data gerhana yang diberikan oleh NASA.

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, secara garis besar tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui hasil perhitungan gerhana Matahari metode Nubala
2. Untuk mengetahui uji akurasi perhitungan gerhana Matahari metode Nubala dalam siaran *Live Youtube Time and Date*

F. Kegunaan Hasil Penelitian

Dalam penelitian yang dilakukan oleh peneliti, diharapkan memiliki kegunaan baik secara teoritis maupun praktis.

1. Aspek Teoritis

Diharapkan dari hasil penelitian ini dapat memberikan sumbangan (manfaat) secara teoritis, yaitu untuk pengembangan ilmu falak seluruh Indonesia khususnya UIN Sunan Ampel Surabaya

2. Aspek Praktis

Secara praktis hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi masyarakat tentang perhitungan Gerhana Matahari untuk mengukur

tingkat akurasi suatu metode dibuktikan dengan beberapa video kejadian gerhana di seluruh dunia.

G. Definisi Operasional

Definisi Operasional memuat penjelasan tentang pengertian yang bersifat operasional dari konsep atau variabel penelitian sehingga dapat dijadikan acuan dalam menelusuri, menguji atau mengukur variabel yang dibuat dalam penelitian.¹⁴ Oleh karena itu sebelum membahas penelitian yang akan diteliti, penulis akan menjelaskan tentang judul penelitian dari permasalahan yang akan dibahas oleh penulis. Hal ini ditujukan agar penelitian ini mudah dipahami oleh pembaca. Adapun judul yang diangkat oleh penulis adalah “Uji Akurasi Perhitungan Gerhana Matahari Metode Nubala Dalam Siaran *Live Youtube Time And Date*”. Adapun variabel yang sesuai dengan judul penulis yaitu:

1. Gerhana Matahari

Gerhana Matahari adalah peristiwa alam yang terjadi ketika Bulan bergerak dalam orbitnya, antara Bumi dan Matahari (yang dikenal dengan okultasi). Gerhana ini terjadi di Bulan baru, ketika Matahari dan Bulan berada dalam konjungsi satu sama lain.¹⁵ Dalam penelitian ini yang akan dibahas tentang gerhana Matahari yaitu dari segi perhitungannya. Tahun 2016, 2019, 2021

¹⁴ Fakultas Syariah UIN Sunan Ampel Surabaya, *Petunjuk Teknis Penulisan Skripsi* (Surabaya: 2017), 9.

¹⁵ Ayudiah Pitaloka, *Bumi dan Tata Surya* (Jakarta: PT. Gading Prima. 2011), 13.

2. Metode Nubala

Metode Nubala merupakan salah satu metode perhitungan yang hampir memiliki kesamaan dengan metode perhitungan gerhana metode *Al-Dur Al-Aniq*, metode ini memiliki tingkat akurasi yang tinggi dengan menggunakan konsep *besselian*, metode ini ditemukan oleh bapak Ali Mustofa Kediri. Dalam algoritma Nubala perhitungan gerhana Matahari, untuk menentukan terjadinya gerhana Matahari terdapat banyak langkah perhitungan mulai dari langkah pertama yaitu menentukan perkiraan tahun, menghitung JD (*Julian Day*) yang dalam buku ini diibaratkan sebagai Delta T, hingga langkah terakhir yaitu menghitung akhir fase penumbra.

3. *Live Youtube Time And Date*

Live Youtube Time And Date adalah media yang digunakan untuk melihat kejadian atau fenomena terjadinya gerhana Matahari. Dalam siarannya media ini menampilkan data, jam, dan menit kejadian gerhana Matahari di beberapa waktu yang lalu, dalam hal ini peneliti mengambil data 7 kali kejadian gerhana Matahari di beberapa tahun terakhir di seluruh dunia.

H. Metode Penelitian

Guna memudahkan proses penelitian diperlukan adanya metode penelitian. Berdasarkan latar belakang diatas penulis menggunakan metode

kualiatatif yaitu penelitian yang tidak diperoleh dari prosedur statistik atau bentuk hitungan.¹⁶

1. Jenis penelitian

Untuk jenis penelitian ini penulis menggunakan studi pustaka (*library research*). Metode penelitian kepustakaan ini bersifat deskriptif analitik, aritmatik dan aplikatif, yang bertujuan untuk menganalisa data-data baik yang bersumber dari buku-buku ataupun literatur. Riset/studi pustaka tidak hanya membaca dan mencatat literatur atau buku-buku. Jadi riset pustaka/studi pustaka/studi dokumen merupakan serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data, pustaka, mencatat serta mengolah bahan penelitian.¹⁷

2. Data yang dikumpulkan

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini yaitu data tentang perhitungan gerhana Matahari metode Nubala dan data tentang video gerhana Matahari yang di ambil dari *youtube*.

3. Sumber data

a. Sumber primer

Sumber Primer yaitu referensi atau rujukan utama untuk mendapatkan informasi penting yang berkaitan dengan penelitian.

Sumber data primer ini meliputi:

- 1) Buku Ali Mustofa Kediri yang berjudul “Ilmu Falak Nubala”

¹⁶ Eko Sugiarto, *Menyusun Proposal Penelitian Kualitatif, Skripsi dan Tesis* (Yogyakarta: Suaka Media, 2015), 8.

¹⁷ Mestika Zed, *Metode Penelitian Kepustakaan* (Jakarta: Yayasan Obor Indonesia, tt), 3.

- 2) Link *youtube* fenomena gerhana Matahari di Argentina
 “<https://www.youtube.com/watch?v=vmVLIDq9wok>”

b. Sumber sekunder

Sumber sekunder merupakan referensi tambahan yang digunakan untuk menunjang keberhasilan dari penelitian yang akan bersifat memperkuat argument. Sumber-sumber data sekunder diantaranya:

- 1) Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik oleh Muhyidin Khazin;
- 2) Ilmu Falak Praktik oleh Kementrian Agama.
- 3) Jurnal, Internet, dan beberapa buku ilmu falak yang membahas tentang gerhana Matahari.

4. Teknik pengumpulan data

Teknik pengumpulan data merupakan teknik atau cara dalam penelitian untuk mengumpulkan data. Dalam penelitian ini penulis menggunakan teknik pengumpulan data penelaahan pustaka (dokumentasi). Penelaahan pustaka yaitu kajian kritis atas pembahasan suatu topik yang sudah ditulis oleh para peneliti atau ilmuwan yang terakreditasi (sudah diakui kepakarannya).

Penelaahan pustaka adalah salah satu cara pengumpulan data yang mengumpulkan dokumen-dokumen sebagai sumber data.¹⁸ Metode ini digunakan untuk mendapatkan gambaran tentang objek penelitian, serta

¹⁸ Arikunto Suharsimi, *Metodologi Penelitian* (Yogyakarta: Bina Aksara, 2006), 177.

hal-hal yang menyangkut penelitian, sehingga dengan metode ini diharapkan gambaran kongkrit pada penelitian dapat dilihat dengan jelas.

5. Teknik analisis data

Metode analisis data merupakan kegiatan yang mempelajari data yang sudah terkumpul dalam penarikan kesimpulan yang merupakan jawaban atas masalah atau pertanyaan yang dapat diangkat dalam penelitian.¹⁹

a. Tahap pengumpulan data

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

b. Tahap perhitungan Gerhana

Pada tahap ini penulis mulai masuk dalam membuat langkah-langkah perhitungan gerhana Matahari dengan program Microsoft Excel untuk mempermudah dan mempercepat kinerja dalam perhitungan dan dibuktikan dengan perhitungan manual.

¹⁹ Irfan Tamwif, *Metode Penelitian*.(Sidoarjo: CV Intan XII 2014) 240

c. Tahap uji akurasi

Pada tahap ini penulis akan melakukan eksekusi terhadap perhitungan yang telah dibuat lalu dibandingkan dengan hasil rekaman video *Youtube* tentang pergerakan atau fenomena terjadinya gerhana Matahari, dari analisis tersebut dapat ditarik kesimpulannya.

I. **Sistematika Pembahasan**

Agar memudahkan dalam memahami dan mempelajari penelitian ini maka perlu dijelaskan mengenai sistematika pembahasan penelitian. Secara garis besar penulisan penelitian dibagi menjadi 5 (lima) bab. Dalam setiap bab terdiri dari sub-sub pembahasan. Sistematika pembahasan penelitian adalah sebagai berikut:

Bab Pertama Pendahuluan. Dalam bab ini memuat latar belakang masalah, identifikasi dan batasan masalah, rumusan masalah, kajian pustaka, tujuan penelitian, kegunaan hasil penelitian, definisi operasional, metodologi penelitian dan sistematika pembahasan.

Bab Kedua Gerhana Matahari Dalam Tinjauan Syariat dan Sains Dalam bab ini membahas landasan teori yang digunakan. Berisi tentang definisi gerhana Matahari, pengertian gerhana Matahari dalam tinjauan Ilmu Falak, pengertian gerhana Matahari dalam tinjauan Sains (Astronomi), dan metode observasi gerhana Matahari.

Bab Ketiga *Live Youtube Time And Date* dan Algoritma Perhitungan Gerhana Matahari Nubala. Dalam bab ini akan dibahas mengenai Pengertian *Live Youtube*, Cara menggunakan *Live Youtube Time And Date*, data yang akan digunakan dalam perhitungan Gerhana matahari Nubala, perhitungan.

Bab Keempat Uji Akurasi Perhitungan Gerhana Matahari Metode Nubala Dalam Siaran *Live Youtube Time And Date*. Dalam bab ini akan membahas analisa terhadap hasil perhitungan Gerhana Matahari metode Nubala dan Uji Akurasi Perhitungan Gerhana Matahari Metode Nubala Dalam Siaran *Live Youtube Time And Date*.

Bab Kelima Penutup. Bab ini merupakan penutup dimana didalamnya berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti. Pada bab ini juga akan disampaikan saran yang diberikan oleh peneliti terkait penelitian yang dilakukan. Dengan adanya penutup yang dijelaskan sebagai bentuk akhir penulisan dalam penelitian.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB II

GERHANA MATAHARI DALAM TINJAUAN SYARIAT DAN SAINS

A. Pengertian Gerhana Matahari

Kata “Gerhana” didalam Kamus Besar Bahasa Indonesia dimaknai “gelap sebagian atau seluruhnya dilihat dari Bumi; eklips.”²⁰ Kemudian kalimat “Gerhana Matahari” didalam Kamus Besar Bahasa Indonesia dimaknai dengan “saat Bulan terletak di tengah-tengah jarak antara Bumi dan Matahari sehingga bayangan Bulan jatuh ke permukaan Bumi. Kata “*eclipse*” dalam bahasa Inggris sering digunakan dalam penyebutan gerhana. Pada umumnya penyebutan “*eclipse of the sun*” untuk gerhana Matahari, dan “*eclipse of the moon*” untuk penyebutan gerhana Bulan atau juga “*solar eclipse*” untuk gerhana Matahari dan “*lunar eclipse*” penyebutan untuk gerhana Bulan.²¹

Kata “gerhana” didalam bahasa Arab dibedakan menjadi dua penyebutan istilah, yaitu كَسَفَ وَكُسُوفًا – كَسَفَ yang berarti “menutupi”, dan اِنكسَافُ الشَّمْسِ – كَسَفَ وَكُسُوفًا yang berarti menenggelamkan. Kalimat اِنكسَافُ الشَّمْسِ memiliki arti gerhana Matahari kemudian kalimat اِنكسَافُ الْقَمَرِ yang memiliki arti gerhana Bulan.²² Penyebutan gerhana Matahari lebih sering menggunakan kata *kusūf* sedangkan untuk gerhana Bulan lebih sering

²⁰ Dadang Sunendar, et al., Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Edisi V 0.2.1 Beta (2016).

²¹ Ahmad Izzuddin, *Fiqh Hisab Rukyah* (Jakarta: Erlangga, 2007), 41.

²² Ahmad Warson Munawwir, *Al-Munawwir Kamus Arab-Indonesia* (Surabaya: Pustaka Progressif, 1997), 339 dan 1209.

menggunakan kata *khusūf*.²³ Dari beberapa pengertian diatas maka kita dapat memberikan sebuah kesimpulan bahwa kalimat “gerhana” menurut bahasa ialah hilangnya sinar atau cahaya dari suatu benda dikarenakan keadaannya yang ditutupi oleh benda lainnya. Fenomena gerhana yang terjadi di Bumi ini sejatinya terjadi karena keterkaitan antara tiga benda langit, yakni: Matahari, Bulan, dan Bumi.²⁴

Kemudian arti dari gerhana Matahari menurut istilah yang disampaikan oleh beberapa ahli falak dan astronomi melalui beberapa karyanya diantaranya ialah. Pertama, pendapat gerhana Matahari dari Muhammad Hadi Bashori yang menyatakan bahwa gerhana Matahari merupakan sebuah peristiwa yang terjadi akibat terhalangnya cahaya suatu benda oleh benda lainnya, konteksnya secara astronomi ialah cahaya Matahari yang terhalang oleh keadaan Bulan.²⁵

Lalu Muhyiddin Khazin didalam kamus falaknya yang memaknai gerhana Matahari ialah piringan Bulan yang menutupi piringan Bumi, yang mana peristiwa ini dapat terjadi dan diamati jika pengamat dari Bumi baik sebagian atau secara keseluruhan.²⁶

²³ Alimuddin, Jurnal Ilmiah : *Gerhana Matahari Perspektif Astronomi* (Makassar : Al-Daulah, 2014), 72.

²⁴ Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, *Astronomi Islam* (Medan: UMSU Press, 2015), 108.

²⁵ Muhammad Hadi Bashori, *Pengantar Ilmu Falak* (Jakarta: Pustaka Al-Kautsar, 2015), 225.

²⁶ Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak* (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005), 45-47

B. Gerhana Matahari Perspektif Astronomi

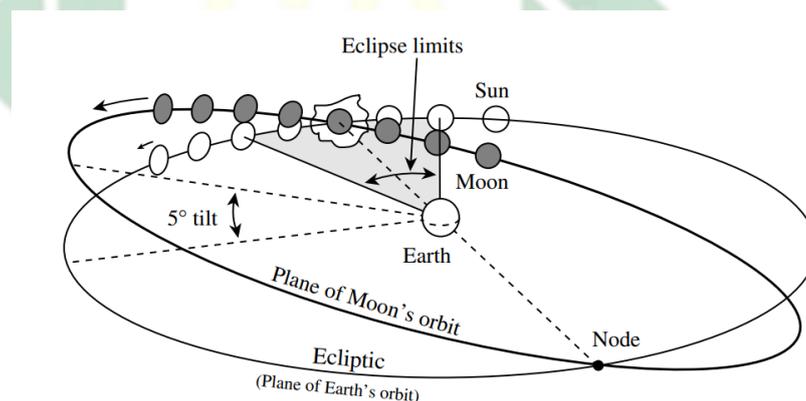
Apabila ditinjau secara astronomi peristiwa gerhana Matahari ini berkenaan dengan adanya perputaran Bulan mengelilingi Bumi selama 29.5306 hari yang menyebabkan Bulan memiliki beberapa fase, fase-fase tersebut diantaranya adalah:

1. *New Moon* (Bulan Baru)
2. *New Crescent* (Sabit Awal)
3. *First Quarter* (Kuartal Pertama)
4. *Waxing Gibbous* (Cembung Awal)
5. *Full Moon* (Purnama)
6. *Waning Gibbous* (Cembung Akhir)
7. *Third Quarter* (Kuartal Ketiga)
8. *Waning Crescent* (Bulan Sabit Akhir)
9. *New Moon* (Bulan Baru)

Fase yang dikenal dengan *New Moon* atau Bulan baru ini tidak bisa kita lihat dikarenakan posisi Bulan yang sangat berdekatan dengan Matahari sehingga cahaya dari Bulan akan kalah terang dari cahaya Matahari. Orbit Bulan yang membentuk lintasan yang tidak sejajar dengan bidang lintasan Bumi, sehingga antara lintasan Bulan dengan Bumi membentuk sudut yang nilainya sekitar 5.8° .²⁷ Sudut ini dikenal dengan sudut inklinasi, yakni perpotongan antara lingkaran orbit Bulan dengan lintasan Bumi dengan

²⁷ Mark Littmann, et al., *Totality Eclipses of The Sun* (New York: Oxford University Press, 2008), 26.

membentuk dua titik yang dinamakan titik simpul. Titik simpul pertama dinamakan titik simpul atas atau “*ascending node*”, titik simpul kedua dinamakan titik simpul bawah atau “*descending node*”. Ketika posisi Matahari dan Bulan berada di dua wilayah titik simpul ini dan berdekatan disaat terjadinya konjungsi, maka gerhana Matahari akan terjadi. Maka dengan demikian peristiwa gerhana Matahari tidak selalu terjadi di setiap terjadinya konjungsi atau ijtimak, melainkan hanya terjadi ketika ijtimak antara Matahari dan Bulan berada didalam wilayah dua titik simpul ini.²⁸



Gambar 2.1. Wilayah di sekitar titik simpul yang menjadi tempat terjadinya gerhana Matahari²⁹

Peristiwa gerhana Matahari melalui gambar diatas digambarkan bahwa kedudukan Bulan berada diantara Matahari dan Bumi. Di posisi ini cahaya Matahari yang datang ke Bumi akan terhalang oleh posisi Bulan yang berada diantara keduanya. Cahaya Matahari yang terhalang oleh posisi Bulan akan menyebabkan munculnya bayangan Bulan yang jatuh ke Bumi. Ukuran

²⁸ Mark Littmann, et al., *Totality Eclipses* ..., 13.

²⁹ Ibid.

Matahari yang besar inilah yang menyebabkan bayangan Bulan selalu berbentuk kerucut yang hanya jatuh di beberapa permukaan Bumi saja. Maka dengan demikian tidak semua lokasi di Bumi dapat menyaksikan gerhana Matahari, hanya lokasi yang menerima bayang-bayang Bulan saja yang dapat mengalami gerhana Matahari.³⁰

C. Ragam Jenis Gerhana Matahari

Telah dijelaskan di sebelumnya bahwa munculnya bayangan Bulan yang jatuh ke Bumi dengan bentuk kerucut akan berdampak pada gerhana Matahari yang tidak dapat disaksikan di seluruh lokasi, hanya di suatu tempat saja yang menerima bayangan kerucut Bulan yang dapat menyaksikan gerhana Matahari dengan salah satu dari empat jenis gerhana Matahari yang ada.

