

**METODE HISAB GERHANA MATAHARI MENURUT ALI MUSTOFA
DALAM KITAB *AL-NATIJAH AL-MAHSHUNAH***

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Tugas dan Melengkapi Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Program Strata Satu (S1) Prodi Ilmu Falak



Oleh :

Muhammad Falih

1502046075

**PROGRAM STUDI ILMU FALAK
FAKULTAS SYARI'AH DAN HUKUM
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG**

2019

Drs. H. Sahidin, M.Si.

Jl. Merdeka Utara 1 / B.9 Ngaliyan, Semarang.

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Lamp. : 4 (empat) eks.

Hal : Naskah Skripsi

: An. Sdr. Muhammad Falih

Kepada Yth.

Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum

UIN Walisongo Semarang

Assalamualaikum Wr. Wb.

Setelah saya mengoreksi dan mengadakan perbaikan seperlunya, bersama ini saya kirim naskah skripsi saudara :

Nama : Muhammad Falih

NIM : 1502046075

Jurusan : Ilmu Falak

Judul : **Metode Hisab Gerhana Matahari Menurut Ali Mustofa Dalam Kitab *al-Natujah al-Mahshunah***

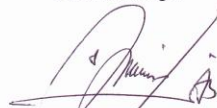
Dengan ini saya mohon kiranya skripsi saudara tersebut dapat segera dimunaqasyahkan.

Demikian harap menjadi maklum.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Semarang, 28 Mei 2019

Pembimbing I,



Drs. H. Sahidin, M.Si.
NIP. 19670321 199303 1 005

Dr. Ahmad Izzuddin, M. Ag.

Jl. Bukit Beringin Lestari Barat, B 54, Wonosari, Ngaliyan, Semarang.

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Lamp. : 4 (empat) eks.

Hal : Naskah Skripsi

: An. Sdr. Muhammad Falih

Kepada Yth.

Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum

UIN Walisongo Semarang

Assalamualaikum Wr. Wb.

Setelah saya mengoreksi dan mengadakan perbaikan seperlunya, bersama ini saya kirim naskah skripsi saudara :

Nama : Muhammad Falih

NIM : 1502046075

Jurusan : Ilmu Falak

Judul : **Metode Hisab Gerhana Matahari Menurut Ali Mustofa
Dalam Kitab *al-Natujah al-Mahshunah***

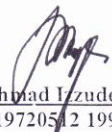
Dengan ini saya mohon kiranya skripsi saudara tersebut dapat segera dimunaqasyahkan.

Demikian harap menjadi maklum.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Semarang, 28 Mei 2019

Pembimbing II,


Dr. Ahmad Izzuddin, M. Ag.
NIP. 19720512 199903 1 003



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO *
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM
Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus III Ngaliyan Telp/Fax. (024) 7601291 Semarang
50185

PENGESAHAN

Skripsi Saudara : Muhammad Falih
NIM : 1502046075
Fakultas/ Jurusan : Syariah dan Hukum / Ilmu Falak
Judul : **Metode Hisab Gerhana Matahari Menurut Ali Mustofa
dalam Kitab *al-Natijah al-Mahshunah***

Telah dimunaqosyahkan oleh Dewan Penguji Fakultas Syariah dan Hukum Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang, dan dinyatakan **LULUS** dengan predikat **CUMLAUDE**, pada tanggal :

25 Juni 2019

dan dapat diterima sebagai syarat guna memperoleh gelar Sarjana Strata 1 (S.1) dalam Ilmu Syariah dan Hukum tahun akademik 2018/2019.

Semarang, 2 Juli 2019

Dewan Penguji,
Ketua Sidang,

Drs. H. Maksun, M. Ag.
NIP. 19680515 199303 1 002

Sekretaris Sidang,

Drs. H. Sahidin, M.S.I.
NIP. 19670321 199303 1 005

Penguji Utama I

Drs. H. Slamet Hambali, M.S.I.
NIP. 19540805 198003 1 004

Penguji Utama II

H. Moh. Ariefin, S.Ag., M.Hum.
NIP. 197110121 99703 1 002

Pembimbing I

Drs. H. Sahidin, M.S.I.
NIP. 19670321 199303 1 005

Pembimbing II

Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag.
NIP. 19720512 199903 1 003



MOTTO

الشَّمْسُ وَالْقَمَرُ بِحُسْبَانٍ ﴿٥﴾

“Matahari dan bulan (beredar) menurut perhitungan.”

(Q.S. ar-Rahman: 5).¹

¹ Departemen Agama Republik Indonesia, *Al-Qur'an dan Terjemahnya*, Jakarta: CV Darus Sunnah, 2002, hal. 532.

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk :

Bapak dan Ibu tercinta

Noor Hadi (alm) dan Masri'ah yang selalu mendidikku, mendoakanku, dan mendukungku setiap langkah penulis sejak bayi hingga sekarang.

Keluarga besarku:

Mas Muhammad Wafi, Mbak Dewi Naswiatul Laili, Mbak Zusnia dan Mas Rochim

Tak lupa kepada seluruh kiai dan guru penulis, yang telah mendidik penulis dengan ikhlas, semoga ilmu-ilmu yang beliau semua berikan menjadi amal jariyah yang tak henti-hentinya mengalirkan pahala.

Seluruh teman-teman penulis yang pastinya banyak memberikan pengalaman dan pembelajaran hidup bagi penulis.

DEKLARASI

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

Semarang, 12 Juni 2019

Deklarator,



MUHAMMAD FALIH
NIM. 1502046075

PEDOMAN TRANSLITERASI²

A. Konsonan

ء = ‘	ز = z	ق = q
ب = b	س = s	ك = k
ت = t	ش = sy	ل = l
ث = ts	ص = sh	م = m
ج = j	ض = dl	ن = n
ح = h	ط = th	و = w
خ = kh	ظ = zh	ه = h
د = d	ع = ’	ي = y
ذ = dz	غ = gh	
ر = r	ف = f	

B. Vokal

اَ = a

اِ = i

اُ = u

C. Diftong

² Tim Fakultas Syari’ah IAIN Walisongo, *Pedoman Penulisan Skripsi*, Semarang : Basscom Multimedia Grafika, 2012, hal. 61-62.

اي = ay

او = aw

D. Syaddah (ّ)

Syaddah dilambangkan dengan konsonan ganda, misalnya

الطب = *al-thibb*.

E. Kata Sandang

Kata sandang (...ال) ditulis dengan *al-...* misalnya المسلمین = *al-muslimin*. *Al-* ditulis dengan huruf kecil kecuali apabila terletak pada permulaan kalimat.

F. Ta Marbutah (ة)

Setiap ta marbutah ditulis dengan “h” misalnya المعيشة الطبيعية = *al-maisyah al-thabi'iyah*.

ABSTRAK

Dalam khazanah keilmuan falak, untuk mengetahui terjadinya gerhana Matahari terdapat beberapa metode untuk menghitungnya. Kitab *Al-Natijah Al-Mahshunah* karya Ali Mustofa ini merupakan salah satu kitab falak yang membahas sistem hisab gerhana Matahari. Metode hisab yang digunakan dalam kitab *Al-Natijah Al-Mahshunah* adalah metode dengan menggunakan data *awamil kusuf* yang hampir sama dengan proses hisab gerhana Matahari dalam kitab *ad-Durul Aniq*. Penulis tertarik untuk mengkajinya karena hisab gerhana Matahari menurut Ali Mustofa dalam kitab *Al-Natijah Al-Mahshunah* dapat menghasilkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan NASA.

Dengan membahas latar belakang di atas, penulis merumuskan dua pokok rumusan masalah. 1) Bagaimana metode hisab gerhana Matahari yang dikemukakan oleh Ali Mustofa dalam kitab *Al-Natijah Al-Mahshunah* ? 2) Bagaimana tingkat akurasi metode hisab gerhana Matahari yang dikemukakan oleh Ali Mustofa dalam kitab *Al-Natijah Al-Mahshunah* ?.

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode penelitian *kualitatif*. Jenis penelitiannya adalah *library research* (penelitian kepustakaan). Sumber data primer pada penelitian ini adalah wawancara langsung dengan pengarang kitab *Al-Natijah Al-Mahshunah* yaitu Ali Mustofa tentang metode hisab gerhana Matahari pada kitab tersebut. Sedangkan sumber data sekunder adalah kitab *Al-Natijah Al-Mahshunah*, *ad-Durul Aniq*, hasil gerhana Matahari NASA, buku-buku falak, tulisan-tulisan tentang gerhana, ensiklopedi, kamus, artikel-artikel, buku-buku, dan jurnal. Data tersebut kemudian dianalisis dengan menggunakan metode analisis deskriptif.

Hasil penelitian menunjukkan *pertama*, bahwa metode hisab gerhana Matahari dalam kitab *Al-Natijah Al-Mahshunah* karya Ali Mustofa adalah metode hisab kontemporer dalam bentuk *awamil kusuf* dan sudah menggunakan nilai konstanta astronomis. *Kedua*, akurasi metode hisab gerhana Matahari dalam kitab *Al-Natijah Al-Mahshunah* karya Ali Mustofa jika dibandingkan dengan hasil NASA maka menunjukkan selisih antara 1 detik sampai 1 menit 20 detik. Sehingga hasil perhitungan ini tergolong akurat dan dapat digunakan sebagai pedoman hisab gerhana Matahari oleh masyarakat umum.

Keywords : Gerhana Matahari, kitab *Al-Natijah Al-Mahshunah*, Ali Mustofa.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil 'alamin, segala puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir pada Program S1 di Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang yang berupa skripsi dengan judul: **Metode Analisis Hisab Gerhana Matahari Menurut Ali Mustofa dalam Kitab *al-Natijah al-Mahshunah*.**

Allahumma sholli 'ala sayyidina Muhammad, shalawat serta salam tetap terlimpah curahkan kepada Nabi Agung Muhammad SAW, beserta keluarga, kerabat, dan para sahabatnya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terselesaikan berkat adanya usaha dan bantuan baik berupa moral maupun spiritual dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya terutama kepada:

1. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Noor Hadi, Alm. dan Ibu Masri'ah yang selalu memberikan nasihat, dukungan, doa yang terus mengalir, dan perjuangannya hingga membuat yakin bisa mewujudkan impian penulis.
2. Drs. H. Sahidin, M.Si., selaku pembimbing I, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini dengan cermat dan ramah.
3. Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M.Ag., selaku pembimbing II, terima kasih atas arahan, koreksi, motivasi, semangat, serta bimbingan selama ini.

4. Dr. Akhmad Arif Junaidi, M.Ag., selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan dan didikan yang tulus kepada penulis selama kuliah di UIN Walisongo.
5. Ketua Jurusan Ilmu Falak Drs. H. Maksun, M.Ag., terima kasih atas segala pembelajaran dan juga sudah mengelola beasiswa pendidikan penulis.
6. Kementrian Agama RI Direktorat Jenderal Pendidikan Diniyah dan Pondok Pesantren atas beasiswa PBSB (Program Beasiswa Santri Berprestasi) yang telah penulis terima penuh selama jenjang perkuliahan.
7. Seluruh Dosen Fakultas Syari'ah dan Hukum khususnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu dan Dosen UIN Walisongo Semarang secara umum. Terimakasih atas segala sumbangsih ilmu pengetahuan yang penulis terima.
8. Bapak Ali Mustofa Al-Qodiry (pengarang kitab *Al-Natijah Al-Mahshunah*) yang telah meluangkan waktunya kepada penulis untuk silaturahmi dan wawancara serta berteima kasih sebesar-besarnya atas ilmu Falak yang telah diberikannya.
9. Pengasuh Pondok Pesantren Life Skill Daarun Najaah yaitu Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M.Ag. dan Hj. Aisah Andayani, S.Ag., beserta keluarga yang telah memberikan motifasi, siraman rohani, dan pembelajaran ahklak moral supaya menjadi insan yang sukses, sholeh, selamat dunia dan akhirat.

10. Guru-guru penulis di Madrasah Aliyah Nahdlotul Ulama Tasywiqut Thullab Salafiyah Kudus dan Pondok Pesantren Raudlotul Jannah Kudus.
11. Teman-teman karib penulis, Halimi, Afandi, Iqbal, Cahyo, Firly, Gus Jamal, Muhajir, Arif, Shofa, Shofi, Thoifur, Saldy, Obi, Masyfuk, Ilma, Indri, Rida, Amalia, Nunuk, Komariyah, Ana, Yuly, Raisa, Labib, Menik, Isma, Muslimah, Dela, Winda, dan Nurul Amalia serta teman-teman KKN 104 Tugu Lor tahun 2018, kawan-kawan kamar Al-Biruni lantai 2, seluruh anggota CSSMoRA UIN Walisongo, dan sedulur lainnya yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu. Terima kasih atas pertemana hangat kita selama ini, *sharing* pengalaman dan pengetahuan dari kalian.
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang secara langsung maupun tidak langsung selalu memberi bantuan, dorongan, dan doa kepada penulis selama melaksanakan studi di UIN Walisongo dan nyantri di Pondok Pesantren Life Skill Daarun Najaah.

Pada akhirnya penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini belum mencapai kesempurnaan dalam arti sebenarnya, untuk itu penulis mengharap saran dan kritik konstruktif dari pembaca demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberi manfaat bagi penulis dan para pembaca.

Semarang, 25 Mei 2019

Penulis,

Muhammad Falih
NIM. 1502046075

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
HALAMAN DEKLARASI.....	vii
HALAMAN PEDOMAN TRANSLITERASI.....	viii
HALAMAN ABSTRAK.....	x
HALAMAN KATA PENGANTAR	xi
HALAMAN DAFTAR ISI	xiv

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	6
E. Telaah Pustaka	6
F. Metode Penelitian.....	10
G. Sistematika Penulisan.....	14

BAB II METODE HISAB GERHANA MATAHARI

A. Pengertian Umum Gerhana	16
B. Landasan Teori Gerhana	18
C. Objek Kajian Gerhana Matahari	24
D. Macam-Macam Gerhana Matahari	28
E. Periode Gerhana Matahari.....	33
F. Algoritma Hisab Gerhana Matahari	35

BAB III METODE HISAB GERHANA MATAHARI MENURUT ALI MUSTOFA DALAM KITAB *AL-NATIJAH AL-MAHSHUNAH*

- A. Biografi Pengarang Kitab *al-Natijah al-Mahshunah* 45
- B. Algoritma-Algoritma Hisab dalam Kitab *al-Natijah al-Mahshunah* 49
- C. Metode Hisab Gerhana Matahari Menurut Ali Mustofa dalam Kitab *al-Natijah al-Mahshunah* 56

BAB IV ANALISIS HISAB GERHANA MATAHARI MENURUT ALI MUSTOFA DALAM KITAB *AL-NATIJAH AL-MAHSHUNAH*

- A. Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari Menurut Ali Mustofa dalam Kitab *al-Natijah al-Mahshunah* 69
- B. Analisis Akurasi Hisab Gerhana Matahari Menurut Ali Mustofa dalam Kitab *al-Natijah al-Mahshunah* 82

BAB V PENUTUP

- A. Kesimpulan 94
- B. Saran..... 95
- C. Penutup..... 95

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN-LAMPIRAN

RIWAYAT HIDUP

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Fenomena terjadinya gerhana Matahari merupakan peristiwa alam yang peredarannya secara periodik sering terjadi. Wilayah yang dilewati peristiwa gerhana pun berbeda-beda, tergantung dari posisi dan jarak antara Matahari, Bulan, dan Bumi. Hal tersebut merupakan salah satu kajian dalam pengetahuan ilmu Falak dan astronomi yang secara spesifik membahas waktu terjadinya gerhana Matahari. Dalam pokok bahasan penentuan gerhana, secara garis besar adalah menghitung waktu terjadinya kontak antara Matahari dan Bulan, yakni kapan Bulan menutupi Matahari dan lepas darinya pada saat terjadinya gerhana Matahari.¹

Gerhana Matahari akan terjadi pada saat *ijtima'* (konjungsi)², dimana Bulan dan Matahari berada disalah satu titik simpul atau didekatnya, sehingga pada waktu itu terdapat daerah Bumi yang tidak menerima sinar Matahari.³ Gerhana Matahari dapat terjadi 2 sampai 3 kali dalam setahun, tetapi yang dapat menyaksikannya tidak semua belahan

¹ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis*, Semarang : PT Pustaka Rizki Putra, cet. II, 2012, hal. 3-4.

² *Ijtima'* (konjungsi) adalah keadaan dimana ketiga benda langit (Matahari, Bulan, Bumi) berada dalam satu garis lurus atau berada dalam satu bujur astronomis, dalam bahasa Jawa memiliki istilah *Pangkremen*.

³ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik*, Yogyakarta : Buana Pustaka, cet. III, 2004, hal. 187.

bumi yang terkena sinar matahari melainkan beberapa wilayah di permukaan bumi saja.⁴

Untuk mengetahui kapan mulai terjadinya gerhana Matahari, umat Islam tidak bisa hanya mengandalkan teknik rukyat atau observasi lapangan. Penyebabnya adalah fenomena gerhana Matahari bisa selesai sebelum salat dimulai. Sehingga memerlukan adanya suatu perhitungan yang mampu memprediksi kapan mulai terjadinya gerhana Matahari sampai waktu berakhirnya sehingga umat Islam dapat menunaikan ibadah sunah salat gerhana dengan leluasa. Kajian hisab mengenai gerhana Matahari tidak luput dari perhatian ilmuwan-ilmuwan maupun ulama-ulama khususnya dalam bidang ilmu Falak. Banyak dari mereka yang mengkaji berbagai pengetahuan tentang gerhana Matahari (*Kusuf asy-Syams*) berbagai jenis hisab kemudian di tulis dalam sebuah kitab. Diantaranya adalah kitab *al-Khulashatul Wafiyah fil Falak Bi Jadwalil Lugharitmiyyah* karya Zubair Umar al-Jailani⁵ yang membahas berbagai kajian ilmu Falak, seperti pergerakan Bumi dan Bulan, perhitungan waktu salat, perhitungan arah kiblat, perhitungan awal bulan, dan termasuk pemaparan dan perhitungan gerhana Matahari⁶. Kemudian kitab *Nur al-*

⁴ Hal ini dikarenakan jarak antara Bulan dan Bumi lebih dekat dibandingkan dengan jarak antar antara Bulan sampai Matahari maka sebagai akibatnya bayangan kerucut inti (umbra) Bulan hanya sampai pada tempat-tempat tertentu saja, tidak seluruh permukaan Bumi yang menghadap Matahari. Baca juga buku Muhyiddin Khazin, *99 Tanya Jawab Masalah Hisab & Rukyat*, Yogyakarta: Ramadhan Press, 2009, hal. 125.

⁵ Zubair Umar al-Jailani, berasal dari Bojonegoro namun kemudian menetap di Salatiga sampai wafat tanggal 24 Jumadil Awal 1401 H atau 10 Desember 1990 M.

⁶ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik...*, hal. 32.

Anwar yang disusun oleh K.H. Noor Ahmad⁷ yang membahas hisab gerhana Matahari pada bab terakhirnya. Sistem perhitungan kitab ini hampir sama dengan kitab *Khulashah* tetapi sudah menggunakan bilangan derajat menit dan detik, tidak buruj lagi. Kitab lain yang membahas tentang gerhana Matahari yaitu kitab *ad-Durul Aniq* karangan K.H. Ahamad Ghozali⁸ Muhammad Fathullah. Perhitungan pada kitab ini lebih akurat karena data yang diambil sudah bersistem kontemporer.

Dari berbagai kitab tersebut, terdapat kitab yang perlu dikaji secara mendalam terutama pada bidang gerhana Matahari yakni kitab *Al-Natijah Al-Mahshunah Fi Kayfiyati Hisab Hilal As-Syuhur Al-Qamariyah Wa Al-Kusufain Bi At-Thariqati Al-'Awamiliyah* yang selanjutnya penulis sebut dengan *Al-Natijah Al-Mahshunah*, salah satu karya dari Ali Mustofa dari Kediri merupakan kitab baru khazanah keilmuan Falak di Indonesia. Kitab ini berisi tiga pokok kajian yaitu: hisab Awal Bulan Kamariyah, hisab Gerhana Bulan dan hisab Gerhana Matahari. Kajian kitab ini menggunakan data *awamil kusuf (element solar eclipse)*⁹ yang berbeda dari kitab lainnya.

Awamil kusuf dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* merupakan hasil pemikiran pengarang (Ali Mustofa) yang terinspirasi dari *Awamil*

⁷ Beliau lahir di Jepara pada hari Kamis Kliwon 14 Desember 1932 M / 19 Rajab 1351 dari pasangan K.H. Shiddiq bin Saryani dan Hj. Sawinah. Beliau merupakan santri K.H. Turaichan Adjhuri dari Kudus.

⁸ K.H. Ahamad Ghozali lahir pada 7 Januari 1959 M di kampung Lanbulan desa Baturasang kecamatan Tambelangan kab. Sampang Jawa Timur. Beliau belajar ilmu Falak kepada para guru besar, seperti Syekh Mukhtaruddin al-Falimbani di Mekkah, Nasir Syuja'i di Prajjen Sampang, kemudian Kyia Zubair Bungah Gresik.

⁹ *Awamil kusuf* merupakan seperangkat nilai yang digunakan untuk menghitung dan memprediksi keadaan gerhana Matahari lokal bagi pengamat di Bumi.

Kusuf yang terdapat dalam kitab *ad-Durul Aniq* karya K.H. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah. Terdapat beberapa data *Awamil Kusuf* yang hampir sama antara kedua kitab tersebut. Hal ini menyebabkan hasil hisab gerhana Matahari dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* dengan kitab *ad-Durul Aniq* hanya memiliki selisih sedikit. Begitu pula, apabila dikomparasikan kitab *al-Natijah al-Mahshunah* akan mendekati akurat kontak gerhana dengan prediksi perhitungan NASA.¹⁰

Metode perhitungan gerhana Matahari kitab *al-Natijah al-Mahshunah* menggunakan koresi *ta'dil* pada kontak peristiwa gerhana. Perhitungan waktu awal dan akhir gerhana tidak cukup satu kali, sehingga memerlukan pengulangan perhitungang hingga 2 sampai 3 kali sesuai dengan ketentuan pada kitab. Oleh karena itu hasil dari perhitungan ini akan menghasilkan keakuratan yang lebih. Tidak hanya menghitung kontak gerhana, sistem perhitungannya juga mengasilkan ketinggian matahari, azimuth dan magnitude gerhana Matahari. Kemudian hal yang lebih dari pengkajian kitab ini dan belum di temukan pada kitab lain adalah pada hasil kesimpulan hisabnya ditambah hasil Obskurasi¹¹. Untuk sementara ini obskurasi hanya dapat ditemukan pada hasil perhitungan NASA.

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis melakukan penelitian lebih jauh mengenai metode hisab gerhana Matahari menurut Ali Mustofa

¹⁰ NASA (*National Aeronautic and Space Administration*) adalah lembaga pemerintah milik Amerika Serikat yang bertanggungjawab atas program luar angkasa dan penelitian umum jangka panjang.

¹¹ Obskurasi merupakan bagian dari wilayah Matahari yang tertutupi oleh bayangan Bulan pada saat tertentu (gerhana) atau luas daerah gerhana.

yang digunakan dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah Fi Kayfiyati Hisab Hilal as-Syuhur al-Qamariyah Wa al- Kusufain Bi at-Thariqati al-Awamiliyah* dan mengetahui keakurasian metode hisab tersebut. Oleh karenanya, penulis bermaksud melakukan penelitian mengenai ”
METODE HISAB GERHANA MATAHARI MENURUT ALI MUSTOFA DALAM KITAB AL-NATIJAH AL-MAHSHUNAH”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan dari uraian latar belakang di atas, maka dapat di kemukakan pokok-pokok rumusan masalah yang dibahas dalam skripsi ini, yaitu:

1. Bagaimana metode hisab gerhana Matahari yang dikemukakan oleh Ali Mustofa dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* ?
2. Bagaimana tingkat akurasi metode hisab gerhana Matahari yang dikemukakan oleh Ali Mustofa dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* ?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui metode hisab gerhana Matahari menurut oleh Ali Mustofa dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah*.
2. Untuk mengetahui keakurasian metode hisab gerhana Matahari menurut oleh Ali Mustofa dalam Kitab *al-Natijah al-Mahshunah*.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui sistematika perhitungan yang digunakan oleh Ali Mustofa dalam hisab gerhana Matahari kitab *al-Natijah al-Mahshunah*.
2. Bermanfaat untuk menambah wawasan dan pemahaman mengenai hisab gerhana Matahari bagi khalayak masyarakat. Baik dari pemahaman astronomis maupun fiqih karena mayoritas penduduk di Indonesia adalah umat Islam.
3. Sebagai suatu karya ilmiah, yang selanjutnya dapat menjadi informasi dan bahan rujukan bagi ahli Falak serta masyarakat lainnya dalam mengkaji hisab gerhana Matahari.

E. Telaah Pustaka

Telaah pustaka atau penelusuran pustaka merupakan langkah pertama untuk mengumpulkan informasi yang relevan untuk peneliti. Penelusuran ini dilakukan untuk menghindari duplikasi pelaksanaan penelitian. Dengan penelusuran pustaka dapat diketahui penelitian yang pernah dilakukan dan tempat penelitian dilakukan.¹² Adapun untuk mengetahui orisinalitas penelitian ini maka diperlukan penelitian-penelitian sebelumnya yang memiliki fokus kajian yang hampir sama agar pembahasan tidak melebar kemana-mana dan dapat diketahui segi perbedaaan antara peneliti-peneliti terdahulu dengan rencana penelitian penulis.

¹² Banny Kurniaan, *Metodologi Penelitian*, Tangerang : Jelajal Nusa, cet. I, 2012, hal. 30.

Buku-buku, jurnal, dan penelitian lainnya seperti skripsi maupun tesis yang membahas gerhana, terlebih yang membahas tentang hisab gerhana Matahari merupakan hal yang sangat diperhatikan oleh penulis. Sejauh penelusuran penulis, belum ditemukan tulisan yang membahas secara khusus mengenai hisab gerhana Matahari metode kitab *al-Natijah al-Mahshunah*.

Berdasarkan penelusuran penulis, terhadap karya tulis hasil penelitian yang relevansi dengan penelitian ini sebagai berikut:

Sebuah penelitian oleh Khotibul Umam yang berjudul “*Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari Dalam Kitab Irsyadul Murid*”.¹³ Dari skripsi ini disebutkan bahwa peneliti melakukan pengkajian terhadap hisab gerhana Matahari dalam kitab *Irsyadul Murid*. Dalam penentuan hisab gerhana Matahari kitab *Irsyadul Murid* sudah menggunakan rumus matematika modern dan bersumber dari pemikiran Jean Meeus. Sistem perhitungannya menggunakan sistem *ta’dil* (koreksi) sehingga hasil kesimpulan hisab lebih akurat.

Penelitian oleh Jafar Shodiq yang berjudul “*Studi Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari Menurut Rinto Anugraha Dalam Buku Mekanika Benda Langit*”¹⁴. Seperti penelitian-penelitian sebelumnya skripsi ini memaparkan tentang algoritma perhitungan gerhana Matahari menurut buku *Mekanika Benda Langit* karya Rinto Anugraha. Sistem perhitungan

¹³ Khotibul Umam, *Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari Dalam Kitab Irsyadul Murid*, Skripsi Fakultas Syari’ah UIN Walisongo Semarang, 2014.

¹⁴ Jafar Shadiq, *Studi Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari Menurut Rinto Anugraha Dalam Buku Mekanika Benda Langit*, Skripsi Fakultas Syari’ah dan Hukum UIN Walisongo, Semarang, 2015.

kitab ini diawali dengan mencari elemen Bessel pada saat gerhana Matahari yang akan diamati. Kemudian menentukan waktu-waktu yang akan diamati pada kontak awal, total, dan akhir gerhana matahari, selanjutnya menghitung lintang dan bujur geografis lokasi, altitude dan azimuth Matahari lokasi, lebar lintasan dan durasi gerhana total di lokasi. Perhitungan gerhana buku Mekanika Benda Langit tergolong dalam metode hisab *hakiki* kontemporer karena data-data yang diambil menggunakan data-data astronomis yang aktual. Hasil kesimpulan perhitungan berupa gerhana global (*geosentris*) karena proses perhitungannya tidak menggunakan data-data koordinat bujur maupun lintang lokal (*toposentris*).

Skripsi yang di tulis oleh Ehsan Hidayat yang berjudul “*Analisis Pola Gerhana Matahari Ditinjau Dari Kriteria Nilai Argumen Lintang Bulan (F), Γ (γ), Dan Magnitude (u)*”¹⁵. Pada skripsi ini memberikan penjelasan prediksi terjadinya fenomena gerhana Matahari dengan kriteria nilai argumen lintang Bulan (F), γ (γ), dan manitudo (u) berdasarkan algoritma Jean Meus sudah memiliki lebih tingkat keakurasiannya. Dalam skripsi ini tidak membahas kontak peristiwa gerhana Matahari.

Jurnal yang dibuat oleh Arjun Tan (ilmuwan fisika dan astronomi di Alabama) dengan judul “*A Mathematical Treatment of Solar Eclipse*

¹⁵ Ehsan Hidayat, *Analisis Pola Gerhana Matahari Ditinjau Dari Kriteria Nilai Argumen Lintang Bulan (F), Γ (γ), Dan Magnitude (u)*, Skripsi Fakultas Syari’ah dan Hukum UIN Walisongo 2017.

*Formation*¹⁶. Dalam jurnal ini, menjelaskan mendalam tentang matematika perhitungan gerhana Matahari, bentuk gerhana Matahari total dan parsial. Dijelaskan pula geometri formasi gerhana matahari menggunakan rumus jarak Bumi (dE) dengan Bulan (dM) yang kemudian hasilnya untuk mengetahui panjang umbra (bayang-bayang gelap).

Kemudian pada jurnal yang ditulis oleh Qamaruzzaman yang berjudul “*Gerhana Dalam Perspektif Hukum Dan Astronomi*”¹⁷. Dalam jurnal ini terdapat keterangan tentang gerhana dalam dua segi yakni hukum dan astronomi. Dari segi hukum, gerhana bukan hanya gejala alam biasa, namun bagi umat Islam turut merasa tunduk kepada keagungan Sang Pencipta, Allah, sehingga agama Islam mensyariatkan untuk salat gerhana, zikir, doa, dan sedekah. Sedangkan dari segi astronomi, jurnal ini menyebutkan macam-macam gerhana (gerhana Bulan dan Matahari) yang terlihat di Bumi, syarat terjadinya gerhana Matahari yang mana jika bidang orbit bulan dan ekliptika berpotongan pada dua titik simpul, serta dijelaskan siklus kapan terjadinya gerhana Matahari.

Berdasarkan penelitian-penelitian di atas, sudah banyak yang membahas tentang hisab gerhana Matahari akan tetapi penulis tidak menemukan analisis terhadap metode hisab gerhana Matahari dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* karya Ali Mustofa.

F. Metode Penelitian

¹⁶ Arjun Tan, *A Mathematical Treatment of Solar Eclipse Formation*, International Journal of Mathematical Educatio, vol. 6, no.1, 2016.

¹⁷ Qamaruzzaman, *Gerhana Dalam Perspektif Hukum Dan Astronomi*, Jurnal Empirisma, vol. 25, no. 2, 2016.

Dalam penelitian ini, menggunakan metode penelitian sebagai berikut :

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian *Library Research* (penelitian pustaka) yaitu penelitian yang dilakukan dengan menelaah bahan-bahan pustaka yang pada skripsi ini berupa kitab *al-Natijah al-Mahshunah* karya Ali Mustofa. Dalam penelitian ini tergolong metode penelitian *Kualitatif* karena penelitian yang menghasilkan data deskriptif mengenai kata-kata lisan maupun tulisan tokoh (Ali Mustofa) mengenai metode hisab gerhana Matahari dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah*.¹⁸ Penulis melakukan pengujian apakah metode hisab yang digunakan dalam menentukan gerhana Matahari sesuai dengan fakta ilmiah perhitungan astronomi modern dengan pendekatan perhitungan ilmiah atau *aritmatis*.

2. Sumber Data

Data penelitian menurut sumbernya digolongkan menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Dalam penelitian ini menggunakan dua sumber data tersebut yaitu :

a. Sumber Data Primer

Sumber primer yang peneliti gunakan adalah metode hisab gerhana Matahari yang penulis peroleh langsung melalui wawancara dengan pengarang kitab *al-Natijah al-Mahshunah*

¹⁸ Bagong Suyanto, dkk., *Metode Penelitian Sosial*, Jakarta : Kencana, 20015, hal. 166.

yaitu Ali Mustofa sebagai sumber utama dalam pengambilan data perhitungan.

b. Sumber Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh lewat pihak lain, tidak secara langsung diperoleh oleh peneliti dari subjek penelitiannya¹⁹ dan biasanya telah tersusun dalam bentuk dokumen-dokumen.²⁰ Dalam penelitian ini, penulis menggunakan data sekunder berupa kitab *al-Natijah al-Mahshunah*. Kemudian data sekunder yang lain diperoleh penulis dari dokumentasi berupa tulisan-tulisan tentang gerhana, ensiklopedi, kamus, artikel-artikel, buku-buku, dan jurnal. Sumber-sumber tersebut penulis gunakan sebagai materi dalam menganalisis konsep gerhana Matahari.

3. Metode Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data yang diperlukan dalam penelitian ini penulis menggunakan teknik pengumpulan data sebagai berikut :

a. Dokumentasi

Dokumen sudah lama digunakan dalam penelitian sebagai sumber data karena banyak hal dalam dokumen sebagai sumber data dimanfaatkan untuk menguji dan menafsirkan.²¹

Dokumentasi dilakukan dengan cara pengumpulan beberapa

¹⁹ Saifuddin Azhar, *Metode Penelitian*, Yogyakarta : Pustaka Pelajar, cet. I, 1998, hal. 91.

²⁰ Sumardi Suryabrata, *Metodologi Penelitian*, Jakarta : PT. Raja Grafindo Persada, 2011, hal. 39.

²¹ Lexy J. Moleong, *Metodologi Penelitian Kualitatif*, Bandung : PT. Remaja Rosdakarya, cet. Ke 35, 2016, hal 217.

informasi pengetahuan, fakta dan data. Penulis memperoleh data yang diperlukan pada penelitian ini dengan meneliti kitab *al-Natijah al-Mahshunah*, selain itu penulis mengumpulkan tulisan-tulisan atau data yang berkaitan dengan gerhana.

b. Wawancara

Penulis melakukan wawancara²² sebagai metode pengumpulan data untuk menggali beberapa informasi yang lebih mendalam dari orang yang diwawancarai²³.

Dalam skripsi ini wawancara dilakukan kepada Ali Mustofa selaku pengarang kitab *al-Natijah al-Mahshunah*, hal ini bertujuan untuk mengetahui biografi intelektual pengerang kitab dan mengetahui lebih mendetail mengenai metode hisab dalam kitab yang ditulisnya.

4. Metode Analisis Data

Teknik analisis yang penulis gunakan dalam menganalisis data-data yang telah terkumpul dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif.

Langkah pertama penulis melakukan pengumpulan data-data yang penulis butuhkan, baik dari hasil wawancara kepada Ali Mustofa yang merupakan data utama, maupun data-data pendukung berupa kitab *al-Natijah al-Mahshunah*, buku-buku, jurnal yang berkaitan dengan

²² Wawancara adalah suatu bentuk komunikasi antara dua orang, melibatkan seseorang yang ingin memperoleh informasi dari seorang lainnya dengan mengajukan pertanyaan-pertanyaan berdasarkan tujuan tertentu. Baca Deddy Mulyana, *Metode Penelitian Kualitatif paradigma Baru Ilmu Komunikasi dan Ilmu Sosial Lainnya*, Bandung: Remaja Rosdakarya, cet. IV, 2004, hal. 180.

²³ Andi Prastowo, *Metode Penelitian Kualitatif, Dalam Prespektif Rancangan Penelitian*, Yogyakarta: ar-Ruzz Media, 2012, hal. 212.

ilmu Falak khususnya yang berkesinambungan dengan penelitian yang akan penulis kaji yakni tentang hisab gerhana Matahari.

Setelah data-data yang dibutuhkan sudah terkumpul, penulis menggambarkan konsep perhitungan gerhana Matahari sesuai kitab *al-Natijah al-Mahshunah*, kemudian mengurai secara jelas konsep hisab gerhana Matahari menurut Ali Mustofa.

Selanjutnya, penulis melakukan analisis hisab untuk mengetahui tingkat akurasi hisab gerhana Matahari dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* dengan algoritma perhitungann gerhana Matahari Ephemeris dan data gehana Matahari dari hasil NASA yang ditampilkan pada website resminya yang secara spesifik membahas gerhana Matahari.

G. Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan penelitian ini terdiri atas lima bab dan dalam setiap bab terdapat beberapa sub-sub pembahasan, yaitu :

BAB I Pendahuluan

Bab ini meliputi Latar Belakang Masalah, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, Telaah Pustaka, Metode Penelitian, dan Sistematika Penulisan.

BAB II Metode Hisab Gerhana Matahari

Bab ini berisi pembahasan umum tentang teori-teori dasar yang berhubungan dengan judul penelitian, meliputi pengertian umum gerhana, landasan teori gerhana, objek kajian gerhana Matahari, macam-macam gerhana Matahari, periode gerhana Matahari, dan algoritma hisab gerhana Matahari.

BAB III Metode Hisab Gerhana Matahari Menurut Ali Mustofa dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah*

Bab ini menjelaskan data tentang biografi pengarang kitab *al-Natijah al-Mahshunah*, algoritma-algoritma hisab dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* dan metode hisab gerhana Matahari menurut Ali Mustofa dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah*.

BAB IV Analisis metode hisab gerhana Matahari menurut Ali Mustofa dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah*

Bab ini membahas tentang analisis metode hisab gerhana Matahari menurut Ali Mustofa dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* serta analisis keakurasian metode hisab gerhana Matahari yang di gunakan Ali Mustofa dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah*.

BAB V Penutup

Merupakan bab terakhir dalam penelitian ini yang meliputi kesimpulan dan saran-saran yang berkaitan dengan penelitian penulis tentang metode hisab gerhana Matahari dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* karangan Ali Mustofa, dan penutup

BAB II

METODE HISAB GERHANA MATAHARI

A. Pengertian Umum Gerhana

Dalam bahasa Arab istilah gerhana disebut dengan *kusuf* atau *Khusuf*. Pada dasarnya kata *kusuf* dan *khusuf* dapat dipergunakan untuk menyebut gerhana Matahari maupun gerhana Bulan.¹ Hanya saja istilah *kusuf* lebih dikenal untuk penyebutan gerhana Matahari (*kusuf al-syams*) dan kata *khusuf* lebih dikenal untuk penyebutan gerhana Bulan (*khusuf al-qamar*).²

Gerhana dalam bahasa Inggris disebut dengan *eclipse* dan dalam bahasa latinnya disebut *ekleipsis*. Istilah ini juga digunakan secara umum, baik gerhana Matahari maupun gerhana Bulan. Namun untuk penyebutannya, didapat dua istilah *Eclipse of The Sun* untuk gerhana Matahari, dan *Eclipse of The Moon* untuk gerhana Bulan. Namun dalam praktiknya istilah gerhana Matahari menggunakan *solar eclipse* dan gerhana Bulan menggunakan *lunar eclipse*.³

Definisi gerhana secara bahasa adalah gejala alam yang terjadi karena sebuah benda langit tidak dapat dilihat disebabkan terhalang oleh benda langit lainnya.⁴ Dalam kamus besar bahasa Indonesia gerhana yaitu berkurangnya ketampakan benda atau hilangnya benda dari pandangan sebagai akibat masuknya benda itu kedalam bayangan yang dibentuk oleh

¹ Muhyiddin Khazin, *Ilmu...*, hal. 187.

² A. Kadir, *Formula Baru Ilmu Falak*, Jakarta : Amzah, 2012, hal. 203.

³ Ahmad Izzuddin, *Ilmu...*, hal. 105.

⁴ Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, Jogjakarta : Buana Pustaka, cet. I, 2005, hal. 23

benda lain.⁵ Dengan demikian, pengertian gerhana secara bahasa dapat disimpulkan bahwa gerhana tidak hanya berlaku untuk Bumi, Bulan, dan Matahari sebagaimana dalam hal ibadah umat Islam, melainkan sebuah benda langit terhalangnya cahaya dari sumbernya yang disebabkan benda langit lain menutupi atau memasukinya.

Dari berbagai pengertian secara bahasa yang sudah disebutkan, bahwa kajian bahasa Arablah yang paling mendekati pada istilah penggambaran gerhana, *kusuf* berarti menutupi, sedangkan *khusuf* berarti memasuki.⁶ Sehingga *kusuf as-Syams* adalah piringan Bulan menutupi piringan Matahari dilihat dari Bumi baik sebagian maupun seluruhnya, dan *khusuf al-Qamar* adalah sebagian atau seluruh piringan Bulan yang memasuki kerucut bayangan inti Bumi (umbra), oleh sebab itu Bulan menjadi tampak gelap sebagian pada gerhana Bulan sebagian atau nampak gelap seluruhnya pada gerhana Bulan total.⁷

Dilihat dari segi astronomi gerhana merupakan tertutupnya arah pandang pengamatan benda langit oleh benda langit lainnya yang lebih dekat dengan pengamat. Gerhana Matahari dan Bulan merupakan sebuah contoh kejadian fisik yang pernah diamati manusia. Ketika terjadi gerhana, yang semula bundar terang tiba-tiba nampak gelap sebagian bahkan gelap total.⁸

⁵ Dendy Sugondo, *Kamus Bahasa Indonesia*, Jakarta : Pusat Bahasa, 2008, hal. 471.

⁶ Admad Izzuddin, *Ilmu...*, hal. 105.

⁷ Muhyiddin Khazin, *Kamus...*, hal. 45-47.

⁸ Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak*, Banyuwangi : Bismillah Publisher, cet. I, 2012, hal. 229.

Ketika Bulan dan Matahari berada dekat dengan arah titik simpul yang sama maka akan terjadi fenomena gerhana matahari. Tetapi apabila Bulan dan Matahari berada di arah titik simpul yang bersebrangan maka yang akan terjadi adalah gerhana Bulan. Jika gerhana matahari terjadi bertepatan dengan fase Bulan baru, maka gerhana bulan terjadi bertepatan dengan fase Bulan purnama.⁹

B. Landasan Teori Gerhana

Semua yang berada di alam semesta tidak langsung ada dengan sendirinya. Apa saja yang terdapat di langit dan Bumi, baik yang dapat kita lihat dengan indera mata maupun tidak, semuanya merupakan ciptaan Allah.¹⁰ Termasuk juga peristiwa terjadinya fenomena gerhana yang merupakan kejadian langka. Semua itu sudah tercantum dalam nash baik al-Qur'an maupun Hadits. Berikut beberapa dalil yang terkait dengan proses terjadinya gerhana:

1. Dalil al-Qur'an

a. Surat Yasin ayat 38-40

وَالشَّمْسُ تَجْرِي لِمُسْتَقَرٍّ هَٰذَا ۖ 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 di tempat peredarannya. Demikian ketetapan (Allah) Yang Maha Perkasa, Maha Mengetahui. Dan telah Kami tetapkan tempat peredaran bagi Bulan, sehingga

⁹ Slamet Hambali, *Pengantar...*, hal. 231.

¹⁰ Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Badan Litbang & Diklat Kementrian Agama RI dengan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), *Manfaat Benda-Benda Langit Dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*, Jakarta : Widya Cahaya, 2015, hal.3.

*(setelah ia sampai ke tempat peredaran yang terakhir) kembalilah ia seperti bentuk tandan yang tua. Tidaklah mungkin bagi Matahari mengejar Bulan dan malam pun tidak dapat mendahului siang. Masing-masing beredar pada garis edarnya.” (Q.S. Yasin: 38-40).*¹¹

Secara keseluruhan Ayat di atas menjelaskan bahwa Matahari dan Bumi senantiasa terus menerus beredar pada garis edarnya secara amat teratur dan hal ini pula yang mengakibatkan Bumi senantiasa mengalami siang dan malam (rotasi). Itulah pengaturan Tuhan yang Maha perkasa lagi Maha mengetahui.¹²

Kata *taqdir* (تقدير) pada ayat 38 diatas, digunakan sebagai arti bahwa sesuatu memiliki kadar sistem tertentu dan teliti serta dapat berarti juga menetapkan kadar sesuatu baik yang berkaitan dengan materi maupun waktu. Allah menetapkan Matahari beredar pada peredarannya dengan teliti dan pada saat yang sama Allah mengatur juga kadar waktu bagi peredarannya.¹³

Pada ayat 39 Allah telah menetapkan jarak-jarak tertentu bagi peredaran Bulan, sehingga pada jarak tersebut dia mengalami perubahan, baik dalam bentuk dan ukurannya, maupun dalam kekuatan sinarnya. Awal mula Bulan itu timbul dalam keadaan kecil dengan cahaya yang lemah. Kemudian menjadi Bulan sabit berbentuk melengkung hingga cahaya semakin bertambah terang. Selanjutnya bentuknya semakin sempurna bundar, sehingga

¹¹ Departemen Agama Republik Indonesia, *Al-Qur'an dan Terjemahnya...*, hal. 443.

¹² M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Misbah, (Pesan, Kesan dan Kekeragaman al-Qur'an)*, Jakarta: Lentera Hati, cet. V, 2015, hal. 151.

¹³ M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Misbah...*, hal 153.

menjadi Bulan purnama dengan cahaya yang begitu terang. Tetapi kemudian akan semakin menyusut, sehingga kembali ke keadaan semula pada bentuk yang menyerupai tandan kering yang melengkung dengan cahaya yang semakin tidak terang lagi.¹⁴

Ayat 40 menjelaskan bahwa Allah telah menjadikan Matahari dan Bulan pada garis edarnya masing-masing dengan sangat teliti dan konsisten, sehingga masing-masing tidak akan keluar dari garis edarnya saling mendahului satu sama lain.¹⁵

b. Surat Fushshilat ayat 37

وَمِنْ آيَاتِهِ اللَّيْلُ وَالنَّهَارُ وَالشَّمْسُ وَالْقَمَرُ ۚ لَا تَسْجُدُوا لِلشَّمْسِ وَلَا لِلْقَمَرِ
وَأَسْجُدُوا لِلَّهِ الَّذِي خَلَقَهُنَّ إِن كُنتُمْ إِيَّاهُ تَعْبُدُونَ ﴿٣٧﴾

*“Dan sebagian dari tanda-tanda kebesaran-Nya ialah malam, Siang, Matahari dan Bulan. Janganlah bersujud kepada Matahari dan jangan (pula) kepada Bulan, tetapi bersujudlah kepada Allah yang menciptakannya, jika kamu hanya menyembah kepada-Nya.” (Q.S. Fushshilat: 37).*¹⁶

Menurut imam Syafi’i bahwa ayat ini memberikan penjelasan bahwa Allah memerintahkan untuk tidak bersujud kepada keduanya (Matahari dan Bulan), tetapi hanya bersujud kepada-Nya. Perintah ini mengandung perintah untuk selalu bersujud kepada Allah ketika menyebut (atau mengingat) Matahari dan Bulan, yakni Allah memerintahkan kepada umat Islam untuk melakukan salat ketika terjadi gerhana Matahari dan Bulan.

¹⁴ Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah, *al-Qur’an Dan Tafsirnya*, Jilid VIII, Jakarta : PT. Sinergi Pustaka Indonesia, 2012, hal. 226.

¹⁵ M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Misbah...*, hal. 154.

¹⁶ Departemen Agama Republik Indonesia, *Al-Qur’an dan Terjemahnya...*, hal. 481

Perintah-Nya ini juga mengandung larangan untuk tidak menyembah Matahari atau Bulan sebagaimana halnya larangan untuk menyembah selain kepada Allah. Ungkapan ini seolah mengandung dua pengertian :

Pertama, hendaknya untuk menunaikan salat ketika terjadi gerhana Matahari maupun Bulan.¹⁷ Kedua, tidak adanya perintah untuk menjalankan salat pada ayat ini ketika terjadi fenomena gerhana Matahari maupun Bulan, karena Allah tidak menyinggung salat pada ayat ini. Salat itu dalam segala keadaan yang merupakan wujud ketaatan kepada Allah. Imam Syafi'i berkata " Salat gerhana Matahari dan Bulan dilakukan berjamaah dan tidak ada ayat lain yang menjelaskan atau mengisyaratkan salat gerhana."¹⁸

Mengenai ayat ini Ibnu Khuwaz Mandad memaparkan bahwa ayat ini mengandung juga syari'at mengerjakan salat gerhana Bulan dan gerhana Matahari. Hal ini seperti kebiasaan orang Arab yang mengaitkan fenomena gerhana dengan kematian seseorang. Ayat ini diperkuat adanya sunnah Rasulullah pada saat itu, yaitu mendirikan shalat gerhana.¹⁹

2. Dalil al-Hadits

a. Hadits riwayat al-Bukhari dari Ibnu Umar

¹⁷ Syaikh Ahmad Musthafa al-Farran, *Tafsir Imam Syafi'i*, terjemah oleh : imam Ghazali Masykur, Jakarta : Penerbit Almahira, cet. I, 2008, hal. 353.

¹⁸ Syaikh Ahmad Musthafa al-Farran, *Tafsir Imam Syafi'i...*, hal. 354.

¹⁹ Syaikh Imam al-Qurthubi, *al-Jami' Lil Ahkam al-Quran juz 8*, Muassasah ar-Risalah, 2006, hal 425.

حَدَّثَنَا عَمْرُو بْنُ عَوْنٍ، قَالَ حَدَّثَنَا خَالِدٌ، عَنْ يُونُسَ، عَنِ الْحَسَنِ، عَنْ أَبِي بَكْرَةَ، قَالَ كُنَّا عِنْدَ رَسُولِ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ فَأَنْكَسَفَتِ الشَّمْسُ، فَقَامَ النَّبِيُّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ يَجُرُّ رِدَاءَهُ حَتَّى دَخَلَ الْمَسْجِدَ، فَدَخَلْنَا فَصَلَّى بِنَا رَكَعَتَيْنِ، حَتَّى ابْجَلَتِ الشَّمْسُ فَقَالَ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ " إِنَّ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ لَا يَنْكَسِفَانِ لِمَوْتِ أَحَدٍ، فَإِذَا رَأَيْتُمُوهَا فَصَلُّوا، وَادْعُوا، حَتَّى يُكْشَفَ مَا بِيكُمْ " (رواه البخاري)²⁰.

Artinya : "Telah menceritakan kepada kami 'Amru bin 'Aun berkata, telah menceritakan kepada kami Khalid dari Yunus dari Al Hasan dari Abu Bakrah berkata, "Kami pernah duduk-duduk bersama Rasulullah shallallahu 'alaihi wasallam lalu terjadi gerhana matahari. Maka Nabi shallallahu 'alaihi wasallam berdiri menjulurkan selendangnya hingga masuk ke dalam masjid, kamipun ikut masuk ke dalam Masjid, beliau lalu mengimami kami shalat dua rakaat hingga matahari kembali nampak bersinar. Setelah itu beliau bersabda: "Sesungguhnya matahari dan bulan tidak akan mengalami gerhana disebabkan karena matinya seseorang. Jika kalian melihat gerhana keduanya, maka dirikanlah shalat dan banyaklah berdoa hingga selesai gerhana yang terjadi pada kalian." (H.R. Imam Bukhari).

b. Hadist riwayat oleh Aisyah r.a

وَحَدَّثَنَا قُتَيْبَةُ بْنُ سَعِيدٍ، عَنْ مَالِكِ بْنِ أَنَسٍ، عَنْ هِشَامِ بْنِ عُرْوَةَ، عَنْ أَبِيهِ، عَنْ عَائِشَةَ، ح وَحَدَّثَنَا أَبُو بَكْرِ بْنُ أَبِي شَيْبَةَ، وَاللَّفْظُ لَهُ، قَالَ: حَدَّثَنَا عَبْدُ اللَّهِ بْنُ مُعْمِرٍ، حَدَّثَنَا هِشَامٌ، عَنْ أَبِيهِ، عَنْ عَائِشَةَ، قَالَتْ: خَسَفَتِ الشَّمْسُ فِي عَهْدِ رَسُولِ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ، فَقَامَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ يُصَلِّي، فَأَطَالَ الْقِيَامَ جِدًّا، ثُمَّ رَكَعَ، فَأَطَالَ الرُّكُوعَ جِدًّا، ثُمَّ رَفَعَ رَأْسَهُ، فَأَطَالَ الْقِيَامَ جِدًّا، وَهُوَ دُونَ الْقِيَامِ الْأَوَّلِ، ثُمَّ رَكَعَ فَأَطَالَ الرُّكُوعَ جِدًّا، وَهُوَ دُونَ الرُّكُوعِ الْأَوَّلِ، ثُمَّ سَجَدَ، ثُمَّ قَامَ، فَأَطَالَ الْقِيَامَ، وَهُوَ دُونَ الْقِيَامِ الْأَوَّلِ، ثُمَّ رَكَعَ، فَأَطَالَ الرُّكُوعَ وَهُوَ دُونَ الرُّكُوعِ الْأَوَّلِ، ثُمَّ رَفَعَ رَأْسَهُ، فَقَامَ فَأَطَالَ الْقِيَامَ وَهُوَ دُونَ الْقِيَامِ الْأَوَّلِ، ثُمَّ رَكَعَ، فَأَطَالَ

²⁰ Imam Bukhari , *Sahih Bukhari juz 1* , Kairo : as-Salafiyah, 1979, hal 327.

الرُّكُوعَ وَهُوَ دُونَ الرُّكُوعِ الْأَوَّلِ، ثُمَّ سَجَدَ، ثُمَّ انصَرَفَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ
 إِنَّ : وَسَلَّمَ ، وَقَدْ بَجَلَّتِ الشَّمْسُ ، فَخَطَبَ النَّاسَ ، فَحَمِدَ اللَّهَ وَأَثْنَى عَلَيْهِ ، ثُمَّ قَالَ
 الشَّمْسُ وَالْقَمَرُ مِنْ آيَاتِ اللَّهِ ، وَإِنَّهُمَا لَا يَنْخَسِفَانِ لِمَوْتِ أَحَدٍ ، وَلَا لِحَيَاتِهِ ، فَإِذَا
 رَأَيْتُمُوهَا فَكَبِّرُوا ، وَادْعُوا اللَّهَ وَصَلُّوا وَتَصَدَّقُوا. (رواه المسلم)²¹

Artinya : “Dan, Qutaibah bin Said menceritakan kepada kami, dari Malik bin Anas, dari Hisyam bin Urwah, dari ayahnya, dari Aisyah Radhiyallahu’anha. [Rangkaian sanad dari jalur yang lain menyebutkan] dan, Abu Bakar bin Abu Syaibah menceritakan kepada kami (redaksi hadist diatas adalah miliknya, dia berkata : Abdullah bin Numair menceritakan kepada kami, Hisyam menceritakan kepada kami, dari ayahnya, dari Aisyah dia berkata : Pada masa Rasulullah Saw telah terjadi gerhana matahari. Lantas Rasulullah Saw berdiri untuk menunaikan salat. Beliau berdiri dalam waktu yang sangat lama. Kemudian beliau ruku’ juga dalam waktu yang sangat lama. Lalu Rasulullah bangkit untuk kembali berdiri dalam waktu yang sangat lama, namun tidak lebih lama dari berdiri yang pertama. Setelah itu Rasulullah melakukan ruku’ dalam waktu yang sangat lama, namun tidak selama ruku’ yang pertama. Lantas Rasulullah melakukan sujud dan setelah itu kembali berdiri dalam waktu yang lama. Namun berdiri beliau tidak lebih lama dibandingkan dengan berdiri yang pertama. Lalu beliau ruku’ dalam waktu yang lama, namun tidak selama dengan rukubeliau yang pertama. Baru setelah itu beliau kembali melakukan sujud. Kemudian Rasulullah mengakhiri (shalatnya) dan ketika itu juga matahari telah bersinar terang. Lalu beliau berkhotbah di hadapan orang-orang. Beliau membaca tahmiid dan pujian kepada Allah sembari bersabda, “Sesungguhnya Matahari dan Bulan itu termasuk tanda-tanda kebesaran Allah. Sesungguhnya keduanya tidak mengalami gerhana gara-gara kematian maupun kelahiran seseorang. Jika kalian menyaksikan kedua makhluk tersebut (tengah mengalami gerhana), maka bertakbirlah kepada Allah dan berdoalah kepadanya, kerjakanlah shalat sunnah dan keluarkanlah sedekah.” (H.R. Imam Muslim).²²

Hadits di atas menjelaskan tentang fenomena gerhana pada zaman

Rasulullah bahwa gerhana bukanlah disebabkan karena adanya kelahiran atau kematian dari seseorang, melainkan salah satu dari tanda-tanda

²¹ Imam Muslim, *Sahih Muslim Juz II*, Lebanon : Daar Kutub al Ilmiah, 1991, hal. 618.

²² Imam an-Nawawi, *Syarah Shahih Muslim*, terj. Wawan Djunaedi Soffandi, Jakarta : Pustaka Azzam, 2010, hal. 572-573.

kebesaran Allah, dan dianjurkan / disunnahkan kepada umat Islam untuk menunaikan salat gerhana dan memanjatkan bedoa serta memperbanyak sedekah pada saat peristiwa gerhana sedang terjadi sebagai bentuk rasa syukur atas ciptaan-Nya dan bentuk ketakwaan hamba-Nya.

C. Objek Kajian Gerhana Matahari

Peristiwa berlangsungnya gerhana Matahari disebabkan adanya tiga benda langit yaitu Matahari, Bulan, dan Bumi yang berada pada posisi satu garis lurus.²³ Untuk itu, proses gerhana Matahari tidak lepas dari tiga benda tersebut.

1. Matahari

Matahari adalah benda langit yang berbentuk bola gas pijar yang menyala amat panas. Suhu tingkat panas Matahari mencapai hingga 15 juta derajat celcius. Garis tengah (diameter) Matahari mencapai 1,4 miliar. Matahari merupakan bintang yang paling terdekat dengan Bumi yang memiliki jarak rata-rata 149.680.000 kilometer.²⁴

Bila di amati dari Bumi, Matahari terbit pada pagi hari di ufuk bagian Timur, mencapai posisi tertinggi di langit pada siang hari dan terbenam sore hari di ufuk Barat serta pada malam hari Matahari akan berposisi di bawah ufuk oleh pengamat. Jika diperhatikan waktu terbit dan terbenam Matahari selalu berubah, begitupun posisi matahari yang

²³ Maksud dari garis lurus tersebut yaitu pada koordinat bujur dan lintang ekliptika yang sama. Karena Matahari, Bulan, dan Bumi setiap bulannya dapat terjadi pada satu garis lurus, hanya saja pada koordinat bujur saja. Mengapa hal ini terjadi ? karena bidang ellips lintasan Bumi dan bidang ekliptika membentuk sudut 0 derajat karena kedua bidang ini berimpit. Sedangkan bidang lintasan Bulan dan bidang ekliptika tidak berimpit, melainkan membentuk sudut sebesar $5^{\circ} 08'$ 52". Lihat juga dalam Muhyiddin Khazin, *99 Tanya...*, hal. 124.

²⁴ Slamet Hambali, *Pengantar...*, hal. 114.

selalu bergeser. Hal ini akan terlihat jelas untuk pengamat yang berada dekat pada garis khatulistiwa, seperti Indonesia. Posisi matahari dapat di ketahui melalui proses perhitungan meliputi bujur ekliptika, jarak Matahari ke Bumi, *right ascension*, deklinasi, azimuth dan altitude. Dari hasil perhitungan tersebut dapat digunakan sebagai perkiraan kapan terjadinya gerhana dengan akurasi tinggi.²⁵

2. Bulan

Bulan merupakan satelit Bumi yang tunggal.²⁶ Bulan tidak memancarkan cahaya sendiri, akan tetapi hanya memantulkan sinar Matahari jika dilihat dari Bumi.²⁷ Perlu diketahui bahwa bagian Bulan selalu sama, selalu menghadap ke Bumi. Hal ini terjadi karena rotasi Bulan pada porosnya memakan waktu yang sama dengan waktu edar Bulan mengelilingi Bumi. Dengan demikian kita selalu melihat sisi bulan yang sama, hanya saja fasenya berbeda-beda.²⁸

Bulan mempunyai diameter 3,476 km, dengan keliling sebesar 3.500 km. Dalam sekali beredar mengelilingi Bumi, Bulan membutuhkan waktu yang disebut dengan periode sideris selama 27 hari 7 jam 43 menit 11 detik (periode orbit), dan variasi periodik dalam sistem Bumi-Bulan-Matahari bertanggung jawab atas terjadinya fase-fase Bulan yang berulang setiap 29 hari 12 jam 44 menit 3 detik

²⁵ Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, Yogyakarta : FMIPA UGM, 2012, hal. 63.

²⁶ Baharuddin Zainal, *Ilmu Falak edisi Kedua*, Kuala Lumpur : Dawama, 2004, hal 60.

²⁷ Abdul Karim, Rifa Jamaluddin Nasir, *Mengenal Ilmu Falak (Teori dan Implementasi)*, Yogyakarta: Qudsi Media, 2012, hal. 36.

²⁸ UPT Observatorium Bosscha Institut Teknologi Bandung, *Perjalanan Mengenal Antronomi*, Bandung : Penerbit ITB, 1995, hal. 33

(periode sinodis).²⁹ Bulan memiliki orbit Bulan sebesar 5,2 derajat terhadap ekliptika. Bila garis nodal³⁰ berada segaris dengan Matahari maka terjadi gerhana. Hal ini disebabkan oleh kedudukan Bulan yang dapat menghalangi cahaya Matahari ke Bumi saat Bulan tersebut berada diantara Matahari dan Bumi, keadaan ini menyebabkan gerhana Matahari. Sementara itu pada saat kedudukan Bulan berada pada keadaan Matahari-Bumi-Bulan dan cahaya Matahari terhalang oleh Bumi maka akan terjadi gerhana Bulan.³¹

Bulan memiliki fase-fase dalam pencahayaan yang dimulai dari saat ijtimak yang tidak nampak cahayanya sampai titik puncak Bulan purnama, lebih jelasnya fase-fase Bulan tersebut antara lain:

- a) Konjungsi atau *ijtima'* adalah ketika posisi Matahari dan Bulan berada pada satu lingkaran bujur ekliptika.³² Pada kondisi tertentu konjungsi dapat menimbulkan terjadinya gerhana Matahari dan awal terjadinya pergantian Bulan dalam perhitungan kalender Hijriyah.
- b) Oposisi yaitu kedudukan Bulan yang berlawanan arah dengan Matahari apabila dilihat dari Bumi. Saat posisi ini Bulan mempunyai cahaya penuh atau purnama. Pada kondisi tertentu akan terjadi gerhana Bulan.