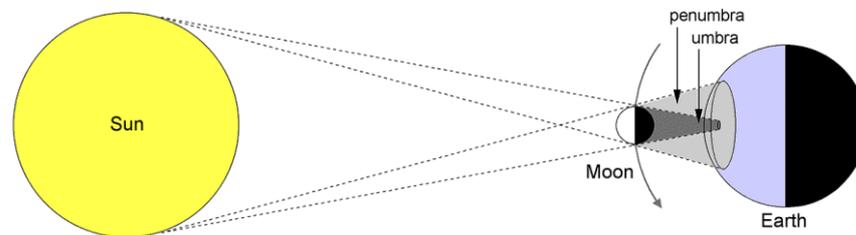
1. Gerhana Matahari total / *Total solar eclipse*

Gerhana Matahari total atau sempurna adalah peristiwa yang terjadi ketika posisi Matahari-Bulan-Bumi berada pada satu garis lurus dan posisi Bulan ini dekat dengan Bumi, atau istilah astronominya ketika Bulan berada di posisi *perigee*.³¹ Meskipun ukuran Bulan sebenarnya lebih kecil ketimbang Matahari, namun sebab jarak Bumi ke Bulan lebih dekat ketimbang jarak Bumi ke Matahari, maka Bulan bisa sepenuhnya menutupi seluruh piringan dari Matahari. Pada peristiwa ini, bayangan

³⁰ Alan Maghfuri, *Algoritma Gerhana: Kajian Mengenai Perhitungan Gerhana Matahari dengan Data Ephemeris Hisab Rukyat* (Malang: Madza Media, 2020), 21.

³¹ *Perigee*, bahasa Yunani *Peri*: Dekat dan *Go*: Bumi

kerucut (umbra) Bulan menjadi panjang dan dapat menyentuh permukaan Bumi.



Gambar 2.2. Figur Geometri Gerhana Matahari Total.³²



Gambar 2.3. Foto Keadaan Gerhana Matahari Total 29 Maret 2006 (Dipotret oleh Fred Espenak di Libya)³³

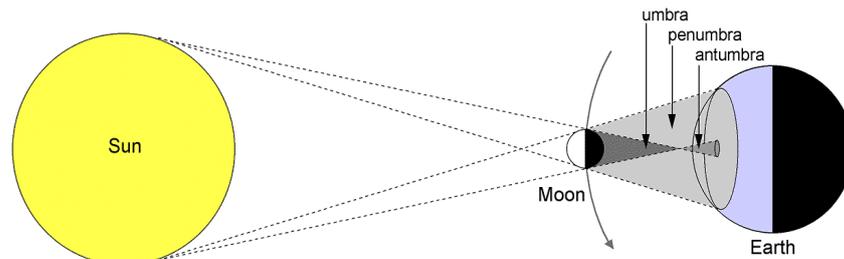
2. Gerhana Matahari cincin / *Annular solar eclipse*

Gerhana Matahari cincin ialah peristiwa ketika posisi Bumi-Bulan-Matahari berada pada satu garis lurus dan posisi Bulan berada di posisi terjauh dari Bumi. Pada posisi ini bayangan kerucut (umbra) Bulan menjadi pendek dan tidak dapat menyentuh permukaan Bumi. Dari jarak Bumi ke Bulan yang jauh ini maka akan menyebabkan diameter Bulan

³² Fred Espenak, *Solar Eclipse Basics*, dalam <http://eclipsewise.com/solar/SEhelp/SEbasics.html>, diakses pada 15 Juni 2021

³³ Fred Espenak, *Solar Eclipse Basics*, dalam <http://eclipsewise.com/solar/SEhelp/SEbasics.html>, diakses pada 15 Juni 2021

terlihat lebih kecil ketimbang diameter Matahari, sehingga ada bagian tepi piringan Matahari yang dapat dilihat apabila pengamat berada di Bumi.



Gambar 2.4. Figur Geometri Gerhana Matahari Cincin.³⁴

Untuk gerhana Matahari total serta cincin didalamnya terdapat empat kontak gerhana, yakni: ketika piringan Bulan menyentuh piringan Matahari (waktu dimulainya gerhana). Kedua, saat seluruh piringan Matahari menutupi piringan Matahari (waktu mulai total). Ketiga, ketika piringan Bulan mulai bersentuhan dikala piringan tersebut keluar dari piringan Matahari (waktu akhir total). Keempat, yakni ketika seluruh piringan Bulan sudah keluar dari piringan Matahari (waktu gerhana telah berakhir).

³⁴ Fred Espenak, *Solar Eclipse Basics*, dalam <http://eclipsewise.com/solar/SEhelp/SEbasics.html>, diakses pada 15 Juni 2021



Gambar 2.5. Foto Keadaan Gerhana Matahari Cincin 03 Oktober 2005 (Dipotret oleh Fred Espenak di Spanyol)³⁵

3. Gerhana Matahari hibrid / *Annular-Solar Eclipse*

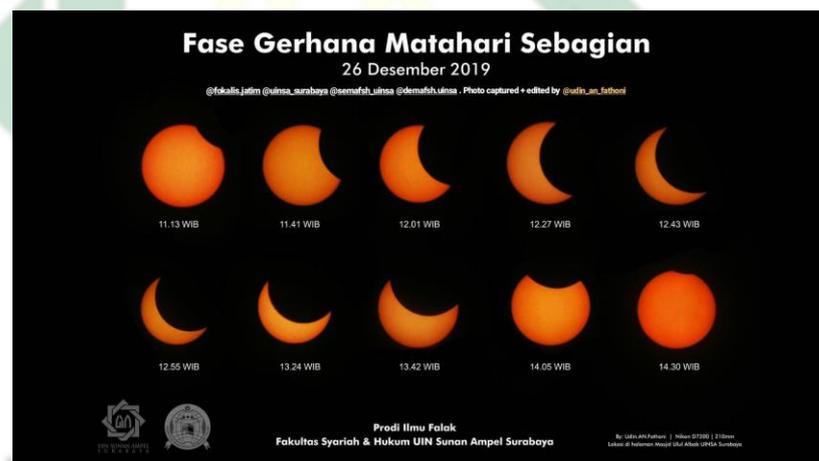
Ini merupakan gerhana yang digabungkan atas dua jenis gerhana, yakni gerhana Matahari total dan gerhana Matahari cincin. Ini terjadi ketika di suatu daerah dipermukaan Bumi terlihat total, tetapi di daerah lain terlihat sebagai gerhana Matahari cincin. Hal ini disebabkan oleh pertengahan gerhana, puncak bayangan Bulan menyentuh lengkungan Bumi yang tinggi hingga terlihat di suatu daerah sebagai gerhana Matahari total. Sementara di waktu yang bersamaan, di sebelah Barat dan Timur permukaan Bumi yang rendah yang sampai hanya perpanjangan dari bayangan inti atau (antumbra), hingga terlihat sebagai gerhana cincin.³⁶

³⁵ Fred Espenak, *Solar Eclipse Basics*, dalam <http://eclipsewise.com/solar/SEhelp/SEbasics.html>, diakses pada 15 Juni 2021

³⁶ Abu Sabda, *Ilmu Falak: Rumusan Syar'i & Astronomi Seri 02* (Bandung: Persipers, 2019), 127-128.

4. Gerhana Matahari sebagian / *Partial Solar Eclipse*

Gerhana Matahari sebagian merupakan peristiwa ketika posisi keadaan Bulan dengan Bumi pada jarak yang dekat, sehingga bayangan kerucut (umbra) Bulan menjadi panjang dan dapat menyentuh permukaan Bumi, namun Bumi-Bulan-Matahari tidak tepat pada satu garis yang sejajar. Pada gerhana sebagian hanya terjadi dua kontak yakni ketika piringan Bulan mulai menyentuh Bulan (waktu mulai gerhana), serta ketika piringan Bulan sudah keluar dari piringan Matahari (waktu gerhana sebagian berakhir).



Gambar 2.6. Foto Fase Gerhana Matahari Sebagian 26 Desember 2019 (Difoto oleh Udin. A.N. Fathoni di Halaman Masjid Ulul Albab UIN Sunan Ampel Surabaya)

D. Siklus Terjadinya Gerhana Matahari

Dalam satu tahun kalender Masehi, yakni dari 1 Januari hingga 31 Desember peristiwa gerhana Matahari terjadi minimal 2 kali dan maksimal terjadi 5 kali. Jumlah maksimum 5 kali gerhana dalam satu tahun merupakan peristiwa yang langka. Tercatat didalam sejarah bahwa tahun-tahun yang

didalamnya mengalami 5 kali gerhana hanya terdapat 14 tahun saja tahun ini dihitung dari 600 Sebelum Masehi – 3400 Masehi. Antara tahun tersebut yang didalamnya mengalami lima kali gerhana dalam satu tahun adalah tahun 596 SM, 503 SM, -438 SM, -373 SM, 1255 M, 1805 M, 1935 M, 2206 M, 2709 M, 2774 M, 2839 M, 2904 M, 3925 M, dan 3360 M.³⁷

Terjadinya peristiwa gerhana Matahari dapat ditandai dengan menggunakan suatu siklus, dikarenakan gerhana Matahari terjadi secara berkala. Siklus yang paling umum digunakan ialah siklus saros. Siklus saros ini merupakan siklus yang menandai gerhana Matahari dengan tipe gerhana yang sama akan terulang kembali setelah 6585,32 hari atau sekitar 19 tahun, 11 hari dan 8 jam. Rentang waktu ini dibentuk melalui perpaduan tiga periode Bulan, yakni Bulan sinodis. Bulan sinodis merupakan periode Bulan yang dihitung dari satu ijtimak ke ijtimak selanjutnya atau dari satu fase ke fase berikutnya dengan lama periode 29 hari 12 jam 44 menit. Kemudian periode drakonis, yang merupakan waktu yang dibutuhkan Bulan untuk kembali dari satu titik simpul ke titik simpul yang sama dengan lama periode 27 hari 5 jam 6 menit. Terakhir ialah periode anomalis, yakni periode atau waktu yang dibutuhkan Bulan untuk berpindah dari *apogee* ke *perigee* hingga kembali ke *apogee* lagi dengan lama waktu 27 hari 13 jam 19 menit. Bertemunya kembali tiga periode Bulan di ataslah yang disebut dengan siklus saros yang membutuhkan 18 tahun 11 hari dan 8 jam.

³⁷ Alan Maghfuri, *Algoritma Gerhana...*, 25.

E. Dasar Hukum Gerhana Matahari

Terkait dengan dasar hukum gerhana Matahari maka didalam Alquran dan Hadis hanya dijumpai terkait dengan proses ibadahnya saja, untuk proses terjadinya gerhana Matahari tidak dijumpai. Dasar hukum terkait dengan proses terjadinya gerhana Matahari tidak ditemukan dari dalil yang menerangkan proses terjadinya peristiwa gerhana, baik dalam Alquran ataupun Hadis Nabi Saw. yang ditemukan hanya beberapa dalil terkait ibadah apa saja yang dilakukan ketika terjadi peristiwa gerhana Matahari.

Syariat Islam yang telah diturunkan oleh Allah Swt. sejatinya tidak untuk menerangkan fenomena alam, namun bila terjadi sebuah peristiwa alam, apa yang mesti kita lakukan. Maka, Rasulullah Saw. yang memberikan contoh terkait ibadah yang dilakukan ketika ada sebuah peristiwa alam.

Didalam Alquran dan Hadis ada dalil umum yang menjelaskan terkait fenomena gerhana. Dibawah ini merupakan beberapa dalil bersifat umum yang telah disinggung sebelumnya:

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

“Dia menyingsingkan pagi dan menjadikan malam untuk beristirahat, dan (menjadikan) Matahari dan Bulan untuk perhitungan. Itulah ketentuan Allah Yang Maha Perkasa lagi Maha Mengetahui.” (Q.S. al-An’am: 96)³⁸

Ayat diatas dimulai pernyataan tentang kekuasaan Allah swt. yang telah menyingsingkan pagi agar makhluk hidup dapat bergerak dengan bebas

³⁸ Al-Qur’an, 6:96.

dan menjadikan malam yang gelap untuk menyediakan waktu untuk beristirahat. Setelah menyebut gelap dan terang ini kemudian diterangkan terkait penyebab terjadinya gelap dan terang, yakni adanya peredaran Matahari dan Bumi yang sangat rapi.³⁹

الشَّمْسُ وَالْقَمَرُ بِحُسْبَانٍ

“Matahari dan Bulan (beredar) menurut perhitungan.” (Q.S. Ar-Rahmān: 55)⁴⁰

وَالشَّمْسُ بَجْرِي لِمُسْتَقَرٍّ هَآءَا ذَٰلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ (٣٨) وَالْقَمَرَ قَدَرْنَا مَنَازِلَ حَتَّىٰ عَادَ كَالْعُرْجُونِ الْقَدِيمِ (٣٩) لَا الشَّمْسُ يَنْبَغِي لَهَا أَنْ تُدْرِكَ الْقَمَرَ وَلَا اللَّيْلُ سَابِقُ النَّهَارِ وَكُلٌّ فِي فَلَكٍ يَسْبَحُونَ (٤٠)

“Dan Matahari berjalan ditempat peredarannya. Demikianlah ketetapan Yang Maha Perkasa lagi Maha Mengetahui. Dan telah Kami tetapkan bagi Bulan manzilah-manzilah, sehingga (setelah dia sampai ke manzilah yang terakhir) kembalilah dia sebagai bentuk tandan yang tua. Tidaklah mungkin bagi Matahari mendapatkan Bulan dan malampun tidak dapat mendahului siang. Dan masing-masing beredar pada garis edarnya.” (Q.S. Yāsīn: 38-40)⁴¹

Meskipun beberapa ayat diatas tidak menyebutkan secara sepsifik terkait gerhana Matahari namun peredaran secara teratur yang dilakukan Bumi, Bulan, dan Matahari merupakan sebuah pesan yang telah disampaikan Allah swt. kepada makhluknya. Melalui pesan tersebut maka saat ini banyak sekali algoritma perhitungan posisi benda langit, ini merupakan suatu keniscayaan yang dilakukan manusia dalam hal mencari ilmu pengetahuan yang mana dulu ilmu dalam mengetahui posisi benda langit tersebut tidak dijumpai. Namun, dengan turunnya beberapa ayat tersebut maka Allah

³⁹ M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Misbah; Pesan, Kesan dan Kecerasian Al-Qur'an*, (Jakarta: Lentera Hati, Vol 3, 2002), 730

⁴⁰ Al-Qur'an, 55:55.

⁴¹ Al-Qur'an, 36:38-40.

memberikan jawaban-Nya bahwa peredaran benda-benda langit dapat diketahui oleh manusia sehingga manusia dapat melakukan sebuah penelitian yang mendalam terkait peredaran benda langit tersebut.

Ada suatu riwayat hadis yang menyebutkan bahwa ketika terjadi gerhana di masa Rasulullah, maka saat itu masyarakat kota Makkah menganggap fenomena tersebut merupakan akibat dari wafatnya putra Rasulullah yang bernama Ibrahim. Menurut sejarawan, meninggalnya Ibrahim terjadi pada tahun 10 Hijriah. Terkait dengan Bulan wafatnya, maka ada banyak pendapat yang menyebutkan Bulan ketika Ibrahim wafat.⁴² Namun, apabila dilacak secara astronomis Bulan wafatnya Ibrahim yang berbarengan dengan peristiwa gerhana ialah pada Bulan Syawal 10 Hijriah atau 27 Januari 621 Masehi. Terlepas dari adanya perbedaan pendapat tersebut sejatinya Rasulullah menyampaikan pesan melalui hadis:

حَدَّثَنَا شِهَابُ بْنُ عَبَّادٍ قَالَ حَدَّثَنَا إِبْرَاهِيمُ بْنُ حُمَيْدٍ عَنْ إِسْمَاعِيلَ عَنْ قَيْسٍ قَالَ سَمِعْتُ أَبَا مَسْعُودٍ يَقُولُ قَالَ النَّبِيُّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ إِنَّ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ لَا يَنْكَسِفَانِ لِمَوْتِ أَحَدٍ مِنَ النَّاسِ وَلَكِنَّهُمَا آيَاتَانِ مِنْ آيَاتِ اللَّهِ فَإِذَا رَأَيْتُمُوهُمَا فَقومُوا فَصَلُّوا

“Telah menceritakan kepada kami Syihab bin 'Abbad berkata: telah menceritakan kepada kami Ibrahim bin Humaid dari Isma'il dari Qais berkata: Aku mendengar Abu Mas'ud berkata: Nabi shallallahu 'alaihi wa sallam bersabda: Sesungguhnya Matahari dan Bulan tidak akan mengalami gerhana disebabkan karena matinya seorang dari manusia, tetapi keduanya adalah dua tanda dari tanda-tanda kebesaran Allah. Jika kalian melihat gerhana keduanya maka berdirilah untuk shalat.”⁴³

⁴² Alan Maghfuri, *Algoritma Gerhana...*, 37.

⁴³ Terjemah Shahih Bukhari (Hadis ke 997), 441.

Rasulullah memerintahkan untuk beribadah ketika terjadinya gerhana Matahari, karena sejatinya gerhana Matahari memang bukan pertanda atas kematian seseorang. Fenomena ini memang terjadi karena kekuasaan Allah swt. salah satu wujud untuk mengagumi fenomena tersebut ialah dengan melakukan salat gerhana. Rasulullah juga menganjurkan untuk banyak berzikir dan berdoa kepada Allah ketika terjadinya gerhana. Ibadah yang dilakukan ini merupakan bentuk kekaguman manusia atas kekuasaan Allah swt., maka dari itu Rasulullah menganjurkan untuk memperbanyak ibadah ketika terjadinya peristiwa gerhana. Dari salat gerhana yang dianjurkan oleh Rasulullah maka banyak menghasilkan kajian fikih yang sangat panjang mengenai tatacara dan hukum salat gerhana. Hukum melaksanakan salat gerhana ialah ber hukum sunah.⁴⁴ Sunah ini merupakan sunah *Muakkadah*.⁴⁵ Salat ini disyariatkan untuk orang yang sedang dalam perjalanan ataupun orang yang sedang tidak dalam perjalanan, baik laki-laki ataupun perempuan, baik untuk pemuda ataupun yang tua.