²⁹ Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak...*, hal. 135.

³⁰ *Nodal* adalah pusat dari diameter Bulan dan Bumi

³¹ UPT Observatorium Bosscha Institut Teknologi Bandung, *Perjalanan...*, hal. 33.

³² Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak...*, hal. 304.

c) Kuarter yaitu kedudukan Bulan tegak lurus terhadap garis penghubung Bumi-Matahari. Pada fase ini Bulan hanya terlihat setengah yang terang jika dilihat dari Bumi.³³

3. Bumi

Bumi merupakan satu-satunya planet yang dapat dihuni oleh berbagai makhluk hidup. Bumi diselubungi atmosfer dengan ketebalan mencapai 120 KM yang terdiri dari uap air dan gas. Revolusi Bumi mengelilingi Matahari adalah 365,25 hari dan masa rotasi selama 23 jam 56 menit.³⁴

Bumi bergerak mengitari porosnya sendiri, gerak ini dinamakan gerak rotasi Bumi. Pergerakan ini berarah negatif, yaitu dari arah Barat ke Timur. Waktu yang diperlukan Bumi dari kulminasi atas sampai kedudukan yang sama pada esok harinya memerlukan 23 jam 56 menit.³⁵ Bumi juga melakukan revolusi yaitu gerak mengelilingi Matahari dengan periode 365, 2422 hari.³⁶ Selain gerak revolusi dan rotasi, Bumi juga mempunyai gerak presesi³⁷ dan nutasi.³⁸

³³ Maskufa, *Ilmu Falak*, Jakarta : Gaung Persada Press, 2010, hal. 50-51.

³⁴ Muhammad Hadi Basrowi, *Pengantar Ilmu Falak*, Jakarta : Pustaka Al- Kautsar, 2015, Hal. 48-49.

³⁵ Muhammad Hadi Basrowi, *Pengantar...*, hal. 50.

³⁶ Bayong Tjasyono, *Ilmu Kebumihan dan Antariksa*, Bandung: Remaja Rosdakarya, 2013, hal. 4.

³⁷ Presesi adalah gerak lambat, teratur dari sumbu perputaran bumi terhadap kutub ekliptika. Dalam bahasa Arab disebut dengan *Mubadarah al-I'tidalain* atau *Taqaddumu al-I'tidalain*. Sedangkan Nutasi merupakan gelombang dari gerak presisi Bumi. Lihat juga dalam Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, cet. III, 2012, hal. 172.

³⁸ Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak...*, hal. 114.

D. Macam-macam Gerhana Matahari

Ditinjau dari kenampakan piringan Matahari yang tertutupi oleh Bulan pada peristiwa gerhana Matahari yang terlihat dari permukaan Bumi dapat di bagi menjadi tiga macam, yaitu gerhana Matahari total (كسوف كلي), gerhana Matahari annular / cincin (كسوف حلقي), gerhana Matahari partial / sebagian (كسوف جزئي).³⁹

Pertama, gerhana Matahari total atau sempurna terjadi manakala antara posisi Bulan dan Bumi pada jarak dekat (*perigee*, bahasa Yunani Peri : dekat dan Go : Bumi)⁴⁰, sehingga bayangan kerucut (*umbra*) Bulan menjadi panjang dan dapat menyentuh permukaan Bumi, serta Bumi-Bulan-Matahari pada satu garis lurus.⁴¹ Jika diamati besar piringan Bulan membentuk sama besar dengan piringan Matahari.

Kedua, gerhana Matahari cincin terjadi ketika antara posisi Bulan dengan Bumi pada jarak yang jauh, sehingga bayangan kerucut (*umbra*) Bulan menjadi pendek dan tidak dapat menyentuh permukaan Bumi, serta Bumi-Bulan-Matahari pada satu garis lurus. Ketika itu diameter piringan Bulan lebih kecil daripada diameter Matahari, sehingga ada bagian tepi piringan Matahari yang masih terlihat dari Bumi seperti cincin yang bercahaya.⁴²

Ketiga, gerhana Matahari sebagian terjadi manakala antara posisi Bulan dengan Bumi pada jarak yang dekat, sehingga bayangan kerucut

³⁹ Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah, *ad-Durul al-Aniq*, cet. II, 2014, hal. 48.

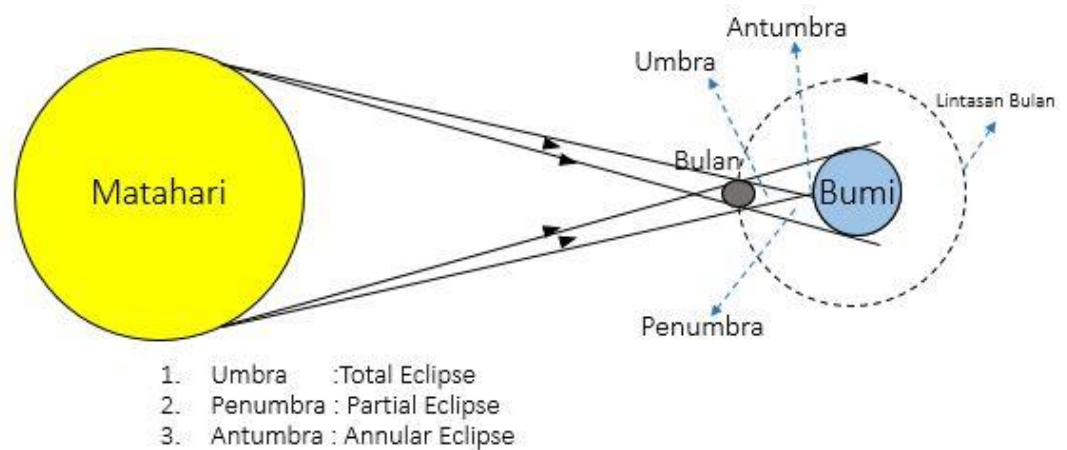
⁴⁰ Bayong Tjasyono, *Ilmu KeBumian dan Antariksa*, Bandung : PT Remaja Rosdakarya, 2013, hal. 34.

⁴¹ Muhyiddin Khazin, *Ilmu...*, hal. 188.

⁴² Muhyiddin Khazin, *Ilmu...*, hal. 189.

(umbra) Bulan menjadi panjang dan dapat menyentuh permukaan Bumi, tetapi Bumi-Bulan-Matahari tidak tepat pada garis lurus.⁴³ Pada bagian ini, selalu ada piringan Matahari yang tidak tertutup piringan Bulan.

Jika digambarkan ketiga gerhana Matahari di atas bisa dilihat sebagai berikut:



Gambar 1 : Umbra, Penumbra, dan Atumbra.⁴⁴

Dari tiga macam gerhana tersebut, terdapat pula gerhana Matahari Hybrid yaitu pencampuran antara dua macam gerhana Matahari cincin dan total. Gerhana ini terhitung langka.⁴⁵

Pada dasarnya perhitungan tentang gerhana Matahari adalah mengenai menghitung waktu, yaitu kapan dan jam berapa terjadi kontak gerhana Matahari. Adapun untuk gerhana Matahari total dan cincin terdapat empat kali kontak, yaitu :

⁴³ Muhyiddin Khazin, *Ilmu...*, hal. 189.

⁴⁴ <https://rachmanabdul.wordpress.com/2011/12/07/gerhana-bulan-dan-matahari/> diakses pada jam 7.12 WIB tanggal 7 Februari 2019.

⁴⁵ Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah, *ad-Durul al-Aniq...*, hal. 48.

1. Kontak pertama adalah ketika piringan Bulan mulai menyentuh piringan Matahari. Pada posisi ini mulai menyentuh gerhana.
2. Kontak kedua adalah ketika seluruh piringan Bulan sudah menutupi piringan Matahari. Pada posisi ini waktu mulai total.
3. Kontak ketiga adalah ketika piringan Bulan mulai menyentuh untuk mulai keluar dari piringan Matahari. Dan posisi ini waktu akhir total.
4. Kontak keempat adalah ketika seluruh piringan Bulan sudah keluar lagi dari piringan Matahari. Pada posisi ini waktu gerhana Matahari berakhir.⁴⁶

Sedangkan pada gerhana Matahari sebagian hanya terdapat dua kali kontak, yaitu kontak pertama adalah ketika piringan Bulan mulai menyentuh piringan Matahari, pada posisi ini waktu mulai gerhana. Kemudian kontak kedua, ketika piringan Bulan sudah keluar lagi dari piringan Matahari, pada posisi ini waktu gerhana Matahari sebagian berakhir.⁴⁷

Dengan adanya perkembangan ilmu pengetahuan, terutama di bidang ilmu astronomi ternyata fenomena gerhana jika ditinjau dari permukaan Bumi secara umum terdapat 6 tipe gerhana Matahari, sebagai berikut:

1. Tipe P : tipe gerhana Matahari parsial yaitu hanya sebagian dari kerucut umbra Bulan yang mengenai Bumi. Pengamat melihat (*region of visibility*) hanya dapat melihat sebuah gerhana parsial.

⁴⁶ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak...*, hal. 114-115.

⁴⁷ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak...*, hal. 115.

2. Tipe T : tipe gerhana total yaitu gerhana sentral yang mana kerucut umbra mengenai Bumi. Pada gerhana sentral sumbu bayangan Bulan mengenai permukaan Bumi. Pada jenis gerhana ini, dikenal istilah garis sentral (*central line*) yaitu garis yang menghubungkan pusat cakram Bulan ke pusat cakram Matahari.
3. Tipe A : tipe gerhana cincin yaitu gerhana central yang mana perpanjangan kerucut umbra mengenai Bumi.
4. Tipe A-T : tipe cincin-total (*hybrid*) yaitu gerhana central yang sebagian gerhana berupa gerhana total sedang sebagian lainnya berupa gerhana cincin.
5. Tipe (T) : gerhana non-central total yaitu hanya sebagian dari kerucut umbra yang mengenai permukaan Bumi (yaitu di daerah kutub), tetapi sumbu kerucut umbra tidak mengenai permukaan Bumi, sehingga gerhana ini bukan gerhana sentral.
6. Tipe (A) : gerhana non-central cincin yaitu hanya sebagian dari perpanjangan kerucut umbra yang mengenai (yaitu daerah kutub), tetapi sumbu kerucut umbra tidak mengenai permukaan Bumi.⁴⁸

E. Periode Gerhana Matahari

Konsep memprediksi adanya gerhana, baik gerhana Matahari maupun Bulan, ternyata sudah di ketahui oleh orang-orang pada zaman dahulu. Observasi yang dilakukan secara rutin telah mendapatkan suatu penemuan yang bisa memprediksi waktu kapan terjadinya gerhana, hal ini

⁴⁸ Rinto Anugraha, *Mekanika...*, hal. 126-127.

dikenal dengan istilah periode gerhana. Adapaun periode-periode gerhana yang ada diantaranya:

1. Periode Saros

Matahari dan titik simpul naik turunnya orbit Bulan memiliki interval waktu setiap 346,62 hari. Setiap 19 periode gerhana (6585,78 hari atau 18 tahun 11 hari) bulan akan kembali pada titik simpul yang sama, hal ini hampir sesuai pada panjang bulan dengan sinodis⁴⁹ 223 (6585,321 hari) hanya terpaut 11 jam. Periode 18 tahun 11 hari ini dinamakan periode saros. Periode saros sudah diketahui sejak zaman Babilonia kuno dengan melakukan observasi gerhana secara rutin.⁵⁰

Sementara itu 223 bulan sinodis juga sama dengan lebih 239 bulan anomalistik⁵¹ (6585,537 hari), keduanya hanya terpaut 6 jam, hanya ini membuat selang waktu satu periode saros selain mengembalikan bulan fase yang sama pada titik simpul yang sama, dan juga akan mengembalikan Bulan pada jarak yang kurang lebih sama dari Bumi. Oleh karena itu, gerhana yang dipisahkan dari periode saros akan memiliki karakteristik yang mirip.⁵²

Dampak dari periode saros akan mengakibatkan panjang hari memiliki pecahan sebesar $\frac{1}{3}$ hari (8 jam), maka saat gerhana

⁴⁹ Bulan sinodis adalah interval waktu dari fase Bulan kembali ke Bulan. Panjang Bulan sinodis adalah $29,53095 = 29$ hari 12 jam 44 menit.

⁵⁰ Hannu Karttunen, dkk., *Fundamental Astronomy*, Heidelberg : Springer, cet.V, 2006, hal. 139.

⁵¹ Bulan Anomalistik adalah interval waktu di butuhkan bulan untuk bergerak dari perigee ke perigee lagi. Sedangkan panjang bulan anomalistik adalah $27,55455$ hari = 27 hari 13 jam 19 menit.

⁵² Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak...*, hal. 111.

berikutnya yang terpisah oleh satu periode saros, Bumi telah berputas kira-kira $1/3$ hari. Karena itu lintasan gerhana yang dipisahkan oleh satu periode saros akan bergeser 120° ke arah Barat. Dan tiap 3 periode saros (54 tahun 34 hari) gerhana dapat diamati oleh geografi yang sama. Sebagai contoh, peta gerhana Matahari total pada tanggal 3 November 1994 serta gerhana berikutnya setelah satu periode saros pada tanggal 13 November 2012. Pada gerhana pertama, lintasan total melewati Amerika Selatan, Samudra Atlantik hingga selatan Afrika, sedangkan pada gerhana kedua melewati bagian Australia dan Samudra Pasific⁵³

2. Periode Inex

Selain periode Saros, ada pula yang disebut sebagai periode 358 lunasi, atau 29 tahun kurang 20 hari, yang di kenal dengan periode inex. Periode inex ini sama dengan 388,5 revolusi *draconic* (dari node ke node). Pecahan 0,5 ini memiliki konsekuensi bahwa periode inex mengambil tempat pergantian antara node satu ke node yang lain. Sehingga, sebuah gerhana Matahari yang terlihat dari Bumi belahan utara, maka setelah periode inex, gerhana Matahari yang berikutnya akan terlihat di belahan Bumi bagian selatan. Satu inex selanjunya akan kembali di bagian Bumi belahan utara, sebagai contoh:

⁵³ Rinto Anugraha, *Mekanika...*, hal. 131.

- a) 6 Mei 1845, gerhana cincin, terlihat di Laut Arktik⁵⁴, titik turun Bulan.
- b) 16 April 1874, gerhana total, terlihat di Antartika, titik naik bulan.
- c) 29 Maret 1903, gerhana cincin, terlihat di Siberia, titik turun bulan.⁵⁵

F. Algoritma Hisab Gerhana Matahari

Perhitungan gerhana Matahari itu dibedakan menjadi dua, ada yang bersifat lokal dan global.⁵⁶ Gerhana Matahari global merupakan gerhana yang konsep perhitungannya tidak menggunakan markaz daerah. Sehingga apabila terjadi gerhana masih dalam satu waktu daerah maka kontak gerhana masih sama. Sedangkan untuk gerhana Matahari lokal yaitu perhitungan gerhana yang mengikutsertakan *markaz*⁵⁷ dengan mencantumkan lintang⁵⁸ dan bujur⁵⁹ suatu daerah. Waktu terjadinya gerhana dalam satu daerah akan berbeda.

Terdapat beberapa metode untuk menentukan terjadinya gerhana, salah satunya ialah penentuan gerhana Matahari dengan metode

⁵⁴ Laut Arktik merupakan laut yang mengklasifikasikan sebagai satu dari laut Mediteranian yang bergabung dengan Samudra Atlantik, para ahli samudra menyebutnya Laut Mediteranian Arktik. Lokasi laut ini di belahan utara Bumi dan kebanyakan berada di wilayah kutub utara.

⁵⁵ Rinto Anugraha, *Mekanika...*, hal. 131

⁵⁶ Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah, *Irsyadul al-Murid*, Madura : Lafal, 2005, hal. 185.

⁵⁷ *Markaz* (مركز) yaitu tempat observasi atau suatu lokasi yang dijadikan pedoman dalam perhitungan. Baca Muhyiddin Khazin, *Kamus...*, hal. 53.

⁵⁸ Lintang adalah jarak busur di atas permukaan Bumi yang dihitung dari equator bola Bumi. Baca Maskufa, *Ilmu ...*, hal. 63.

⁵⁹ Bujur adalah horizontal yang mengukur sudut antara suatu titik dengan titik nol di Bumi yaitu *Greenwich* yang merupakan titik bujur 0⁰ atau 360⁰ yang diterima secara internasional. Slamet Hambali, *Pengantar...*, hal. 229.

Ephemeris.⁶⁰ Langkah-langkah yang dapat ditempuh dalam perhitungan penentuan gerhana Matahari berdasarkan metode *Ephemeris* adalah sebagai berikut:⁶¹

1. Menghitung kemungkinan terjadinya gerhana Matahari berdasarkan tabel kemungkinan terjadinya gerhana yaitu dengan cara:

TABEL A					
TH	DATA	TH	DATA	TH	DATA
00	331° 05' 12"	1400	084 50' 12"	1700	338° 50' 12"
30	212° 29' 12"	1430	326° 14' 12"	1730	220° 14' 12"
60	093° 53' 12"	1460	207° 38' 12"	1770	101° 38' 12"
90	335° 17' 12"	1490	089° 02' 12"	1800	343° 02' 12"
1220	076° 26' 12"	1520	330° 26' 12"	1830	224° 26' 12"
1250	317° 50' 12"	1550	211° 50' 12"	1800	105° 50' 12"
1280	199° 14' 12"	1580	093° 14' 12"	1890	347° 14' 12"

Tabel 1 : data A jadwal gerhana Matahari untuk menentukan tahun.

TABEL B					
TH	DATA	TH	DATA	TH	DATA
01	008° 02' 48"	11	088° 30' 48"	21	168° 58' 48"
02	016° 05' 36"	12	096° 33' 36"	22	177° 01' 36"
03	024° 08' 24"	13	104° 36' 24"	23	185° 04' 24"
04	032° 11' 22"	14	112° 39' 12"	24	193° 07' 12"

⁶⁰ *Ephemeris* atau dalam bahasa Arab disebut dengan Zijj / Taqwim merupakan tabel yang memuat data astronomi benda-benda langit. Lihat juga dalam Susiknan Azhari, *Ensiklopedi...*, hal 61-62.

⁶¹ Muhyiddin Khazin, *Ilmu...*, hal. 195-205.

05	040° 14' 00"	15	120° 42' 00"	25	201° 10' 00"
06	048° 16' 48"	16	128° 44' 48"	25	209° 12' 48"
07	056° 19' 36"	17	136° 47' 36"	27	217° 15' 36"
08	064° 22' 24"	18	144° 50' 24"	28	225° 18' 24"
09	072° 25' 12"	19	152° 53' 12"	29	233° 21' 12"
10	080° 28' 00"	20	160° 56' 00"	30	241° 24' 00"

Tabel 2 : data B pada jadwal gerhana Matahari untuk menentukan satuan tahun.

TABEL C			
NAMA BULAN	GERHANA MATAHARI	NAMA BULAN	GERHANA MATAHARI
Muharram	030° 40' 15"	Rajab	214° 41' 45"
Shafar	061° 20' 30"	Sya'ban	245° 22' 00"
Rabi'ul Awal	092° 00' 45"	Ramadhan	276° 02' 15"
Rabi'ul Akhir	122° 41' 00"	Syawwal	306° 42' 30"
Jumadil Ula	153° 21' 15"	Dzulqa'dah	337° 22' 45"
Jumadil Akhir	184° 01' 30"	Dzulhijjah	008° 03' 00"

Tabel 3 : data C pada jadwal gerhana Matahari untuk menentukan Bulan.⁶²

Untuk mengetahui kemungkinan terjadinya gerhana Matahari, langkah pertama ialah mengambil data dari tabel A sesuai dengan kelompok tahun hijriah yang mau di hitung. Selanjutnya mengambil data dari tabel B menurut satuan tahunnya dan data tabel C menurut Bulan hijriah kemungkinan akan terjadinya gerhana (gerhana Matahari). Setelah itu hasil dari ketiga data (data A, B, dan C) di jumlahkan

⁶² Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak...*, hal. 287.

semua.⁶³ Gerhana Matahari mungkin akan terjadi apabila hasil dari penjumlahan tersebut berkisar antara 00° s/d 014° atau 165° s/d 194° atau 345° s/d 360° .⁶⁴

2. Melakukan perhitungan konversi penanggalan hijriah ke penanggalan masehi.

Gerhana Matahari selalu bertepatan ketika Matahari dan Bulan berkonjungsi,⁶⁵ sehingga gerhana Matahari itu hanya terjadi pada saat menjelang bulan baru, yakni sekitar tanggal 29 atau 30 bulan hijriah. Jadi ada kemungkinan terjadinya gerhana Matahari tersebut bertepatan pada tanggal berapa menurut penanggalan Masehi.

3. Menyiapkan data astronomis sesuai dengan tanggal hasil konversi di atas pada data *Ephemeris*⁶⁶ *Hiab Rukyat* atau pada *software WinHiab*.
4. Melacak FIB (*Fraction Illumination Bulan*)⁶⁷ berdasarkan tanggal perkiraan masehi yang sudah didapatkan dengan memeriksa FIB terkecil⁶⁸ pada jam berapa menurut waktu Greenwich.

Selanjutnya menghitung *Sabaq* Matahari (B_1)⁶⁹ dengan cara menghitung selisish ELM⁷⁰ pada jam FIB terkecil dengan satu jam

⁶³ Bila hasil penjumlahan tiga data tersebut lebih dari 360^0 maka kurangilah dengan nilai 360^0 .

⁶⁴ Muhyiddin Khazin, *Ilmu...*, hal. 196.

⁶⁵ Konjungsi (اجتماع) adalah posisi Matahari dan Bulan berada pada satu bujur astronomi. Istilah ini juga bisa disebut dengan *New Moon*. Baca Muhyiddin Khazin, *Kamus...*, hal. 32.

⁶⁶ Data *Ephemeris* menggunakan waktu *Greenwich*, artinya bagi tempat-tempat yang berada di wilayah Timur seperti Indonesia waktunya lebih dahulu daripada waktu *Greenwich*.

⁶⁷ *Fraction Illumination Bulan* merupakan luasnya piringan Bulan yang menerima sinar Matahari yang tampak dari Bumi. Baca Kementrian Agama RI, *Ephemeris Hisab Rukyat 2018*, 2018, hal. 4.

⁶⁸ Bila didapatkan nilai FIB pada jam 24 atau 0 maka mengambil data pada tanggal berikutnya jam 1 GMT.

berikutnya, serta menghitung *Sabaq* Bulan (B_2) dengan cara menghitung selisih ALB⁷¹ pada jam FIB terkecil dengan satu jam berikutnya.

5. Menghitung jarak Matahari dan Bulan⁷² (MB) dengan rumus:

$$MB = ELM - ALB$$

6. Menghitung *Sabaq* Bulan *Mu'addal*⁷³ (SB) dengan rumus:

$$SB = B_2 - B_1$$

7. Menghitung waktu ijtimak pertama (Ijt1).

Sebelum mencari waktu ijtimak pertama, terlebih dahulu mencari nilai titik ijtimak dengan rumus:

$$\text{Titik ijtimak} = MB - SB$$

Kemudian menghitung waktu ijtimak pertama⁷⁴ menggunakan rumus:

$$Ijt1 = \text{Waktu FIB} + \text{Titik Ijtimak}$$

8. Mengambil data dalam Ephemeris secara *interpolasi* waktu istiqbal.

⁶⁹ *Sabaq* Matahari adalah gerak Matahari setiap jamnya.

⁷⁰ ELM (*Ecliptic Longitude* Matahari) adalah bujur Matahari data ini diambil dari kolom data Matahari pada buku Ephemeris Hisab Rukyat atau *software* WinHisab.

⁷¹ ALB (*Apparent Longitude* Bulan) adalah lintang Bulan, diambil dari kolom Bulan.

⁷² Jarak ini dihitung dari titik *haml* sampai Matahari dan titik *haml* sampai Bulan yang diukur sepanjang lingkaran Ekliptika.

⁷³ *Sabaq* Bulan *Mu'addal* yaitu kecepatan Bulan relatif terhadap Matahari.

⁷⁴ Waktu ijtimak ini sebagai mengetahui waktu Matahari dan Bulan berada pada bujur astronomi yang sama (menurut GMT).

Data-data yang perlu diambil diantaranya, Semidiameter Bulan (SD'), Horizontal Parallax Bulan (HP'), *Apparent Latitude* Bulan⁷⁵ (L'), Semidiameter Matahari (SD_0), *True Obliquity* Matahari⁷⁶ (Obl), dan *Equation of Time* (e) atau perata waktu.

9. Menghitung jarak Ijtimak (JI)⁷⁷

Tahapannya dengan mengetahui *Meridian Pass* (MP)⁷⁸ dengan rumus:

$$MP = 12 - e$$

Kemudian menghitung waktu ijtimak setempat atau ijtimak kedua ($Ijt2$), dengan rumus:

$$Ijt2 = Ijt1 + (\text{bujur tempat} : 15)$$

Setelah itu menghitung jarak ijtimak menggunakan rumus:

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

10. Menghitung waktu tengah gerhana (tgh),

Tahapan pertama terlebih dahulu Menghitung *Asyir* pertama⁷⁹ (A_1) menggunakan dua cara rumus sebagai berikut:

⁷⁵ Nilai lintang bulan (L') menghasilkan beberapa kriteria : 1 . Jika nilai (L') positif dan lebih dari $00^\circ 31'$ maka gerhana Matahari dapat diamati disebalah utara equator. 2. . Jika nilai (L') negatif dan harganya lebih kecil $-00^\circ 31'$ maka gerhana Matahari dapat diamati disebalah selatan equator. 3 Jika nilai (L') mutlak dan lebih kecil dari $00^\circ 31'$ maka gerhana Matahari dapat diamati di sekitar equator Bumi. Baca Ahmad Izzuddin, *Ilmu...*, hal. 128.

⁷⁶ *True Obliquity* Matahari adalah kemiringan ekliptika dari equator. Baca Kementrian Agama RI, *Ephemeris...*, hal 2.

⁷⁷ Jarak ijtimak adalah busur sepanjang lingkaran ekliptika yang diukur dari Matahari ketika ijtimak sampai titik kulminasi atas.

⁷⁸ *Meridian Pass* adalah waktu Matahari tepat berada di lingkaran meridian.

⁷⁹ *Asyir* pertama yaitu busur sepanjang lingkaran ekliptika diukur dari titik *haml* sampai suatu titik di ekliptika itu sendiri.

Jika I_{jt2} lebih kecil dari MP maka $A_1 = ELM - JI$
 Jika I_{jt2} lebih besar dari MP maka $A_1 = ELM + JI$

Kemudian menghitung *Mail Asyir* pertama⁸⁰ (MA_1) dengan rumus:

$$\sin MA = \sin A_1 \times \sin Obl$$

Selanjutnya Menghitung *Irtifa'* Asyir pertama (IA_1) menggunakan rumus:

$$IA_1 = 90 - [MA - \text{lintang tempat}]$$

Setelah itu perlu menghitung sudut pembantu (SP) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\sin SP = (\sin SB \times \cos MA_1) : (\sin HP' \times \sin IA_1)$$

Selanjutnya menghitung *Sa'atul Bu'dil Wasath*⁸¹ (SBW) menggunakan rumus:

$$SBW = \sin JI : \sin SP$$

Kemudian baru menghitung waktu tengah gerhana⁸² menggunakan dua ketentuan rumus:

Jika $I_{jt2} < MP$ maka $tgh = I_{jt2} - SBW - (\text{Bujur tempat} - \text{Bujur daerah}) : 15$
 Jika $I_{jt2} > MP$ maka $tgh = I_{jt2} + SBW - (\text{Bujur tempat} - \text{Bujur daerah}) : 15$

11. Menghitung waktu mulai gerhana dengan retetan rumus sebagai berikut:

Dimulai dengan menghitung jarak gerhana⁸³ (JG) dengan rumus:

⁸⁰ *Mail Asyir* pertama adalah busur sepanjang lingkaran deklinasi diukur dari equator sampai pada posisi A_1 .

⁸² Pada rumus ini sudah menggunakan waktu daerah.

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

Kemudian kembali menghitung *Asyir* kedua (A_2) menggunakan rumus yang sama hanya saja jarak ijtimak diganti dengan jarak gerhana, serta menghitung *Mail Asyir* kedua (MA_2) dan *Irtifa' Asyir* kedua (IA_2) menggunakan rumus yang sama pula.

Selanjutnya menghitung *Ardlu Iqlimir Rukyat*⁸⁴ (AIR) dengan

rumus: $AIR = 90 - IA_2$

Menghitung *Ikhtilaful Ardli*⁸⁵ (IkA), menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Jika } AIR > 0 \text{ maka } \sin -IkA &= [\cos IA_2 \times \sin 00^\circ 51' 22'' \\ \text{Jika } AIR < 0 \text{ maka } \sin IkA &= [\cos IA_2 \times \sin 00^\circ 51' 22'' \end{aligned}$$

Menghitung *Ardlul Qamar Mar'i*⁸⁶ (L'M), dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Jika } (L'M) > 0 \text{ maka } (L'M) &= [L' + IkA] \\ \text{Jika } (L'M) < 0 \text{ maka } -(L'M) &= [L' + IkA] \end{aligned}$$

Selanjutnya menghitung *al-Jam'u* (J) atau separo lebar bayangan penumbra Bulan dan menghitung *al-Baqiy* (B) atau separo lebar bayangan umbra bulan dengan rumus :

$$J = [SD' + SD_0 + [L'M]]$$

$$B = [SD' + SD_0 - [L'M]]$$

Menghitung *Daqo'iqul Kusuf* (DK), dengan rumus:

⁸³ Jarak Gerhana adalah yaitu busur lingkaran ekliptika yang diukur dari Matahari ketika tengah gerhana samapai titik kulminasi atasnya.

⁸⁴ *Ardlu Iqlimir Rukyat* adalah jarak busur sepanjang lingkaran meridian dihitung dari zenit sampai proyeksi posisi A_2 .

⁸⁵ *Ikhtilaful Ardli* adalah gerak bulan karena ketidak aturan semu dan ketidak aturan nyata gerak Bulan itu sendiri.

⁸⁶ *Ardlul Qamar Mar'i* yaitu lebar piringan Bulan yang tidak menutupi Matahari terlihat dari permukaan Bumi yang menghadapnya.