Untuk waktu pelaksanaan salat gerhana tentu dilaksanakan ketika umat manusia yang ada di lokasi terjadinya gerhana Matahari. Namun dalam pelaksanaannya, kegiatan ini dimulai sejak mulai terjadinya gerhana hingga tersingkap dengan hadis:

فَإِذَا رَأَيْتُمُوهَا فَفُؤِمُوا فَصَلُّوا

⁴⁴ Abdul Hayyie al-Kattani, , *Terj. Al-Fiqhu Al-Islāmiyyu wa Adillatuhu - Wabbah az-Zuhaili*, Jilid I (Depok: Gema Insani, 2007), 484.

⁴⁵ Masykur dkk, *Fikih Lima mazhab Terj. Al-Fiqh 'alā al-Madzāhib al-Khamsah – Muhammad Jawad Mughniyah* (Jakarta: Lentera Basritama, 1996), 128.

“Jika kalian melihatnya, maka lakukanlah salat.” (*Muttafaq ‘alaih*)⁴⁶

فَإِذَا رَأَيْتُمْ مِنْهَا شَيْئًا فَصَلُّوا وَادْعُوا اللَّهَ حَتَّى يُكْشَفَ مَا بَيْنَكُمْ

“Jika kalian melihat gerhana, maka shalat dan berdo'alah kepada Allah sampai Matahari kembali normal (seperti sedia kala).” (H.R. Muslim)⁴⁷

Imam Hanafi, Syafi’i, dan Hanbali telah sepakat bahwa waktu saat gerhana dimulai ketika terjadinya gerhana hingga telah berakhirnya gerhana. Berbeda dengan mazhab Maliki yang berpendapat bahwa waktu gerhana itu dimulai dari sejak naiknya Matahari setombak hingga waktu *zawāl* (Matahari telah tergelincir).⁴⁸

F. Metode Observasi Gerhana Matahari

Ada beberapa panduan yang harus diterapkan ketika observasi gerhana Matahari. Ini dilakukan untuk menghindari adanya kerusakan pada mata manusia apabila mengamati gerhana Matahari tanpa menggunakan alat bantuan. Kerusakan mata permanen ini dapat dihasilkan dengan melihat piringan Matahari secara langsung atau melalui bidikan kamera, teleskop, dan binokular. Ini mengingat 1 persen dari permukaan Matahari yang masih bisa terlihat oleh mata manusia ketika observasi gerhana tanpa adanya alat bantuan 10.000 kali lebih terang dari Bulan purnama. Observasi gerhana Matahari dalam keadaan seperti itu dengan menggunakan kaca pembesar tanpa adanya filter Matahari akan membuat kerusakan pada retina mata sehingga

⁴⁶ Ibid.

⁴⁷ Ibid., 129.

⁴⁸ Masykur dkk, *Fikih Lima mazhab...*, 128

diharapkan jangan observasi gerhana Matahari tanpa alat bantuan di luar fase total gerhana terkecuali observer memiliki perlindungan mata yang memadai.⁴⁹

1. Filter Matahari / *Solar Filter*⁵⁰

Teknik untuk melihat gerhana Matahari selain dari fase total dengan aman ialah dengan melihatnya langsung melaluio filter Matahari yang dirancang khusus. Filter ini hanya mengizinkan sebagian kecil dari cahaya Matahari untuk dilihatnya. Salah satu jenis filter gerhana Matahari terbuat dari poliester yang canggih. Kita tetap waspada terhadap poliester ini dikarenakan poliester ini memiliki banyak sekali model dan ukuran ketebalan dengan berbagai lapisan. Kita patut waspada agar dapat menghindari robeknya poliester ini yang akan membuat mata kita akan kaget ketika melihat gerhana disaat filter Matahari yang kita gunakan robek atau meleleh.

Disaat menggunakan jenis filter apapun diusahakan tidak menatap untuk waktu yang lama di Matahari. Lihatlah secara selang-seling untuk menghindari adanya lubang kecil yang tidak diketahui oleh observer sehingga cahaya Matahari tetap bisa masuk.

⁴⁹ Mark Littmann dkk, *Observing Solar Eclipse Safely*, dalam <http://www.mreclipse.com/Totality2/TotalityCh11.html>, diakses pada 16 Juni 2021.

⁵⁰ Mark Littmann dkk, *Observing Solar Eclipse Safely*, dalam <http://www.mreclipse.com/Totality2/TotalityCh11.html>, diakses pada 16 Juni 2021.

2. Kacamata Tukang Las⁵¹

Kacamata tukang las dengan peringkat lebih dari 14 atau di atasnya akan sangat aman untuk digunakan dalam observasi gerhana Matahari, dan harganya cukup murah. Penggunaan kacamata tukang las hanya digunakan dengan mata telanjang tanpa bantuan perangkat optik seperti binokular, teleskop, atau teodolit. Ini disebabkan kacamata tukang las tersebut akan pecah dikarenakan optik pembesar pada suatu perangkat akan memfokuskan kekuatan penuh cahaya Matahari ke filter tukang las yang berakibat filter kacamata tukang las akan panas dan pecah setelah beberapa menit observasi. Apabila pengamatan menggunakan perangkat optik maka harus menggunakan filter surya yang dirancang secara khusus.

3. Binokular⁵²

Binokular merupakan instrumen favorit dalam observasi gerhana karena kemudahannya ketika digunakan saat observasi. Jangan lupa untuk memasang filter Matahari agar mata observer tetap aman. Filter ini dilepas hanya untuk fase totalitas gerhana saja, jika tidak maka mata akan rusak dan terganggu karena optik pembesar pada binokular akan memfokuskan kekuatan penuh cahaya Matahari ke mata pengamat.

⁵¹ Mark Littmann dkk, *Observing Solar Eclipse Safely*, dalam <http://www.mreclipse.com/Totality2/TotalityCh11.html>, diakses pada 16 Juni 2021.

⁵² Mark Littmann dkk, *Observing Solar Eclipse Safely*, dalam <http://www.mreclipse.com/Totality2/TotalityCh11.html>, diakses pada 16 Juni 2021.

4. Teleskop⁵³

Beberapa astronom lebih suka menyaksikan gerhana Matahari menggunakan teleskop portabel kecil, ini karena kemudahannya yang menawarkan stabilitas dan jauh tidak melelahkan untuk digunakan dalam jangka waktu yang lama daripada binokular. Teleskop juga memberikan detail yang lebih lanjut ketika observasi gerhana ini digunakan dalam pengujian akurasi dari sebuah perhitungan. Banyak dari astronom menggunakan teleskop untuk pengujian akurasi karena dapat melihat piringan Bulan yang sudah menyentuh piringan Matahari, dengan tujuan untuk melakukan pengujian akurasi atas suatu perhitungan. Jangan lupa untuk memasang filter Matahari ke teleskop kecuali untuk fase totalitas dikarenakan optik pembesar dari teleskop ini akan memfokuskan cahaya dari Matahari ke mata pengamat sehingga apabila kita melepaskannya selain di waktu totalitas maka mata kita akan rusak dan *eyepiece* teleskop akan terbakar karena cahaya Matahari.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

⁵³ Mark Littmann dkk, *Observing Solar Eclipse Safely*, dalam <http://www.mreclipse.com/Totality2/TotalityCh11.html>, diakses pada 16 Juni 2021.

BAB III
***LIVE YOUTUBE TIME AND DATE* DAN ALGORITMA PERHITUNGAN**
GERHANA MATAHARI NUBALA

A. Pengertian *Live Youtube*

Adanya Live Video tidak bisa diragukan dalam salah satu hal terefektif untuk menyampaikan konten sekaligus meningkatkan komunitas *online*. Melalui pengalaman *live streaming*, pembuat konten dapat memberikan presentasi apa yang mereka lakukan secara live, sembari melakukan pengembangan jaringan yang lebih luas. Dalam beberapa tahun lalu YouTube yang menjadi platform video dengan fokus video on demand. Pengguna internet dapat melakukan upload video mereka kemudian membagikannya ke channel mereka. YouTube kemudian mengembangkan Live YouTube sebagai sarana streaming langsung untuk para pengguna internet.⁵⁴

Dari hadirnya Live Youtube ini maka pengguna dapat menjangkau penonton secara *real time* seraya melakukan streaming terkait hal apapun. Live streaming YouTube ini berbayar dengan biaya 35\$ / Bulan. Dari adanya Live YouTube ini maka ini merupakan suatu kelebihan ketimbang Facebook Live. Banyak orang beranggapan live menggunakan YouTube lebih mudah ketimbang menggunakan Facebook, sehingga banyak dari pengguna internet menggunakan Live YouTube ketimbang Facebook Live.

⁵⁴ Gunawan Harinanto, *Arti Streaming Video Youtube*, dalam <https://www.digitalponsel.com/25257/arti-streaming-video/>, diakses pada 16 Juli 2021.

B. Sejarah Berdirinya *Time and Date*

1. Sejarah Awal *Website timeanddate.com*⁵⁵

Channel Youtube Time and Date sebenarnya ialah *channel Youtube* yang dimiliki oleh blog *timeanddate.com*. Blog ini dibentuk pada tanggal 24 Mei 1998 yang diluncurkan pertama kalinya yang mengundang hanya 24 pengunjung. Namun, untuk saat ini dan lebih dari 20 tahun kemudian pasca peluncuran tersebut jutaan manusia menggunakan situs *website* ini setiap hari. Kisah awal tentang *website timeanddate.com* ini dirintis oleh ceo Steffen Thorsen. Sebagai anak laki-laki, Steffen selalu tertarik pada jam, waktu, dan juga kalender. Dengan pengombinasian minat dalam pemrograman maka ia segera memulai mengembangkan kalender dan jam secara Online.

Pada tahun 1995 Steffen belajar ilmu komputer di Universitas Sains dan Teknologi Norwegia (NTNU) di Trondheim ketika ia merilis *timeanddate.com*, dan termasuk Kalender dan Jam Dunia di November 1995. Layanan ini dihosting sebagai bagian dari halaman beranda Steffen di akun Unix di server web siswa. Pada tahun 1997, ketika jumlah pengunjung tumbuh dan waktu Steffen di Universitas telah berakhir ia membutuhkan domain baru. Steffen membayar penghasilan mahasiswa selama sebulan untuk nama domain *timeanddate.com* dan hosting selama dua tahun – harga yang cukup curam untuk seorang mahasiswa

⁵⁵ Time and Date, *How it All Started*, dalam <https://www.timeanddate.com/information/history.html>, diakses pada 16 Juli 2021.

universitas yang secara finansial bertahan hidup dengan pinjaman mahasiswa dan pekerjaan paruh waktu. Pengembangan pada timeanddate.com segera setelah ia melakukan hal tersebut. Semua layanan dikodekan ulang dari awal, dan akhirnya pemeliharaan mendesak yang masih dilakukan di situs siswa.

Pada 24 Mei 1998 timeanddate.com hanya mampu menarik 24 pengunjung pada hari pertama. Ada beberapa layanan baru seperti Halaman Kota, Perencana Rapat, Kalkulator Tanggal, Penyiar Waktu Acara, yang kemudian disebut Jam Dunia Waktu Tetap. Pada akhir 1998 timeanddate.com memiliki 7.000 hingga 8.000 tampilan halaman sehari, mencapai puncak utama pertama hampir 40.000 pada malam tahun baru. Pada tahun 2001 ia meluncurkan jadwal Matahari terbit dan Terblima, banyak ribuan orang mengunjungi beranda kalkulator Matahari setiap hari untuk memeriksa saat yang tepat Matahari terbit dan terblima, perubahan daylength, dan posisi yang tepat dari Matahari di langit. Kemudian di 2004 muncullah laman terkait konversi Zona Waktu, konverter ini menghitung jam yang berbeda di setiap negara atau daerah dengan jawaban dalam hitungan detik. Laman ini masih ada hingga sekarang.

Perusahaan Time and Date AS didirikan pada Juni 2005, dan pada November 2005 memiliki kantor pertama. Steffen dan server internalnya berbagi kantor Time and Date pertama kali dimana ia menceritakan bahwa kantornya ketika jendela ruangan dibuka maka suhunya akan

cukup panas ketika di siang hari. Pada tahun 2006 perusahaan ini membeli data cuaca untuk menambah layanan timeanddate.com. Pada awalnya, cuaca baru ditampilkan di halaman kota, dan tidak secara rinci. Baru pada tahun yang sama mlimabahkan lebih banyak informasi Matahari dan Bulan. 10 Tahun setelah timeanddate.com dirilis, dua karyawan pertama dipekerjakan. Secara umum, perusahaan tersebut tumbuh sekitar dua orang di setiap tahunnya. Saat ini, perusahaan memiliki sekitar 20 karyawan dari seluruh dunia, semuanya memiliki pengalaman dan terlatih dibidangnya dengan kualifikasi di tingkat sarjana dan pascasarjana.

Pada tahun 2009 dan 2010 aplikasi pertama telah diluncurkan, termasuk *iOS Meeting Plannder* dan *iOS World Clock – Time Zones*. Untuk saat ini sejumlah aplikasi yang dihadirkan oleh perusahaan ini telah diperluas untuk *iOS* dan *Android*. Kemudian di tahun 2012 kantor dipindahkan, dengan keberhasilan berkelanjutan dari situs website yang dibangun maka lebih banyak programmer, desainer, peneliti, dan jurnalis bergabung dengan perusahaan ini. Di tahun yang sama website timeanddate.no diluncurkan. Website ini diluncurkan menggunakan versi Norwegia dari situs web timeanddate.com. Di tahun 2015 perusahaan ini meluncurkan untuk versi jerman dengan website timeanddate.de. Ada sekitar 100 Juta penutur asli Jerman di dunia, dan pada tahun 2015 perusahaan ini memutuskan untuk membuat versi jerman dari laman timeanddate.com dan ini diluncurkan beberapa hari sebelum gerhana Matahari total pada 20 Maret 2015. Untuk saat ini timeanddate.de

menarik puluhan irbu pengunjung setiap haru, terutama pengunjung dari Jerman, Austria, dan Swiss.

Pada tahun 2016 dan 2017 perusahaan ini meluncurkan banyak hal yang berkaitan dengan astronomi. Ini termasuk halaman langit malam, menunjukkan kapan dan dimana untuk melihat planet-planet, serta banyak layanan grafis baru tentang ukuran planet dan perputarannya, jarak dan kecerlangan planet, dan juga orbit Bulan dalam mengelilingi Bumi.

2. Awal Mula Terbentuknya *Channel Youtube Time and Date*

Di tahun 2017 merupakan tahun dimana perusahaan *time and date* melakukan *live streaming Great American Eclipse (Total Solar Eclipse)* atau Gerhana Besar Amerika. Gerhana ini merupakan gerhana yang paling banyak ditonton dalam sejarah manusia. Perusahaan ini mengirim ahli astrofisika Graham Jones dari Jepang untuk merayakan acara penting dengan perusahaan tersebut dan mlimabahkan wawasannya ke *live stream Time and Date*. Kemudian di tahun berikutnya perusahaan ini mengadakan dua *live streaming* gerhana Bulan total dengan dibantu mitra streaming yang terkenal. Kemudian di tahun 2019 pada Bulan Juli perusahaan ini mengemas teleskop, komputer, dan kamera untuk melakukan perjalanan ke Argentina untuk melakukan live streaming keajaiban gerhana Matahari total. Live ini dilakukan di puncak bangunan kota San José de Jáchal. Untuk saat ini *Channel Youtube Time*

and Date telah memiliki 59,6 Ribu *Subscriber* dengan total 30 video. Vidio pengamatan gerhana Matahari berjumlah lima video.

C. Data yang Dibutuhkan Dalam Algoritma Gerhana Matahari Metode Nubala

Metode ini hadir dalam buku Ilmu Falak Nubala: Algoritma gerhana Matahari dengan Konsep Besselian. Buku ini ditulis oleh Ali Mustofa Kediri pada Bulan Desember 2020 silam. Buku ini memberikan panduan untuk melakukan perhitungan gerhana Matahari lokal dengan konsep Bessel. Konsep Bessel ini dikemukakan oleh astronom dan matematikawan Prusia Friedrich Bessel. Ia memperkenalkan metode baru untuk memprediksi gerhana Matahari. Metode ini sangat sukses sehingga pada hari ini metode ini banyak digunakan oleh kalangan astronom untuk melakukan perhitungan gerhana yang akurat dengan menggunakan komputasi. Kunci keakuratan metode ini juga terletak pada data ephemeris Matahari dan Bulan, apabila data yang digunakan tidak akurat maka akan menghasilkan hasil perhitungan yang tidak akurat juga.

Data Matahari dan Bulan yang dibutuhkan dalam melakukan perhitungan gerhana Matahari dengan konsep Besselian ini disajikan menggunakan algoritma Jean Meeus, dan data Matahari dan Bulan ini meliputi:⁵⁶

⁵⁶ Ali Mustofa, *Ilmu Falak Nubala*, (Kediri: Astro Santri, 2020), 2-4.

1. Data Matahari

a. Deklinasi Matahari (Dm)

Deklinasi ialah jarak Matahari yang dihitung dari Equator langit. Nilai deklinasi positif menandakan Matahari berada di utara Equator, namun apabila nilainya Negatif maka Matahari berada di sebelah selatan Equator.

b. Asensioekta Matahari (Arm)

Asensioekta Matahari ialah jarak Matahari yang dihitung dari titik Aries atau titik Hamal, dan diukur sepanjang lingkaran Equator.

c. *Semidiameter* Matahari (Sdm)

Semidiameter Matahari ialah jarak piringan Matahari yang diukur dari titik pusat Matahari.

d. *True Geocentric Distance* (Rm)

Dalam bahasa Indonesia istilah ini dikenal dengan jarak geosentris. Data ini ialah jarak yang dihitung dari titik pusat Bumi ke titik pusat Matahari dengan satuan Jarak Astronomi / *Astronomical Units*.

2. Data Bulan

a. Deklinasi Bulan (Db)

Deklinasi Bulan ialah jarak Bulan yang dihitung dari Equator langit. Nilai deklinasi positif menandakan Matahari berada di utara Equator, namun apabila nilainya Negatif maka Matahari berada di sebelah selatan Equator.

b. Asensioekta Bulan (Arb)

Asensioekta Bulan ialah jarak Bulan yang dihitung dari titik Aries atau titik Hamal, dan diukur sepanjang lingkaran Equator.

c. Horizontal Parallax Bulan (Hpb)

Horizontal Parallax Bulan ialah beda lihat maksudnya ialah besaran sudut yang ditarik dari titik Bulan ketika di ufuk ke titik pusat Bumi dan garis yang ditarik dari titik pusat Bulan ke permukaan Bumi.

d. Sidereal Time (ST)

Sidereal Time dikenal dengan istilah jam bintang.

Pemahaman terhadap sidereal time ini sangat penting dikarenakan Greenwich Sidereal Time akan digunakan untuk menentukan sudut jam dalam koordinat ekuator yang selanjutnya digunakan dalam menentukan azimut dan altitude benda langit. Atau lebih mudahnya yakni sudut waktu yang dihitung diatas bidang ekuator langit dimulai dari vernal ekuinoks ke garis meridian langit Greenwich.

Kemudian elemen besel yang akan dihitung untuk perhitungan gerhana Matahari ialah sebagai berikut:

a. X_0 = Bujur bayangan Bulan

- b. $X1$ = Besaran kecepatan bujur bayangan Bulan setiap jamnya
- c. $Y0$ = Kemiringan bayangan Bulan
- d. $Y1$ = Besaran kecepatan kemiringan bayangan Bulan setiap jamnya
- e. $D0$ = Deklinasi sumbu bayangan
- f. $D1$ = Besaran deklinasi sumbu bayangan setiap jamnya
- g. $M0$ = Sudut waktu sumbu bayangan pada waktu referensi
- h. $M1$ = Besaran kecepatan sudut waktu sumbu bayangan setiap jamnya
- i. $L10$ = Jari-jari penumbra
- j. $L11$ = Besaran kecepatan jari-jari penumbra setiap jamnya
- k. $L21$ = Jari-Jari Umbra
- l. $L22$ = Besaran kecepatan jari-jari umbra setiap jamnya
- m. $Tanf1$ = Sudut penumbra
- n. $Tanf2$ = Sudut Umbra

D. Perhitungan Gerhana Matahari Metode Nubala

Setelah mengambil data Bulan dan Matahari kemudian dilakukan perhitungan:⁵⁷

1. Menghitung data jam pertama (Diambil dari data Matahari dan Bulan pada jam pertama / TD)

⁵⁷ Ibid., 6-10.

- a. $b = 0.000042664^{58} / R_m / \sin H_{pb}$
 - b. $u = \cos D_m \cos A_{rm} - b \cos D_b \cos A_{rb}$
 - c. $v = \cos D_m \sin A_{rm} - b \cos D_b \sin A_{rb}$
 - d. $w = \sin D_m - b \sin D_b$
 - e. $g = \sqrt{(u^2 + v^2 + w^2)}$
 - f. $a = \text{Mod}(\text{Degrees}(\text{Atan2}(u, v)), 360)$
 - g. $D = \text{Tan}^{-1}(w / \sqrt{(u^2 + v^2)})$
 - h. $X = (\cos D_b \sin(A_{rb} - a)) / \sin H_{pb}$
 - i. $Y = (\sin D_b \cos D - \cos D_b \sin D \cos(A_{rb} - a)) / \sin H_{pb}$
 - j. $M = \text{Mod}(St - a, 360)$
 - k. $z = (\sin D_b \sin D + \cos D_b \cos D \cos(A_{rb} - a)) / \sin H_{pb}$
 - l. $r = \sqrt{(X^2 + Y^2)}$
 - m. $\tan f_1 = \text{Tan}(\text{Asin}(0.004664018 / g / R_m))$
 - n. $\tan f_2 = \text{Tan}(\text{Asin}(0.004647083 / g / R_m))$
 - o. $L_1 = (z + 0.272488 / (0.004664018 / g / R_m)) \times \tan f_1$
 - a. $L_2 = (z - 0.272488 / (0.004647083 / g / R_m)) \times \tan f_2$
2. Menghitung data jam kedua (Diambil dari data Matahari dan Bulan pada jam kedua / TD + 1). Perhitungan ini sama dengan perhitungan di langkah pertama
 3. Menghitung kesimpulan elemen bessel per jam. Contohnya $X_1 = X$ dari referensi waktu kedua – X dari referensi waktu pertama ($0^\circ 24' 39.74'' - -$

⁵⁸ Angka diperoleh melalui perhitungan $\sin(8.8'')$. $8.8''$ adalah rata-rata horizontal paralaks Matahari.

$0^{\circ} 07' 46.44'' = 0^{\circ} 32' 26.18''$). Perhitungan ini berlaku kecuali $\tan f_1$ dan $\tan f_2$ karena apabila diterapkan dengan cara seperti ini hasilnya sama.

4. Menghitung Puncak Gerhana

- a. $b = 0.000042664^{59} / R_m / \sin H_{pb}$
- b. $u = \cos D_m \cos A_{rm} - b \cos D_b \cos A_{rb}$
- c. $v = \cos D_m \sin A_{rm} - b \cos D_b \sin A_{rb}$
- d. $w = \sin D_m - b \sin D_b$
- e. $g = \sqrt{(u^2 + v^2 + w^2)}$
- f. $a = \text{Mod}(\text{Degrees}(\text{Atan2}(u, v)), 360)$
- g. $D = \text{Tan}^{-1}(w / \sqrt{(u^2 + v^2)})$
- h. $X = (\cos D_b \sin(A_{rb} - a)) / \sin H_{pb}$
- i. $Y = (\sin D_b \cos D - \cos D_b \sin D \cos(A_{rb} - a)) / \sin H_{pb}$
- j. $M = \text{Mod}(St - a, 360)$
- k. $z = (\sin D_b \sin D + \cos D_b \cos D \cos(A_{rb} - a)) / \sin H_{pb}$
- l. $r = \sqrt{(X^2 + Y^2)}$
- m. $\tan f_1 = \text{Tan}(\text{Asin}(0.004664018 / g / R_m))$
- n. $\tan f_2 = \text{Tan}(\text{Asin}(0.004647083 / g / R_m))$
- o. $L_1 = (z + 0.272488 / (0.004664018 / g / R_m)) \times \tan f_1$
- p. $L_2 = (z - 0.272488 / (0.004647083 / g / R_m)) \times \tan f_2$

Perhitungan ini dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali, pengulangan 3 kali ini digunakan agar mempersingkat hitungan.

⁵⁹ Angka diperoleh melalui perhitungan $\sin(8.8'')$. $8.8''$ adalah rata-rata horizontal paralaks Matahari.

Hasil 3 kali pengulangan sudah menunjukkan hasil waktu puncak gerhana yang nilainya sama dengan lebih dari 3 pengulangan.

5. Menghitung jam puncak gerhana

$$\text{a. Puncak Gerhana} = \text{TD} + \text{K (hasil dari pengulangan 3)} + \text{Tz} - \text{DeltaT} / 3600$$

6. Perhitungan awal waktu total dan akhir total atau cincin

$$\text{a. } Q' = Q - R \times \text{Tanf}2^{60}$$

$$\text{b. } e = \sqrt{N}^{61}$$

$$\text{c. } A = \text{hasil A koreksi perhitungan puncak gerhana pengulangan ketiga}$$

$$\text{d. } V = \text{hasil V koreksi perhitungan puncak ketiga pengulangan ketiga}$$

$$\text{e. } U = \text{hasil U koreksi perhitungan puncak ketiga pengulangan ketiga}$$

$$\text{f. } B = \text{hasil B koreksi perhitungan puncak ketiga pengulangan ketiga}$$

$$\text{g. } t = \text{hasil K koreksi perhitungan puncak ketiga pengulangan ketiga}$$

$$\text{h. } s = (A \times V - U \times B) / (e \times Q')$$

$$\text{i. } \text{Tau} = (Q' / e) \times \sqrt{(1 - s \times s)}$$

$$\text{j. } \text{PwAt} = t - \text{Tau}$$

⁶⁰ Q dan R diambil dari koreksi perhitungan puncak ketiga

⁶¹ N diambil dari koreksi perhitungan puncak ketiga

k. $PwAh = t + \text{Tau}$

l. Awal Cincin = $TD + PwAt - \text{Delta T} / 3600$

m. Akhir Cincin = $TD + PwAt - \text{Delta T} / 3600$



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB IV

UJI AKURASI HASIL PERHITUNGAN GERHANA MATAHARI METODE NUBALA DENGAN SIARAN LIVE YOUTUBE TIME AND DATE

A. Hasil Perhitungan Gerhana Matahari Metode Nubala

Sebenarnya kegiatan *live streaming* gerhana Matahari pada *Youtube time and date* terdapat enam *live streaming* gerhana Matahari, namun disini penulis hanya menggunakan tiga gerhana Matahari saja dikarenakan pada tiga gerhana Matahari lainnya terjadi beberapa kekurangan di kegiatan *live* tersebut. Kekurangan tersebut diantaranya tidak ada detail waktu dalam tampilan *live*, lokasi observasi ketika dilakukan *streaming* terlalu acak sehingga setiap fase gerhana dalam kegiatan *live* ini tidak pada lokasi sama. Maka dari itu disini penulis menggunakan tiga video *live* saja dari total enam video *live streaming* gerhana Matahari dalam *channel time and date*.

Penulis menggunakan data Matahari dan Bulan yang diperoleh dari *Software Accurate Times*, karena software ini memiliki data Bulan dan Matahari yang cukup akurat.⁶² Penulis akan melakukan perhitungan dan pengujian akurasi terhadap metode Nubala atas tiga Gerhana Matahari yang disiarkan melalui Live Youtube Time and Date. Adapun tiga gerhana Matahari tersebut diantaranya:

1. Gerhana Matahari Total 21 Agustus 2017 / *Great American Eclipse*
(*Total Solar Eclipse*).

⁶² Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit* (Yogyakarta: FMIPA UGM Yogyakarta, 2012), 156.

2. Gerhana Matahari Total 2 Juli 2019
3. Gerhana Matahari Cincin 21 Juni 2020

Penulis akan melakukan perhitungan tiga gerhana Matahari menggunakan metode Nubala, data Matahari dan Bulan akan penulis ambil dari *Software Accurate Times*, adapun perhitungan gerhana Matahari menggunakan metode Nubala sebagai berikut:

1. Gerhana Matahari Total 21 Agustus 2017

Tanggal Hari	TD	Data Matahari			
		Dm Jam 18&19	Arm Jam 18&19	Sdm Jam 18&19	Rm Jam 18&19
21 Agustus 2017	18	11° 52' 05.274"	150° 59' 57.678"	00° 15' 48.692"	1.0115421
		11° 51' 14.995"	151° 02' 16.146"	00° 15' 48.700"	1.0115335
Delta T		Data Bulan			
Tipe Gerhana		Db Jam 18&19	Arb Jam 18&19	Hpb Jam 18&19	ST Jam 18&19
70.3		12° 20' 37.431"	150° 52' 09.813"	00° 58' 56.367"	240° 14' 42.262"
Total		12° 11' 25.720"	151° 26' 58.936"	00° 58' 54.910"	255° 17' 10.107"

Perhitungan elemen besel gerhana Matahari Total 21 Agustus 2017 dengan referensi waktu pertama / (TD = 18)

$$q. \quad b = 0.000042664^{63} / R_m / \sin H_{pb} = 0^\circ 00' 08.85''$$

$$r. \quad u = \cos D_m \cos A_{rm} - b \cos D_b \cos A_{rb} = -0^\circ 51' 13.75''$$

$$s. \quad v = \cos D_m \sin A_{rm} - b \cos D_b \sin A_{rb} = 0^\circ 28' 23.83''$$

$$t. \quad w = \sin D_m - b \sin D_b = 0^\circ 12' 18.48''$$

$$u. \quad g = \sqrt{(u^2 + v^2 + w^2)} = 0^\circ 59' 51.15''$$

$$v. \quad a = \text{Mod}(\text{Degrees}(\text{Atan2}(u, v)), 360) = 150^\circ 59' 58.83''$$

$$w. \quad D = \text{Tan}^{-1}(w / \sqrt{(u^2 + v^2)}) = 11^\circ 52' 01.05''$$

$$x. \quad X = (\cos D_b \sin(A_{rb} - a)) / \sin H_{pb} = -0^\circ 07' 46.44''$$

⁶³ Angka diperoleh melalui perhitungan $\sin(8.8'')$. 8.8" adalah rata-rata horizontal paralaks Matahari.

$$y. Y = (\sin D_b \cos D - \cos D_b \sin D \cos (A_r b - a)) / \sin H_{pb} = 0^\circ 29' 07.44''$$

$$z. M = \text{Mod}(St - a, 360) = 89^\circ 14' 43.43''$$

$$aa. z = (\sin D_b \sin D + \cos D_b \cos D \cos (A_r b - a)) / \sin H_{pb} = 58^\circ 19' 38.83''$$

$$bb. r = \sqrt{(X^2 + Y^2)} = 0^\circ 30' 08.62''$$

$$cc. \tan f_1 = \tan(\arcsin(0.004664018 / g / R_m)) = 0^\circ 00' 16.64''$$

$$dd. \tan f_2 = \tan(\arcsin(0.004647083 / g / R_m)) = 0^\circ 00' 16.58''$$

$$ee. L_1 = (z + 0.272488 / (0.004664018 / g / R_m)) \times \tan f_1 = 0^\circ 32' 31.53''$$

$$ff. L_2 = (z - 0.272488 / (0.004647083 / g / R_m)) \times \tan f_2 = -0^\circ 00' 13.92''$$

Perhitungan elemen bessel gerhana Matahari Total 21 Agustus

2017 dengan referensi waktu kedua / (TD +1 = 19)

$$a. b = 0.000042664^{64} / R_m / \sin H_{pb} = 0^\circ 00' 08.86''$$

$$b. u = \cos D_m \cos A_r m - b \cos D_b \cos A_r b = -0^\circ 51' 15.00''$$

$$c. v = \cos D_m \sin A_r m - b \cos D_b \sin A_r b = 0^\circ 28' 21.92''$$

$$d. w = \sin D_m - b \sin D_b = 0^\circ 12' 17.65''$$

$$e. g = \sqrt{(u^2 + v^2 + w^2)} = 0^\circ 59' 51.14''$$

$$f. a = \text{Mod}(\text{Degrees}(\arctan_2(u, v)), 360) = 151^\circ 02' 12.49''$$

$$g. D = \tan^{-1}(w / \sqrt{(u^2 + v^2)}) = 11^\circ 51' 12.01''$$

$$h. X = (\cos D_b \sin(A_r b - a)) / \sin H_{pb} = 0^\circ 24' 39.74''$$

$$i. Y = (\sin D_b \cos D - \cos D_b \sin D \cos (A_r b - a)) / \sin H_{pb} = 0^\circ 20' 37.21''$$

$$j. M = \text{Mod}(St - a, 360) = 104^\circ 14' 57.61''$$

$$k. z = (\sin D_b \sin D + \cos D_b \cos D \cos (A_r b - a)) / \sin H_{pb} = 58^\circ 21' 04.27''$$

⁶⁴ Angka diperoleh melalui perhitungan $\sin(8.8'')$. 8.8" adalah rata-rata horizontal paralaks Matahari.

$$\begin{aligned}
 \text{l. } r &= \sqrt{(X^2 + Y^2)} && = 0^\circ 32' 08.81'' \\
 \text{m. } \tan f_1 &= \text{Tan}(\text{Asin}(0.004664018 / g / R_m)) && = 0^\circ 00' 16.64'' \\
 \text{n. } \tan f_2 &= \text{Tan}(\text{Asin}(0.004647083 / g / R_m)) && = 0^\circ 00' 16.58'' \\
 \text{o. } L_1 &= (z + 0.272488 / (0.004664018 / g / R_m)) \times \tan f_1 && = 0^\circ 32' 31.94'' \\
 \text{p. } L_2 &= (z - 0.272488 / (0.004647083 / g / R_m)) \times \tan f_2 && = -0^\circ 00' 13.52''
 \end{aligned}$$

Berikut ini ialah kesimpulan hasil dari elemen besel untuk gerhana Matahari total 21 Agustus 2017. Kesimpulan hasil untuk nilai jam ke 2 diperoleh melalui hasil yang dihitung di referensi kedua dikurang dengan hasil yang dihitung di referensi pertama. Contohnya $X_1 = X$ dari referensi waktu kedua $- X$ dari referensi waktu pertama ($0^\circ 24' 39.74'' - -0^\circ 07' 46.44'' = 0^\circ 32' 26.18''$). Perhitungan ini berlaku kecuali $\tan f_1$ dan $\tan f_2$ karena apabila diterapkan dengan cara seperti ini hasilnya sama.