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

Menghitung *Sabaq Mu'addal* (SM), dengan rumus:

$$SM = SB - 00^{\circ} 11' 48''$$

Menghitung *Sa'atus Suquth*⁸⁷ (SS), dengan rumus:

$$SS = DK : SM$$

Setelah itu menghitung mulai gerhana (MG), ketika piringan Bulan mulai menyentuh piringan Matahari, rumusnya sebagai berikut:

$$MG = TGH - SS$$

12. Menghitung ukuran lebar piringan Matahari yang terhalang oleh Bulan atau disebut dengan lebar gerhana (LG), dengan rumus:

$$LG' = ((B : (SD_0 \times 2)) \times 100\%) \times 12$$

13. Menghitung waktu mulai total (MT) dan waktu selesai total (ST).

Sebelum menghitung waktu mulai total dan selesai total terlebih dahulu mengetahui *Sa'atul Muksi* (SMk), dengan menghitung rumus sebagai berikut:

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

Kemudian menghitung waktu mulai total (MT) dengan rumus:

$$MT = TGH - SMk$$

Dan menghitung waktu selesai total (ST) dengan rumus:

⁸⁷ *Sa'atus Suquth* adalah tenggang waktu antara waktu mulai terjadi kontak gerhana atau kontak berakhirnya.

$$MT = TGH + SMk$$

BAB III

METODE HISAB GERHANA MATAHARI MENURUT ALI MUSTOFA DALAM KITAB *AL-NATIJAH AL-MAHSHUNAH*

Kajian pada bab ini merupakan penjelasan mengenai hisab gerhana Matahari pada kitab *al-Natijah al-Mahshunah*, sebagaimana yang telah penulis paparkan dalam rumusan masalah. Sebelum melangkah pada pokok pembahasannya, penulis akan terlebih dahulu memberikan gambaran biografi intelektual dari pengarang kitab *al-Natijah al-Mahshunah*, gambaran umum kitab, serta kajian-kajian yang terdapat dalam kitab tersebut.

A. Biografi Pengarang Kitab *al-Natijah al-Mahshunah*

Kitab *al-Natijah al-Mahshunah* merupakan kitab Falak modern yang disusun oleh Ali Mustofa. Ia merupakan salah satu ahli Falak dari Jawa Timur bertempat tinggal di Ploso, desa Maesan, kecamatan Mojo, kabupaten Kediri. Ali Mustofa memiliki nama lengkap Ali Mustofa *al-Qodiri bin Mustangir*. Kata *al-Qodiri* mempunyai arti dua sisi yaitu yang pertama karena ia berasal dari kota Kediri, kedua berarti bangsa Qadariyah, karena orangtuanya termasuk dalam tarekat Qadariyah. Ia dilahirkan di Kediri pada tanggal 24 Maret 1983 M yang merupakan anak kedua dari dua bersaudara yang lahir pada pasangan bapak Mustangir dan ibu Malikhah. Ali Mustofa memiliki seorang istri yang berasal dari

Mojokerto yang bernama Siti Maf'ulah yang di karuniai dua orang anak, yaitu Ahmad Nabil al-Kautsar dan Mahsunatul Fuad.¹

Masa proses Ali mustofa mengenyam pendidikan, diawali dengan jenjang sekolah dasar yakni ia belajar di SDN 2 Maesan selesai pada tahun 1996 M, kemudian ke tingkat *tsanawiyah* di MTs. Sunan Kalijaga (di daerah Mayan-Mojo-Kediri) lulus pada tahun 1999 M, lantas melanjutkan di MAK Al-Hikmah Purwosari-Kediri lulus pada tahun 2002 M. Selain dari pendidikan formal tersebut, beliau juga menambah wawsannya dengan mondok di Pesantren Al-Hikmah Purwosari-Kediri pada saat MAK. Beliau juga melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi di Tribakti Lirboyo Kediri dengan mengambil jurusan Pendidikan Agama Islam (PAI) pada tahun 2003, selain itu ia juga mondok di Pesantren Al-Falah Ploso Kediri.²

Pada tahun 2002, Ali Mustofa mulai menekuni pengetahuan Falak. Ia belajar Ilmu Falak kepada ustadz Mahsus Izzu Tulungagung yang pada saat itu mengkaji kitab *Tibyan al-Miqat* dan *Sulam al-Nayirain*. Ketika itu metode pembelajaran masih menggunakan alat klasik berupa *rubu*³ sehingga proses perhitungan yang dipelajari dengan sistem manual. Kemudian ia juga belajar kitab *Durusul al-Falakiyah* dengan KH.

¹ Wawancara dengan Ali Mustofa pada Rabu, 9 Januari 2019 pukul 15:08 WIB.

² Wawancara dengan Ali Mustofa pada Rabu, 9 Januari 2019 pukul 15:08 WIB.

³ *Rubu* merupakan instrumen klasik yang berguna untuk membantu memecahkan perhitungan yang berkaitan dengan segitiga bola dan trigonometri, mengukur sudut langit, mengetahui waktu, menentukan arah kiblat, dan juga menghitung fungsi goniometris yang dapat digunakan untuk memproyeksikan suatu peredaran benda langit pada lingkaran vertikal. Baca buku Siti Tatmainul Qulub, *Ilmu Falak dari Sejarah ke Teori dan Aplikasi*, Depok : PT RajaGrafindo Persada, 2017, hal. 67-68.

Zainudin Basyari. Kepada H. Shofiyuddin ia mengkaji buku *Risalah al-Qamarain, Nur al-Anwar, dan Ephemeris*. Selain itu, ia juga pernah mengkaji ilmu falak di berbagai tokoh diantaranya dengan bapak Sriyatin, Ma'muri Abdus Shomad, Cecep Nurwendiya, Slamet Hambali, Ahmad Izzuddin, Hendro Setyanto, Gus Shofiyullah, Admad Tholhah, Ismail Abay dari Madura, Raden Muhammad Wasil, dan Sahlan Rasidi. Ia juga memahami Ilmu Falak dengan otodidak mulai dari hisab waktu salat, arah kiblat, hisab gerhana Bulan, dan hisab gerhana Matahari serta mempelajari perhitungan dengan berbagai kalkulator, *microsoft excel*, dan aplikasi *visual basic*.⁴

Pada tahun 2004, Ali Mustofa mulai di amanati sebagai *khadim al-ma'had* di pondok pesantren al-Falah Ploso, Mojo, Kediri sebagai pengajar di berbagai mata pelajaran, di antaranya ilmu Falak, *Faroid, Manteq, Fiqh, dan Nahwu*. Dalam proses pembelajaran ilmu Falak disana, ia menggunakan metode pembelajaran dengan alat peraga untuk menggambarkan tata letak bola langit. Alat tersebut dibuat dengan bambu secara kreatif menyerupai bentuk bola langit. Dengan adanya alat tersebut, dapat membuat santri-santri mudah memahaminya atas keterbatasan penggunaan visual bola langit yang canggih.⁵

Ali Mustofa lebih banyak mengembangkan wawasan Falak di pondok Ploso. Kurikulum standar yang disampaikan pada

⁴ Khoirun Nisak, *Analisis Hisab Awal Bulan Kamariah Ali Mustofa Dalam Buku Al-Natijah Al-Mahshunah*, Skripsi Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2017, hal. 66-67.

⁵ Khoirun Nisak, *Analisis...*, hal. 67.

pembelajaran ilmu Falak disana berupa kajian kitab *Tibyan al-Miqat* dan *Sulam al-Nayyirain*. Selain itu ia juga berinisiatif sendiri untuk mengadakan kelas Falak tambahan bagi santri-santri yang memiliki semangat minat lebih dalam bidang falak. Materi-materi yang disampaikan berupa hisab yang sudah tingkat *hakiki* misalnya *ad-Durul Aniq*, *Ephemeris*, kitab-kitab karangan Ali Mustofa sendiri serta pelatihan pembuatan teleskop *handmade*.⁶

Ali Mustofa juga ikut serta sebagai staf ahli di Lembaga Falakiyah Pimpinan Cabang Nahdlotul Ulama (PCNU) Kediri, Lajnah Falakiyah Pondok Pesantren Al-Falah Ploso Kediri, Lembaga Sosial Keagamaan Nahdlotul Ulama' wilayah Kediri, serta beliau juga sering menjadi pembicara diberbagai tempat.⁷

Selain kitab *al-Natijah al-Mahshunah* ia juga memiliki banyak karya yang berasal dari pemikirannya dalam bidang ilmu Falak dan sudah dibukukan. Beberapa bukunya memiliki konsen pembahasan yang berbeda-beda serta mayoritas kajian pada proses hisabnya. Adapun karya-karya Ali Mustofa, diantaranya:

1. Formula-Formula Program Falak dengan Casio 4500
2. *Khulashah al-Tibyan*
3. *Bulugh al-Amali*
4. *al-Sulam al-Tagribi wa Tahqiqy*
5. *al-Istiqbal al-Nayyiroin*

⁶ Wawancara dengan Ali Mustofa pada Rabu, 9 Januari 2019 pukul 15:08 WIB.

⁷ Wawancara dengan Ali Mustofa pada Rabu, 9 Januari 2019 pukul 15:08 WIB.

6. *al-Kusuf al-Jawi Falak Nusantara*
7. *at-Taisir*
8. *Sulam al-Qodiriyah*
9. *al-Kausar Ali Jadid*
10. *Tashil al-Wildan*
11. *al-Natijah al-Mahshunah*
12. *Tsimarul al-Mustafid*
13. *Tsimarul Murid*
14. Pengembangan Hisab *Taqribi* menjadi Hisab *Tahkiki*
15. *Visual Basic* untuk Ilmu Falak dan Hisab.

Dari berbagai karyanya sudah banyak dikenal oleh para santri pondok pesantren yang mempelajari ilmu Falak dan para penggiat ilmu Falak.⁸

B. Algoritma-Algoritma Hisab dalam Kitab *al-Natijah al-Mahshunah*

al-Natijah al-Mahshunah termasuk kategori buku yang menggunakan sistem hisab kontemporer. Penamaan kitab ini berasal dari dua kata, yaitu *natijah* dan *mahshunah*. *Natijah* (النتيجة) merupakan kata dari bahasa Arab yang memiliki arti hasil, kesimpulan.⁹ Sedangkan *mahshunah* merupakan pengambilan kata dari nama putri Ali Mustofa (Mahsunatul Fuad) yang direkomendasikan dari ibu Nyai beliau. Maka

⁸ Wawancara dengan Ali Mustofa pada Rabu, 9 Januari 2019 pukul 15:08 WIB.

⁹ Ahmad Warson Munawwir, Kamus Al-Munawwir Arab-Indonesia Terlengkap, Surabaya : Pustaka Progresif, 1997, hal. 1382.

maksud dari kitab ini di beri nama *al-Natijah al-Mahshunah* adalah hasil dari pemikiran beliau Ali Mustofa.

Penyusunan kitab *al-Natijah al-Mahshunah* dimulai pada bulan Januari 2018. Bermula dengan mengerjakan perhitungan gerhana Bulan menggunakan metode hisab kitab *ad-Durul Aniq*. Alasan memicu dengan kitab tersebut dikarenakan kesimpulan hasil hisabnya hampir menyerupai dengan kontak gerhana yang ada di web NASA. Kemudian Ali Mustofa terfikir untuk memodifikasi rumus supaya lebih akurat menyerupai Nasa *Eclipse Website* serta ia tertarik untuk membuat metode hisab gerhana baik gerhana Bulan dan gerhana Matahari yang lebih ringkas, mudah, dan tepat. Pada bulan Februari 2019 ia mencetak kitab *al-Natijah al-Mahshunah* untuk edisi kedua yang fokus membahas gerhana matahari secara mendetail.

Termasuk yang dianut pada hisab gerhana *ad-Durul Aniq* adalah adanya metode data *Awamil khusuf* dan *kusuf*, sehingga Ali Mustofa mencoba membuat data *awamil* tersendiri. Data ini merupakan data yang digunakan untuk memprediksi waktu terjadinya gerhana, seperti halnya *element Besselian*.¹⁰ Ia menggunakan rujukan beberapa sumber diantaranya algoritma *Jean Meus*, *Fred Espenak*, *Alan D. Fiala* dan *ad-Durul Aniq* yang kemudian dikembangkan sehingga terciptalah tabel *Awamil* kitab *al-Natijah al-Mahshunah*.¹¹ Data *Awamil* tersedia dalam

¹⁰ *Element Besselian* adalah salah satu dari serangkaian angka dan sistem koordinat, untuk meramalkan / memprediksi terjadinya gerhana dan Okultasi. Lihat pada id.m.termwiki.com/ID/Besselian_element diakses pada jam 15.13 WIB tanggal 27 Februari 2019.

¹¹ Wawancara dengan Ali Mustofa pada Rabu, 27 Februari 2019 pukul 08:00 WIB.

bentuk tabel pada bagian halaman terakhir di kitabnya, Ali Mustofa tidak menyebutkan rumus yang dia gunakan dalam pembuatan data *Awamil* tersebut. Selain itu, ciri khusus lainnya dari kitab ini adalah menggunakan rumus *Takdil*¹² atau rumus pengulangan pada kontak gerhana Matahari. Rumus ini diulang antara 2 hingga 3 untuk menemukan nilai nol pada akhir rumus *takdil*.

Kitab *al-Natijah al-Mahshunah* merupakan kitab yang menggunakan bahasa Indonesia. Kitab ini terdiri 2 edisi, pada edisi pertama terbagi dalam tiga bagian atau risalah, yaitu Risalah Hisab Awal Bulan Kamariyah, Risalah Hisab Gerhana Bulan, dan yang terakhir ialah Risalah Gerhana Matahari. Sedangkan pada edisi kedua hanya membahas hisab gerhana Matahari.¹³

1. *Risalah Ula* (Hisab Awal Bulan Kamariyah)

Pada bagian ini langsung disajikan langkah-langkah dan contoh perhitungan hisab awal bulan kamariyah metode *al-Natijah al-Mahshunah* dengan melihat *awamil* yang terdapat pada akhir halaman. Adapaun yang terdapat pada Risalah Ula adalah sebagai berikut:

a. *Awamil ijtima'*

Yaitu data yang dibutuhkan untuk kalkulasi penentuan jam *ijtima'* berdasarkan waktu Indonesia bagian Barat. Tabel *awamil ijtima'* terdiri dari 3 diantaranya, tabel A1 untuk tahun 2018, tabel A2 untuk tahun 2019, dan tabel A3 untk tahun 2020. Sebenarnya,

¹² *Takdil* adalah koreksi untuk pengambilan suatu data.

¹³ Ali Mustofa, *al-Natijah al-Mahshunah*, Kediri, Juz 1 dan 2, 2018.

tabel ini tidak hanya untuk 3 tahun saja, akan tetapi bisa hingga beberapa tahun. Untuk mengefisienkan waktu, maka tabel *awamil ijtima'* hanya menyantumkan sampai tahun 2020. Jika ingin menghitung pada tahun selain yang tersedia di kitab *al-Natijah al-Mahshunah* dapat menanyakan pengarang kitab yang sudah disediakan dalam bentuk *Exel*.

b. *Awamil Hilal*

Tabel *awamil hilal* terdiri dari 2 bagian tabel yaitu tabel data Matahari dan tabel data Bulan. Untuk tabel data Matahari terdapat 5 bagian yang masing-masing berisi 10 tabel, yang memuat:

- Tabel B1 yaitu *awamil hilal* data Matahari pada Januari 2018 - Juni 2018.
- Tabel B2 yaitu *awamil hilal* data Matahari pada Juli 2018 - Desember 2018.
- Tabel B3 yaitu *awamil hilal* data Matahari pada Januari 2019 - Juni 2019.
- Tabel B4 yaitu *awamil hilal* data Matahari pada Juli 2019 - Desember 2019.
- Tabel B5 yaitu *awamil hilal* data Matahari pada Januari 2019 - Juni 2019.

Sedangkan untuk penamaan tabel *awamil hilal* data Bulan sama dengan data Matahari hanya saja di ganti dengan kode C.

Setiap *awamil hilal* pada data Matahari dan Bulan berisi:

- 1) Tanggal Masehi
- 2) Jumlah hari
- 3) Tanggal Masehi
- 4) *Apparent Right* Matahari / Bulan
- 5) Deklinasi Matahari / Bulan
- 6) Semi diameter Matahari / Bulan¹⁴
- 7) *Equation of Time* pada data Matahari dan *Horizontal Parallax* pada data Bulan.

2. *Risalah Tsaniyah* (Gerhana Bulan)

Pada bagian ini terdapat langkah-langkah perhitungan gerhana Bulan dengan metode kitab *al-Natijah al-Mahshunah*. Proses perhitungan langsung disajikan dengan contoh waktu terjadinya gerhana. Tabel *awamil khusus* (tabel D1) terdiri beberapa kolom yang berisi:

- Tanggal dan Bulan terjadinya gerhana Bulan terdiri dari tanggal 31 Januari 2018, 27 Juli 2018, 16 Juli 2019, 10 Januari 2020, 5 Juni 2020, dan 30 November 2020.

¹⁴ Semi diameter (نصف قطر) adalah jarak antara titik pusat benda langit dengan piringan luarnya. Baca Kementerian Agama RI, *Ephemeris...*, hal. 4.

- Hari dan pasaran terjadinya gerhana Bulan.
- Delta T pada tahun terjadinya gerhana Bulan dan *Time Dinamic*.
- Serta data yang diperlukan dalam proses penta'dilan (koreksi-koreksi) seperti a_0 , a_1 , b_0 , b_1 , L_{10} , L_{11} , L_{20} , L_{21} , L_{30} , L_{31} , L_{40} , L_{41} , L_{50} , L_{51} , L_{60} , dan L_{61} .

Dalam perhitungan gerhana Bulan, juga terdapat tabel tambahan yang berisi data Bulan dan Matahari untuk mengetahui tinggi Bulan (tinggi *hakiki* dan tinggi *mar'i*), mengetahui azimut¹⁵ Bulan perkontak gerhana, dan radius.

Untuk lebih jelasnya, tabel tersebut terdiri dari beberapa data, sebagai berikut:

- 1) Asensio recta Bulan (Rac) dan asensio recta Matahari (Ram)
 - 2) Delinasi Bulan (dm) dan deklinasi Matahari (ds)
 - 3) Horizontal parallax Bulan (Hpc) dan horizontal parallax Matahari (Hps)
 - 4) Semi diameter Bulan (Sdc) dan semi diameter Matahari (Sds).
3. *Risalah Tsalitsah* (Gerhana Matahari)

Pada *Risalah Tsalitsah* atau hisab gerhana Matahari kitab *al-Natijah al-Mahshunah*, tidak jauh berbeda dengan proses hisab gerhana Bulan pada bagian *risalah tsani*, yaitu terdapat langkah-

¹⁵ Azimut adalah busur pada lingkaran horizon diukur di mulai dari titik Utara ke arah Timur, memiliki besaran nilai $0^0 - 360^0$. Lihat juga dalam Susiknan Azhari, *Ensiklopedi...*, hal 38.

langkah hisab gerhana Matahari beserta contoh perhitungannya. Hisab ini di jelaskan lebih lengkap pada kitab *al-Natijah al-Mahshunah* edisi yang ke dua yang merupakan penyempurna hisab gerhana Matahari di kitab edisi pertamanya.

Sebelum ke langkah perhitungan, terdapat tabel yang harus di ketahui terlebih dahulu, yaitu tabel *Awamil Kusuf li Khisabil Kusuf al-Markazi ala Thoriqoh al-Natijah al-Mahshunah* yang berisi tanggal dan bulan terjadinya gerhana Matahari, data X, data Y, data D, data M, data L1, data L2, tan f, dan delta T. Setelah diketahui data *awamil*-nya, dilanjutkan dengan proses hisab gerhana Matahari dengan metode *al-Natijah al-Mahshunah*. Ciri khas dari metode ini adalah menggunakan rumus pengulangan (*ta'dil*) dua hingga tiga kali disetiap kontak gerhana.

Dalam *Risalah Tsalitsah* juga terdapat ketentuan jenis gerhana Matahari, sebagai berikut:

- 1) Tidak terjadi gerhana apabila magnitudo lebih kecil dari nol.
- 2) Gerhana sebagian apabila magnitudo lebih besar dari nol dan nilai m lebih besar dari nilai mutlak Q' .
- 3) Gerhana total apabila magnitudo lebih besar dari nol dan nilai m lebih kecil dari nilai mutlak Q' dan Q' negatif.
- 4) Gerhana cincin apabila magnitudo lebih besar dari nol dan nilai m lebih kecil dari nilai mutlak Q' dan Q' positif.

Pada halaman akhir kitab *al-Natijah al-Mahshunah* terdapat tabel-tabel *Awamil*, yaitu *Awamil Hilal*, *Awamil Khusuf*, dan *Awamil Kusuf*. Disajikan pula lembar kerja perhitungan awal bulan kamariyah yang bertujuan untuk mempermudah masyarakat yang ingin mempelajari hisab kitab ini.

C. Metode Hisab Gerhana Matahari Menurut Ali Mustofa dalam Kitab *al-Natijah al-Mahshunah*

Dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* awal mulanya hanya terdapat hisab gerhana Matahari *toposentris* (lokal). Setelah adanya edisi kedua, baru terdapat hisab gerhana Matahari *geosentris* (global).

Langkah-langkah hisab gerhana Matahari *toposentris* (lokal) dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* karya Ali Mustofa sebagai berikut:¹⁶

Menyiapkan data data yang diperlukan sebagai input perhitungan, diantaranya:

1. Tanggal, bulan, dan tahun masehi yang akan terjadi gerhana Matahari. Ini bisa diketahui pada halaman belakang bagian tabel *awamil kusuf*.
2. Koordinat lokasi yang akan di ketahui waktu terjadinya gerhana, meliputi lintang tempat (LT), bujur tempat (BT), dan tinggi tempat (TT).
3. Time zone (TZ), untuk wilayah Indonesia bagian barat (WIB) menggunakan nilai 7, wilayah Indonesia bagian tengah (WITA)

¹⁶ Ali Mustofa, *al-Natijah al-Mahshunah*, Kediri, Juz 2, 2019.

menggunakan nilai 8, dan wilayah Indonesia bagian Timur (WIT) menggunakan nilai 9.

4. Data-data *awamil kusuf*.

Proses hisab gerhana Matahari lokal dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah*, yaitu:

1. Menentukan hari dan pasaran

Menentukan hari dan pasaran dari data tanggal, bulan, dan tahun menggunakan ketentuan jumlah hari (JH) rumus *exel*.¹⁷

$JH = \text{Date (tahun, bulan, tanggal)}$

$B = JH + 8$

Menghitung hari = $B - \text{Int} (B / 7) \times 7$

Dengan ketentuan 1 = Sabtu, 2 = Ahad, 3 = Senin, 4 = Selasa, 5 = Rabu, 6 = Kamis, 7/0 = Jumu'ah.

Menghitung pasaran = $JH - \text{Int} (JH / 5) \times 5$

Dengan ketentuan 1 = Legi, 2 = Pahing, 3 = Pon, 4 = Wage, 5/0 = Kliwon.

2. Menghitung *ta'dil*

Menghitung *ta'dil* atau pengulangan rumus. Setiap perhitungan waktu gerhana terdapat pengulangan rumus supaya menghasilkan hisab yang mendekati ketelitiannya. Di antara proses rumus *ta'dil* dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah*:

¹⁷ Secara *default* ketentuan jumlah hari di *Microsoft Exel* diawali pada tanggal 1 Januari 1900 M.

$$T = (\text{mengambil nilai dari } ta'dil \text{ sebelumnya})$$

$$G = \text{Tan}^{-1} (0.99664719 \text{ Tan } LT)$$

$$S = 0.99664719 \text{ Sin } G + (TT / 6378140) \text{ Sin } LT$$

$$C = \text{Cos } G + (TT / 6378140) \text{ Cos } LT$$

$$X = X_0 + X_1 \times T + X_2 \times T \times T$$

$$Y = Y_0 + Y_1 \times T + Y_2 \times T \times T$$

$$D = D_0 + D_1 \times T + D_2 \times T \times T$$

$$M = M_0 + M_1 \times T$$

$$L = L_0 + L_1 \times T + L_2 \times T \times T$$

$$Q = L_{20} + L_{21} \times T + L_{22} \times T \times T$$

$$E = X_1 + 2 \times X_2 \times T$$

$$F = Y_1 + 2 \times Y_2 \times T$$

$$H = M + BT - 0.00417807 \times \text{Delta } T$$

$$Z = C \text{ Sin } H$$

$$W = S \text{ Cos } D - C \text{ Cos } H \text{ Sin } D$$

$$R = S \text{ Sin } D + C \text{ Cos } H \text{ Cos } D$$

$$I = 0.01745329 \times M_1 \times C \times \text{Cos } H$$

$$J = 0.01745329 \times (M_1 \times Z \times \text{Sin } D - R \times D_1)$$

$$U = X / 3600 - Z$$

$$V = Y / 3600 - W$$

$$A = E / 3600 - I$$

$$B = F / 3600 - J$$

$$N = A \times A + B \times B$$

$$P = - (U \times A + V \times B) / N$$

$$a = P + T$$

3. Mencari kontak gerhana saat puncak gerhana Matahari

Pada perhitungan kontak gerhana saat puncak atau *wasat kusuf*, terdapat ketentuan adanya rumus *ta'dil* seperti diatas hingga tiga kali pengulangan. Setelah menemukan hasil, kemudian menghitung rumus jam puncak gerhana sebagai berikut:

$$\text{Puncak gerhana} = T_0 + t^{18} + \text{time zone} - \text{delta T} / 3600$$

4. Menghitung magnitudo gerhana

Proses perhitungan magnitudo memerlukan beberapa data yang diambil dari *ta'dil tsalis kusuf* (*ta'dil* ketiga dari puncak gerhana), meliputi data T, U, A, L, P, V, B, R, N, dan Q serta data Tanf1 dan Tanf2 dari *awamil kusuf*. Berikut beberapa langkah rumus yang dilalui untuk mendapatkan nilai magnitudo gerhana Matahari:

$$m = \sqrt{(U \times U) + (V \times V)}$$

$$L' = L / 3600 - R \times \text{Tanf1} / 3600$$

$$Q' = Q / 3600 - R \times \text{Tanf2} / 3600$$

$$e = \sqrt{N}$$

$$z = (A \times V - U \times B) / (e \times L')$$

$$\text{Tau} = (L' / e) \times \sqrt{(1 - z \times z)}$$

$$\text{Magnitudo gerhana} = (L' - m) / (L' + Q')$$

5. Menghitung obskurasi / luas juring

¹⁸ t merupakan hasil akhir dari proses perhitungan *ta'dil*.

Data yang di perlukan untuk menghitung luas juring yaitu L' , Q' , dan m dari proses perhitungan magnitudo. Langkah perhitungannya menggunakan rumus:

$$r' = 2 \times m / (L' + Q')$$

$$s' = (L' - Q') / (L' + Q')$$

$$y = (s' \times s' + r' \times r' - 1) / (2 \times r' \times s')$$

$$z = (1 + r' \times r' - s' \times s') / (2 \times 1 \times r')$$

B = jika nilai absolut y antara 0 hingga 1 maka menggunakan rumus $B = \text{Acos}(y)$, tetapi jika nilai absolut y lebih dari 1 maka $B = 0$.

C = jika nilai absolut z antara 0 hingga 1 maka menggunakan rumus $B = \text{Acos}(z)$, tetapi jika nilai absolut z lebih dari 1 maka $B = 0$.

$$\text{Obskurasi gerhana} = (s' \times s' \times (B - \text{Sin}(2 \times B) / 2) + (C - \text{Sin}(2 \times C) / 2)) / 3.14159265358979^{19}.$$

6. Mencari kontak gerhana saat awal dan akhir gerhana Matahari

Kontak saat awal dan akhir gerhana memerlukan rumus *ta'dil* hanya 2 kali pengulangan. Nilai T pada urutan pertama di rumus *ta'dil* diambil dari perkiraan waktu awal gerhana (Pw AwalG) dan perkiraan waktu akhir gerhana (Pw AkhirG) dengan rumus sebagai berikut:

$$Pw \text{ AwalG} = t - \text{Tau}$$

$$Pw \text{ AkhirG} = t + \text{Tau}$$

¹⁹ Angka ini merupakan nilai Pi secara default dari *Microsoft Excel*.

Pada langkah ini terdapat perubahan dan tambahan rumus *ta'dil* setelah ke 22, yaitu:

$$K = A \times A + B \times B$$

$$n = \sqrt{K}$$

$$e = L / 3600 - R \times \tan f / 3600$$

$$m = (A \times V - U \times B) / (n \times e)$$

$$P = -(U \times A + V \times B) / k - (e / n) \times \sqrt{(1 - m \times m)}$$

$$a = P + T$$

Setelah mendapatkan hasil *ta'dil* hingga 2 kali, kemudian menghitung jam awal dan akhir gerhana, dengan rumus:

$$\text{Awal gerhana Matahari} = T_0 + t(\text{awal}) + TZ - \text{Delta } T / 3600$$

$$\text{Akhir gerhana Matahari} = T_0 + t(\text{akhir}) + TZ - \text{Delta } T / 3600$$

7. Mencari kontak gerhana saat awal dan akhir total / cincin gerhana Matahari

Tahap ini diperlukan saat jenis gerhana berupa gerhana Matahari total atau cincin. Data yang diperlukan dari tahap ini berupa U, A, V, B, R, dan N dari *ta'dil* ke tiga dari puncak gerhana serta data Q' dan e dari proses hisab Magnitude. Berikut rumus jam saat awal dan akhir total / cincin gerhana:

$$w = (A \times V - U \times B) / (e \times Q')$$

$$d = \text{Absolut} ((Q' / e) \times \sqrt{(1 - w \times w)} - 0.00025$$

$$f = \text{Absolut} ((Q' / e) \times \sqrt{(1 - w \times w)} + 0.00025$$

$$\text{Awal total / cincin} = \text{jam puncak gerhana} - d$$

Akhir total / cincin = jam puncak gerhana + f

8. Mencari tinggi dan azimuth Matahari setiap kontak gerhana

Untuk menghasilkan nilai tinggi dan azimuth Matahari setiap kontak gerhana menggunakan rumus yang sama, hanya saja pengambilan beberapa data yang berbeda, yakni data T dan P disesuaikan dari perhitungan setiap kontak gerhana. Sedangkan untuk data d_0 , d_1 , d_2 , M_0 , M_1 , dan delta T diambil dari data *awamil kusuf*.

Berikut langkah perhitungannya:

$$k = T + P$$

$$d = d_0 + d_1 + k + d_2 \times k^2$$

$$M_a = M + M_1 \times k$$

$$H_a = M_a + \lambda - 0.00417807 \times \text{delta } t$$

$$\text{Tinggi Matahari} = \sin^{-1} (\sin \phi \times \sin d + \cos \phi \times \cos d \times \cos H_a) - 0.0024$$

$$\text{Azimuth Matahari}^{20} = \text{Atan2}(\cos H_a \times \sin \phi - \tan d \times \cos \phi, \sin H_a) + 180$$

Sedangkan langkah-langkah hisab gerhana Matahari *geosentris* (global) dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* sebagai berikut:

Menyiapkan data data yang diperlukan sebagai input perhitungan, diantaranya:

1. Tanggal, bulan, dan tahun masehi yang akan terjadi gerhana Matahari.

Ini bisa diketahui pada halaman belakang bagian tabel *awamil kusuf*.

²⁰ Hasil tidak boleh lebih dari 360° , apabila melebihi 360° maka di kurangi 360° .

2. Data-data dari *awamil kusuf*.

Proses perhitungan gerhana Matahari global dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah*, yaitu :

1. Menghitung puncak gerhana

Untuk menghitung puncak gerhana mengambil data X_0 , Y_0 , X_1 , dan Y_1 dari *awamil*. Berikut rumusnya:

$$A = \text{Tan}^{-1} (X_0 / Y_0)$$

Bila Y_0 bernilai negatif maka diatambah 180, bila Y_0 bernilai positif maka ditambah 360.

$$B = (X_0^2 + Y_0^2)^{0.5}$$

$$C = \text{Tan}^{-1} (X_1 / Y_1)$$

Bila Y_1 bernilai negatif maka diatambah 180, bila Y_1 bernilai positif maka ditambah 360.

$$D = (X_1^2 + Y_1^2)^{0.5}$$

$$T = -(B \times \text{Cos} (A - C)) / - 0.00164$$

$$\text{Puncak Gerhana Global (W)}^{21} = T_0 + T - \text{delta T} / 3600$$

2. Menentukan lintang dan bujur saat puncak gerhana

Dari hasil perhitungan ini, dapat diketahui lokasi yang terkena bayangan gerhana saat jam puncak gerhana global. Data data yang di perlukan dalam perhitungannya ini semua dari data *awamil* kecuali data T dari perhitungan sebelumnya. Berikut proses menghitungnya:

²¹ Perhitungan ini menghasilkan jam puncak gerhana global dalam bentuk *Universal Time* (UT), sehingga apabila dirubah menjadi waktu lokal seperti Waktu Indonesia Barat (WIB) maka ditambah dengan *time zone* (TZ) senilai 7.

$$R = L10 + L11 \times T + L12 \times T \times T$$

$$S = L20 + L21 \times T + L22 \times T \times T$$

$$D = D0 + D1 \times T$$

$$M = M0 + M1 \times T$$

$$U = X0 + X1 \times T + X2 \times T \times T$$

$$V = Y0 + Y1 \times T + Y2 \times T \times T$$

$$F = (1 - 0.0066944782 \times \cos D)^{0.5}$$

$$G = \tan^{-1} (\sin D / (\cos D \times 0.9966471400661))$$

$$H = ((\sin D \times 0.9966471400661)^2 + (\cos D)^2)^{0.5}$$

$$J = \tan^{-1} (0.9966471400661 \times \sin D / \cos D)$$

$$K = (V / 3600) / F$$

$$Z = (1 - (U / 3600)^2 - K^2)^{0.5}$$

$$N = \sin^{-1} (K \times \cos G + Z \times \sin G)$$

$$\text{Lintang Tempat (P)}^{22} = \tan^{-1} (1.003364139422 \times \tan N)$$

$$Q = -K \times \sin G + Z \times \cos G$$

$$Ha = \tan^{-1} ((U / 3600) / Q)$$

Bila Q bernilai negatif maka ditambah 180, bila Y0 bernilai positif maka ditambah 360.

$$\text{Bujur Tempat (L)} = Ha - M + 0.004178 \times \text{delta T} + 0.043$$

3. Menghitung tinggi dan azimuth Matahari

$$\text{Tinggi Matahari (hm)} = \sin^{-1} (\sin P \times \sin d + \cos P \times \cos d \times \cos Ha)$$

²² Jika hasil positif maka Lintang Utara, jika hasil negatif maka Lintang Selatan.

$$\text{Azimuth Matahari (Azm)}^{23} = \text{Atan2}(\text{Cos HA} \times \text{Sin P} - \text{Tan D} \times \text{Cos P}, \text{Sin Ha}) + 180$$

4. Menghitung lama / durasi gerhana Matahari

Mengambil data Tanf1 dan Tanf2 dari *awamil*. Selebihnya jika ada data variabel berarti mengambil perhitungan sebelumnya. Berikut rumus untuk menghitung durasi gerhana:

$$c = H \times (Z \times \text{Cos} (G - J) - K \times \text{Sin} (G - J))$$

$$e = (M1 \times 3.14159265358979 / 180) \times (-(V / 3600) \times \text{Sin} d + C \times \text{Cos} d)$$

$$f = (M1 \times (U / 3600) \times \text{Sin} d - D1 \times c) \times 3.14159265358979 / 180$$

$$g = (((X1 / 3600) - e)^2 + ((Y1 / 3600) - f)^2)^{0.5}$$

$$h = S / 3600 - c \times (\text{Tanf2} / 3600)$$

$$\text{Durasi gerhana (Mks)} = \text{Absolut} (2 \times h) / g$$

5. Mencari magnitude gerhana Matahari

$$j = R / 3600 - c \times (\text{Tanf1} / 3600)$$

$$\text{Magnitude gerhana (Mag)} = (j - h) / (j + h)$$

6. Menentukan lebar gerhana Matahari

Dalam menentukan lebar gerhana Matahari memerlukan data u,v, X1, dan Y1 yang masing-masing dibagikan 3600. Untuk X1 dan Y1, setelah dibagikan 3600 menjadi variabel w dan y. Di perhitungan ini juga terdapat nilai konstanta 6378.137 yang di beri simbol a1.

²³ Hasil tidak boleh lebih dari 360⁰, apabila melebihi 360⁰ maka di kurangi 360⁰.

Proses perhitungan menentukan lebar gerhana Matahari sebagai berikut:

$$k = (Z^2 + (u \times (w - e) + v \times (y - f))^2 / g^2)^{0.5}$$

$$\text{Lebar gerhana (Km)} = (2 \times a1 \times \text{Absolut } h) / k + 0.5$$

7. Menghitung kontak gerhana Matahari

Untuk menghitung kontak gerhana Matahari memerlukan beberapa data, diantaranya T0, delta T, B, A, C, D, T, R, dan F. Pada data B, D, dan R harus dibagi 3600. Berikut rumus untuk menghitung setiap kontak gerhana mulai awal penumbra hingga akhir penumbra:

Menghitung jam awal penumbra (P1)

$$Wp = \text{Sin}^{-1} (B \times \text{Sin} (A - C) / (R+F))$$

$$tp = ((R + 1) \times \text{Cos } Wp) / D$$

$$P1 = T0 + T - tp - \text{delta } T / 3600$$

Menghitung jam akhir penumbra (P4)

$$P4 = T0 + T + tp - \text{delta } T / 3600$$

Menghitung jam awal umbra (U1)

$$s' = L20 / 3600$$

$$Wu = \text{Sin}^{-1} (B \times (A - C) / (s' + F))$$

$$tu = \text{Cos } Wu / D$$

$$U1 = T0 + T - tu - \text{delta } T / 3600$$

Menghitung jam akhir umbra (U4)

$$U4 = T0 + T + tu - \text{delta } T / 3600$$

Menghitung jam awal total / cincin

$$Ws = \text{Sin}^{-1} (B \times (A - C))$$

$$ts = \text{Cos } Ws / D - 0.02721$$

$$U2 = T0 + T - ts - \text{delta } T / 3600$$

Menghitung jam akhir total / cincin

$$U3 = T0 + T + ts - \text{delta } T / 3600$$

BAB IV

ANALISIS HISAB GERHANA MATAHARI MENURUT ALI MUSTOFA DALAM KITAB *AL-NATIJAH AL-MAHSHUNAH* KARYA ALI MUSTOFA

A. Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari Menurut Ali Mustofa

Dalam Kitab *Al-Natijah Al-Mahshunah*

Adanya studi ilmu Falak (ilmu hisab) diarahkan untuk membantu meningkatkan akurasi penentuan posisi arah menuju ke suatu lokasi (arah kiblat) dan penentuan posisi benda-benda langit secara tepat. Seperti halnya hisab mendeteksi kapan terjadinya gerhana Matahari atau gerhana Bulan, ini dilakukan supaya umat Islam dapat menyelenggarakan pelaksanaan salat sunah gerhana matahari (*salat khusuf asy-symas*) dan salat sunnah gerhana Bulan (*salat khusuf al-qamar*) sebagai pertanda ayat kebesaran Ilahi Rabbi.¹

Perkembangan ilmu hisab dari masa ke masa senantiasa mengalami perkembangan sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan sains. Hal ini dipengaruhi oleh semakin mutakhirnya teknologi dan berbagai ilmu pengetahuan. Ilmu hisab juga akan terus mengalami perubahan data yang meningkat dikarenakan sifat alam semesta yang dinamis. Sifat ini dapat dimengerti bahwasanya semua benda langit termasuk Bumi terus bergerak dan berputar sesuai dengan poros dan garis edarnya dalam sistem tata surya. Objek kajian ilmu Falak salah satunya terdiri dari Bumi, Bulan dan Matahari yang digunakan sebagai dasar pijakan dalam mengetahui waktu,

¹ A. Kadir, *Formula...*, hal. 42.

kalender, awal bulan, termasuk juga fenomena terhadinya gerhana dimana posisi Bumi, Bulan, dan Matahari terletak pada garis lurus.²

Dalam ilmu hisab awal bulan maupun gerhana, terdapat beberapa versi dalam sistem proses menghitungnya atau metode hisab. Aliran hisab di Indonesia secara garis besar memiliki 2 macam metode hisab, yakni hisab *urfi* dan hisab *hakiki*.³ Metode hisab *urfi* berdasarkan pada peredaran rata-rata Bulan mengelilingi Bumi dan ditetapkan secara umum. Pada hisab gerhana, metode *urfi* diterapkan untuk perhitungan perkiraan terjadinya gerhana. Sedangkan metode hisab *hakiki* adalah metode hisab yang didasarkan pada peredaran Bumi dan Bulan yang sebenarnya. Menurut metode ini umur benda langit atau Bulan tidaklah konstan dan juga tidak beraturan. Sistem hisab *hakiki* dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu:⁴

1. Metode hisab *hakiki taqribi*, kelompok ini mempergunakan data Bulan dan Matahari berdasarkan data dan tabel (seperti *Ulugh Bek*) dengan proses perhitungan yang sederhana. Hisab ini dilakukan hanya dengan cara penambahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian tanpa mempergunakan ilmu ukur segitiga bola.
2. Metode hisab *hakiki tahkiki*, kelompok sistem ini mempergunakan tabel-tabel yang sudah dikoreksi dan perhitungan yang relatif lebih rumit daripada kelompok hisab *hakiki taqribi* serta memakai ilmu ukur segitiga bola.

² Slamet Hambali, *Pengantar...*, hal. 223.

³ Zainul Arifin, *Ilmu Falak*, Yogyakarta : Lukita, 2012, hal. 55.

⁴ Ahmad Izzuddin, *Fiqih Hisab Rukyah*, Jakarta : Penerbit Erlangga, 2007, hal. 7-8.

3. Metode hisab *hakiki* kontemporer, metode ini menggunakan hasil penelitian terakhir dan menggunakan nilai matematika yang telah dikembangkan. Metodenya hampir sama dengan metode hisab *hakiki tahkiki* hanya saja sistem koreksinya lebih teliti dan kompleks sesuai dengan kemajuan sains dan teknologi. Rumus-rumunya dapat dikerjakan menggunakan personal komputer.

Kitab *al-Natijah al-Mahshunah* merupakan kitab falak karangan Ali Mustofa yang memiliki 2 juz dengan isi pembahasan perhitungan secara menyeluruh. Dalam menentukan hisab awal bulan Kamariyah, gerhana Bulan, dan gerhana Matahari sudah menggunakan rumus matematika modern dan memanfaatkan program terutama program *Microsoft Exel* serta kalkulator. Selain kitab ini, Ali Mustofa telah banyak mengarang beberapa kitab Falak, dan kitab *al-Natijah al-Mahshunah* juga penyempurna dari kitab-kitab terdahulu seperti *at-Taisir*. Metode yang digunakan dalam proses perhitungan kitab *al-Natijah al-Mahshunah* menggunakan hisab kontemporer. Hal ini dikarenakan sumber dari hisab kitab ini menggunakan data dan rumus-rumus yang menghasilkan perhitungan yang baik akuratnya.

Dasar dari hisab *hakiki* kontemporer kitab *al-Natijah al-Mahshunah* berpangkal dari teori Heliosentris⁵ yang di kemukakan oleh

⁵ Teori Heliosentris muncul tepatnya pada abad ke 14 M. yang di kemukakan oleh seorang yang berkebangsaan Polandia bernama Nicolas Copernicus. Jika ditelusuri bahwa pada dasarnya teori yang di kemukakan oleh Copernicus dalam bukunya yang merupakan ulasan ulang tentang teori yang pernah dikemukakan oleh Aristarchus, dengan pendapat bahwa pusat tata surya adalah Matahari. Baca juga buku Slamet Hambali, *Pengantar...*, hal. 182-184.

Nicolas Copernicus,⁶ bahwa semua planet tata surya mengelilingi Matahari termasuk Bumi bergerak mengelilingi Matahari sesuai dengan lintasannya. Oleh karena itu, dalam menghasilkan nilai untuk menentukan kontak gerhana Matahari pada kitab *al-Natijah al-Mahshunah* tidak jauh berbeda dengan hisab *hakiki* kontemporer lainnya. Teori tersebut dapat dilihat dalam data *awamil kusuf* yang digunakan pada kitab ini dalam perhitungan gerhana Matahari sama halnya data elemen Bessel.

Metode hisab kitab *al-Natijah al-Mahshunah* menggunakan data tabel yang sudah disajikan di halaman-halaman bagian belakang kitab yaitu data *awamil kusuf*. Walaupun hanya terdapat beberapa data *awamil* yaitu 18 data yang terdiri dari jenis gerhana Matahari total, gerhana Matahari cincin, dan gerhana Matahari total-cincin, tetapi sudah terdapat data hingga tahun 2049 serta apabila dihitung menggunakan metode hisab *toposentris* maka akan ketambahan jenis gerhana Matahari sebagian. Rumus untuk mengetahui *awamil* tidak tersedia di kitab dan tidak diberikan oleh pengarang kitab *al-Natijah al-Mahshunah* kepada khalayak umum. Ali Mustofa menyediakan data *awamil* dalam bentuk tabel bertujuan untuk mempermudah masyarakat umum dalam belajar mengerjakan hisab agar tidak terkesan sulit dalam menghitung proses

⁶ Nicolas Copernicus lahir pada tanggal 19 Februari 1473 di Torun, Polandia. Ia selalu mengkaji pengetahuan astronomi di Lidzbark. Diantara sumber referensi yang paling signifikan atas penelitiannya tentang teori Heliosentris adalah buku *De Revolutionibus* karya Regiomontanus. Lihat <https://www.biography.com> diakses pada jam 15.30 tanggal 14 April 2019.

hisab (hisab awal bulan kamariyah, hisab gerhana Bulan, dan hisab gerhana Matahari).⁷

Dalam bab ini akan dipaparkan mengenai analisis metode dan dasar hisab gerhana Matahari dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* karya Ali Mustofa. Pada bab ini pula akan dipaparkan perbandingan hisab gerhana Matahari *al-Natijah al-Mahshunah* dengan metode lain untuk mengetahui tingkat keakurasiannya.

1. Sumber data yang digunakan pada hisab gerhana Matahari *al-Natijah al-Mahshunah*.

Dalam menganalisis metode hisab perlu mengetahui data yang digunakan serta rumus dalam proses perhitungannya. Data yang dipakai dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* khususnya gerhana Matahari hanya menggunakan data utama yaitu *awamil kusuf*. Data tabel ini disajikan dalam bentuk tabel yang berada pada halaman terakhir kitab. Untuk Algoritma data awamil, Ali Mustofa merujuk pada algoritma *Jean Meus*, *Fred Espenak*, dan *Alan D. Fiala*⁸ dalam menentukan rumus serta data Bulan dan Matahari.

Ia juga menggunakan nilai-nilai konstanta tetap dalam perhitungan gerhana Matahari yang bersumber pada metode hisab gerhana Matahari dalam kitab *ad-Durul Aniq*. Ali Mustofa terinspirasi dari kitab tersebut karena tingkat akurasi kontak gerhana dengan observasi hampir sama waktunya. Dalam kitab *al-Natijah al-*

⁷ Didapat dari wawancara dengan Ali Mustofa pada Rabu, 9 Januari 2019 pukul 15:08 WIB.

⁸ Wawancara dengan Ali Mustofa pada Rabu, 9 Januari 2019 pukul 15:08 WIB

Mahshunah juga terdapat rumus-rumus modifan dari pemikiran tersendiri oleh pengarangnya.

2. Data *awamil kusuf*

Dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* semua metode hisab (hisab awal bulan Hijriyah, gerhana Bulan dan gerhana Matahari) menggunakan data *awamil* yang berbentuk data tabel tetap dan pasti. Metode *awamil* merupakan inspirasi oleh Ali Mustofa dari kitab *ad-Durul Aniq* karangan K.H. Ahamad Ghozali yang lebih dahulu menggunakan metode tersebut, sehingga konsepnya hampir sama termasuk dalam menghitung gerhana Matahari yaitu dengan data *awamil kusuf*. Namun jika diamati dari nilai setiap data *awamil kusuf* antara dua kitab tersebut tidak ada persamaan nilainya. Berikut merupakan perbedaan tabel *awamil kusuf* dalam *al-Natijah al-Mahshunah* dengan *awamil kusuf* dalam kitab *ad-Durul Aniq*.

Tanggal		X	Y	D	M	L1
26 Desember 2019	0	-505.494	1526.6664	-23.37347	254.93678	2012.0616
Cincin	1	1928.19096	-131.95872	0.001407	14.996271	0.46224
T0 5 UT	2	-0.00504	0.52488	0.000006		-0.04032

L2	tan f	Delta T
45.666	0	71.6

0.46008	17.11728	
-0.03996	17.03196	

Tabel 4 : *Awamil kusuf* dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* pada tanggal 26 Desember 2019.

هجري		ميلادي			ساعة	نوع	A0	B0	d0
شهر	سنة	تاريخ	شهر	سنة	TD	TP	A1	B1	d1
4	1441	26	12	2019	5	r ⁹	-0.14038	0.42403	-23.37346
							0.53555	-0.03665	0.00141

W0	R0	S0	Z0
W1	R1	S1	Z1
254.93673	0.55889	0.01269	0.00475
14.99627	0.00012	0.00012	0.00473

Tabel 5 : *Awamil kusuf* dalam kitab *ad-Durul Aniq* pada tanggal 26 Desember 2019.

Berdasarkan contoh data *awamil kusuf* tersebut yang terdapat dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* dan *ad-Durul Aniq*, dapat di

⁹ Ini merupakan simbol dari jenis gerhana dalam kitab *ad-Durul Aniq*. Berikut macam-macam simbol yang melambangkan jenis gerhana dalam kitab *ad-Durul Aniq*, diantaranya: gerhana Matahari total disimbolkan dengan dengan “t”, gerhana Matahari parsial “p”, gerhana Matahari annular “r”, dan gerhana Matahari *hybrid* “rt”. Lihat buku Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah, *ad-Durul al-Aniq...*, hal. 48.

ketahui bahwa data *awamil kusuf* di kitab *al-Natijah al-Mahshunah* lebih banyak data algoritmanya karena menampilkan data 0 hingga 2, tidak seperti di kitab *ad-Durul Aniq* yang hanya menggunakan data 0 dan 1. Hal ini yang menjadikan lebih unggul kitab *al-Natijah al-Mahshunah* dengan kitab lain dari sisi data yang disediakan. Dengan adanya *awamil kusuf* yang lebih panjang atau lebih lengkap maka perhitungan gerhana Matahari akan mendapatkan hasil yang lebih akurat dengan observasi.

Pada *awamil kusuf* kitab *al-Natijah al-Mahshunah* sudah tersedia nilai delta T pada setiap tahun yang akan terjadi gerhana Matahari. Delta T berfungsi untuk mengubah waktu *Dynamical Time* (TD)¹⁰ ke waktu yang ada di Bumi atau *Universal Time* (UT).¹¹ Perubahan nilai delta T setiap tahun tidaklah sama akan tetapi nilainya selalu berubah-ubah karena rotasi Bumi yang fluktuatif. Oleh karena itu terdapat rumus untuk mencari nilai delta T. Adanya nilai delta T pada kitab *al-Natijah al-Mahshunah* adalah berdasarkan dari rumus polinomial yang dipakai oleh NASA. Adapun rumus polinomial delta T oleh NASA adalah sebagai berikut:¹²

- a. Untuk delta T antara tahun 1860 – 1900 maka:

¹⁰ *Dynamical Time* (TD) merupakan skala waktu seragam yang digunakan oleh astronom untuk kepentingan perhitungan astronomis termasuk diantaranya menghitung jam prediksi terjadinya gerhana.

¹¹ *Universal Time* (UT) adalah waktu Bumi yang titik nolnya berada di Greenwich, London atau disebut juga *Greenwich Mean Time* (GMT).

¹² <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEhelp/deltatpoly2004.html> diakses pada jam 23.10 WIB tanggal 23 April 2019.

$$\Delta T = 7.62 + 0.5737 \times t - 0.251754 \times t^2 + 0.01680668 \times t^3 - 0.0004473624 \times t^4 + t^5 / 233174 \text{ (dimana } t = \textit{year} (y) - 1860)^{13}$$

- b. Untuk delta T antara tahun 1900 – 1920 maka:

$$\Delta T = -2.79 + 1.494119 \times t - 0.598939 \times t^2 + 0.001966 \times t^3 - 0.000197 \times t^4 \text{ (dimana } t = \textit{year} (y) - 1900)$$

- c. Untuk delta T antara tahun 1920 – 1941 maka:

$$\Delta T = 21.20 + 0.84493 \times t - 0.076100 \times t^2 + 0.0020936 \times t^3 \text{ (dimana } t = \textit{year} (y) - 1920)$$

- d. Untuk delta T antara tahun 1941 – 1961 maka:

$$\Delta T = 29.07 + 0.407 - t^2 / 233 + t^3 / 2547 \text{ (dimana } t = \textit{year} (y) - 1950)$$

- e. Untuk delta T antara tahun 1961 – 1986 maka:

$$\Delta T = 45.45 + 1.067 \times t - t^2 / 260 - t^3 / 718 \text{ (dimana } t = \textit{year} (y) - 1975)$$

- f. Untuk delta T antara tahun 1986 – 2005 maka:

$$\Delta T = 63.86 + 0.3345 \times t - 0.060374 \times t^2 + 0.0017275 \times t^3 + 0.000651814 \times t^4 + 0.00002373599 \times t^5 \text{ (dimana } t = \textit{year} (y) - 2000)$$

- g. Untuk delta T antara tahun 2005 – 2050 maka:

$$\Delta T = 62.92 + 0.32217 \times t + 0.005589 \times t^2 \text{ (dimana } t = \textit{year} (y) - 2000)$$

- h. Untuk delta T antara tahun 2050 - 2150 maka:

¹³ Untuk mencari nilai desimal setiap *year* (y) yaitu menggunakan rumus $y = \text{tahun} + (\text{bulan} - 0.5) / 12$.

$$\Delta T = -20 + 32 \times ((y - 1820) / 100)^2 - 0.5628 \times (2150 - y)$$

(dimana $t = \text{year } (y) - 2000$)

- i. Untuk delta T setelah tahun 2150 maka:

$$\Delta T = -20 + 32 \times u^2 \text{ (dimana } t = \text{year } (y) - 1820) / 100$$

Namun tidak dicantumkan rumus delta T oleh Ali Mustofa pada kitab *al-Natijah al-Mahshunah* dengan tujuan mempermudah hisab gerhana Matahari.

3. *Geosentris* dan *toposentris*

Geosentris dan *toposentri* disini merupakan istilah untuk penyebutan gerhana Matahari global dan gerhana Matahari lokal. Hisab gerhana Matahari *geosentris* pada kitab *al-Natijah al-Mahshunah* menggunakan input data berupa tanggal, bulan, dan tahun. Kesimpulan akhir hisab ini dapat mencari lokasi lintang dan bujur yang akan terjadi gerhana Matahari pada saat puncak gerhana, serta dapat menghasilkan tinggi Matahari, azimuth Matahari, lama gerhana, dan kontak gerhana.

Sedangkan untuk hisab gerhana Matahari *toposentris* pada kitab *al-Natijah al-Mahshunah* selain menggunakan data input, tanggal, bulan, dan tahun juga memerlukan data lintang dan bujur, sehingga hisab ini dinamakan juga hisab gerhana Matahari global karena dapat digunakan untuk menghitung semua lokasi pada saat terjadinya gerhana. Metode hisab *geosentris* dan *toposentris* ada beberapa

kesamaan dengan kitab *ad-Durul Aniq*, selebihnya adalah pemikiran dari pengarang kitab *al-Natijah al-Mahshunah* itu sendiri.

4. Rumus *ta'dil* perhitungan gerhana Matahari.

Pada hisab gerhana Matahari toposentris dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* terdapat rumus *ta'dil*. *Ta'dil* merupakan langkah yang digunakan untuk mengoreksi hasil-hasil pada perhitungan. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Tata cara *ta'dil* yang digunakan yaitu dengan mengulang rumus hingga 3 atau 2 kali. Sebagai kitab yang menggunakan sistem hisab kontemporer, kitab *al-Natijah al-Mahshunah* melakukan koreksi pengulangan rumus proses perhitungannya. Konsep koreksi dalam kitab ini tidak jauh berbeda dengan konsep koreksi yang ada dalam kitab *ad-Durul Aniq*, perbedaan hanya terletak pada nilai angka dan formula atau rumus yang dipakai. Terdapat banyak rumus dan nilai kontanta yang berbeda dengan *ad-Durul Aniq*, yang mana rumus itu merupakan hasil pemikiran Ali Mustofa sendiri.¹⁴

Untuk hisab gerhana Matahari geosentris atau global pada kitab *al-Natijah al-Mahshunah* tidak ada pengulangan rumus sebagai koreksi (*ta'dil*). Namun kesimpulan hisabnya sama akurat dengan dibuktikan hasil perhitungan gerhana Matahari menurut NASA.

5. Rumus-rumus yang digunakan dalam hisab gerhana Matahari pada kitab *al-Natijah al-Mahshunah*

¹⁴ wawancara dengan Ali Mustofa pada Rabu, 9 Januari 2019 pukul 15:08 WIB.

Rumus-rumus yang digunakan dalam hisab gerhana Matahari pada kitab *al-Natijah al-Mahshunah* sudah termasuk kategori hisab kontemporer. Proses perhitungan yang dilalui sama halnya kitab atau buku kontemporer yang membahas gerhana Matahari. Oleh karena itu, metode perhitungan banyak yang menggunakan rumus matematika modern untuk mengetahui, magnitude gerhana, durasi gerhana, kontak terjadinya gerhana, lokasi yang terkena bayangan gerhana, tinggi dan azimuth Matahari dan obskurasi atau luas juring gerhana.

Sebelum menghitung rumus utama gerhana, pada kitab *al-Natijah al-Mahshunah* juga terdapat mengetahui hari serta pasaran saat fenomena gerhana yang akan terjadi. Terdapat perbedaan rumus yang dipakai pada kitab ini dengan kitab lainnya yang menggunakan rumus *Julian Day*. Pada kitab *al-Natijah al-Mahshunah* ketentuan mencari hari dengan rumus yang terdapat pada *Microsoft Excel*, yaitu = Date (tahun,bulan, tanggal).

a. Tinggi dan azimuth Matahari saat gerhana Matahari

Salah satu dari hasil hisab gerhana Matahari *al-Natijah al-Mahshunah* adalah mengetahui ketinggian dan azimuth Matahari. Hal ini dapat berfungsi sebagai *tracking* atau mengikuti koordinat posisi Matahari saat observasi peristiwa gerhana Matahari sesuai kontak gerhana. Rumus yang digunakan pada kitab *al-Natijah al-Mahshunah* untuk

mengetahui tinggi dan azimuth Matahari saat gerhana Matahari terdapat beberapa kesamaan rumus yang tertera di kitab *ad-Durul Aniq* termasuk nilai konstanta yang sama. Titik perbedaan terdapat pada nilai data *awamil* yang digunakan.

b. Magnitude dan obskurasi gerhana

Ketentuan untuk menentukan jenis gerhana yang terjadi apakah termasuk dalam jenis gerhana Matahari total, gerhana Matahari sebagian, gerhana Matahari cincin atau bahkan tidak terjadinya gerhana dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* berpedoman pada nilai magnitudenya. Terjadi gerhana Matahari apabila lebih besar dari nilai nol. Jika nilai m lebih kecil dari nilai mutlak Q' dan Q' negatif maka akan terjadi gerhana Matahari total, apabila Q' positif maka akan terjadi gerhana Matahari Cincin. Sedangkan terjadi gerhana Matahari sebagian apabila nilai m lebih besar dari nilai mutlak Q' . Rumus untuk mencari magnitude ini merupakan modifikasi dari Ali Mustofa sehingga tidak sama dengan *ad-Durul Aniq*.

Sedangkan obskurasi gerhana memiliki fungsi untuk menyifati seberapa luas gerhana atau kualitas gerhana. Obskurasi gerhana Matahari merupakan wilayah dari Matahari yang tertutupi oleh Bulan.¹⁵ Perhitungan obskurasi gerhana hanya terdapat pada kitab *al-Natijah al-Mahshunah* belum

¹⁵ <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEhelp/SEGlossary.html> diakses pada glosarium NASA pada jam 13.45 WIB tanggal 24 April 2019.

tercantum pada kitab lain termasuk pada kitab *ad-Durul Aniq*. Ali Mustofa menemukan perhitungan obskurasi dari beberapa buku dan jurnal yang membahas tentang gerhana.¹⁶ Hasil perhitungan obskurasi gerhana pada kitab *al-Natijah al-Mahshunah* memiliki hasil yang hampir sama dengan perhitungan dari NASA.

Magnitude yang digunakan pada gerhana memiliki satuan nilai dalam desimal, sedangkan untuk obskurasi atau *obscuration* menggunakan satuan nilai dalam bentuk persen. Maksimal nilai untuk besaran magnitude gerhana dapat melebihi nilai satu atau jika dipersenkan dapat melebihi 100 persen. Berbeda untuk obskurasi tidak dapat melebihi 100 persen sehingga nilainya antar 0 sampai 100 persen.¹⁷

B. Analisis Akurasi Hisab Gerhana Matahari Menurut Ali Mustofa Dalam Kitab *Al-Natijah Al-Mahshunah*

Dalam menilai suatu metode perhitungan atau hisab pada ilmu falak adalah dengan menganalisis tingkat akurasi. Analisis akurasi dilakukan supaya data yang didapatkan sesuai dengan observasi lapangan. Setelah itu, hasil hisab dapat dijadikan pedoman masyarakat dalam menunaikan ibadah, diantaranya menunaikan salat sunah gerhana. Kitab *al-Natijah al-Mahshunah* yang sudah di karang oleh Ali Mustofa perlu

¹⁶ Didapat dari wawancara dengan Ali Mustofa pada Rabu, 9 Januari 2019 pukul 15:08 WIB.

¹⁷ <https://www.geogebra.org/m/SnZ7QGTJ> diakses pada jam 10.35 tanggal 25 April 2019.

diketahui tingkat keakuratannya sebagai tambahan rujukan hisab gerhana Matahari.

Untuk mengetahui nilai akurasi hisab gerhana Matahari menurut Ali Mustofa dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* penulis membandingkan perhitungannya dengan data-data hasil prediksi perhitungan NASA. Karena untuk saat ini lembaga yang menjadi rujukan dunia dalam penelitian-penelitian luar angkasa dan benda-benda langit adalah NASA.