Kesimpulan Elemen Bessel Gerhana Matahari Total 21 Agustus 2017								
n	X	Y	D	M	L1	L2	$\tan f_1$	$\tan f_2$
0	-07' 46.440"	29' 07.437"	11° 52' 01.05"	89° 14' 43.43"	32' 31.535"	-00' 13.924"	16.640"	16.580"
1	32' 26.178"	-08' 30.227"	-00' 49.046"	15° 00' 14.18"	00.404"	00.403"		

Setelah mengetahui elemen besel maka selanjutnya akan dilakukan perhitungan untuk mencari puncak gerhana Matahari pada lokasi tertentu. Disini penulis menggunakan kota Charleston, South Carolina, Amerika Serikat dengan data tempat:

Lintang = $32^\circ 46' 40''$ Utara

Bujur = $79^\circ 55' 53''$ Barat

Ketinggian = 1 Meter

Koreksi Perhitungan Puncak Gerhana Pertama:

a. $T = 0$	$= 0^{\circ} 00' 00.00''$
b. $G = \tan^{-1} (0.99664719 \tan \text{Lintang})$	$= 32^{\circ} 41' 24.90''$
c. $S = 0.99664719 \sin G + (\text{Tinggi} / 6378140) \sin \text{Lintang}$	$= 0^{\circ} 32' 17.83''$
d. $C = \cos G + (\text{Tinggi} / 6378140) \cos \text{Lintang}$	$= 0^{\circ} 50' 29.77''$
e. $X = X_0 + X_1 \times T$	$= -0^{\circ} 07' 46.44''$
f. $Y = Y_0 + Y_1 \times T$	$= 0^{\circ} 29' 07.44''$
g. $D = Y_0 + Y_1 \times T$	$= 11^{\circ} 52' 01.05''$
h. $M = Y_0 + Y_1 \times T$	$= 89^{\circ} 14' 43.43''$
i. $L = Y_0 + Y_1 \times T$	$= 0^{\circ} 32' 31.53''$
j. $Q = L_{20} + L_{21} \times T$	$= -0^{\circ} 00' 13.92''$
k. $E = X_1$	$= 0^{\circ} 32' 26.18''$
l. $F = Y_1$	$= -0^{\circ} 08' 30.23''$
m. $H = M + BT - 0.00417807 \times \text{DeltaT}$	$= 9^{\circ} 01' 13.19''$
n. $Z = C \sin H$	$= 0^{\circ} 07' 55.02''$
o. $W = S \cos D - C \cos H \sin D$	$= 0^{\circ} 21' 21.08''$
p. $R = S \sin D + C \cos H \cos D$	$= 0^{\circ} 55' 26.84''$
q. $I = 0.01745329 \times M_1 \times C \times \cos H$	$= 0^{\circ} 13' 03.59''$
r. $J = 0.01745329 \times (M_1 \times Z \times \sin D - R \times D_1)$	$= 0^{\circ} 00' 26.37''$
s. $U = X - Z$	$= -0^{\circ} 15' 41.46''$
t. $V = Y - W$	$= 0^{\circ} 07' 46.36''$
u. $A = E - I$	$= 0^{\circ} 19' 22.59''$
v. $B = F - J$	$= -0^{\circ} 08' 56.60''$
w. $N = A \times A + B \times B$	$= 0^{\circ} 07' 35.43''$

$$x. P = -(U \times A + V \times B) / N = 0^\circ 49' 12.77''$$

$$y. K = T + P = 0^\circ 49' 12.77''$$

Koreksi Perhitungan Puncak Gerhana Kedua:

$$a. T = K \text{ Koreksi Perhitungan Puncak Gerhana Pertama} = 0^\circ 49' 12.77''$$

$$b. G = \tan^{-1} (0.99664719 \tan \text{Lintang}) = 32^\circ 41' 24.90''$$

$$c. S = 0.99664719 \sin G + (\text{Tinggi} / 6378140) \sin \text{Lintang} = 0^\circ 32' 17.83''$$

$$d. C = \cos G + (\text{Tinggi} / 6378140) \cos \text{Lintang} = 0^\circ 50' 29.77''$$

$$e. X = X_0 + X_1 \times T = 0^\circ 18' 49.84''$$

$$f. Y = Y_0 + Y_1 \times T = 0^\circ 22' 08.94''$$

$$g. D = Y_0 + Y_1 \times T = 11^\circ 51' 20.82''$$

$$h. M = Y_0 + Y_1 \times T = 101^\circ 33' 06.55''$$

$$i. L = Y_0 + Y_1 \times T = 0^\circ 32' 31.87''$$

$$j. Q = L_20 + L_21 \times T = -0^\circ 00' 13.59''$$

$$k. E = X_1 = 0^\circ 32' 26.18''$$

$$l. F = Y_1 = -0^\circ 08' 30.23''$$

$$m. H = M + BT - 0.00417807 \times \text{Delta}T = 21^\circ 19' 36.31''$$

$$n. Z = C \sin H = 0^\circ 18' 21.89''$$

$$o. W = S \cos D - C \cos H \sin D = 0^\circ 21' 56.65''$$

$$p. R = S \sin D + C \cos H \cos D = 0^\circ 52' 40.22''$$

$$q. I = 0.01745329 \times M_1 \times C \times \cos H = 0^\circ 12' 19.07''$$

$$r. J = 0.01745329 \times (M_1 \times Z \times \sin D - R \times D_1) = 0^\circ 01' 00.03''$$

$$s. U = X - Z = 0^\circ 00' 27.95''$$

$$t. V = Y - W = 0^\circ 00' 12.29''$$

$$\begin{aligned}
 \text{u. } A &= E - I && = 0^\circ 20' 07.11'' \\
 \text{v. } B &= F - J && = -0^\circ 09' 30.26'' \\
 \text{w. } N &= A \times A + B \times B && = 0^\circ 08' 15.09'' \\
 \text{x. } P &= -(U \times A + V \times B) / N && = -0^\circ 00' 54.00'' \\
 \text{y. } K &= T + P && = 0^\circ 48' 18.76''
 \end{aligned}$$

Koreksi Perhitungan Puncak Gerhana Ketiga:

$$\begin{aligned}
 \text{a. } T &= K \text{ Perhitungan Puncak Gerhana Pertama} && = 0^\circ 48' 18.76'' \\
 \text{b. } G &= \tan^{-1} (0.99664719 \tan \text{Lintang}) && = 32^\circ 41' 24.90'' \\
 \text{c. } S &= 0.99664719 \sin G + (\text{Tinggi} / 6378140) \sin \text{Lintang} && = 0^\circ 32' 17.83'' \\
 \text{d. } C &= \cos G + (\text{Tinggi} / 6378140) \cos \text{Lintang} && = 0^\circ 50' 29.77'' \\
 \text{e. } X &= X_0 + X_1 \times T && = 0^\circ 18' 20.65'' \\
 \text{f. } Y &= Y_0 + Y_1 \times T && = 0^\circ 22' 16.60'' \\
 \text{g. } D &= Y_0 + Y_1 \times T && = 11^\circ 51' 21.56'' \\
 \text{h. } M &= Y_0 + Y_1 \times T && = 101^\circ 19' 36.29'' \\
 \text{i. } L &= Y_0 + Y_1 \times T && = 0^\circ 32' 31.86'' \\
 \text{j. } Q &= L_{20} + L_{21} \times T && = -0^\circ 00' 13.60'' \\
 \text{k. } E &= X_1 && = 0^\circ 32' 26.18'' \\
 \text{l. } F &= Y_1 && = -0^\circ 08' 30.23'' \\
 \text{m. } H &= M + BT - 0.00417807 \times \text{DeltaT} && = 21^\circ 06' 06.05'' \\
 \text{n. } Z &= C \sin H && = 0^\circ 18' 10.79'' \\
 \text{o. } W &= S \cos D - C \cos H \sin D && = 0^\circ 21' 55.76'' \\
 \text{p. } R &= S \sin D + C \cos H \cos D && = 0^\circ 52' 44.43'' \\
 \text{q. } I &= 0.01745329 \times M_1 \times C \times \cos H && = 0^\circ 12' 20.20''
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{r. } J &= 0.01745329 \times (M1 \times Z \times \sin D - R \times D1) && = 0^\circ 00' 59.44'' \\
 \text{s. } U &= X - Z && = 0^\circ 00' 09.85'' \\
 \text{t. } V &= Y - W && = 0^\circ 00' 20.84'' \\
 \text{u. } A &= E - I && = 0^\circ 20' 05.98'' \\
 \text{v. } B &= F - J && = -0^\circ 09' 29.67'' \\
 \text{w. } N &= A \times A + B \times B && = 0^\circ 08' 14.14'' \\
 \text{x. } P &= -(U \times A + V \times B) / N && = -0^\circ 00' 00.03'' \\
 \text{y. } K &= T + P && = 0^\circ 48' 18.73''
 \end{aligned}$$

Menghitung jam puncak gerhana

$$\text{a. Puncak gerhana} = TD + K^{65} - \text{Delta T} / 3600 = 18:47:08 \text{ UT}$$

2. Gerhana Matahari Total 2 Juli 2019

Tanggal Hari	TD	Data Matahari			
		Dm Jam 19&20	Arm Jam 19&20	Sdm Jam 19&20	Rm Jam 19&20
2 Juli 2019	19	23° 00' 41.029"	101° 32' 39.555"	00° 15' 43.841"	1.0167401
		23° 00' 29.627"	101° 35' 14.501"	00° 15' 43.841"	1.0167406
Delta T		Data Bulan			
Tipe Gerhana		Db Jam 19&20	Arb Jam 19&20	Hpb Jam 19&20	ST Jam 19&20
71.3		22° 21' 58.361"	101° 18' 47.633"	00° 59' 37.231"	205° 31' 28.480"
Total		22° 22' 22.615"	101° 57' 48.034"	00° 59' 38.566"	220° 33' 56.334"

Perhitungan elemen besel gerhana Matahari Total 2 Juli 2019

dengan referensi waktu pertama / (TD = 19):

$$\begin{aligned}
 \text{a. } b &= 0.000042664^{66} / Rm / \sin Hpb && = 0^\circ 00' 08.71'' \\
 \text{b. } u &= \cos Dm \cos Arm - b \cos Db \cos Arb && = -0^\circ 11' 01.55'' \\
 \text{c. } v &= \cos Dm \sin Arm - b \cos Db \sin Arb && = 0^\circ 53' 58.61''
 \end{aligned}$$

⁶⁵ K diambil dari Koreksi Perhitungan Puncak Gerhana Ketiga

⁶⁶ Angka diperoleh melalui perhitungan $\sin(8.8^\circ)$. 8.8" adalah rata-rata horizontal paralaks Matahari.

- d. $w = \sin D_m - b \sin D_b = 0^\circ 23' 23.98''$
- e. $g = \sqrt{(u^2 + v^2 + w^2)} = 0^\circ 59' 51.29''$
- f. $a = \text{Mod}(\text{Degrees}(\text{Atan2}(u, v)), 360) = 101^\circ 32' 41.58''$
- g. $D = \text{Tan}^{-1}(w / \sqrt{(u^2 + v^2)}) = 23^\circ 00' 46.66''$
- h. $X = (\cos D_b \sin(Arb - a)) / \sin Hpb = -0^\circ 12' 56.16''$
- i. $Y = (\sin D_b \cos D - \cos D_b \sin D \cos(Arb - a)) / \sin Hpb = -0^\circ 39' 02.57''$
- j. $M = \text{Mod}(St - a, 360) = 103^\circ 58' 46.90''$
- k. $z = (\sin D_b \sin D + \cos D_b \cos D \cos(Arb - a)) / \sin Hpb = 57^\circ 39' 33.43''$
- l. $r = \sqrt{(X^2 + Y^2)} = 0^\circ 41' 07.80''$
- m. $\tan f_1 = \text{Tan}(\text{Asin}(0.004664018 / g / R_m)) = 0^\circ 00' 16.55''$
- n. $\tan f_2 = \text{Tan}(\text{Asin}(0.004647083 / g / R_m)) = 0^\circ 00' 16.49''$
- o. $L_1 = (z + 0.272488 / (0.004664018 / g / R_m)) \times \tan f_1 = 0^\circ 32' 15.47''$
- p. $L_2 = (z - 0.272488 / (0.004647083 / g / R_m)) \times \tan f_2 = -0^\circ 00' 29.93''$

Perhitungan elemen besel gerhana Matahari Matahari Total 2 Juli

2019 dengan referensi waktu kedua / (TD +1 = 20)

- a. $b = 0.000042664^{67} / R_m / \sin Hpb = 0^\circ 00' 08.70''$
- b. $u = \cos D_m \cos Arm - b \cos D_b \cos Arb = -0^\circ 11' 03.91''$
- c. $v = \cos D_m \sin Arm - b \cos D_b \sin Arb = 0^\circ 53' 58.21''$
- d. $w = \sin D_m - b \sin D_b = 0^\circ 23' 23.80''$
- e. $g = \sqrt{(u^2 + v^2 + w^2)} = 0^\circ 59' 51.30''$
- f. $a = \text{Mod}(\text{Degrees}(\text{Atan2}(u, v)), 360) = 101^\circ 35' 11.21''$

⁶⁷ Angka diperoleh melalui perhitungan $\sin(8.8'')$. 8.8" adalah rata-rata horizontal paralaks Matahari.

$$\begin{aligned}
 \text{g. } D &= \text{Tan}^{-1} (w / \sqrt{(u^2 + v^2)}) && = 23^\circ 00' 35.17'' \\
 \text{h. } X &= (\text{Cos } Db \text{ Sin}(\text{Arb} - a)) / \text{Sin } Hpb && = 0^\circ 21' 02.26'' \\
 \text{i. } Y &= (\text{Sin } Db \text{ Cos } D - \text{Cos } Db \text{ Sin } D \text{ Cos } (\text{Arb} - a)) / \text{Sin } Hpb && = -0^\circ 38' 24.73'' \\
 \text{j. } M &= \text{Mod}(\text{St} - a, 360) && = 118^\circ 58' 45.13'' \\
 \text{k. } z &= (\text{Sin } Db \text{ Sin } D + \text{Cos } Db \text{ Cos } D \text{ Cos } (\text{Arb} - a)) / \text{Sin } Hpb && = 57^\circ 38' 14.01'' \\
 \text{l. } r &= \sqrt{(X^2 + Y^2)} && = 0^\circ 43' 47.75'' \\
 \text{m. } \text{tanf1} &= \text{Tan}(\text{Asin}(0.004664018 / g / Rm)) && = 0^\circ 00' 16.55'' \\
 \text{n. } \text{tanf2} &= \text{Tan}(\text{Asin}(0.004647083 / g / Rm)) && = 0^\circ 00' 16.49'' \\
 \text{o. } L1 &= (z + 0.272488 / (0.004664018 / g / Rm)) \times \text{tanf1} && = 0^\circ 32' 15.11'' \\
 \text{p. } L2 &= (z - 0.272488 / (0.004647083 / g / Rm)) \times \text{tanf2} && = -0^\circ 00' 30.29''
 \end{aligned}$$

Berikut ini ialah kesimpulan hasil dari elemen besel untuk gerhana Matahari total 2 Juli 2019. Kesimpulan hasil untuk nilai jam ke 2 diperoleh melalui hasil yang dihitung di referensi kedua dikurang dengan hasil yang dihitung di referensi pertama.

Kesimpulan Elemen Bessel Gerhana Matahari Total 2 Juli 2019								
n	X	Y	D	M	L1	L2	tanf1	tanf2
0	-12' 56.156"	-39' 02.571"	23° 00' 46.66"	103° 58' 46.90"	32' 15.472"	-00' 29.928"	16.554"	16.494"
1	33' 58.420"	00' 37.845"	-00' 11.493"	14° 59' 58.23"	-00.367"	-00.365"		

Setelah mengetahui elemen besel untuk Gerhana Matahari Total 2 Juli 2019 maka selanjutnya akan dilakukan perhitungan untuk mencari puncak gerhana Matahari pada lokasi tertentu. Disini penulis menggunakan kota San Jose De Jachal, Argentina dengan data tempat:

Lintang = 30° 14' 30" Selatan

Bujur = 68° 44' 45" Barat

Ketinggian = 0 Meter

Koreksi Perhitungan Puncak Gerhana Pertama:

a. $T = 0$	$= 0^{\circ} 00' 00.00''$
b. $G = \tan^{-1} (0.99664719 \tan \text{Lintang})$	$= -30^{\circ} 09' 28.84''$
c. $S = 0.99664719 \sin G + (\text{Tinggi} / 6378140) \sin \text{Lintang}$	$= -0^{\circ} 30' 02.53''$
d. $C = \cos G + (\text{Tinggi} / 6378140) \cos \text{Lintang}$	$= 0^{\circ} 51' 52.72''$
e. $X = X_0 + X_1 \times T$	$= -0^{\circ} 12' 56.16''$
f. $Y = Y_0 + Y_1 \times T$	$= -0^{\circ} 39' 02.57''$
g. $D = Y_0 + Y_1 \times T$	$= 23^{\circ} 00' 46.66''$
h. $M = Y_0 + Y_1 \times T$	$= 103^{\circ} 58' 46.90''$
i. $L = Y_0 + Y_1 \times T$	$= 0^{\circ} 32' 15.47''$
j. $Q = L_{20} + L_{21} \times T$	$= -0^{\circ} 00' 29.93''$
k. $E = X_1$	$= 0^{\circ} 33' 58.42''$
l. $F = Y_1$	$= 0^{\circ} 00' 37.84''$
m. $H = M + BT - 0.00417807 \times \text{Delta}T$	$= 34^{\circ} 56' 09.87''$
n. $Z = C \sin H$	$= 0^{\circ} 29' 42.53''$
o. $W = S \cos D - C \cos H \sin D$	$= -0^{\circ} 44' 16.67''$
p. $R = S \sin D + C \cos H \cos D$	$= 0^{\circ} 27' 24.02''$
q. $I = 0.01745329 \times M_1 \times C \times \cos H$	$= 0^{\circ} 11' 08.03''$
r. $J = 0.01745329 \times (M_1 \times Z \times \sin D - R \times D_1)$	$= 0^{\circ} 03' 02.52''$
s. $U = X - Z$	$= -0^{\circ} 42' 38.69''$
t. $V = Y - W$	$= 0^{\circ} 05' 14.09''$
u. $A = E - I$	$= 0^{\circ} 22' 50.39''$
v. $B = F - J$	$= -0^{\circ} 02' 24.68''$

$$\begin{aligned} \text{w. } N &= A \times A + B \times B && = 0^\circ 08' 47.47'' \\ \text{x. } P &= -(U \times A + V \times B) / N && = 1^\circ 52' 13.72'' \\ \text{y. } K &= T + P && = 1^\circ 52' 13.72'' \end{aligned}$$

Koreksi Perhitungan Puncak Gerhana Kedua:

$$\begin{aligned} \text{a. } T &= K \text{ Koreksi Perhitungan Puncak Gerhana Pertama} && = 1^\circ 52' 13.72'' \\ \text{b. } G &= \tan^{-1} (0.99664719 \tan \text{Lintang}) && = -30^\circ 09' 28.84'' \\ \text{c. } S &= 0.99664719 \sin G + (\text{Tinggi} / 6378140) \sin \text{Lintang} && = -0^\circ 30' 02.53'' \\ \text{d. } C &= \cos G + (\text{Tinggi} / 6378140) \cos \text{Lintang} && = 0^\circ 51' 52.72'' \\ \text{e. } X &= X_0 + X_1 \times T && = 0^\circ 50' 36.66'' \\ \text{f. } Y &= Y_0 + Y_1 \times T && = -0^\circ 37' 51.78'' \\ \text{g. } D &= Y_0 + Y_1 \times T && = 23^\circ 00' 25.16'' \\ \text{h. } M &= Y_0 + Y_1 \times T && = 132^\circ 02' 09.36'' \\ \text{i. } L &= Y_0 + Y_1 \times T && = 0^\circ 32' 14.79'' \\ \text{j. } Q &= L_{20} + L_{21} \times T && = -0^\circ 00' 30.61'' \\ \text{k. } E &= X_1 && = 0^\circ 33' 58.42'' \\ \text{l. } F &= Y_1 && = 0^\circ 00' 37.84'' \\ \text{m. } H &= M + BT - 0.00417807 \times \text{Delta}T && = 62^\circ 59' 32.33'' \\ \text{n. } Z &= C \sin H && = 0^\circ 46' 13.26'' \\ \text{o. } W &= S \cos D - C \cos H \sin D && = -0^\circ 36' 51.61'' \\ \text{p. } R &= S \sin D + C \cos H \cos D && = 0^\circ 09' 56.57'' \\ \text{q. } I &= 0.01745329 \times M_1 \times C \times \cos H && = 0^\circ 06' 10.05'' \\ \text{r. } J &= 0.01745329 \times (M_1 \times Z \times \sin D - R \times D_1) && = 0^\circ 04' 43.79'' \\ \text{s. } U &= X - Z && = 0^\circ 04' 23.40'' \end{aligned}$$

$$t. V = Y - W = -0^{\circ} 01' 00.17''$$

$$u. A = E - I = 0^{\circ} 27' 48.38''$$

$$v. B = F - J = -0^{\circ} 04' 05.95''$$

$$w. N = A \times A + B \times B = 0^{\circ} 13' 09.99''$$

$$x. P = -(U \times A + V \times B) / N = -0^{\circ} 09' 35.01''$$

$$y. K = T + P = 1^{\circ} 42' 38.71''$$

Koreksi Perhitungan Puncak Gerhana Ketiga:

$$a. T = K \text{ Perhitungan Puncak Gerhana Pertama} = 1^{\circ} 42' 38.71''$$

$$b. G = \tan^{-1} (0.99664719 \tan \text{Lintang}) = -30^{\circ} 09' 28.84''$$

$$c. S = 0.99664719 \sin G + (\text{Tinggi} / 6378140) \sin \text{Lintang} = -0^{\circ} 30' 02.53''$$

$$d. C = \cos G + (\text{Tinggi} / 6378140) \cos \text{Lintang} = 0^{\circ} 51' 52.72''$$

$$e. X = X_0 + X_1 \times T = 0^{\circ} 45' 11.08''$$

$$f. Y = Y_0 + Y_1 \times T = -0^{\circ} 37' 57.83''$$

$$g. D = Y_0 + Y_1 \times T = 23^{\circ} 00' 27.00''$$

$$h. M = Y_0 + Y_1 \times T = 129^{\circ} 38' 24.48''$$

$$i. L = Y_0 + Y_1 \times T = 0^{\circ} 32' 14.84''$$

$$j. Q = L_20 + L_21 \times T = -0^{\circ} 00' 30.55''$$

$$k. E = X_1 = 0^{\circ} 33' 58.42''$$

$$l. F = Y_1 = 0^{\circ} 00' 37.84''$$

$$m. H = M + BT - 0.00417807 \times \text{Delta}T = 60^{\circ} 35' 47.45''$$

$$n. Z = C \sin H = 0^{\circ} 45' 11.75''$$

$$o. W = S \cos D - C \cos H \sin D = -0^{\circ} 37' 36.45''$$

$$p. R = S \sin D + C \cos H \cos D = 0^{\circ} 11' 42.12''$$

$$\begin{aligned}
 \text{q. } I &= 0.01745329 \times M1 \times C \times \text{Cos } H && = 0^\circ 06' 40.07'' \\
 \text{r. } J &= 0.01745329 \times (M1 \times Z \times \text{Sin } D - R \times D1) && = 0^\circ 04' 37.51'' \\
 \text{s. } U &= X - Z && = -0^\circ 00' 00.67'' \\
 \text{t. } V &= Y - W && = -0^\circ 00' 21.38'' \\
 \text{u. } A &= E - I && = 0^\circ 27' 18.35'' \\
 \text{v. } B &= F - J && = -0^\circ 03' 59.66'' \\
 \text{w. } N &= A \times A + B \times B && = 0^\circ 12' 41.56'' \\
 \text{x. } P &= -(U \times A + V \times B) / N && = -0^\circ 00' 05.28'' \\
 \text{y. } K &= T + P && = 1^\circ 42' 33.42''
 \end{aligned}$$

Menghitung jam puncak gerhana

$$\text{Puncak gerhana} = TD + K^{68} - \text{Delta } T / 3600 = 20:41:22 \text{ UT}$$

3. Gerhana Matahari Cincin 21 Juni 2020

Tanggal Hari	TD	Data Matahari			
		Dm Jam 7&8	Arm Jam 7&8	Sdm Jam 7&8	Rm Jam 7&8
21 Juni 2020	7	23° 26' 09.639"	90° 24' 04.224"	00° 15' 44.228"	1.0163238
		23° 26' 09.224"	90° 26' 40.285"	00° 15' 44.226"	1.0163264
Delta T		Data Bulan			
Tipe Gerhana		Db Jam 7&8	Arb Jam 7&8	Hpb Jam 7&8	ST Jam 7&8
71.8		23° 33' 50.816"	90° 33' 33.712"	00° 56' 31.525"	14° 56' 10.540"
Cincin		23° 36' 38.539"	91° 08' 52.052"	00° 56' 32.912"	29° 58' 38.393"

Perhitungan elemen besseel gerhana Matahari Cincin 21 Juni 2020

dengan referensi waktu pertama / (TD = 7):

$$\begin{aligned}
 \text{a. } b &= 0.000042664^{69} / Rm / \text{Sin } Hpb && = 0^\circ 00' 09.19'' \\
 \text{b. } u &= \text{Cos } Dm \text{ Cos } Arm - b \text{ Cos } Db \text{ Cos } Arb && = -0^\circ 00' 23.04'' \\
 \text{c. } v &= \text{Cos } Dm \text{ Sin } Arm - b \text{ Cos } Db \text{ Sin } Arb && = 0^\circ 54' 54.52''
 \end{aligned}$$

⁶⁸ K diambil dari Koreksi Perhitungan Puncak Gerhana Ketiga

⁶⁹ Angka diperoleh melalui perhitungan $\text{Sin}(8.8'')$. $8.8''$ adalah rata-rata horizontal paralaks Matahari.

$$\begin{aligned}
 \text{d. } w &= \sin D_m - b \sin D_b && = 0^\circ 23' 48.14'' \\
 \text{e. } g &= \sqrt{(u^2 + v^2 + w^2)} && = 0^\circ 59' 50.81'' \\
 \text{f. } a &= \text{Mod}(\text{Degrees}(\text{Atan2}(u, v)), 360) && = 90^\circ 24' 02.77'' \\
 \text{g. } D &= \text{Tan}^{-1}(w / \sqrt{(u^2 + v^2)}) && = 23^\circ 26' 08.46'' \\
 \text{h. } X &= (\cos D_b \sin(Arb - a)) / \sin Hpb && = 0^\circ 09' 15.53'' \\
 \text{i. } Y &= (\sin D_b \cos D - \cos D_b \sin D \cos(Arb - a)) / \sin Hpb && = 0^\circ 08' 11.11'' \\
 \text{j. } M &= \text{Mod}(St - a, 360) && = 284^\circ 32' 07.77'' \\
 \text{k. } z &= (\sin D_b \sin D + \cos D_b \cos D \cos(Arb - a)) / \sin Hpb && = 60^\circ 49' 12.42'' \\
 \text{l. } r &= \sqrt{(X^2 + Y^2)} && = 0^\circ 12' 21.48'' \\
 \text{m. } \tan f_1 &= \text{Tan}(\text{Asin}(0.004664018 / g / R_m)) && = 0^\circ 00' 16.56'' \\
 \text{n. } \tan f_2 &= \text{Tan}(\text{Asin}(0.004647083 / g / R_m)) && = 0^\circ 00' 16.50'' \\
 \text{o. } L_1 &= (z + 0.272488 / (0.004664018 / g / R_m)) \times \tan f_1 && = 0^\circ 33' 08.34'' \\
 \text{p. } L_2 &= (z - 0.272488 / (0.004647083 / g / R_m)) \times \tan f_2 && = 0^\circ 00' 22.75''
 \end{aligned}$$

Perhitungan elemen besel gerhana Matahari Cincin 21 Juni 2020 dengan referensi waktu kedua / (TD +1 = 8)

$$\begin{aligned}
 \text{a. } b &= 0.000042664^{70} / R_m / \sin Hpb && = 0^\circ 00' 09.18'' \\
 \text{b. } u &= \cos D_m \cos Arm - b \cos D_b \cos Arb && = -0^\circ 00' 25.46'' \\
 \text{c. } v &= \cos D_m \sin Arm - b \cos D_b \sin Arb && = 0^\circ 54' 54.51'' \\
 \text{d. } w &= \sin D_m - b \sin D_b && = 0^\circ 23' 48.12'' \\
 \text{e. } g &= \sqrt{(u^2 + v^2 + w^2)} && = 0^\circ 59' 50.82'' \\
 \text{f. } a &= \text{Mod}(\text{Degrees}(\text{Atan2}(u, v)), 360) && = 90^\circ 26' 33.82''
 \end{aligned}$$

⁷⁰ Angka diperoleh melalui perhitungan $\sin(8.8'')$. $8.8''$ adalah rata-rata horizontal paralaks Matahari.

$$\begin{aligned}
 \text{g. } D &= \text{Tan}^{-1}(w / \sqrt{(u^2 + v^2)}) && = 23^\circ 26' 07.60'' \\
 \text{h. } X &= (\text{Cos } Db \text{ Sin}(\text{Arb} - a)) / \text{Sin } Hpb && = 0^\circ 41' 07.75'' \\
 \text{i. } Y &= (\text{Sin } Db \text{ Cos } D - \text{Cos } Db \text{ Sin } D \text{ Cos } (\text{Arb} - a)) / \text{Sin } Hpb && = 0^\circ 11' 15.52'' \\
 \text{j. } M &= \text{Mod}(\text{St} - a, 360) && = 299^\circ 32' 04.57'' \\
 \text{k. } z &= (\text{Sin } Db \text{ Sin } D + \text{Cos } Db \text{ Cos } D \text{ Cos } (\text{Arb} - a)) / \text{Sin } Hpb && = 60^\circ 47' 29.19'' \\
 \text{l. } r &= \sqrt{(X^2 + Y^2)} && = 0^\circ 42' 38.54'' \\
 \text{m. } \text{tanf1} &= \text{Tan}(\text{Asin}(0.004664018 / g / Rm)) && = 0^\circ 00' 16.56'' \\
 \text{n. } \text{tanf2} &= \text{Tan}(\text{Asin}(0.004647083 / g / Rm)) && = 0^\circ 00' 16.50'' \\
 \text{o. } L1 &= (z + 0.272488 / (0.004664018 / g / Rm)) \times \text{tanf1} && = 0^\circ 33' 07.87'' \\
 \text{p. } L2 &= (z - 0.272488 / (0.004647083 / g / Rm)) \times \text{tanf2} && = 0^\circ 00' 22.28''
 \end{aligned}$$

Berikut ini ialah kesimpulan hasil dari elemen besel untuk gerhana Matahari cincin 21 Juni 2020. Kesimpulan hasil untuk nilai jam ke 2 diperoleh melalui hasil yang dihitung di referensi kedua dikurang dengan hasil yang dihitung di referensi pertama.

Kesimpulan Elemen Bessel Gerhana Matahari Cincin 21 Juni 2020								
n	X	Y	D	M	L1	L2	tanf1	tanf2
0	09' 15.528"	08' 11.106"	23° 26' 08.46"	284° 32' 07.77"	33' 08.345"	00' 22.752"	16.563"	16.503"
1	31' 52.227"	03' 04.411"	-00' 00.858"	14° 59' 56.80"	-00.479"	-00.477"		

Setelah mengetahui elemen besel untuk Gerhana Matahari Cincin 21 Juni 2020 maka selanjutnya akan dilakukan perhitungan untuk mencari puncak gerhana Matahari cincin serta kontak awal dan akhir cincin pada lokasi tertentu. Disini penulis menggunakan kota Sirsa, Haryana, India dengan data tempat:

$$\text{Lintang} = 29^\circ 32' 05'' \text{ Utara}$$

$$\text{Bujur} = 75^{\circ} 01' 43'' \text{ Timur}$$

$$\text{Ketinggian} = 0$$

Koreksi Perhitungan Puncak Gerhana Pertama:

- a. $T = 0$ = $0^{\circ} 00' 00.00''$
- b. $G = \tan^{-1} (0.99664719 \tan \text{Lintang})$ = $29^{\circ} 27' 08.15''$
- c. $S = 0.99664719 \sin G + (\text{Tinggi} / 6378140) \sin \text{Lintang}$ = $0^{\circ} 29' 24.18''$
- d. $C = \cos G + (\text{Tinggi} / 6378140) \cos \text{Lintang}$ = $0^{\circ} 52' 14.76''$
- e. $X = X_0 + X_1 \times T$ = $0^{\circ} 09' 15.53''$
- f. $Y = Y_0 + Y_1 \times T$ = $0^{\circ} 08' 11.11''$
- g. $D = Y_0 + Y_1 \times T$ = $23^{\circ} 26' 08.46''$
- h. $M = Y_0 + Y_1 \times T$ = $284^{\circ} 32' 07.77''$
- i. $L = Y_0 + Y_1 \times T$ = $0^{\circ} 33' 08.34''$
- j. $Q = L_{20} + L_{21} \times T$ = $0^{\circ} 00' 22.75''$
- k. $E = X_1$ = $0^{\circ} 31' 52.23''$
- l. $F = Y_1$ = $0^{\circ} 03' 04.41''$
- m. $H = M + BT - 0.00417807 \times \text{Delta}T$ = $359^{\circ} 15' 50.80''$
- n. $Z = C \sin H$ = $-0^{\circ} 00' 40.26''$
- o. $W = S \cos D - C \cos H \sin D$ = $0^{\circ} 06' 12.00''$
- p. $R = S \sin D + C \cos H \cos D$ = $0^{\circ} 59' 37.57''$
- q. $I = 0.01745329 \times M_1 \times C \times \cos H$ = $0^{\circ} 13' 40.56''$
- r. $J = 0.01745329 \times (M_1 \times Z \times \sin D - R \times D_1)$ = $-0^{\circ} 00' 04.18''$
- s. $U = X - Z$ = $0^{\circ} 09' 55.79''$
- t. $V = Y - W$ = $0^{\circ} 01' 59.11''$

$$\begin{aligned}
 \text{u. } A &= E - I && = 0^\circ 18' 11.67'' \\
 \text{v. } B &= F - J && = 0^\circ 03' 08.59'' \\
 \text{w. } N &= A \times A + B \times B && = 0^\circ 05' 40.92'' \\
 \text{x. } P &= -(U \times A + V \times B) / N && = -0^\circ 32' 53.69'' \\
 \text{y. } K &= T + P && = -0^\circ 32' 53.69''
 \end{aligned}$$