NASA (*National Aeronautics and Space Administrator*) adalah lembaga antariksa milik Amerika Serikat. NASA memiliki tugas utama untuk penelitian luar angkasa dalam jangka panjang. Khusus bidang gerhana Bulan, gerhana Matahari, dan transit planet NASA menyediakan *website* tersendiri yaitu eclipse.gsfc.nasa.gov.



Gambar 2 : Situs *website* NASA membahas khusus tentang gerhana.¹⁸

Di *website* tersebut pengunjung dapat mengeksplorasi gerhana (gerhana Matahari) lebih mendalam karena data-data hasil prediksi gerhana yang disajikan cukup lengkap. Terdapat pula *javascript Solar eclipse explorer* untuk menghitung gerhana Matahari sesuai dengan lintang dan bujur yang diinginkan, data gerhana pada tahun yang sudah

¹⁸ <https://eclipse.gsfc.nasa.gov> diakses pada jam 7.12 WIB tanggal 25 Mei 2019.

terjadi dan yang akan terjadi, serta penggambaran simulasi map dunia untuk daerah mana saja yang dapat mengamati gerhana.

Untuk mengetahui tingkat keakurasian hisab gerhana Matahari dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah*, penulis menggunakan beberapa contoh hasil perhitungan gerhana Matahari baik yang *toposentris* maupun *geosentris* antara kitab *al-Natijah al-Mahshunah* dengan hasil prediksi gerhana Matahari pada NASA. Kemudian dari beberapa contoh tersebut, penulis mencantumkan hasil perhitungan gerhana Matahari kitab *al-Natijah al-Mahshunah*, seperti jam kontak gerhana (awal penumbra, awal umbra, awal total atau awal cincin, puncak gerhana Matahari, akhir total atau akhir cincin, akhir umbra, akhir penumbra), hasil magnitude gerhana, obskurasi gerhana, durasi gerhana serta lokasi lintang dan bujur untuk gerhana geosentris.

Penulis mewakili 3 contoh gerhana yang meliputi jenis gerhana Matahari sebagian, gerhana Matahari cincin, gerhana Matahari total dan gerhana Matahari *hybrid* (total-cincin). Berikut ini merupakan data perbandingan hasil hisab gerhana Matahari menggunakan metode kitab *al-Natijah al-Mahshunah* karya Ali Mustofa dengan data NASA (*National Aeronautics and Space Administrator*).

1. Gerhana Matahari *Toposentris* Sebagian pada tanggal 20 April 2023

Untuk contoh gerhana Matahari sebagian, penulis menggunakan lokasi Masjid Agung Jawa Tengah, kota Semarang dengan koordinat $06^{\circ} 59' 04.42''$ lintang Selatan, $110^{\circ} 26' 47.71''$

bujur Timur, dan ketinggian tempat 95 meter.¹⁹ Berikut tabel perbandingan hasil perhitungan gerhana Matahari:

Gerhana Matahari <i>Toposentris</i>	<i>al-Natijah al-Mahshunah</i>	NASA	Selisih
Awal Gerhana	09:28:45 WIB	09:28:46 WIB	00:00:01
Puncak Gerhana	10:50:27 WIB	10:50:28 WIB	00:00:01
Akhir Gerhana	12:17:23 WIB	12:17:25 WIB	00:00:02
Tinggi Matahari Awal Gerhana	53 ⁰	53 ⁰	0 ⁰
Tinggi Matahari Puncak Gerhana	68 ⁰	68 ⁰	0 ⁰
Tinggi Matahari Akhir Gerhana	69 ⁰	69 ⁰	0 ⁰
Azimuth Matahari Awal Gerhana	60 ⁰	-----	-----
Azimuth Matahari Puncak Gerhana	32 ⁰	32 ⁰	0 ⁰
Azimuth Matahari Akhir Gerhana	331 ⁰	-----	-----
Magnitude	0.6	0.6	0

¹⁹ Koordinat Masjid Agung Jawa Tengah, Semarang di dapat dari data Tim Hisab Rukyat Menara Al-Husna MAJT.

Obskurasi	50.6 %	50.6 %	0%
-----------	--------	--------	----

Tabel 6 : Data perbandingan hasil hisab gerhana Matahari *toposentris* sebagian pada tanggal 20 April 2023 kitab *al-Natijah al-Mahshunah* dengan NASA

Tabel diatas menunjukkan bahwa selisih hasil hisab gerhana Matahari kitab *al-Natijah al-Mahshunah* dengan hasil NASA pada gerhana Matahari sebagian tanggal 20 April 2023 hanya terdapat perbedaan di waktu kontak gerhana pada detiknya. Pada waktu awal gerhana dan puncak gerhana di kitab *al-Natijah al-Mahshunah* terdapat selisih 1 detik lebih cepat dibandingkan dengan hasil NASA. Untuk kontak akhir gerhana terdapat selisih 2 detik lebih cepat *al-Natijah al-Mahshunah* dibandingkan dengan NASA. Sedangkan tinggi dan azimuth Matahari pada setiap kontak gerhana tidak ada perbedaan nilai sama sekali begitupun magnitude dan obskurasi gerhana memiliki hasil nilai yang sama antara kitab *al-Natijah al-Mahshunah* dengan NASA.

2. Gerhana Matahari *Toposentris* Cincin pada tanggal 26 Desember 2019

Akan terjadi fenomena gerhana Matahari cincin di negara Indonesia yaitu pada tanggal 26 Desember 2019 lebih tepat di daerah provinsi Riau. Oleh karena itu, penulis menggunakan lokasi kabupaten Kepulauan Kerinci, Riau dengan koordinat $01^{\circ} 00' 02.47''$ lintang Utara dan $102^{\circ} 43' 32.46''$ bujur Timur dengan ketinggian tempat 4

meter di atas permukaan laut. Berikut tabel perbandingan hasil perhitungan gerhana Matahari:

Gerhana Matahari <i>Toposentris</i>	<i>al-Natijah al-Mahshunah</i>	NASA	Selisih
Awal Gerhana	10:23:56 WIB	10:23:56 WIB	00:00:00
Awal Cincin	12:17:39 WIB	12:17:39 WIB	00:00:00
Puncak Gerhana	12:19:28 WIB	12:19:28 WIB	00:00:00
Akhir Cincin	12:21:18 WIB	12:21:18 WIB	00:00:00
Akhir Gerhana	14:15:11 WIB	14:15:12 WIB	00:00:01
Tinggi Matahari Awal Gerhana	55 ⁰	55 ⁰	0 ⁰
Tinggi Matahari Awal Cincin	66 ⁰	-----	-----
Tinggi Matahari Puncak Gerhana	66 ⁰	66 ⁰	0 ⁰
Tinggi Matahari Akhir Cincin	66 ⁰	-----	-----
Tinggi Matahari Akhir Gerhana	51 ⁰	51 ⁰	0 ⁰
Azimuth Matahari Awal Gerhana	135 ⁰	-----	-----

Azimuth Matahari Awal Cincin	185 ⁰	-----	-----
Azimuth Matahari Puncak Gerhana	186 ⁰	186 ⁰	0 ⁰
Azimuth Matahari Akhir Cincin	187 ⁰	-----	-----
Azimuth Matahari Akhir Gerhana	229 ⁰	-----	-----
Magnitude	0.98	0.97	0.01
Obskurasi	94.1 %	94.1 %	0%
Durasi Cincin	00:03:39	00:03:38	00:00:01

Tabel 7 : Data perbandingan hasil hisab gerhana Matahari *toposentris* cincin pada tanggal 26 Desember 2019 kitab *al-Natijah al-Mahshunah* dengan NASA

Berdasarkan tabel 7 dapat diketahui bahwa perhitungan gerhana Matahari cincin pada tanggal 26 Desember 2019 dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* dengan metode hisab *toposentris*, hampir tidak ada selisih dengan NASA. Pada kontak gerhana tidak ada selisih kecuali jam akhir gerhana yang mempunyai selisih 1 detik. Untuk tinggi dan azimuth Matahari tidak ada selisih sama sekali. Magnitude gerhana terdapat selisih angka setelah koma yaitu 0.01 sehingga tidak begitu jauh dengan nilai hasil NASA, sedangkan untuk obskurasi

gerhana tidak ada selisih. Durasi gerhana Matahari cincin lebih lama 1 detik dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* dengan hasil prediksi NASA.

3. Gerhana Matahari *Geosentris* Total pada tanggal 20 Maret 2034

Dalam gerhana Matahari global atau *geosentris* data input membutuhkan tanggal, bulan ,dan tahun. Oleh karena itu pada contoh ini tidak memerlukan koordinat lokasi. Berikut tabel perbandingan gerhana Matahari global pada tanggal 20 Maret 2034 metode hisab kiatab *al-Natijah al-Mahshunah* dengan NASA:

Gerhana Matahari <i>Geosentris</i>	<i>al-Natijah al-Mahshunah</i>	NASA	Selisih
Lintang tempat	16 ⁰ 03.6' LU	16 ⁰ 03.3' LU	0 ⁰ 0' 18.0"
Bujur tempat	022 ⁰ 16.8' BT	022 ⁰ 16.1' BT	0 ⁰ 0' 42.0"
Puncak Gerhana	10:17:24.4 UT	10:17:17.5 UT	00:00:06.9
Tinggi Matahari Puncak Gerhana	73.1 ⁰	73.1 ⁰	0 ⁰
Azimuth Matahari Puncak Gerhana	161.6 ⁰	161.6 ⁰	0 ⁰
Durasi Total	00:04:09.2	00:04:09.3	0 ⁰ 0' 00.1"
Magnitude	1.0458	1.0458	0
Lebar Lintasan	159.6 Km	159.1 Km	0.5 Km

Awal Penumbra	07:39:54.0 UT	07:39:44.3 UT	00:00:09.7"
Awal Umbra	08:37:43.9 UT	08:36:42.0 UT	00:01:01.9"
Awal Total	08:39:15.8 UT	08:38:18.7 UT	00:00:57.1"
Akhir Total	11:55:33.0 UT	11:56:07.1 UT	00:00:34.1"
Akhir Umbra	11:57:04.9 UT	11:57:47.2 UT	00:00:42.3"
Akhir Penumbra	12:54:54.8 UT	12:54:42.6 UT	0 ⁰ 0' 12.2"

Tabel 8 : Data perbandingan hasil hisab gerhana Matahari *geosentris* total pada tanggal 20 Maret 2034 kitab *al-Natijah al-Mahshunah* dengan NASA

Pada tabel 8 menggambarkan bahwa unuk waktu gerhana Matahari total maksimum pada tanggal 20 Maret 2034 terjadi pada pukul 10:17:24.4 UT dengan metode hisab kitab *al-Natijah al-Mahshunah*. Waktu maksimum ini memiliki perbedaan atau selisih dengan NASA yaitu 06.9 detik lebih lambat. Lokasi yang terkena gerhana total maksimum berada pada 16⁰ 03.6' lintang Utara dan 022⁰ 16.8' bujur Timur apabila dibandingkan dengan NASA selisih lintangnya sebesar 0⁰ 0' 18.0" dan bujur sebesar 0⁰ 0' 42.0". Lama durasi total di lokasi sebesar 00:04:09.2, hampir persis sama dengan hasil NASA yaitu 00:04:09.3. Untuk tinggi dan azimuth Matahari dilokasi total tidak ada perbedaan nilai dengan hasil NASA, begitu pula dengan nilai magnitude menghasilkan nilai yang sama antara *al-*

Natijah al-Mahshunah dengan NASA. Lebar lintasan terdapat selisih 0.5 km. Sedangkan untuk setiap kontak gerhana Matahari ini terdapat selisih semua dengan NASA. Mulai awal penumbra hingga akhir penumbra terdapat selisih nilai paling besar hanya 00:01:01.9" yaitu ketika kontak gerhana masuk awal pada umbra.

4. Gerhana Matahari *Geosentris* Total-Cincin pada tanggal 25 November 2049

Gerhana Matahari *hybrid* atau total-cincin termasuk gerhana yang langka terjadi. Dalam *awamil kusuf* kitab *al-Natijah al-Mahshunah* hanya terdapat dua tanggal yang termasuk jenis gerhana Matahari total-cincin yakni pada tanggal 20 April 2023 dan 25 November 2049. Karena ini termasuk metode hisab gerhana *geosentris* maka tidak memerlukan input lintang dan bujur tempat. Berikut tabel perbandingan hasil perhitungan gerhana Matahari *geosentris* total-cincin:

Gerhana Matahari <i>Geosentris</i>	<i>al-Natijah al-Mahshunah</i>	NASA	Selisih
Lintang tempat	03 ⁰ 48.1' LU	03 ⁰ 47.5' LS	0 ⁰ 0' 36.0"
Bujur tempat	095 ⁰ 17.6' BT	095 ⁰ 19.2' BT	0 ⁰ 1' 36.0"
Puncak Gerhana	05:32:14.0 UT	05:31:59.5 UT	00:00:14.5
Tinggi Matahari Puncak Gerhana	72.9 ⁰	72.9 ⁰	0 ⁰

Azimuth Matahari Puncak Gerhana	185.0 ⁰	185.0 ⁰	0 ⁰
Durasi Total	00:00:37.5	00:00:37.6	0 ⁰ 0' 00.1"
Magnitude	1.0057	1.0057	0
Lebar Lintasan	21.2 Km	20.7 Km	0.5 Km
Awal Penumbra	02:48:11.8 UT	02:47:56.1 UT	00:00:15.7"
Awal Umbra	03:49:08.9 UT	03:48:36.6 UT	00:00:32.3"
Awal Total	03:50:46.7 UT	03:49:18.8 UT	00:01:27.9"
Akhir Total	07:13:41.3 UT	07:14:44.2 UT	00:01:02.9"
Akhir Umbra	07:15:19.1 UT	07:15:21.1 UT	00:00:02.0"
Akhir Penumbra	08:16:16.1 UT	08:15:58.6 UT	0 ⁰ 0' 17.5"

Tabel 9 : Data perbandingan hasil hisab gerhana Matahari *geosentris* total-cincin pada tanggal 25 November 2049 kitab *al-Natijah al-Mahshunah* dengan NASA

Tabel di atas menunjukkan bahwa waktu puncak gerhana Matahari total-cincin pada tanggal 25 November 2049 dalam hisab kitab *al-Natijah al-Mahshunah* terjadi pukul 05:32:14.0 UT. Hanya terdapat selisih 14.5 detik dengan hasil NASA. Fenomena ini akan terjadi pada *markaz* atau lokasi 03⁰ 48.1' lintang Utara dan 095⁰ 17.6' bujur Timur jika dibandingkan dengan NASA ada selisih 0⁰ 0'

36.0" untuk lintang dan $0^{\circ} 1' 36.0''$ bujurnya. Tinggi dan azimuth Matahari saat gerhana sama persis hasilnya tidak ada selisih nilai. Untuk magnitude gerhana juga menghasilkan nilai yang sama yaitu 1.0057. Lebar lintasan terdapat selisih 0.5 km dan durasi total-cincin nilainya hampir sama hanya terpaut 0,1 detik. Kemudian selisih maksimal setiap kontak gerhana mulai awal penumbra hingga akhir penumbra sebesar 00:01:27.9" yakni pada saat awal total.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penjelasan dan analisis di atas, terdapat beberapa kesimpulan terhadap metode hisab gerhana Matahari menurut Ali Mustofa dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah*, yaitu:

1. Metode hisab yang digunakan oleh Ali Mustofa dalam hisab gerhana Matahari pada kitab *al-Natijah al-Mahshunah* adalah metode hisab kontemporer dalam bentuk *awamil kusuf*. Model *Awamil kusuf* ini terinspirasi dari kitab *ad-Durul Aniq* karangan K.H. Ahamad Ghozali. Perhitungan gerhana Matahari *al-Natijah al-Mahshunah* telah menggunakan nilai konstanta astronomis serta menggunakan beberapa tahapan rumus melalui proses *ta'dil* atau koreksi sampai 3 kali pengulangan. Dalam hisab gerhana Matahari *al-Natijah al-Mahshunah* dapat menghitung gerhana Matahari *toposentris* dan gerhana Matahari *geosentris*.
2. Berdasarkan analisis yang telah penulis lakukan pada hasil hisab gerhana Matahari menurut Ali Mustofa dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* tidak jauh berbeda dengan hasil perhitungan prediksi gerhana Matahari oleh NASA bahkan ada beberapa hasil yang sama. Selisih perbedaan hasil keduanya berkisar antara 1 detik sampai 1 menit 20 detik. Sehingga hisab gerhana Matahari dalam kitab *al-*

Natijah al-Mahshunah tergolong akurat dan layak digunakan sebagai pedoman hisab gerhana Matahari oleh masyarakat umum.

B. Saran

1. Hisab gerhana Matahari Ali Mustofa dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* memiliki tingkat akurasi tinggi dengan langkah perhitungan yang sistematis, mudah untuk dipahami bagi pemula karena dalam kitab tersebut telah memaparkan langkah beserta beberapa contoh secara bersamaan. Sehingga kitab *al-Natijah al-Mahshunah* layak dijadikan pedoman untuk kalangan akademisi dan masyarakat yang luas.
2. Perlu adanya penjelasan pada kitab *al-Natijah al-Mahshunah* mengenai data dan simbol huruf dalam rumus perhitungannya, agar lebih mudah lagi untuk dipahami.
3. Kiranya ada penambahan data *awamil kusuf* sehingga dapat mengetahui hisab gerhana Matahari lebih luas dengan metode hisab kitab *al-Natijah al-Mahshunah*.

C. Penutup

Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan karunia dan nikmat-Nya kepada penulis. Dengan izin Allah, penulis dapat menyelesaikan penelitian skripsi ini. Penulis sudah berusaha yang terbaik dalam penulisan skripsi ini, namun penulis juga meyakini bahwa masih banyak kekurangan dan kelemahan baik dari segi isi maupun

penulisan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangaun senantiasa penulis nantikan. Terima kasih atas semua pihak yang terlibat dam pembuatan skripsi ini sampai selesai. Penulis berharap dan berdoa semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca umumnya. Aamiin.

DAFTAR PUSTAKA

BUKU

Anugraha, Rinto, *Mekanika Benda Langit*, Yogyakarta : FMIPA UGM, 2012.

Arifin, Zainul, *Ilmu Falak*, Yogyakarta : Lukita, 2012.

Azhar, Saifuddin, *Metode Penelitian*, Yogyakarta : Pustaka Pelajar, cet. I, 1998.

Azhari, Susiknan, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, cet. III
2012.

Basrowi, Muhammad Hadi, *Pengantar Ilmu Falak*, Jakarta : Pustaka Al- Kautsar,
2015.

Bukhari, Imam, *Sahih Bukhari juz 1* , Kairo : as-Salafiyah, 1979.

Departemen Agama Republik Indonesia, *al-Qur'an dan Terjemahnya*, Jakarta:
CV Darus Sunnah, 2002.

Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam Direktorat Urusan Agama Islam
dan Pembinaan Syari'ah, *al-Qur'an Dan Tafsirnya*, Jilid VIII, Jakarta :
PT. Sinergi Pustaka Indonesia, 2012.

Farran, Syaikh Ahmad Musthafa, *Tafsir Imam Syafi'i*, terjemah oleh : imam
Ghazali Masykur, Jakarta : Penerbit Almahira, cet. I, 2008.

Fathullah, Ahmad Ghozali Muhammad, *ad-Durul al-Aniq*, cet. II, 2014.

_____. *Irsyadul al-Murid*, Madura : Lafal, 2005.

Hambali, Slamet, *Pengantar Ilmu Falak*, Banyuwangi : Bismillah Publisher, cet.
I, 2012.

- Izzuddin, Ahmad, *Ilmu Falak Praktis*, Semarang : PT Pustaka Rizki Putra, cet. II, 2012.
- _____. *Fiqih Hisab Rukyah*, Jakarta : Penerbit Erlangga, 2007.
- Kadir, A., *Formula Baru Ilmu Falak*, Jakarta : Amzah, 2012.
- Karim, Abdul, Rifa Jamaluddin Nasir, *Mengenal Ilmu Falak (Teori dan Implementasi)*, Yogyakarta: Qudsi Media, 2012.
- Karttunen, Hannu, dkk., *Fundamental Astronomy*, Heidelberg : Springer, cet.V, 2006.
- Kementrian Agama RI, *Ephemeris Hisab Rukyat 2018*, 2018.
- Khazin, Muhyiddin, *99 Tanya Jawab Masalah Hisab & Rukyat* (Yogyakarta: Ramadhan Press, 2009).
- _____. *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik*, Yogyakarta : Buana Pustaka, cet. III , 2004.
- _____. *Kamus Ilmu Falak*, Jogjakarta : Buana Pustaka, cet. I, 2005.
- Kurniaan, Banny, *Metodologi Penelitian*, Tangerang : Jelajal Nusa, cet. I, 2012.
- Lajnah Pentashihan Mushaf al-Qur'an Badan Litbang & Diklat Kementrian Agama RI dengan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), *Manfaat Benda-Benda Langit Dalam Prespektif al-Qur'an dan Sains*, Jakarta : Widya Cahaya, 2015.
- Maskufa, *Ilmu Falak*, Jakarta : Gaung Persada Press, 2010.
- Moleong, Lexy J., *Metodologi Penelitian Kualitatif*, Bandung : PT. Remaja Rosdakarya, cet. Ke 35, 2016.

- Mulyana, Deddy, *Metode Penelitian Kualitatif paradigma Baru Ilmu Komunikasi dan Ilmu Sosial Lainnya*, Bandung: Remaja Rosdakarya, cet. IV, 2004.
- Munawwir, Ahmad Warson, *Kamus Al-Munawwir Arab-Indonesia Terlengkap*, Surabaya : Pustaka Progresif, 1997.
- Muslim, Imam, *Sahih Muslim Juz II*, Lebanon : Daar Kutub al Ilmiah, 1991.
- Mustofa, Ali, *al-Natijah al-Mahshunah*, Kediri, Juz 1, 2018.
- _____. *al-Natijah al-Mahshunah*, Kediri, Juz II, 2019.
- Nawawi, Imam, *Syarah Shahih Muslim*, terj. Wawan Djunaedi Soffandi, Jakarta : Pustaka Azzam, 2010.
- Prastowo, Andi, *Metode Penelitian Kualitatif, Dalam Prespektif Rancangan Penelitian*, Yogyakarta: ar-Ruzz Media, 2012.
- Qulub, Siti Tatmainul, *Ilmu Falak dari Sejarah ke Teori dan Aplikasi*, Depok : PT RajaGrafindo Persada, 2017.
- Qurthubi (al), Syaikh Imam, *al-Jami' Lil Ahkam al-Quran juz 8*, Muassasah ar-Risalah, 2006.
- Shihab, M. Quraish, *Tafsir al-Misbah, (Pesan, Kesan dan Keserasian al-Qur'an)*, Jakarta: Lentera Hati, cet. V, 2015.
- Sugondo, Dendy, *Kamus Bahasa Indonesia*, Jakarta : Pusat Bahasa, 2008.
- Suryabrata, Sumardi, *Metodologi Penelitian*, Jakarta : PT. Raja Grafindo Persada, 2011.
- Suyanto, Bagong, dkk., *Metode Penelitian Sosial*, Jakarta : Kencana, 20015.
- Tjasyono, Bayong, *Ilmu KeBumian dan Antariksa*, Bandung : PT Remaja Rosdakarya, 2013.

UPT Observatorium Bosscha Institut Teknologi Bandung, *Perjalanan Mengenal Astronomi*, Bandung : Penerbit ITB, 1995.

Zainal, Baharuddin, *Ilmu Falak edisi Kedua*, Kuala Lumpur : Dawama, 2004.

JURNAL:

Qamaruzzaman, *Gerhana Dalam Perspektif Hukum Dan Astronomi*, Jurnal Empirisma, vol. 25, no. 2, 2016.

Tan, Arjun, *A Mathematical Treatment of Solar Eclipse Formation*, International Journal of Mathematical Educatio, vol. 6, no.1, 2016.

Penelitian:

Hidayat, Ehsan, *Analisis Pola Gerhana Matahari Ditinjau Dari Kriteria Nilai Argumen Lintang Bulan (F), Gamma (γ), Dan Magnitude (u)*, Skripsi Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo 2017.

Nisak, Khoirun, *Analisis Hisab Awal Bulan Kamariah Ali Mustofa Dalam Buku Al-Natijah Al-Mahshunah*, Skripsi Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2017.

Shadiq, Jafar, *Studi Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari Menurut Rinto Anugraha Dalam Buku Mekanika Benda Langit*, Skripsi Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo, Semarang, 2015.

Umam, Khotibul, *Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari Dalam Kitab Irsyadul Murid*, Skripsi Fakultas Syari'ah UIN Walisongo Semarang, 2014.

Wawancara:

Mustofa, Ali. *Wawancara*. Kediri , 9 Januari 2019.

Mustofa, Ali. *Wawancara via whatsApp*, 27 Februari 2019.

Website:

<https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEhelp>

<https://rachmanabdul.wordpress.com/2011/12/07/gerhana-bulan-dan-matahari>

<https://www.biography.com>

<https://www.geogebra.org/m/SnZ7QGTJ>

id.m.termwiki.com/ID/Besselian_element.

LAMPIRAN I

Hasil Wawancara

A. Wawancara langsung

Narasumber : Ali Mustofa

Pewawancara : Muhammad Falih

Tempat : Rumah Ali Mustofa Ploso, Maesan, Mojo, Kediri.

Tanggal : 9 Januari 2019

Tujuan : Untuk mengetahui hisab gerhana Matahari menurut Ali Mustofa dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah*

Tanya : Apa ide awal bapak hingga membuat kitab *al-Natijah al-Mahshunah* ?

Jawab : Model hisab dalam kitab *al-Natijah al-Mahshunah* saya terinspirasi dari kitab *ad-Durul Aniq* terutama pada hisab gerhana yang hasilnya mendekati dengan prediksi gerhana NASA.

Tanya : Apa yang membedakan hisab gerhana Matahari pada kitab *ad-Durul Aniq* dan *al-Natijah al-Mahshunah* ?

Jawab : Data utama dalam perhitungan gerhana Matahari atau disebut dengan *Awamil al-Kusuf*.

Tanya : Darimana sumber data *Awamil al-Kusuf* pada kitab bapak ini ?

Jawab : Saya mendapatkan nilai-nilai *Awamil al-Kusuf* dari berbagai sumber diantaranya *Jean Meus, Fred Espenak, Alan D. Fiala*.

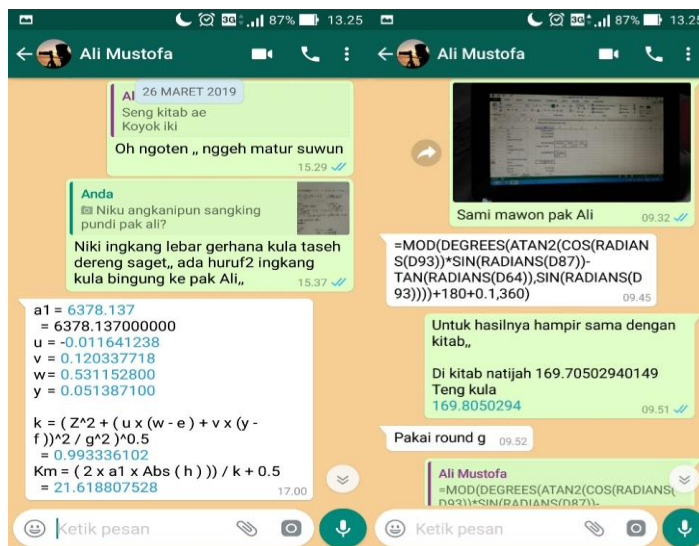
Tanya : Untuk nilai delta T, bapak memakai rumus apa ?

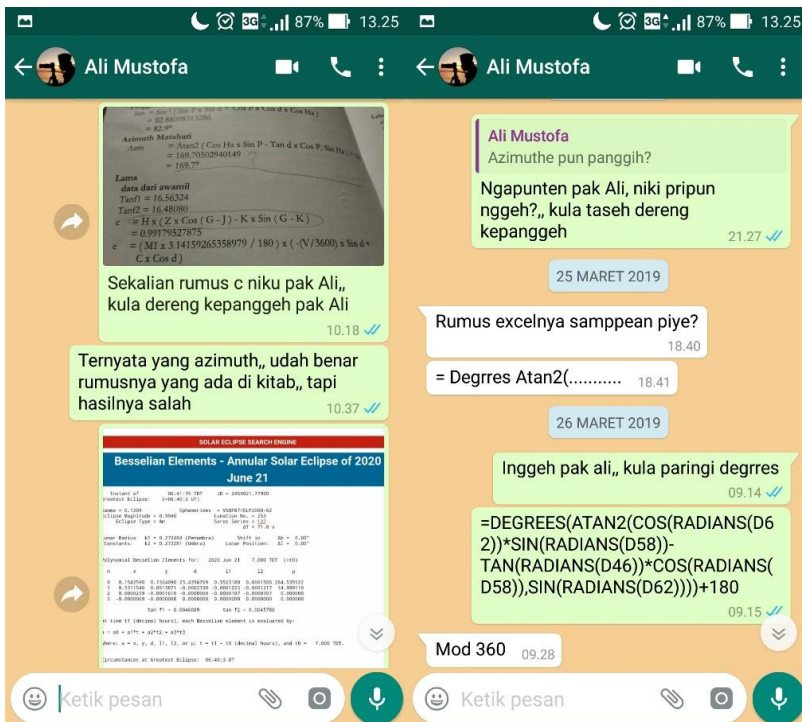
Jawab : Saya memakai rumus *polynomial* delta T dari NASA.

Tanya : Kenapa hanya terdapat hisab gerhana Matahari lokal saja pada kitab *al-Natijah al-Mahshunah* ?

Jawab : Sebetulnya saya sudah membuat gerhana matahari yang global tapi ini masih dalam proses, insyaallah secepatnya saya cetak edisi kedua kitab *al-Natijah al-Mahshunah* yang didalamnya terdapat hisab gerhana Matahari *Geosentris* dan *Toposentris*.

B. Wawancara via *whatapp*





SURAT KETERANGAN
TELAH MELAKUKAN WAWANCARA

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Ali Mustofa.....
Jabatan : Staf Ahli LF PP Al-Falah dan LFNU Kediri

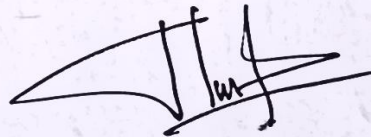
Menyatakan bahwa saudara

Nama : Muhammad Falih...
NIM : 1502046073.....
Jurusan : Ilmu Falak.....