Koreksi Perhitungan Puncak Gerhana Kedua:

$$\begin{aligned}
 \text{a. } T &= K \text{ Koreksi Perhitungan Puncak Gerhana Pertama} && = -0^\circ 32' 53.69'' \\
 \text{b. } G &= \tan^{-1} (0.99664719 \tan \text{Lintang}) && = 29^\circ 27' 08.15'' \\
 \text{c. } S &= 0.99664719 \sin G + (\text{Tinggi} / 6378140) \sin \text{Lintang} && = 0^\circ 29' 24.18'' \\
 \text{d. } C &= \cos G + (\text{Tinggi} / 6378140) \cos \text{Lintang} && = 0^\circ 52' 14.76'' \\
 \text{e. } X &= X_0 + X_1 \times T && = -0^\circ 08' 12.85'' \\
 \text{f. } Y &= Y_0 + Y_1 \times T && = 0^\circ 06' 30.00'' \\
 \text{g. } D &= Y_0 + Y_1 \times T && = 23^\circ 26' 08.93'' \\
 \text{h. } M &= Y_0 + Y_1 \times T && = 276^\circ 18' 44.12'' \\
 \text{i. } L &= Y_0 + Y_1 \times T && = 0^\circ 33' 08.61'' \\
 \text{j. } Q &= L_{20} + L_{21} \times T && = 0^\circ 00' 23.01'' \\
 \text{k. } E &= X_1 && = 0^\circ 31' 52.23'' \\
 \text{l. } F &= Y_1 && = 0^\circ 03' 04.41'' \\
 \text{m. } H &= M + BT - 0.00417807 \times \text{DeltaT} && = 351^\circ 02' 27.15'' \\
 \text{n. } Z &= C \sin H && = -0^\circ 08' 08.17'' \\
 \text{o. } W &= S \cos D - C \cos H \sin D && = 0^\circ 06' 27.10'' \\
 \text{p. } R &= S \sin D + C \cos H \cos D && = 0^\circ 59' 02.72'' \\
 \text{q. } I &= 0.01745329 \times M_1 \times C \times \cos H && = 0^\circ 13' 30.62''
 \end{aligned}$$

$$r. J = 0.01745329 \times (M1 \times Z \times \sin D - R \times D1) = -0^\circ 00' 50.81''$$

$$s. U = X - Z = -0^\circ 00' 04.67''$$

$$t. V = Y - W = 0^\circ 00' 02.91''$$

$$u. A = E - I = 0^\circ 18' 21.61''$$

$$v. B = F - J = 0^\circ 03' 55.22''$$

$$w. N = A \times A + B \times B = 0^\circ 05' 52.47''$$

$$x. P = -(U \times A + V \times B) / N = 0^\circ 00' 12.66''$$

$$y. K = T + P = -0^\circ 32' 41.03''$$

Koreksi Perhitungan Puncak Gerhana Ketiga:

$$a. T = K \text{ Perhitungan Puncak Gerhana Pertama} = -0^\circ 32' 41.03''$$

$$b. G = \tan^{-1} (0.99664719 \tan \text{Lintang}) = 29^\circ 27' 08.15''$$

$$c. S = 0.99664719 \sin G + (\text{Tinggi} / 6378140) \sin \text{Lintang} = 0^\circ 29' 24.18''$$

$$d. C = \cos G + (\text{Tinggi} / 6378140) \cos \text{Lintang} = 0^\circ 52' 14.76''$$

$$e. X = X0 + X1 \times T = -0^\circ 08' 06.12''$$

$$f. Y = Y0 + Y1 \times T = 0^\circ 06' 30.65''$$

$$g. D = Y0 + Y1 \times T = 23^\circ 26' 08.93''$$

$$h. M = Y0 + Y1 \times T = 276^\circ 21' 54.04''$$

$$i. L = Y0 + Y1 \times T = 0^\circ 33' 08.61''$$

$$j. Q = L20 + L21 \times T = 0^\circ 00' 23.01''$$

$$k. E = X1 = 0^\circ 31' 52.23''$$

$$l. F = Y1 = 0^\circ 03' 04.41''$$

$$m. H = M + BT - 0.00417807 \times \Delta T = 351^\circ 05' 37.07''$$

$$n. Z = C \sin H = -0^\circ 08' 05.32''$$

$$\begin{aligned}
 \text{o. } W &= S \cos D - C \cos H \sin D && = 0^\circ 06' 26.92'' \\
 \text{p. } R &= S \sin D + C \cos H \cos D && = 0^\circ 59' 03.13'' \\
 \text{q. } I &= 0.01745329 \times M1 \times C \times \cos H && = 0^\circ 13' 30.73'' \\
 \text{r. } J &= 0.01745329 \times (M1 \times Z \times \sin D - R \times D1) && = -0^\circ 00' 50.52'' \\
 \text{s. } U &= X - Z && = -0^\circ 00' 00.80'' \\
 \text{t. } V &= Y - W && = 0^\circ 00' 03.73'' \\
 \text{u. } A &= E - I && = 0^\circ 18' 21.49'' \\
 \text{v. } B &= F - J && = 0^\circ 03' 54.93'' \\
 \text{w. } N &= A \times A + B \times B && = 0^\circ 05' 52.35'' \\
 \text{x. } P &= -(U \times A + V \times B) / N && = 0^\circ 00' 00.00'' \\
 \text{y. } K &= T + P && = -0^\circ 32' 41.03''
 \end{aligned}$$

Menghitung jam puncak gerhana

$$\text{Puncak gerhana} = TD + K^{71} - \text{Delta T} / 3600 = 6:26:07 \text{ UT}$$

Dalam gerhana Matahari Cincin 21 Juni 2020 *Live Youtube Time and Date* melakukan observasi di beberapa tempat. Pada awal gerhana mereka melakukan observasi di Jeddah Saudi Arabia, kemudian Abu Dhabi Uni Emirat Arab, dan untuk awal cincin, puncak gerhana cincin, akhir cincin dilakukan di Sirsa Haryana India. Maka dari itu penulis ingin melakukan uji akurasi terhadap awal waktu cincin, puncak gerhana, dan akhir waktu cincin di kota Sirsa India menggunakan metode Nubala. Penulis tidak menggunakan tempat selain Kota Sirsa karena tempat yang

⁷¹ K diambil dari Koreksi Perhitungan Puncak Gerhana Ketiga

dilakukan *Live Stream* gerhana cincin berbeda-beda sehingga penulis hanya mengambil perhitungan di Kota Sirsa India untuk kontak gerhana awal cincin hingga akhir cincin saja karena di Kota inilah tim dari *Time and Date* menampilkan siaran *live* secara lengkap untuk kontak awal cincin hingga akhir cincin.

Disini penulis akan melanjutkan perhitungan untuk mencari kontak awal cincin dan akhir cincin. Kontak awal cincin dimulai ketika piringan Matahari mulai tertutupi oleh seluruh piringan Bulan. Kontak akhir cincin terjadi ketika piringan Matahari terakhir kali tertutup oleh seluruh piringan Bulan, berikut ini langkah-langkah untuk mencari kontak awal dan akhir gerhana Matahari cincin:⁷²

n. Q'	= $Q - R \times \tan f$ ⁷³	= 0° 00' 06.77"
o. e	= \sqrt{N} ⁷⁴	= 0° 18' 46.27"
p. A	= hasil A koreksi perhitungan puncak ketiga	= 0° 18' 21.49"
q. V	= hasil V koreksi perhitungan puncak ketiga	= 0° 00' 03.73"
r. U	= hasil U koreksi perhitungan puncak ketiga	= -0° 00' 00.80"
s. B	= hasil B koreksi perhitungan puncak ketiga	= 0° 03' 54.93"
t. t	= hasil K koreksi perhitungan puncak ketiga	= -0° 32' 41.03"
u. s	= $(A \times V - U \times B) / (e \times Q')$	= 0° 33' 50.49"
v. Tau	= $(Q' / e) \times \sqrt{(1 - s \times s)}$	= 0° 00' 17.87"
w. PwAt	= t - Tau	= -0° 32' 58.90"

⁷² Mark Littmann, et al., *Totality Eclipses...*, 10.

⁷³ Q dan R diambil dari koreksi perhitungan puncak ketiga

⁷⁴ N diambil dari koreksi perhitungan puncak ketiga

$$\begin{aligned}
 \text{x. } PwAh &= t + \text{Tau} && = -0^\circ 32' 23.16'' \\
 \text{y. } \text{Awal Cincin} &= \text{TD} + PwAt - \text{Delta T} / 3600 && = 6:25:49 \text{ UT} \\
 \text{z. } \text{Akhir Cincin} &= \text{TD} + PwAt - \text{Delta T} / 3600 && = 6:26:25 \text{ UT}
 \end{aligned}$$

B. Uji Akurasi Hasil Perhitungan Gerhana Matahari Metode Nubala Dengan Siaran Live Youtube Time And Date

1. Gerhana Matahari Total 21 Agustus 2017

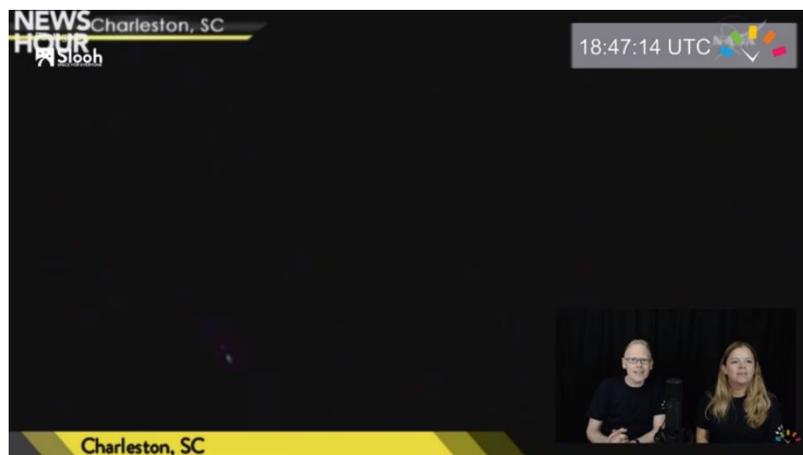
Dalam *live Youtube Time and Date* observasi gerhana Matahari 21 Agustus 2017 tidak terfokus pada satu tempat saja, namun dari berbagai tempat yang mengalami gerhana. Penulis menggunakan Kota Charleston sebagai acuan perhitungan dikarenakan pada kota inilah puncak live gerhana disiarkan. Untuk awal gerhana dan akhir gerhana didalam *live YouTube time and date* tidak melakukan observasi di Charleston sehingga penulis hanya mengambil perhitungan puncak gerhana saja. Untuk awal gerhana, *time and date* menyiarkan observasi di kota Stanley Amerika Serikat, untuk akhir gerhana dilakukan di kota Kourou, Guyana, Prancis. Dengan demikian perhitungan akan berbeda satu sama lain dikarenakan titik acuan perhitungan menggunakan lintang dan bujur yang berbeda sehingga penulis hanya mengambil dan menghitung puncak gerhana di satu lokasi yakni di kota Charleston Amerika Serikat. Berikut ini gambar hasil perhitungan untuk tengah gerhana di kota Stanley Amerika Serikat pada jam 18:47:08 UT:



Gambar 4.1. Hasil perhitungan puncak gerhana di kota Stanley dalam *Live YouTube Time and Date* menggunakan metode Nubala.

Puncak gerhana terjadi ketika seluruh piringan Matahari telah tertutupi oleh Bulan sehingga tidak meninggalkan berkas cahaya ketika diamati menggunakan teleskop berfilter.⁷⁵ Dari gambar diatas kita dapat mengetahui bahwa masih ada seberkas cahaya dari Matahari yang dapat dilihat melalui teleskop, sehingga diameter dari Matahari belum tertutupi secara penuh oleh Bulan. Lalu pada pukul 18:47:14 UT diameter dari Matahari telah tertutupi oleh Bulan secara penuh sehingga tidak meninggalkan seberkas cahaya dari Matahari yang diamati dari teleskop berfilter ketika tim dari *Time and Date* melakukan *Live* di kota Charleston, berikut ini ialah gambar dari *Live Siaran Youtube Time and Date* ketika puncak gerhana Matahari pada pukul 18:47:14 UT:

⁷⁵ Mark Littmann, et al., *Totality Eclipses...*, 335



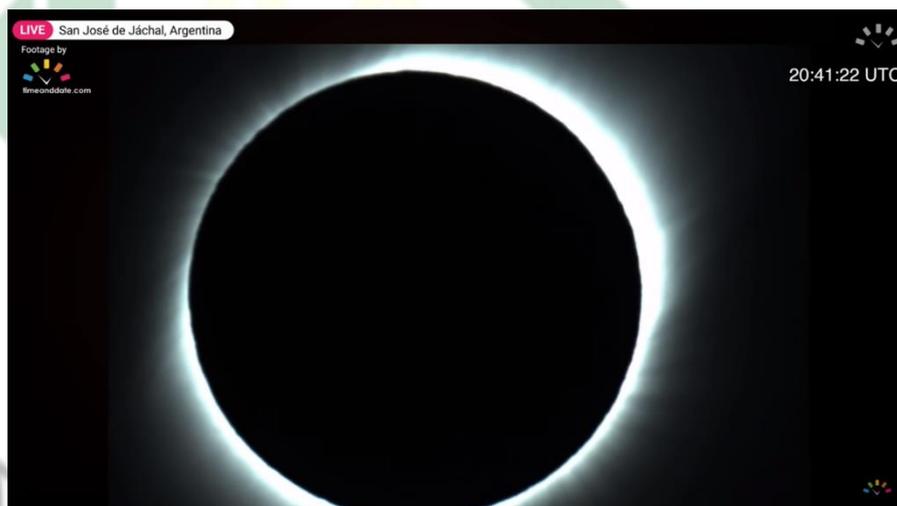
Gambar 4.2. Puncak Gerhana Matahari di Kota Charleston pukul (Momen ketika piringan bulan sudah menutupi seluruh piringan Matahari) 18:47:14 UT

Dari hasil metode Nubala menghasilkan selisih sekitar enam detik untuk mencapai puncak gerhana, yakni momen ketika Bulan telah menutupi seluruh piringan dari Matahari sehingga tidak menimbulkan cahaya apabila diamati dengan menggunakan teleskop berfilter. Hasil yang diperoleh dari metode Nubala ini cukup akurat, karena ia menghasilkan selisih tidak sampai 10 detik untuk puncak gerhana Matahari Total pada 21 Agustus 2017 di kota Charleston. Hasil yang dihasilkan dari metode Nubala apabila dibandingkan dengan NASA melalui *Javascript Solar Eclipse* hanya berkisar 1 detik saja.⁷⁶

2. Gerhana Matahari Total 2 Juli 2019

⁷⁶ Fred Espenak dan Chris O'Byrne, *Javascript Solar Eclipse Explorer*, dalam <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/JSEX/JSEX-SA.html>, diakses pada 16 Juli 2021.

Kali ini tim dari *time and date* melakukan *live Youtube* di kota San Jose De Jachal, Argentina. Setelah melakukan perhitungan puncak gerhana di kota San Jose De Jachal maka penulis mengecek jam hasil perhitungan dengan *live siaran Youtube time and date*. Disini penulis menemukan bahwa hasil perhitungan dari metode Nubala menghasilkan jam yang tepat ketika puncak gerhana dengan keadaan piringan Bulan telah menutupi semua piringan Matahari, berikut ini ialah gambar pada saat puncak gerhana di Kota San Jose de Jachal, Argentina pada pukul 20:41:22 UT:



Gambar 4.3. Puncak Gerhana Matahari Total 2 Juli 2019 di Kota San Jose de Jachal, Argentina pada pukul 20:41:22 UT

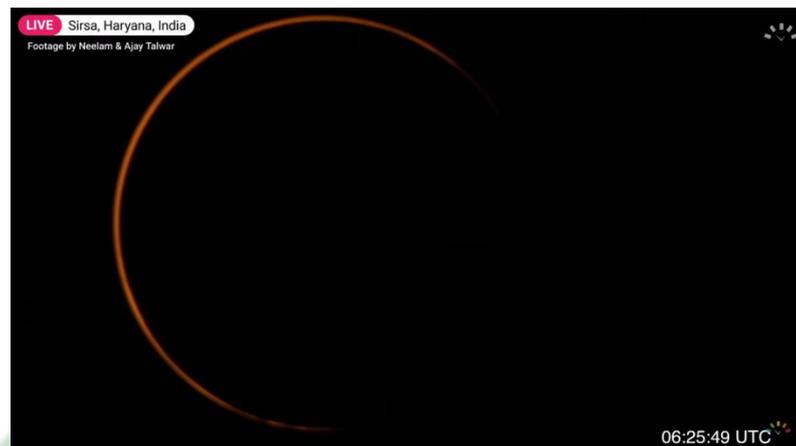
Perhitungan yang dihasilkan oleh Nubala memberikan hasil yang akurat untuk puncak gerhana Matahari Total di kota San Jose de Jachal, Argentina. Pada pukul 20:41:22 UT terlihat bahwa seluruh diameter Bulan telah menutupi diameter Matahari sehingga apabila dilihat melalui teleskop yang tidak berfilter akan menghasilkan cahaya di samping piringan Bulan. Cahaya ini disebut *corona*, cahaya ini dapat dilihat tanpa

bantuan filter ketika puncak totalitas gerhana Matahari saja dikarenakan apabila kita melihat *corona* Matahari ketika belum mencapai puncak totalitas gerhana Matahari maka hal tersebut dapat merusak mata kita.⁷⁷ Hasil yang diperoleh dari Nubala ini apabila dibandingkan dengan NASA jika dihitung di lokasi yang sama maka tidak dijumpai perbedaan, sehingga metode Nubala untuk perhitungan gerhana Matahari Total 2 Juli 2019 di Kota San Jose de Jachal dikatakan akurat.

3. Gerhana Matahari Cincin 21 Juni 2020

Dari perhitungan gerhana Matahari Cincin 21 Juni 2020 yang dihasilkan oleh perhitungan Nubala, perhitungan metode ini akurat untuk awal cincin dan puncak gerhana cincin. Keakuratan ini penulis buktikan melalui *Live Youtube Time and Date* pada gerhana 21 Juni 2020 di Kota Sirsa India. Dimana awal kontak cincin ditandai ketika piringan luar Matahari telah tertutupi oleh piringan luar dari Bulan dan puncak gerhana cincin terjadi ketika Bulan telah menutupi piringan Matahari (Tidak menutupi piringan Matahari secara total) dengan meninggalkan cahaya lingkaran di pinggir Bulan seperti cincin. Berikut ini ialah gambar dari siaran *Time and Date* untuk hasil yang dihasilkan Nubala pada kontak awal cincin dan puncak gerhana cincin:

⁷⁷ Mark Littmann, et al., *Totality Eclipses...*, 335



Gambar 4.4. Hasil dari metode Nubala ketika kontak awal cincin di Kota Sirsa, India pada Gerhana Matahari Cincin 21 Juni 2020 Pukul 06:25:49 UT

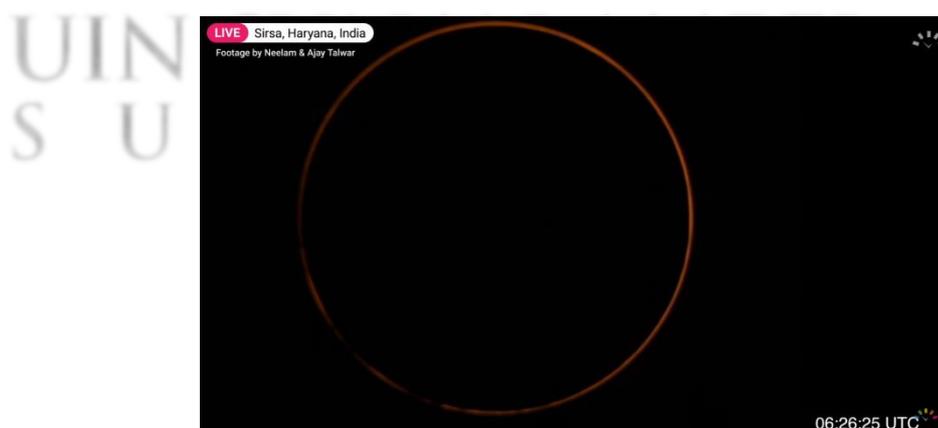


Gambar 4.5. Hasil dari metode Nubala ketika puncak gerhana di Kota Sirsa, India pada Gerhana Matahari Cincin 21 Juni 2020 Pukul 06:26:25 UT

Hasil perhitungan dari metode Nubala cukup akurat ketika dilakukan perhitungan kontak awal cincin dan puncak gerhana. Mengingat awal cincin terjadi ketika piringan luar Bulan telah bersinggungan dengan piringan luar Matahari sehingga dalam gambar 3.4

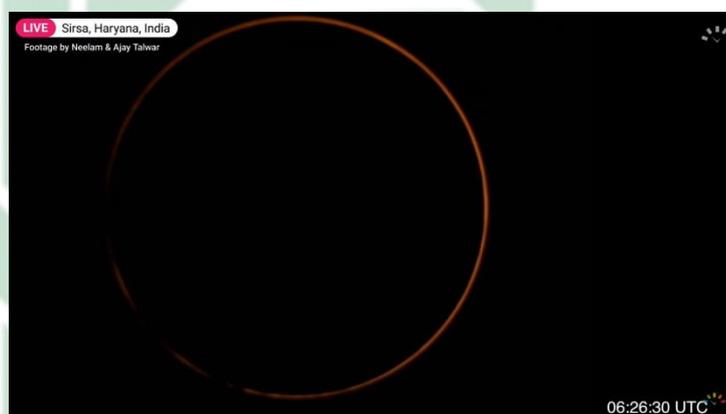
kita dapat mengetahui bahwa pada jam tersebut piringan luar Bulan telah bersinggungan dengan piringan luar Matahari. Kemudian untuk puncak gerhana metode Nubala juga memberikan hasil yang akurat sehingga pada gambar 3.5 digambarkan bahwa piringan Matahari telah tertutupi oleh Bulan. Terutupi dalam artian gerhana cincin ialah piringan Bulan tidak menutupi semua piringan dari Matahari, sehingga dalam gerhana cincin ukuran Bulan yang lebih kecil dari Matahari akan menyebabkan cahaya pada tepi Bulan dengan bentuk lingkaran yang menyerupai cincin. Cahaya pada tepi Bulan yang berbentuk lingkaran inilah yang menyebabkan gerhana ini dinamai gerhana cincin.

Untuk akhir cincin, metode Nubala menghasilkan hasil yang tidak sesuai dengan keadaan kontak akhir cincin dimana keadaan kontak akhir cincin terjadi apabila piringan Matahari terakhir kali tertutup oleh seluruh piringan Bulan. Berikut ini momen akhir cincin berdasarkan hasil yang dihasilkan oleh metode Nubala dalam perhitungan kontak akhir cincin:



Gambar 4.6. Hasil dari metode Nubala ketika kontak akhir cincin di Kota Sirsa, India pada Gerhana Matahari Cincin 21 Juni 2020 Pukul 06:26:25 UT

Kontak akhir cincin yang dihasilkan Nubala belum menggambarkan keadaan piringan Matahari tertutup oleh seluruh piringan Bulan sehingga pada jam 06:26:25 UT ada cahaya yang melingkari bulan, yang menandakan ini masih berada di fase puncak gerhana. Keadaan ketika piringan Matahari telah tertutup oleh seluruh piringan Bulan terjadi pada pukul 06:26:30 UT seperti gambar dibawah ini:



Gambar 4.7. Keadaan ketika piringan luar Matahari telah tertutup oleh seluruh piringan Bulan terjadi pada pukul 06:26:30 UT di Kota Sirsa, India pada Gerhana Matahari Cincin 21 Juni 2020 Pukul 06:26:30 UT

Gambar diatas menggambarkan momen ketika piringan luar dari Matahari telah terutupi oleh seluruh piringan Bulan sehingga pada waktu 06:26:25 merupakan kontak akhir cincin. Selisih yang dihasilkan oleh metode Nubala dan waktu akhir cincin yang ada di gambar 3.7 berselisih sekitar 5 detik saja sehingga ini masih dikatakan akurat karena nilai selisih tidak sampai 10 detik ataupun lebih dari 10 detik. Penulis kemudian melihat hasil kontak akhir gerhana di Kota Sirsa, India dengan menggunakan hasil yang diperoleh melalui *Javascript Solar Eclipse*

Explorer dari NASA. NASA memberikan hasil kontak akhir cincin terjadi pada pukul 06:26:24 dimana pada posisi ini piringan luar matahari belum tertutupi oleh piringan bulan, maka hasil yang diperoleh oleh NASA apabila dibandingkan melalui siaran *Live Youtube Time and Date* ketika gerhana Matahari cincin pada 21 Juni 2020 berselisih sekitar 6 detik saja.⁷⁸

4. Hasil Kesimpulan Perhitungan Gerhana Matahari Nubala dengan *Live Time and Date*

Tanggal Gerhana	Tipe	Fase	Nubala	<i>Live Time and Date</i>	Selisih
21 Agustus 2017	Total	Puncak	18:47:08 UT	18:47:14 UT	6 detik
2 Juli 2019	Total	Puncak	20:41:22 UT	20:41:22 UT	0 detik
21 Juni 2020	Cincin	Awal Cincin	06:25:49 UT	06:25:49 UT	0 detik
		Puncak	06:26:25 UT	06:26:25 UT	0 detik
		Akhir Cincin	06:26:25 UT	06:26:30 UT	5 detik

Tabel 4.1. Hasil Kesimpulan Perhitungan Gerhana Matahari Nubala dengan *Live Time and Date*

Hasil perhitungan gerhana Matah lokal metode Nubala cukup akurat dengan selisih untuk tiga gerhana Matahari antara 5-6 detik. Selisih yang terjadi di gerhana Matahari 21 Agustus 2017 menurut analisis dari penulis ialah dikarenakan pada saat itu *Youtube* belum mempunyai fitur *ultra-low latency*. Fitur ini ialah fitur pemotongan delay

⁷⁸ Fred Espenak dan Chris O'Byrne, *Javascript Solar Eclipse Explorer*, dalam <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/JSEX/JSEX-SA.html>, diakses pada 17 Juli 2021.

yang dimiliki *Youtube* dan diluncurkan pada bulan September 2017.⁷⁹ Sehingga maklum apabila pada gerhana Matahari Total 21 Agustus 2017 hasil antara metode Nubala dan keadaan gerhana yang disiarkan oleh *Time and Date* tidak begitu tepat karena pada saat gerhana ini terjadi *Youtube* tidak memiliki fitur *ultra-low latency* sebagai upaya untuk menghilangkan *delay* yang terjadi ketika siaran *live* sedang berlangsung.

Untuk selisih 5 detik dari hasil akhir fase gerhana Matahari cincin pada 21 Juni 2020 bila dibandingkan dengan keadaan aslinya, selisih ini kemungkinan besar terjadi karena nilai jari-jari Bulan saat dilakukan perhitungan elemen *bessel*, dimana di Nubala menggunakan jari-jari umbra Bulan sebesar 0.272488 sedangkan Fred Espenak didalam *eclipsewise.com* menggunakan jari-jari umbra bulan sebesar 0.2722810.⁸⁰ Maka dengan demikian terdapat selisih 5 detik yang begitu kecil pada fase akhir cincin gerhana Matahari di tanggal 21 Juni 2020.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

⁷⁹ Jofie Yordan, *Live Streaming di Youtube Kini Lebih Lancar*, dalam <https://kumparan.com/kumparantech/live-streaming-di-youtube-kini-lebih-lancar/full>, diakses pada 17 Juli 2021.

⁸⁰ Fred Espenak, *Annular Solar Eclipse of 2020 June 21*, dalam <http://eclipsewise.com/solar/SEprime/2001-2100/SE2020Jun21Aprime.html>, diakses pada 17 Juli 2021

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan penulis maka dapat diambil kesimpulan sebagaimana dibawah ini:

1. Perhitungan gerhana Matahari metode Nubala dapat dihitung melalui langkah berikut:
 - a. Melacak jam FIB terkecil ketika terjadinya konjungsi.
 - b. Mencari Data Matahari dan Bulan pada jam FIB terkecil dan 1 jam sesudahnya melaluisoftware yang menyediakan data ephemeris Matahari dan Bulan. Data tersebut seperti *deklinasi* Matahari, *asensiorekta* Matahari, *semidiameter* Matahari, *true geocentric distance* Matahari, *deklinasi* Bulan, *asensiorekta* Bulan, *horizontal paralaks* Bulan, dan *Sidereal Time*.
 - c. Melakukan perhitungan elemen besel yang akan dihitung dengan menggunakan data Matahari dan Bulan. Data tersebut meliputi X_0 , X_1 , Y_0 , Y_1 , D_0 , D_1 , M_0 , M_1 , L_{10} , L_{11} , L_{20} , L_{21} , $\tan f_1$, dan $\tan f_2$.
 - d. Menghitung jam puncak gerhana dengan 16 langkah perhitungan yang dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.
 - e. Menghitung waktu awal dan akhir total atau cincin dengan 11 langkah perhitungan.

2. Hasil akurasi perhitungan gerhana Matahari metode Nubala dengan siaran *Live Youtube Time and Date* yang telah dilakukan oleh penulis menghasilkan kesimpulan berikut:
 - a. Untuk jam puncak gerhana Matahari total pada 21 Agustus 2017 di Kota Charleston metode Nubala memiliki selisih sekitar 6 detik apabila dibandingkan dengan hasil keadaan gerhana Matahari ketika dilakukan *live* di *Youtube Time and Date*. Selisih ini dikarenakan pada saat itu *Youtube* belum memiliki fitur *ultra-low latency*, fitur ini ialah fitur pemotongan *delay* ketika proses *live streaming* dilakukan, dengan tujuan agar tidak ada jeda *delay* ketika dilakukan *live* dengan keadaan yang sedang terjadi.
 - b. Untuk jam puncak gerhana Matahari total pada tanggal 2 Juli 2019 di Kota San Jose de Jachal Argentina metode perhitungan Nubala memberikan hasil yang sesuai dengan keadaan yang ada di lapangan, yang telah disiarkan secara *live* melalui *Youtube Time and Date*. Sehingga dari hasil Nubala untuk perhitungan puncak gerhana Matahari total pada tanggal 2 Juli 2019 di kota San Jose de Jachal dikatakan Akurat.
 - c. Untuk gerhana Matahari cincin 21 Juni 2020 di kota Sirsa, India metode Nubala memberikan hasil yang akurat terhadap hasil perhitungan di fase awal cincin dan puncak gerhana. Kemudian terjadi selisih di waktu fase akhir cincin dengan selisih sekitar 5 detik. Selisih ini dikarenakan metode Nubala menggunakan nilai jari-jari

umbra Bulan sebesar 0.272488 sedangkan Fred Espenak didalam eclipsewise.com menggunakan jari-jari umbra bulan sebesar 0.2722810, sehingga melalui selisih ini maka perhitungan fase akhir cincin juga akan berbeda.

- d. Rata-rata selisih dari hasil Metode Nubala melalui pengujian tiga gerhana Matahari di *live Youtube Channel time and date* memiliki rerata selisih 5.5 detik. 5.5 detik sehingga metode Nubala dalam perhitungan gerhana Matahari masih dikatakan akurat karena selisihnya bernilai rata-rata 5.5 detik.

B. Saran

Setelah melakukan penelitian terkait uji akurasi hasil perhitungan gerhana matahari metode nubala dengan siaran *live youtube time and date* penulis membuat saran, yakni:

- a. Alangkah baiknya pihak dari *channel Youtube time and date* melakukan *live streaming* gerhana Matahari pada satu lokasi tempat saja, apabila diinginkan melihat fase gerhana di beda tempat maka patutnya membuat *live streaming* di tempat yang berbeda sehingga ini dapat memudahkan para peneliti untuk melakukan pengujian akurasi perhitugnan gerhana Matahari dari fase kontak awal gerhana hingga akhir gerhana.
- b. Patutnya nilai jari-jari umbra bulan diganti dengan nilai yang terbaru, karena nilai yang diadopsi dari Fred Espenak didalam eclipsewise.com menggunakan jari-jari umbra bulan sebesar 0.2722810. Nilai jari-jari ini ia gunakan sejak tahun 2020 silam. Perbedaan nilai ini akan berpengaruh

pada perhitungan kontak awal total atau cincin dan akhir kontak total dan cincin sehingga jari-jari umbra bulan di Nubala diganti dengan nilai yang ditetapkan espenak sebesar 0.2722810.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Hayyie al-Kattani. *Terj. Al-Fiqhu Al-Islāmiyyu wa Adillatuhu -Wahbah az-Zuhaili*, Jilid I .Depok: Gema Insani, 2007.
- Al Husna, Muhammad Farih. *Studi Analisis Program Tracking Gerhana Matahari Karya Muhammad Wasil'* Skripsi—UIN Walisongo Semarang, 2019.
- Alimuddin. *Jurnal Ilmiah : Gerhana Matahari Perspektif Astronomi* .Makassar : Al-Daulah, 2014.
- Anugraha, Rinto. *Mekanika Benda Langit*.Yogyakarta: FMIPA UGM Yogyakarta, 2012.
- Creswell, John W. *Reseach Design Pendekatan Kualitatif,Kuantitatif dan Mixed* Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2014.
- Espenak, Fred. *Annular Solar Eclipse of 2020 June 21*. dalam <http://eclipsewise.com/solar/SEprime/2001-2100/SE2020Jun21Aprime.html>. diakses pada 17 Juli 2021
- Fakultas Syariah UIN Sunan Ampel Surabaya, *Petunjuk Teknis Penulisan Skripsi*. Surabaya, 2017.
- Fakultas Syariah UIN Sunan Ampel Surabaya, *Petunjuk Teknis Penulisan Skripsi*. Surabaya: 2017.
- Fred Espenak dan Chris O'Byrne. *Javascript Solar Eclipse Explorer*. dalam <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/JSEX/JSEX-SA.html>, diakses pada 16 Juli 2021.
- Fred Espenak, *Solar Eclipse Basics*, dalam <http://eclipsewise.com/solar/SEhelp/SEbasics.html>, diakses pada 15 Juni 2021
- Hadi Bashori, Muhammad. *Pengantar Ilmu Falak* .Jakarta: Pustaka Al-Kautsar, 2015.
- Harinanto, Gunawan. *Arti Streaming Video Youtube*. dalam <https://www.digitalponsel.com/25257/arti-streaming-video/>. diakses pada 16 Juli 2021.
- Hidayat, Ehsan. “Analisis Pola Gerhana Matahari Ditinjau dari Kriteria Nilai Arguen Lintang Bulan (F), Gamma (y), dan Magnitudo (u)” Skripsi—UIN Walisongo Semarang, 2017.
- Imam Abi Abdillah Muhammad bin Ismail ibnu Ibrahim bin al Mughirah bin Bardzabah al Bukhari al Jafi'I. *Shahih Bukhari*. Beirut: Daar al-Fikr, 1986.
- Izzuddin, Ahmad. *Fiqih Hisab Rukyah* .Jakarta: Erlangga, 2007.

- Khazin , Muhyidin. *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik*. Yogyakarta: Buana Pustaka 2004.
- Khazin, Muhyiddin. *Kamus Ilmu Falak*. Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005.
- Littmann, Mark dkk. *Observing Solar Eclipse Safely*. dalam <http://www.mreclipse.com/Totallity2/TotallityCh11.html>. diakses pada 16 Juni 2021.
- Littmann, Mark, et al.. *Totallity Eclipses of The Sun*. New York: Oxford University Press, 2008.
- Maghfuri, Alan. *Algoritma Gerhana: Kajian Mengenai Perhitungan Gerhana Matahari dengan Data Ephemeris Hisab Rukyat* (Malang: Madza Media, 2020).
- Masykur dkk. *Fikih Lima mazhab Terj. Al-Fiqh ‘alā al-Madzāhib al-Khamsah – Muhammad Jawad Mughniyah*. Jakarta: Lentera Basritama, 1996.
- Mujab, Syaiful. "Gerhana; Antara Mitos, Sains, dan Islam" *Yudisia*, No. 1 Vol.5. 2014.
- Nawawi , Abd Salam. *Ilmu Falak Praktis*. Surabaya: Imtiyaz, 2016.
- Pitaloka, Ayudiah. *Bumi dan Tata Surya*. Jakarta: PT. Gading Prima. 2011.
- Progressif, 1997.
- Rakhmadi Butar-Butar, Arwin Juli. *Astronomi Islam*. Medan: UMSU Press, 2015.
- Rosyadi, Fahmi Fatwa dan Ainul Yaqin. "Hadist gerhana dan Wafatnya Ibrahim ibn Muhammad" *Tahkim*, No.1 Vol.1.2018.
- Sabda, Abu, *Ilmu Falak: Rumusan Syar'i & Astronomi Seri 02*. Bandung: Persipers, 2019.
- Shihab, M. Quraish. *Tafsir Al-Misbah; Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*, Jakarta: Lentera Hati, Vol 3, 2002.
- Sugiarto, Eko. *Menyusun Proposal Penelitian Kualitatif, Skripsi dan Tesis*. Yogyakarta: Suaka Media, 2015.
- Suharsimi, Arikunto. *Metodologi Penelitian*. Yogyakarta: Bina Aksara, 2006.
- Sunendar, Dadang, et al.. *Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Edisi V 0.2.1* Beta (2016).
- Tamwifi, Irfan. *Metode Penelitian*. Sidoarjo: CV Intan XII 2014.
- Terjemah Shahih Bukhari (Hadis ke 997), 441.

Time and Date. *How it All Started*, dalam <https://www.timeanddate.com/information/history.html>. diakses pada 16 Juli 2021.

Umam, Khotibul. “Metode Hisab Gerhana Matahari Dalam Kitab Irsyad Al Murid” Skripsi—UIN Walisongo Semarang, 2014.

Warson Munawwir, Ahmad. *Al-Munawwir Kamus Arab-Indonesia*. Surabaya: Pustaka

Yordan, Jofie, *Live Streaming di Youtube Kini Lebih Lancar*. dalam <https://kumparan.com/kumparantech/live-streaming-di-youtube-kini-lebih-lancar/full>. diakses pada 17 Juli 2021.

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



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A