Benar-benar telah melakukan wawancara dengan saya sebagai narasumber penelitian.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Kediri, 9 Januari 2019



(Ali Musthofa, S. Pd. I)

LAMPIRAN II

Gerhana Matahari *Toposentris* Sebagian

Metode "*al-Natijah al-Mahshunah*"

Data yang diperlukan

Tanggal Masehi	=	20 April 2023
Lokasi	=	Masjid Agung Jawa Tengah
Lintang Tempat	=	-006° 59' 04.42" LS
Bujur Tempat	=	110° 26' 47.71" BT
Tinggi tempat	=	95 Meter
Time Zone	=	7

Data Awamil:

TGL		X	Y	D	M	L1	L2	tan f	delta t
45036	0	97.0812	-1538.36	11.41179	240.2429	1968.491	2.3832	0	73.5
TotalCincin	1	1782.062	879.1146	0.013741	15.00341	0.43776	0.4356	16.75764	0
4	2	0.04932	-0.17784	-2E-06	0	-0.04176	-0.0414	16.67448	0

Hisab Hari dan Pasaran

JH	=	Date(Tahun,Bulan,Tanggal)	=	45036
B	=	JH+8	=	45044
Hari	=	$B - \text{Int} (B / 7) \times 7$	=	6 (Kamis)
Pasaran	=	$JH - \text{Int} (JH / 5) \times 5$	=	1 (Legi)

Kontak Puncak Gerhana

a. *Ta'dil awal wasat kusuf*

T	=	0	0
G	=	$\text{Tan}^{-1} (0.99664719 \text{ Tan LT})$	-6.961373369
S	=	$0.99664719 \text{ Sin G} + (\text{TT} / 6378140) \text{ Sin LT}$	-0.120795629
C	=	$\text{Cos G} + (\text{TT} / 6378140) \text{ Cos LT}$	0.99264287
X	=	$X0 + X1 \times T + X2 \times T \times T$	97.0812
Y	=	$Y0 + Y1 \times T + Y2 \times T \times T$	-1538.3592
D	=	$D0 + D1 \times T + D2 \times T \times T$	11.41179

M	= M0 + M1 x T	240.24289
L	= L0 + L1 x T + L2 x T x T	1968.4908
Q	= L20 + L21 x T + L22 x T x T	2.3832
E	= X1 + 2 x X2 x T	1782.06228
F	= Y1 + 2 x Y2 x T	879.1146
H	= M + BT - 0.00417807 x Delta T	350.382388
Z	= C Sin H	-0.165842653
W	= S Cos D - C Cos H Sin D	-0.312050431
R	= S Sin D + C Cos H Cos D	0.935442245
I	= 0.01745329 x M1 x C x Cos H	0.256278933
J	= 0.01745329 x (M1 x Z x Sin D - R x D1)	-0.008816842
U	= X / 3600 - Z	0.192809653
V	= Y / 3600 - W	-0.115271569
A	= E / 3600 - I	0.238738367
B	= F / 3600 - J	0.253015342
N	= A x A + B x B	0.121012771
P	= - (U x A + V x B) / N	-0.1393703
a	= P + T	-0.1393703

b. *Ta'dil tsani wasat kusuf*

T	= a (dari <i>ta'dil awal</i>)	= -0.1393703
G	= $\text{Tan}^{-1} (0.99664719 \text{ Tan LT})$	= -6.961373369
S	= 0.99664719 Sin G + (TT / 6378140) Sin LT	= -0.120795629
C	= Cos G + (TT / 6378140) Cos LT	= 0.99264287
X	= X0 + X1 x T + X2 x T x T	= -151.2843962
Y	= Y0 + Y1 x T + Y2 x T x T	= -1660.88512
D	= D0 + D1 x T + D2 x T x T	= 11.40987487
M	= M0 + M1 x T	= 238.1518601
L	= L0 + L1 x T + L2 x T x T	= 1968.428978

Q	= L20 + L21 x T + L22 x T x T	= 2.32168614
E	= X1 + 2 x X2 x T	= 1782.048533
F	= Y1 + 2 x Y2 x T	= 879.1641712
H	= M + BT – 0.00417807 x Delta T	= 348.2913581
Z	= C Sin H	= -0.20144197
W	= S Cos D – C Cos H Sin D	= -0.310693166
R	= S Sin D + C Cos H Cos D	= 0.928882307
I	= 0.01745329 x M1 x C x Cos H	= 0.254523736
J	= 0.01745329 x (M1 x Z x Sin D – R x D1)	= -0.010657982
U	= X / 3600 - Z	= 0.159418527
V	= Y / 3600 - W	= -0.150663812
A	= E / 3600 - I	= 0.240489745
B	= F / 3600 - J	= 0.254870251
N	= A x A + B x B	= 0.122794163
P	= - (U x A + V x B) / N	= 0.000498417
a	= P + T	= -0.138871883

c. Ta'dil tsalis wasat kusuf

T	= a (dari <i>ta'dil tsalis</i>)	= -0.138871883
G	= Tan^{-1} (0.99664719 Tan LT)	= -6.961373369
S	= 0.99664719 Sin G + (TT / 6378140) Sin LT	= -0.120795629
C	= Cos G + (TT / 6378140) Cos LT	= 0.99264287
X	= X0 + X1 x T + X2 x T x T	= -150.3961924
Y	= Y0 + Y1 x T + Y2 x T x T	= -1660.446929
D	= D0 + D1 x T + D2 x T x T	= 11.40988172
M	= M0 + M1 x T	= 238.1593381
L	= L0 + L1 x T + L2 x T x T	= 1968.429202
Q	= L20 + L21 x T + L22 x T x T	= 2.321908992
E	= X1 + 2 x X2 x T	= 1782.048582

$$\begin{aligned}
F &= Y1 + 2 \times Y2 \times T &&= 879.163994 \\
H &= M + BT - 0.00417807 \times \text{Delta T} &&= 348.298836 \\
Z &= C \sin H &&= -0.201315109 \\
W &= S \cos D - C \cos H \sin D &&= -0.310698477 \\
R &= S \sin D + C \cos H \cos D &&= 0.928908033 \\
I &= 0.01745329 \times M1 \times C \times \cos H &&= 0.254530619 \\
J &= 0.01745329 \times (M1 \times Z \times \sin D - R \times D1) &&= -0.010651422 \\
U &= X / 3600 - Z &&= 0.159538389 \\
V &= Y / 3600 - W &&= -0.150536782 \\
A &= E / 3600 - I &&= 0.240482876 \\
B &= F / 3600 - J &&= 0.254863643 \\
N &= A \times A + B \times B &&= 0.12278749 \\
P &= - (U \times A + V \times B) / N &&= 8.29291E-07
\end{aligned}$$

d. Waktu puncak gerhana

$$\begin{aligned}
t &= T + P &&= -0.138871053 \\
\text{Puncak Gerhana (K)} &= T0 + t + TZ - \text{deltaT} / 3600 &&= 10.84071228 \\
&&&= 10 : 50 : 26.56 \text{ WIB}
\end{aligned}$$

Magnitude Gerhana

$$\begin{aligned}
m &= \sqrt{(U \times U) + (V \times V)} &&= 0.219348627 \\
L' &= L / 3600 - R \times \tan f1 / 3600 &&= 0.542461915 \\
Q' &= Q / 3600 - R \times \tan f2 / 3600 &&= -0.003657542 \\
e &= \sqrt{N} &&= 0.35041046 \\
z &= (A \times V - U \times B) / (e \times L') &&= -0.404357653 \\
\text{Tau} &= (L' / e) \times \sqrt{(1 - z \times z)} &&= 1.415871492 \\
\text{Magnitude} &= (L' - m) / (L' + Q') &&= 0.599685719
\end{aligned}$$

Obskurasi Gerhana

$$\begin{aligned}
m &= &&= 0.219348627 \\
L' &= &&= 0.542461915
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q' &= & &= -0.003657542 \\
r' &= 2 \times m / (L' + Q') & &= 0.814205073 \\
s' &= (L' - Q') / (L' + Q') & &= 1.01357651 \\
y' &= (s' \times s' + r' \times r' - 1) / (2 \times r' \times s') & &= 0.418212421 \\
z' &= (1 + r' \times r' - s' \times s') / (2 \times 1 \times r') & &= 0.390314787 \\
A &= \text{If } (\text{Abs } (y') > 1, \text{Acos } (\text{Sign } (y')), \text{Acos } (y')) & &= 1.139319843 \\
B &= \text{If } (\text{Abs } (z') > 1, \text{Acos } (\text{Sign } (z')), \text{Acos } (z')) & &= 1.169822853 \\
\text{Obskurasi} &= (s' \times s' \times (B - \text{Sin } (2 \times B) / 2) + (C - \text{Sin } (2 \times C) / 2)) / & & \\
&3.14159265358979 & &= 0.506324443 \\
& & &50.6\%
\end{aligned}$$

Kontak Awal Gerhana

$$\text{Pw awal gerhana} = t - \text{Tau} = -1.554742546$$

a. Ta'dil awal li awalil kusuf

$$\begin{aligned}
T &= \text{Pw awal gerhana} & &= -1.554742546 \\
G &= \text{Tan}^{-1} (0.99664719 \text{ Tan } LT) & &= -6.961373369 \\
S &= 0.99664719 \text{ Sin } G + (TT / 6378140) \text{ Sin } LT & &= -0.120795629 \\
C &= \text{Cos } G + (TT / 6378140) \text{ Cos } LT & &= 0.99264287 \\
X &= X0 + X1 \times T + X2 \times T \times T & &= -2673.447628 \\
Y &= Y0 + Y1 \times T + Y2 \times T \times T & &= -2905.58595 \\
D &= D0 + D1 \times T + D2 \times T \times T & &= 11.39042145 \\
M &= M0 + M1 \times T & &= 216.9164486 \\
L &= L0 + L1 \times T + L2 \times T \times T & &= 1967.709253 \\
Q &= L20 + L21 \times T + L22 \times T \times T & &= 1.605881058 \\
E &= X1 + 2 \times X2 \times T & &= 1781.90892 \\
F &= Y1 + 2 \times Y2 \times T & &= 879.6675908 \\
H &= M + BT - 0.00417807 \times \text{Delta } T & &= 327.0559466 \\
Z &= C \text{ Sin } H & &= -0.539818901 \\
W &= S \text{ Cos } D - C \text{ Cos } H \text{ Sin } D & &= -0.282934017
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
R &= S \sin D + C \cos H \cos D &= 0.792764371 \\
I &= 0.01745329 \times M1 \times C \times \cos H &= 0.218135746 \\
J &= 0.01745329 \times (M1 \times Z \times \sin D - R \times D1) &= -0.028107085 \\
U &= X / 3600 - Z &= -0.20280544 \\
V &= Y / 3600 - W &= -0.524173192 \\
A &= E / 3600 - I &= 0.276838954 \\
B &= F / 3600 - J &= 0.272459193 \\
K &= A \times A + B \times B &= 0.150873818 \\
n &= \sqrt{K} &= 0.388424791 \\
e &= L / 3600 - R \times \tan f1 / 3600 &= 0.542895665 \\
m &= (A \times V - U \times B) / (n \times e) &= -0.426108927 \\
P &= -(U \times A + V \times B) / k - (e / n) \times \sqrt{(1 - m \times m)} &= 0.054272861 \\
a &= P + T &= -1.500469685
\end{aligned}$$

b. *Ta'dil tsani li awalil kusuf*

$$\begin{aligned}
T &= a \text{ (dari } ta'dil \text{ awal li awalil kusuf)} &= -1.500469685 \\
G &= \tan^{-1} (0.99664719 \tan LT) &= -6.961373369 \\
S &= 0.99664719 \sin G + (TT / 6378140) \sin LT &= -0.120795629 \\
C &= \cos G + (TT / 6378140) \cos LT &= 0.99264287 \\
X &= X0 + X1 \times T + X2 \times T \times T &= -2576.738188 \\
Y &= Y0 + Y1 \times T + Y2 \times T \times T &= -2857.844397 \\
D &= D0 + D1 \times T + D2 \times T \times T &= 11.39116754 \\
M &= M0 + M1 \times T &= 217.7307266 \\
L &= L0 + L1 \times T + L2 \times T \times T &= 1967.739936 \\
Q &= L20 + L21 \times T + L22 \times T \times T &= 1.636387061 \\
E &= X1 + 2 \times X2 \times T &= 1781.914274 \\
F &= Y1 + 2 \times Y2 \times T &= 879.6482871 \\
H &= M + BT - 0.00417807 \times \Delta T &= 327.8702246 \\
Z &= C \sin H &= -0.527925932
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
W &= S \cos D - C \cos H \sin D &= -0.284442905 \\
R &= S \sin D + C \cos H \cos D &= 0.800198659 \\
I &= 0.01745329 \times M1 \times C \times \cos H &= 0.220122583 \\
J &= 0.01745329 \times (M1 \times Z \times \sin D - R \times D1) &= -0.027495582 \\
U &= X / 3600 - Z &= -0.187834675 \\
V &= Y / 3600 - W &= -0.509402761 \\
A &= E / 3600 - I &= 0.274853604 \\
B &= F / 3600 - J &= 0.271842329 \\
K &= A \times A + B \times B &= 0.149442756 \\
n &= \sqrt{K} &= 0.386578266 \\
e &= L / 3600 - R \times \tan f1 / 3600 &= 0.542869582 \\
m &= (A \times V - U \times B) / (n \times e) &= -0.423849704 \\
P &= -(U \times A + V \times B) / k - (e / n) \times \sqrt{(1 - m \times m)} &= 0.000172693
\end{aligned}$$

c. Waktu awal gerhana

$$\begin{aligned}
t &= T + P &= -1.500296992 \\
\text{Awal gerhana} &= T0 + t + TZ - \text{deltaT} / 3600 &= 9.479286342
\end{aligned}$$

09 : 28 : 45.43 WIB

Kontak Akhir Gerhana

$$\text{Pw akhir gerhana} = t - \text{Tau} = 1.277000439$$

a. *Ta'dil awal li akhiril kusuf*

$$\begin{aligned}
T &= \text{Pw akhir gerhana} &= 1.277000439 \\
G &= \tan^{-1} (0.99664719 \tan LT) &= -6.961373369 \\
S &= 0.99664719 \sin G + (TT / 6378140) \sin LT &= -0.120795629 \\
C &= \cos G + (TT / 6378140) \cos LT &= 0.99264287 \\
X &= X0 + X1 \times T + X2 \times T \times T &= 2372.855942 \\
Y &= Y0 + Y1 \times T + Y2 \times T \times T &= -416.0194788 \\
D &= D0 + D1 \times T + D2 \times T \times T &= 11.429334 \\
M &= M0 + M1 \times T &= 259.4022524
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
L &= L_0 + L_1 \times T + L_2 \times T \times T &= 1968.98172 \\
Q &= L_{20} + L_{21} \times T + L_{22} \times T \times T &= 2.871949164 \\
E &= X_1 + 2 \times X_2 \times T &= 1782.188243 \\
F &= Y_1 + 2 \times Y_2 \times T &= 878.6603965 \\
H &= M + BT - 0.00417807 \times \text{Delta } T &= 369.5417504 \\
Z &= C \sin H &= 0.164546687 \\
W &= S \cos D - C \cos H \sin D &= -0.312380191 \\
R &= S \sin D + C \cos H \cos D &= 0.935561038 \\
I &= 0.01745329 \times M_1 \times C \times \cos H &= 0.256336208 \\
J &= 0.01745329 \times (M_1 \times Z \times \sin D - R \times D_1) &= 0.008313914 \\
U &= X / 3600 - Z &= 0.494579964 \\
V &= Y / 3600 - W &= 0.196819225 \\
A &= E / 3600 - I &= 0.238716082 \\
B &= F / 3600 - J &= 0.235758418 \\
K &= A \times A + B \times B &= 0.1125674 \\
n &= \sqrt{K} &= 0.335510655 \\
e &= L / 3600 - R \times \tan f_1 / 3600 &= 0.542584424 \\
m &= (A \times V - U \times B) / (n \times e) &= -0.382423555 \\
P &= -(U \times A + V \times B) / k - (e / n) \times \sqrt{(1 - m \times m)} &= 0.033218108 \\
a &= P + T &= 1.310218547
\end{aligned}$$

a. *Ta'dil akhir li akhiril kusuf*

$$\begin{aligned}
T &= a \text{ (dari } ta'dil \text{ akhir li akhiril kusuf)} &= 1.310218547 \\
G &= \tan^{-1} (0.99664719 \tan LT) &= -6.961373369 \\
S &= 0.99664719 \sin G + (TT / 6378140) \sin LT &= -0.120795629 \\
C &= \cos G + (TT / 6378140) \cos LT &= 0.99264287 \\
X &= X_0 + X_1 \times T + X_2 \times T \times T &= 2432.056917 \\
Y &= Y_0 + Y_1 \times T + Y_2 \times T \times T &= -386.8322393 \\
D &= D_0 + D_1 \times T + D_2 \times T \times T &= 11.42979028
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M &= M_0 + M_1 \times T &= 259.9006374 \\
L &= L_0 + L_1 \times T + L_2 \times T \times T &= 1968.992673 \\
Q &= L_{20} + L_{21} \times T + L_{22} \times T \times T &= 2.882860952 \\
E &= X_1 + 2 \times X_2 \times T &= 1782.19152 \\
F &= Y_1 + 2 \times Y_2 \times T &= 878.6485815 \\
H &= M + BT - 0.00417807 \times \text{Delta } T &= 370.0401353 \\
Z &= C \sin H &= 0.173055359 \\
W &= S \cos D - C \cos H \sin D &= -0.312096669 \\
R &= S \sin D + C \cos H \cos D &= 0.934119351 \\
I &= 0.01745329 \times M_1 \times C \times \cos H &= 0.255951716 \\
J &= 0.01745329 \times (M_1 \times Z \times \sin D - R \times D_1) &= 0.008756126 \\
U &= X / 3600 - Z &= 0.502516007 \\
V &= Y / 3600 - W &= 0.20464327 \\
A &= E / 3600 - I &= 0.239101484 \\
B &= F / 3600 - J &= 0.235312924 \\
K &= A \times A + B \times B &= 0.112541692 \\
n &= \sqrt{K} &= 0.335472342 \\
e &= L / 3600 - R \times \tan f_1 / 3600 &= 0.542594177 \\
m &= (A \times V - U \times B) / (n \times e) &= -0.380815121 \\
P &= -(U \times A + V \times B) / k - (e / n) \times \sqrt{(1 - m \times m)} &= 2.14968E-05
\end{aligned}$$

c. Waktu akhir gerhana

$$\begin{aligned}
t &= T + P &= 1.310240044 \\
\text{Akhir gerhana} &= T_0 + t + T_Z - \text{delta}T / 3600 &= 12.28982338 \\
&&= 12 : 17 : 23.36 \text{ WIB}
\end{aligned}$$

Tinggi dan Azimuth Matahari saat Awal Gerhana

$$\begin{aligned}
k &= T + P \text{ (data dari } ta'dil \text{ tsani liawalil kusuf)} &= -1.500296992 \\
d &= d_0 + d_1 + k + d_2 \times k^2 &= 11.39116992 \\
Ma &= M + M_1 \times k &= 217.7333176
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Ha &= Ma + BT - 0.00417807 \times \text{delta } t &&= 327.8728156 \\
\text{Tinggi Matahari} &= \sin^{-1} (\sin LT \times \sin d + \cos LT \times \cos d \times \cos Ha) - 0.0024 &&= 53.1^{\circ} \\
\text{Azimuth Matahari} &= \text{ATAN2}(\cos HA \times \sin LT - \tan d \times \cos LT, \sin HA) + 180 &&= 060.3^{\circ}
\end{aligned}$$

Tinggi dan Azimuth Matahari saat Puncak Gerhana

$$\begin{aligned}
k &= T + P \text{ (data dari } ta'dil \text{ tsalis wasat kusuf)} &&= -0.138871053 \\
d &= d_0 + d_1 + k + d_2 \times k^2 &&= 11.40988173 \\
Ma &= M + M_1 \times k &&= 238.1593505 \\
Ha &= Ma + BT - 0.00417807 \times \text{delta } t &&= 348.2988485 \\
\text{Tinggi Matahari} &= \sin^{-1} (\sin LT \times \sin d + \cos LT \times \cos d \times \cos Ha) - 0.0024 &&= 68.2^{\circ} \\
\text{Azimuth Matahari} &= \text{ATAN2}(\cos HA \times \sin LT - \tan d \times \cos LT, \sin HA) + 180 &&= 32.4^{\circ}
\end{aligned}$$

Tinggi dan Azimuth Matahari saat Akhir Gerhana

$$\begin{aligned}
k &= T + P \text{ (data dari } ta'dil \text{ tsani liakhiril kusuf)} &&= 1.310240044 \\
d &= d_0 + d_1 + k + d_2 \times k^2 &&= 11.42979057 \\
Ma &= M + M_1 \times k &&= 259.9009599 \\
Ha &= Ma + BT - 0.00417807 \times \text{delta } t &&= 370.0404579 \\
\text{Tinggi Matahari} &= \sin^{-1} (\sin LT \times \sin d + \cos LT \times \cos d \times \cos Ha) - 0.0024 &&= 69.0^{\circ} \\
\text{Azimuth Matahari} &= \text{ATAN2}(\cos HA \times \sin LT - \tan d \times \cos LT, \sin HA) + 180 &&= 331.4^{\circ}
\end{aligned}$$

Kesimpulan :

Terjadi Gerhana Matahari Pada Hari Kamis Legi, Tanggal 20 April 2023

Lokasi = Masjid Agung Jawa Tengah

Bujur Tempat = $-006^{\circ} 59' 04.42''$ LS

Tinggi Tempat = $110^{\circ} 26' 47.71''$ BT

	Kontak Gerhana	Altitude	Azimuth
Awal Gerhana	= 09 : 28 : 45.43 WIB	53.1°	060.3°

Puncak Gerhana	= 10 : 50 : 26.56 WIB	68.2 ⁰	032.4 ⁰
Akhir Gerhana	= 12 : 17 : 23.36 WIB	69.0 ⁰	331.4 ⁰
Jenis Gerhana	= GERHANA SEBAGIAN		
Magnitudo Gerhana	= 0.599685719		
Obskurasi	= 0.506324443		
Durasi Gerhana	= 02 : 48 : 37.93 Jam		

Gerhana Matahari *Toposentris* Cincin

Metode “*al-Natijah al-Mahshunah*”

Data yang diperlukan:

Tanggal Masehi	=	26 Desember 2019
Lokasi	=	Kabupaten Kepulauan Meranti, Riau
Lintang Tempat	=	001 ⁰ 00' 02.47" LU
Bujur Tempat	=	102 ⁰ 43' 32.46" BT
Tinggi tempat	=	4 Meter
Time Zone	=	7

Data Awamil:

TGL		X	Y	D	M	L1	L2	tan f	delta t
43825	0	-505.494	1526.666	-23.3735	254.9368	2012.062	45.666	0	71.6
Cincin	1	1928.191	-131.959	0.001407	14.99627	0.46224	0.46008	17.11728	0
5	2	-0.00504	0.52488	0.000006	0	-0.04032	-0.03996	17.03196	0

Hisab Hari dan Pasaran

JH	= Date(Tahun,Bulan,Tanggal)	= 43825
B	= JH+8	= 43833
Hari	= B – Int (B / 7) x 7	= 6 (Kamis)
Pasaran	= JH – Int (JH / 5) x 5	= 0 (Kliwon)

Kontak Puncak Gerhana

a. Ta'dil awal wasat kusuf

T	= 0	= 0
G	= $\tan^{-1} (0.99664719 \tan LT)$	= 0.99733168
S	= $0.99664719 \sin G + (TT / 6378140) \sin LT$	= 0.017347495
C	= $\cos G + (TT / 6378140) \cos LT$	= 0.999849134
X	= $X_0 + X_1 \times T + X_2 \times T \times T$	= -505.494
Y	= $Y_0 + Y_1 \times T + Y_2 \times T \times T$	= 1526.6664
D	= $D_0 + D_1 \times T + D_2 \times T \times T$	= -23.37347
M	= $M_0 + M_1 \times T$	= 254.93678
L	= $L_0 + L_1 \times T + L_2 \times T \times T$	= 2012.0616
Q	= $L_{20} + L_{21} \times T + L_{22} \times T \times T$	= 45.666
E	= $X_1 + 2 \times X_2 \times T$	= 1928.19096
F	= $Y_1 + 2 \times Y_2 \times T$	= -131.95872
H	= $M + BT - 0.00417807 \times \Delta T$	= 357.3633135
Z	= $C \sin H$	= -0.045995679
W	= $S \cos D - C \cos H \sin D$	= 0.412167035
R	= $S \sin D + C \cos H \cos D$	= 0.90994613
I	= $0.01745329 \times M_1 \times C \times \cos H$	= 0.261417729
J	= $0.01745329 \times (M_1 \times Z \times \sin D - R \times D_1)$	= 0.004753661
U	= $X / 3600 - Z$	= -0.094419321
V	= $Y / 3600 - W$	= 0.011906965
A	= $E / 3600 - I$	= 0.274190871
B	= $F / 3600 - J$	= -0.041408861
N	= $A \times A + B \times B$	= 0.076895328
P	= $-(U \times A + V \times B) / N$	= 0.343089372
a	= $P + T$	= 0.343089372

b. Ta'dil tsani wasat kusuf

T	= a (dari <i>ta'dil awal wasat kusuf</i>)	= 0.343089372
G	= Tan^{-1} (0.99664719 Tan LT)	= 0.99733168
S	= 0.99664719 Sin G + (TT / 6378140) Sin LT	= 0.017347495
C	= Cos G + (TT / 6378140) Cos LT	= 0.999849134
X	= X0 + X1 x T + X2 x T x T	= 156.0472318
Y	= Y0 + Y1 x T + Y2 x T x T	= 1481.454549
D	= D0 + D1 x T + D2 x T x T	= -23.37298657
M	= M0 + M1 x T	= 260.0818412
L	= L0 + L1 x T + L2 x T x T	= 2012.215444
Q	= L20 + L21 x T + L22 x T x T	= 45.81914485
E	= X1 + 2 x X2 x T	= 1928.187502
F	= Y1 + 2 x Y2 x T	= -131.5985585
H	= M + BT – 0.00417807 x Delta T	= 362.5083747
Z	= C Sin H	= 0.043758811
W	= S Cos D – C Cos H Sin D	= 0.412199228
R	= S Sin D + C Cos H Cos D	= 0.910041861
I	= 0.01745329 x M1 x C x Cos H	= 0.261444033
J	= 0.01745329 x (M1 x Z x Sin D – R x D1)	= -0.004565998
U	= X / 3600 - Z	= -0.000412358
V	= Y / 3600 - W	= -0.000684075
A	= E / 3600 - I	= 0.274163606
B	= F / 3600 – J	= -0.031989157
N	= A x A + B x B	= 0.076188989
P	= - (U x A + V x B) / N	= 0.001196638
a	= P + T	= 0.344286009

c. *Ta'dil tsalis wasat kusuf*

T	= a (dari <i>ta'dil tsalis wasat kusuf</i>)	= 0.344286009
G	= Tan^{-1} (0.99664719 Tan LT)	= 0.99733168

$$\begin{aligned}
S &= 0.99664719 \sin G + (TT / 6378140) \sin LT &= 0.017347495 \\
C &= \cos G + (TT / 6378140) \cos LT &= 0.999849134 \\
X &= X_0 + X_1 \times T + X_2 \times T \times T &= 158.3545735 \\
Y &= Y_0 + Y_1 \times T + Y_2 \times T \times T &= 1481.297074 \\
D &= D_0 + D_1 \times T + D_2 \times T \times T &= -23.37298488 \\
M &= M_0 + M_1 \times T &= 260.0997863 \\
L &= L_0 + L_1 \times T + L_2 \times T \times T &= 2012.215964 \\
Q &= L_{20} + L_{21} \times T + L_{22} \times T \times T &= 45.81966253 \\
E &= X_1 + 2 \times X_2 \times T &= 1928.18749 \\
F &= Y_1 + 2 \times Y_2 \times T &= -131.5973023 \\
H &= M + BT - 0.00417807 \times \text{Delta } T &= 362.5263198 \\
Z &= C \sin H &= 0.044071663 \\
W &= S \cos D - C \cos H \sin D &= 0.412193745 \\
R &= S \sin D + C \cos H \cos D &= 0.910029248 \\
I &= 0.01745329 \times M_1 \times C \times \cos H &= 0.261440433 \\
J &= 0.01745329 \times (M_1 \times Z \times \sin D - R \times D_1) &= -0.004598482 \\
U &= X / 3600 - Z &= -8.42816E-05 \\
V &= Y / 3600 - W &= -0.000722335 \\
A &= E / 3600 - I &= 0.274167203 \\
B &= F / 3600 - J &= -0.031956324 \\
N &= A \times A + B \times B &= 0.076188862 \\
P &= -(U \times A + V \times B) / N &= 3.15972E-07
\end{aligned}$$

d. Waktu puncak gerhana

$$\begin{aligned}
t &= T + P &= 0.344286325 \\
\text{Puncak Gerhana (K)} &= T_0 + t + TZ - \text{delta}T / 3600 &= 12.32439744 \\
& &= 12 : 19 : 27.83 \text{ WIB}
\end{aligned}$$

Magnitude Gerhana

$$m = \sqrt{(U \times U) + (V \times V)} = 0.000727235$$

$$\begin{aligned}
L' &= L / 3600 - R \times \text{Tanf1} / 3600 &= 0.554621872 \\
Q' &= Q / 3600 - R \times \text{Tanf2} / 3600 &= 0.008422245 \\
e &= \sqrt{(N)} &= 0.276023299 \\
z &= (A \times V - U \times B) / (e \times L') &= -0.001311227 \\
\text{Tau} &= (L' / e) \times \sqrt{(1 - z \times z)} &= 2.009328184 \\
\text{Magnitude} &= (L' - m) / (L' + Q') &= 0.983749977
\end{aligned}$$

Obskurasi Gerhana

$$\begin{aligned}
m &= &= 0.000727235 \\
L' &= &= 0.554621872 \\
Q' &= &= 0.008422245 \\
r' &= 2 \times m / (L' + Q') &= 0.002583227 \\
s' &= (L' - Q') / (L' + Q') &= 0.97008318 \\
y' &= (s' \times s' + r' \times r' - 1) / (2 \times r' \times s') &= -11.75842928 \\
z' &= (1 + r' \times r' - s' \times s') / (2 \times 1 \times r') &= 11.4092377 \\
A &= \text{If} (\text{Abs} (y') > 1, \text{Acos} (\text{Sign} (y')), \text{Acos} (y')) &= 3.141592654 \\
B &= \text{If} (\text{Abs} (z') > 1, \text{Acos} (\text{Sign} (z')), \text{Acos} (z')) &= 0 \\
\text{Obskurasi} &= (s' \times s' \times (B - \text{Sin} (2 \times B) / 2) + (C - \text{Sin} (2 \times C) / 2)) / 3 \\
&\quad .14159265358979 &= 0.941061377 \\
&&= 94.1\%
\end{aligned}$$

Kontak Awal Gerhana

$$\begin{aligned}
\text{Pw awal gerhana} &= t - \text{Tau} &= -1.665041859 \\
\text{a. Ta'dil awal li awalil kusuf} && \\
T &= \text{Pw awal gerhana} &= -1.665041859 \\
G &= \text{Tan}^{-1} (0.99664719 \text{ Tan LT}) &= 0.99733168 \\
S &= 0.99664719 \text{ Sin } G + (TT / 6378140) \text{ Sin } LT &= 0.017347495 \\
C &= \text{Cos } G + (TT / 6378140) \text{ Cos } LT &= 0.999849134 \\
X &= X0 + X1 \times T + X2 \times T \times T &= -3716.026633 \\
Y &= Y0 + Y1 \times T + Y2 \times T \times T &= 1747.838351
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
D &= D0 + D1 \times T + D2 \times T \times T &= -23.37579608 \\
M &= M0 + M1 \times T &= 229.9673611 \\
L &= L0 + L1 \times T + L2 \times T \times T &= 2011.180169 \\
Q &= L20 + L21 \times T + L22 \times T \times T &= 44.78916386 \\
E &= X1 + 2 \times X2 \times T &= 1928.207744 \\
F &= Y1 + 2 \times Y2 \times T &= -133.7066143 \\
H &= M + BT - 0.00417807 \times \text{Delta } T &= 332.3938946 \\
Z &= C \text{ Sin } H &= -0.463320556 \\
W &= S \text{ Cos } D - C \text{ Cos } H \text{ Sin } D &= 0.367461295 \\
R &= S \text{ Sin } D + C \text{ Cos } H \text{ Cos } D &= 0.806415207 \\
I &= 0.01745329 \times M1 \times C \times \text{Cos } H &= 0.23190193 \\
J &= 0.01745329 \times (M1 \times Z \times \text{Sin } D - R \times D1) &= 0.048094058 \\
U &= X / 3600 - Z &= -0.568909064 \\
V &= Y / 3600 - W &= 0.118049358 \\
A &= E / 3600 - I &= 0.303711332 \\
B &= F / 3600 - J &= -0.085234784 \\
K &= A \times A + B \times B &= 0.099505542 \\
n &= \sqrt{K} &= 0.31544499 \\
e &= L / 3600 - R \times \text{Tanf}1 / 3600 &= 0.554826815 \\
m &= (A \times V - U \times B) / (n \times e) &= -0.072209494 \\
P &= -(U \times A + V \times B) / k - (e / n) \times \sqrt{(1 - m \times m)} &= 0.083267596 \\
a &= P + T &= -1.581774263
\end{aligned}$$

b. Ta'dil tsani li awalil kusuf

$$\begin{aligned}
T &= a \text{ (dari ta'dil awal li awalil kusuf)} &= -1.581774263 \\
G &= \text{Tan}^{-1} (0.99664719 \text{ Tan } LT) &= 0.99733168 \\
S &= 0.99664719 \text{ Sin } G + (TT / 6378140) \text{ Sin } LT &= 0.017347495 \\
C &= \text{Cos } G + (TT / 6378140) \text{ Cos } LT &= 0.999849134 \\
X &= X0 + X1 \times T + X2 \times T \times T &= -3555.469446
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y &= Y_0 + Y_1 \times T + Y_2 \times T \times T &= 1736.708562 \\
D &= D_0 + D_1 \times T + D_2 \times T \times T &= -23.37568054 \\
M &= M_0 + M_1 \times T &= 231.2160645 \\
L &= L_0 + L_1 \times T + L_2 \times T \times T &= 2011.22956 \\
Q &= L_{20} + L_{21} \times T + L_{22} \times T \times T &= 44.83827698 \\
E &= X_1 + 2 \times X_2 \times T &= 1928.206904 \\
F &= Y_1 + 2 \times Y_2 \times T &= -133.6192034 \\
H &= M + BT - 0.00417807 \times \text{Delta } T &= 333.642598 \\
Z &= C \sin H &= -0.443902137 \\
W &= S \cos D - C \cos H \sin D &= 0.371382176 \\
R &= S \sin D + C \cos H \cos D &= 0.815490894 \\
I &= 0.01745329 \times M_1 \times C \times \cos H &= 0.234489537 \\
J &= 0.01745329 \times (M_1 \times Z \times \sin D - R \times D_1) &= 0.0460771 \\
U &= X / 3600 - Z &= -0.543728265 \\
V &= Y / 3600 - W &= 0.111036869 \\
A &= E / 3600 - I &= 0.301123492 \\
B &= F / 3600 - J &= -0.083193546 \\
K &= A \times A + B \times B &= 0.097596524 \\
n &= \sqrt{K} &= 0.312404423 \\
e &= L / 3600 - R \times \tan f_1 / 3600 &= 0.554797382 \\
m &= (A \times V - U \times B) / (n \times e) &= -0.068075202 \\
P &= -(U \times A + V \times B) / k - (e / n) \times \sqrt{(1 - m \times m)} &= 0.000489981 \\
\text{c. Waktu awal gerhana} & & \\
t &= T + P &= -1.581284282 \\
\text{Awal gerhana} &= T_0 + t + TZ - \text{delta}T / 3600 &= 10.39882683 \\
& &= 10 : 23 : 55.78 \text{ WIB}
\end{aligned}$$

Kontak Akhir Gerhana

Pw akhir gerhana	= t - Tau	= 2.35361451
<i>a. Ta'dil awal li akhiril kusuf</i>		
T	= Pw akhir gerhana	= 2.35361451
G	= $\tan^{-1} (0.99664719 \tan LT)$	= 0.99733168
S	= $0.99664719 \sin G + (TT / 6378140) \sin LT$	= 0.017347495
C	= $\cos G + (TT / 6378140) \cos LT$	= 0.999849134
X	= $X_0 + X_1 \times T + X_2 \times T \times T$	= 4032.696302
Y	= $Y_0 + Y_1 \times T + Y_2 \times T \times T$	= 1218.994015
D	= $D_0 + D_1 \times T + D_2 \times T \times T$	= -23.37012523
M	= $M_0 + M_1 \times T$	= 290.232221
L	= $L_0 + L_1 \times T + L_2 \times T \times T$	= 2012.926182
Q	= $L_{20} + L_{21} \times T + L_{22} \times T \times T$	= 46.52749249
E	= $X_1 + 2 \times X_2 \times T$	= 1928.167236
F	= $Y_1 + 2 \times Y_2 \times T$	= -129.4879896
H	= $M + BT - 0.00417807 \times \text{Delta } T$	= 392.6587545
Z	= $C \sin H$	= 0.53955299
W	= $S \cos D - C \cos H \sin D$	= 0.349829629
R	= $S \sin D + C \cos H \cos D$	= 0.76583355
I	= $0.01745329 \times M_1 \times C \times \cos H$	= 0.220320695
J	= $0.01745329 \times (M_1 \times Z \times \sin D - R \times D_1)$	= -0.05603625
U	= $X / 3600 - Z$	= 0.580640427
V	= $Y / 3600 - W$	= -0.011220181
A	= $E / 3600 - I$	= 0.315281314
B	= $F / 3600 - J$	= 0.020067364
K	= $A \times A + B \times B$	= 0.099805006
n	= \sqrt{K}	= 0.315919304
e	= $L / 3600 - R \times \tan f_1 / 3600$	= 0.555504776

m	= (A x V – U x B) / (n x e)	= -0.086552117
P	= -(U x A + V x B) / k – (e / n) x $\sqrt{1 - m x m}$	= -0.080194475
a	= P + T	= 2.273420034
<i>a. Ta'dil akhir li akhiril kusuf</i>		
T	= a (dari <i>ta'dil akhir li akhiril kusuf</i>)	= 2.273420034
G	= Tan^{-1} (0.99664719 Tan LT)	= 0.99733168
S	= 0.99664719 Sin G + (TT / 6378140) Sin LT	= 0.017347495
C	= Cos G + (TT / 6378140) Cos LT	= 0.999849134
X	= X0 + X1 x T + X2 x T x T	= 3878.06791
Y	= Y0 + Y1 x T + Y2 x T x T	= 1229.381612
D	= D0 + D1 x T + D2 x T x T	= -23.37024029
M	= M0 + M1 x T	= 289.0296029
L	= L0 + L1 x T + L2 x T x T	= 2012.904074
Q	= L20 + L21 x T + L22 x T x T	= 46.50542428
E	= X1 + 2 x X2 x T	= 1928.168044
F	= Y1 + 2 x Y2 x T	= -129.5721746
H	= M + BT – 0.00417807 x Delta T	= 391.4561365
Z	= C Sin H	= 0.521766933
W	= S Cos D – C Cos H Sin D	= 0.354249597
R	= S Sin D + C Cos H Cos D	= 0.776057805
I	= 0.01745329 x M1 x C x Cos H	= 0.223236094
J	= 0.01745329 x (M1 x Z x Sin D – R x D1)	= -0.05419017
U	= X / 3600 - Z	= 0.555474153
V	= Y / 3600 – W	= -0.012754705
A	= E / 3600 – I	= 0.31236614
B	= F / 3600 - J	= 0.018197899
K	= A x A + B x B	= 0.097903769
n	= \sqrt{K}	= 0.31289578

$$\begin{aligned}
e &= L / 3600 - R \times \tan f_1 / 3600 &&= 0.555450021 \\
m &= (A \times V - U \times B) / (n \times e) &&= -0.081086107 \\
P &= -(U \times A + V \times B) / k - (e / n) \times \sqrt{1 - m \times m} &&= -0.000546866 \\
\text{c. Waktu akhir gerhana} \\
t &= T + P &&= 2.272873169 \\
\text{Akhir gerhana} &= T_0 + t + T_Z - \Delta T / 3600 &&= 14.25298428 \\
&&&= 14 : 15 : 10.74 \text{ WIB}
\end{aligned}$$

Kontak Awal dan Akhir Cincin

a. Ta'dil awal dan akhir khalqi

$$\begin{aligned}
w &= (A \times V - U \times B) / (e \times Q') &&= -0.08634697 \\
d &= \text{Absolut} ((Q' / e) \times \sqrt{1 - w \times w}) - 0.00025 &&= 0.030148842 \\
f &= \text{Absolut} ((Q' / e) \times \sqrt{1 - w \times w}) + 0.00025 &&= 0.030648842 \\
\text{b. Waktu awal cincin} \\
\text{Awal cincin} &= \text{jam puncak gerhana} - d &&= 12.29424859 \\
&&&= 12 : 17 : 39.29 \text{ WIB}
\end{aligned}$$

c. Waktu akhir cincin

$$\begin{aligned}
\text{Akhir cincin} &= \text{jam puncak gerhana} + f &&= 12.35504628 \\
&&&= 12 : 21 : 18.17 \text{ WIB}
\end{aligned}$$

Tinggi dan Azimuth Matahari saat Awal Gerhana

$$\begin{aligned}
k &= T + P \text{ (data dari } ta'dil \text{ tsani liawalil kusuf)} &&= -1.581284282 \\
d &= d_0 + d_1 + k + d_2 \times k^2 &&= -23.37567986 \\
M_a &= M + M_1 \times k &&= 231.2234124 \\
H_a &= M_a + B_T - 0.00417807 \times \Delta T &&= 333.6499459 \\
\text{Tinggi Matahari} &= \sin^{-1} (\sin LT \times \sin d + \cos LT \times \cos d \times \cos H_a) - && \\
&0.0024 &&= 54.6^\circ \\
\text{Azimuth Matahari} &= \text{ATAN2}(\cos H_a \times \sin LT - \tan d \times \cos LT, \sin H_a) + && \\
&180 &&= 135.3^\circ
\end{aligned}$$

Tinggi dan Azimuth Matahari saat Puncak Gerhana

$$k = T + P \text{ (data dari } ta'dil \text{ tsalis wasat kusuf)} = 0.344286325$$

$$\begin{aligned}
d &= d_0 + d_1 + k + d_2 \times k^2 &&= -23.37298488 \\
Ma &= M + M_1 \times k &&= 260.099791 \\
Ha &= Ma + BT - 0.00417807 \times \text{delta } t &&= 62.5263246 \\
\text{Tinggi Matahari} &= \sin^{-1} (\sin LT \times \sin d + \cos LT \times \cos d \times \cos Ha) - && \\
&0.0024 &&= 65.5^{\circ} \\
\text{Azimuth Matahari} &= \text{ATAN2}(\cos HA \times \sin LT - \tan d \times \cos LT, \sin HA) + && \\
&180 &&= 185.6^{\circ}
\end{aligned}$$

Tinggi dan Azimuth Matahari saat Akhir Gerhana

$$\begin{aligned}
k &= T + P \text{ (data dari *ta'dil tsani liakhiril kusuf*)} &&= 2.272873169 \\
d &= d_0 + d_1 + k + d_2 \times k^2 &&= -23.37024107 \\
Ma &= M + M_1 \times k &&= 289.021402 \\
Ha &= Ma + BT - 0.00417807 \times \text{delta } t &&= 391.4479355 \\
\text{Tinggi Matahari} &= \sin^{-1} (\sin LT \times \sin d + \cos LT \times \cos d \times \cos Ha) - && \\
&0.0024 &&= 50.9^{\circ} \\
\text{Azimuth Matahari} &= \text{ATAN2}(\cos HA \times \sin LT - \tan d \times \cos LT, \sin HA) + && \\
&180 &&= 229.4^{\circ}
\end{aligned}$$

Tinggi dan Azimuth Matahari saat Awal Cincin

$$\begin{aligned}
k &= T + P \text{ (data dari *ta'dil tsalis wasat kusuf*)} &&= 0.314137483 \\
d &= d_0 + d_1 + k + d_2 \times k^2 &&= -23.37302742 \\
Ma &= M + M_1 \times k &&= 259.6476708 \\
Ha &= Ma + BT - 0.00417807 \times \text{delta } t &&= 362.0742044 \\
\text{Tinggi Matahari} &= \sin^{-1} (\sin LT \times \sin d + \cos LT \times \cos d \times \cos Ha) - && \\
&0.0024 &&= 65.5^{\circ} \\
\text{Azimuth Matahari} &= \text{ATAN2}(\cos HA \times \sin LT - \tan d \times \cos LT, \sin HA) + && \\
&180 &&= 184.6^{\circ}
\end{aligned}$$

Tinggi dan Azimuth Matahari saat Akhir Cincin

$$\begin{aligned}
k &= T + P \text{ (data dari *ta'dil tsalis wasat kusuf*)} &&= 0.374435167 \\
d &= d_0 + d_1 + k + d_2 \times k^2 &&= -23.37294233 \\
Ma &= M + M_1 \times k &&= 260.5519112 \\
Ha &= Ma + BT - 0.00417807 \times \text{delta } t &&= 362.9784448
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Matahari} &= \sin^{-1} (\sin LT \times \sin d + \cos LT \times \cos d \times \cos Ha) - 0.0024 &= 65.5^{\circ} \\ \text{Azimuth Matahari} &= \text{ATAN2}(\cos HA \times \sin LT - \tan d \times \cos LT, \sin HA) + 180 &= 186.6^{\circ} \end{aligned}$$

Kesimpulan:

Terjadi Gerhana Matahari Pada Hari Kamis Kliwon, Tanggal 26 Desember 2019

Lokasi = Kabupaten Kepulauan Meranti, Riau

Bujur Tempat = 001° 00' 02.47" LU

Tinggi Tempat = 102° 43' 32.46" BT

	Kontak Gerhana	Altitude	Azimuth
Awal Gerhana	= 10 : 23 : 55.78 WIB	54.6°	135.3°
Awal Cincin	= 12 : 17 : 39.29 WIB	65.5°	184.6°
Puncak Gerhana	= 12 : 19 : 27.83 WIB	65.5°	185.6°
Akhir Cincin	= 12 : 21 : 18.17 WIB	65.5°	186.6°
Akhir Gerhana	= 14 : 15 : 10.74 WIB	50.9°	229.4°
Jenis Gerhana	= GERHANA CINCIN		
Magnitudo Gerhana	= 0.983749977		
Obskurasi	= 0.941061377		
Durasi Cincin	= 00 : 03 : 38.87 Jam		

Gerhana Matahari Geosentris Total

Metode “*al-Natijah al-Mahshunah*”

Data yang diperlukan:

Tanggal = 20 Maret 2034

Data Awamil:

TGL	0	X	Y	D	M	L1	L2	tan f	delta t
49023	0	-934.5348	794.9808	-0.05513	328.13922	1939.068	-26.892	0	80.5
Total	1	1973.3994	632.08368	0.016042	15.004398	-0.2394	-0.23832	16.90236	0
T0 10 UT	2	0.0828	-0.0288	0	0	-0.04572	-0.04536	16.812	0

Kontak Puncak Gerhana

$$\begin{aligned}
 A &= \tan^{-1} (X_0 / Y_0) + 360 &&= 310.3868184 \\
 B &= (X_0 \times X_0 + Y_0 \times Y_0)^{0.5} &&= 1226.92696 \\
 C &= \tan^{-1} (X_1 / Y_1) + 360 &&= 432.2396362 \\
 D &= (X_1 \times X_1 + Y_1 \times Y_1)^{0.5} &&= 2072.157082 \\
 T &= -(B \times \cos (A - C)) / -0.00164 &&= 0.312474986 \\
 \text{Puncak gerhana (W)} &= T_0 + T - \text{delta T} / 3600 &&= 10.29011388 \\
 &&&= 10 : 17 : 24.41 \text{ UT}
 \end{aligned}$$

Lokasi Lintang dan Bujur saat Puncak Gerhana

$$\begin{aligned}
 R &= L_{10} + L_{11} \times T + L_{12} \times T \times T &&= 1938.988729 \\
 S &= L_{20} + L_{21} \times T + L_{22} \times T \times T &&= -26.97089802 \\
 D &= D_0 + D_1 \times T &&= -0.050117276 \\
 M &= M_0 + M_1 \times T &&= 332.8277191 \\
 U &= X_0 + X_1 \times T + X_2 \times T \times T &&= -317.8887647 \\
 V &= Y_0 + Y_1 \times T + Y_2 \times T \times T &&= 992.4883273 \\
 F &= (1 - 0.0066944782 \times \cos D)^{0.5} &&= 0.996647141 \\
 G &= \tan^{-1} (\sin D / (\cos D \times 0.9966471400661)) &&= -0.050285878 \\
 H &= ((\sin D \times 0.9966471400661)^2 + (\cos D)^2)^{0.5} &&= 0.999999997 \\
 J &= \tan^{-1} (0.9966471400661 \times \sin D / \cos D) &&= -0.04994924 \\
 K &= (V / 3600) / F &&= 0.276618665 \\
 Z &= (1 - (U / 3600)^2 - K^2)^{0.5} &&= 0.956914204 \\
 N &= \sin^{-1} (K \times \cos G + Z \times \sin G) &&= 16.00842611 \\
 \text{Lintang tempat (P)} &= \tan^{-1} (1.003364139422 \times \tan N) &&= 16.05950829 \\
 &&&= 16^{\circ} 3.57' \text{ LU} \\
 Q &= -K \times \sin G + Z \times \cos G &&= 0.957156611
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Ha &= 180 + (\tan^{-1} ((U / 3600) / Q)) &= 354.7291005 \\
\text{Bujur tempat (L)} &= Ha - M + 0.004178 \times \text{delta T} + 0.043 &= 22.28071042 \\
& &= 22^{\circ}16.84' \text{ BT}
\end{aligned}$$

Tinggi Matahari dan Azimuth Matahari saat Puncak Gerhana

$$\begin{aligned}
\text{Tinggi (hm)} &= \sin^{-1} (\sin P \times \sin d + \cos P \times \cos d \times \cos Ha) \\
&= 73.07153776 \\
&= 73.1^{\circ} \\
\text{Azimuth (azm)} &= \text{Atan2}(\cos HA \times \sin P - \tan D \times \cos P, \sin Ha) + 180 \\
&= 161.6093468 \\
&= 161.6^{\circ}
\end{aligned}$$

Durasi Gerhana

$$\begin{aligned}
c &= H \times (Z \times \cos (G - J) - K \times \sin (G - J)) &= 0.956915827 \\
e &= (M1 \times 3.14159265358979 / 180) \times (-(V / 3600) \times \sin d + C \times \cos d) \\
&= 0.250656486 \\
f &= (M1 \times (U / 3600) \times \sin d - D1 \times c) \times 3.14159265358979 / 180 \\
&= -0.000247696 \\
g &= (((X1 / 3600) - e)^2 + ((Y1 / 3600) - f)^2)^{0.5} &= 0.345582357 \\
h &= S / 3600 - c \times (\tan^2 f / 3600) &= -0.011960713 \\
\text{Durasi (Mks)} &= \text{Absolut} (2 \times h) / g &= 0.069220623 \\
& &= 4m 9.2s
\end{aligned}$$

Magnitude Gerhana

$$\begin{aligned}
j &= R / 3600 - c \times (\tan f1 / 3600) &= 0.534115165 \\
\text{Mag} &= (j - h) / (j + h) &= 1.045812931
\end{aligned}$$

Lebar Gerhana

$$\begin{aligned}
a1 &= 6378.137 &= 6378.137 \\
u &= U / 3600 &= -0.088302435 \\
v &= V / 3600 &= 0.275691202 \\
w &= X1 / 3600 &= 0.5481665 \\
y &= Y1 / 3600 &= 0.1755788
\end{aligned}$$

$$k = (Z^2 + (u \times (w - e) + v \times (y - f))^2 / g^2)^{0.5} = 0.959068607$$

$$KM = (2 \times a1 \times \text{Absolut } h) / k + 0.5 = 159.585733 \text{ KM}$$

Data Sirkumtasi Gerhana Matahari

$$T0 = \text{dari tabel awamil} = 10$$

$$\text{Delta T} = \text{dari tabel awamil} = 80.5$$

$$B = B / 3600 = 0.340813044$$

$$A = A = 310.3868184$$

$$C = C = 432.2396362$$

$$D = D / 3600 = 0.575599189$$

$$T = T = 0.312474986$$

$$R = R / 3600 = 0.53860798$$

$$F = F = 0.996647141$$

Kontak Awal Penumbra

$$Wp = \text{Sin}^{-1} (B \times \text{Sin} (A - C) / (R+F)) = -10.86880231$$

$$tp = ((R + 1) \times \text{Cos } Wp) / D = 2.625103953$$

$$P1 = T0 + T - tp - \text{delta T} / 3600 = 7.665009922$$

$$= 07 : 39 : 54.04 \text{ UT}$$

Kontak Akhir Penumbra

$$P4 = T0 + T + tp - \text{delta T} / 3600 = 12.91521783$$

$$= 12 : 54 : 54.78 \text{ UT}$$

Kontak Awal Umbra

$$s' = L20 / 3600 = -0.00747$$

$$Wu = \text{Sin}^{-1} (B \times (A - C) / (s' + F)) = -17.01704671$$

$$tu = \text{Cos } Wu / D = 1.661256208$$

$$U1 = T0 + T - tu - \text{delta T} / 3600 = 8.628857667$$

$$= 08 : 37 : 43.89 \text{ UT}$$

Kontak Akhir Umbra

$$U4 = T0 + T + tu - \text{delta T} / 3600 = 11.95137008$$

$$= 11 : 57 : 04.93 \text{ UT}$$

Kontak Awal Total

$$Wc = \sin^{-1} (B \times (A - C)) = -16.82735586$$

$$ts = \cos Ws / D - 0.02721 = 1.6357204$$

$$U2 = T0 + T - ts - \text{delta } T / 3600 = 8.654393475$$

$$= 08 : 39 : 15.82 \text{ UT}$$

Kontak Akhir Total

$$U3 = T0 + T + ts - \text{delta } T / 3600 = 11.92583428$$

Kesimpulan:

Hari = Senin Pon

Tanggal = 20 Maret 2034 M

Tipe = Total

Puncak Gerhana = 10 : 17 : 24.41 UT

Magnitude = 1.045812931

Lintang = $16^{\circ}3.57'$ LU

Bujur = $22^{\circ}16.84'$ BT

Tinggi Matahari = 73.1°

Azimuth Matahari = 161.6°

Durasi Cincin = 4m 9.2s

Lebar Lintasan = 159.585733223138 KM

Awal Penumbra = 07 : 39 : 54.04 UT

Awal Umbra = 08 : 37 : 43.89 UT

Awal Total = 08 : 39 : 15.82 UT

Akhir Total = 11 : 55 : 33.00 UT

Akhir Umbra = 11 : 57 : 04.93 UT

Akhir Penumbra = 12 : 54 : 54.78 UT

Gerhana Matahari Geosentris Total-Cincin

Metode “*al-Natijah al-Mahshunah*”

Data yang diperlukan:

Tanggal = 25 November 2049

Data Awamil:

TGL	0	X	Y	D	M	L1	L2	tan f	delta t
54752	0	969.2604	973.7784	-20.82803	273.25433	1976.6052	10.458	0	92.9
TotalCincin	1	1993.9842	-185.13792	-0.0079	14.998259	-0.44208	-0.43992	17.05068	0
T0 6 UT	2	0.05904	0.46656	0.000006	0	-0.0432	-0.04284	16.96572	0

Kontak Puncak Gerhana

$$\begin{aligned}
 A &= \tan^{-1} (X0 / Y0) + 360 &&= 404.8667747 \\
 B &= (X0 \times X0 + Y0 \times Y0)^{0.5} &&= 1373.939626 \\
 C &= \tan^{-1} (X1 / Y1) + 360 &&= 95.30460377 \\
 D &= (X1 \times X1 + Y1 \times Y1)^{0.5} &&= 2002.560621 \\
 T &= -(B \times \cos (A - C)) / -0.00164 &&= -0.436981993 \\
 \text{Puncak gerhana (W)} &= T0 + T - \text{delta T} / 3600 &&= 5.537212452 \\
 &&&= 05 : 32 : 13.96 \text{ UT}
 \end{aligned}$$

Lokasi Lintang dan Bujur saat Puncak Gerhana

$$\begin{aligned}
 R &= L10 + L11 \times T + L12 \times T \times T &&= 1976.790132 \\
 S &= L20 + L21 \times T + L22 \times T \times T &&= 10.64205668 \\
 D &= D0 + D1 \times T &&= -20.82457784 \\
 M &= M0 + M1 \times T &&= 266.7003609 \\
 U &= X0 + X1 \times T + X2 \times T \times T &&= 7.93648507 \\
 V &= Y0 + Y1 \times T + Y2 \times T \times T &&= 1054.769428 \\
 F &= (1 - 0.0066944782 \times \cos D)^{0.5} &&= 0.996866516 \\
 G &= \tan^{-1} (\sin D / (\cos D \times 0.9966471400661)) &&= -20.88859862 \\
 H &= ((\sin D \times 0.9966471400661)^2 + (\cos D)^2)^{0.5} &&= 0.999576867 \\
 J &= \tan^{-1} (0.9966471400661 \times \sin D / \cos D) &&= -20.76071753 \\
 K &= (V / 3600) / F &&= 0.293912478
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z &= (1 - (U / 3600)^2 - K^2)^{0.5} &&= 0.955445114 \\
N &= \text{Sin}^{-1} (K \times \text{Cos } G + Z \times \text{Sin } G) &&= -3.788334472 \\
\text{Lintang tempat (P)} &= \text{Tan}^{-1} (1.003364139422 \times \text{Tan } N) &&= -3.80104166 \\
&&&= 3^{\circ}48.06' \text{ LS} \\
Q &= -K \times \text{Sin } G + Z \times \text{Cos } G &&= 0.997444017 \\
\text{Ha} &= 180 + (\text{Tan}^{-1} ((U / 3600) / Q)) &&= 361.5623145 \\
\text{Bujur tempat (L)} &= \text{Ha} - M + 0.004178 \times \text{delta } T + 0.043 &&= 95.29308979 \\
&&&= 95^{\circ}17.59' \text{ BT}
\end{aligned}$$

Tinggi Matahari dan Azimuth Matahari saat Puncak Gerhana

$$\begin{aligned}
\text{Tinggi (hm)} &= \text{Sin}^{-1} (\text{Sin } P \times \text{Sin } d + \text{Cos } P \times \text{Cos } d \times \text{Cos } \text{Ha}) \\
&&&= 72.90874567 \\
&&&= 72.9^{\circ} \\
\text{Azimuth (azm)} &= \text{Atan2}(\text{Cos } \text{HA} \times \text{Sin } P - \text{Tan } D \times \text{Cos } P, \text{Sin } \text{Ha}) + 180 \\
&&&= 184.9742637 \\
&&&= 185^{\circ}
\end{aligned}$$

Durasi Gerhana

$$\begin{aligned}
c &= H \times (Z \times \text{Cos } (G - J) - K \times \text{Sin } (G - J)) &&= 0.955694173 \\
e &= (M1 \times 3.14159265358979 / 180) \times (-(V / 3600) \times \text{Sin } d + C \times \text{Cos } d) \\
&&&= 0.261094317 \\
f &= (M1 \times (U / 3600) \times \text{Sin } d - D1 \times c) \times 3.14159265358979 / 180 \\
&&&= -0.002399912 \\
g &= (((X1 / 3600) - e)^2 + ((Y1 / 3600) - f)^2)^{0.5} &&= 0.296866579 \\
h &= S / 3600 - c \times (\text{Tanf}2 / 3600) &&= -0.001547773 \\
\text{Durasi (Mks)} &= \text{Absolut } (2 \times h) / g &&= 0.010427399 \\
&&&= 0\text{m } 37.5\text{s}
\end{aligned}$$

Magnitude Gerhana

$$\begin{aligned}
j &= R / 3600 - c \times (\text{Tanf}1 / 3600) &&= 0.544581916 \\
\text{Mag} &= (j - h) / (j + h) &&= 1.005700463
\end{aligned}$$

Lebar Gerhana

$$\begin{aligned}
a_1 &= 6378.137 & = 6378.137 \\
u &= U \times 3600 & = 0.027204579 \\
v &= V \times 3600 & = 0.292991508 \\
w &= X_1 \times 3600 & = 0.5538845 \\
y &= Y_1 \times 3600 & = -0.0514272 \\
k &= (Z^2 + (u \times (w - e) + v \times (y - f))^2 / g^2)^{0.5} & = 0.955688255 \\
KM &= (2 \times a_1 \times \text{Absolut } h) / k + 0.5 & = 21.159266 \text{ KM}
\end{aligned}$$

Data Sirkumtasi Gerhana Matahari

$$\begin{aligned}
T_0 &= \text{dari tabel awamil} & = 6 \\
\Delta T &= \text{dari tabel awamil} & = 92.9 \\
B &= B / 3600 & = 0.381649896 \\
A &= A & = 404.8667747 \\
C &= C & = 95.30460377 \\
D &= D / 3600 & = 0.556266839 \\
T &= T & = 0.436981993 \\
R &= R / 3600 & = 0.54910837 \\
F &= F & = 0.996866516
\end{aligned}$$

Kontak Awal Penumbra

$$\begin{aligned}
W_p &= \sin^{-1} (B \times \sin (A - C) / (R+F)) & = -10.97134309 \\
t_p &= ((R + 1) \times \cos W_p) / D & = 2.733929883 \\
P_1 &= T_0 + T - t_p - \Delta T / 3600 & = 2.803282569 \\
&& = 02 : 48 : 11.82 \text{ UT}
\end{aligned}$$

Kontak Akhir Penumbra

$$\begin{aligned}
P_4 &= T_0 + T + t_p - \Delta T / 3600 & = 8.271142335 \\
&& = 08 : 16 : 16.11 \text{ UT}
\end{aligned}$$

Kontak Awal Umbra

$$\begin{aligned}
s' &= L_{20} / 3600 & = 0.002905 \\
W_u &= \sin^{-1} (B \times (A - C) / (s' + F)) & = -17.11521307
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} tu &= \cos W_u / D &= 1.71808715 \\ U1 &= T_0 + T - tu - \Delta T / 3600 &= 3.819125302 \\ & &= 03 : 49 : 08.85 \text{ UT} \end{aligned}$$

Kontak Akhir Umbra

$$\begin{aligned} U4 &= T_0 + T + tu - \Delta T / 3600 &= 7.255299602 \\ & &= 07 : 15 : 19.08 \text{ UT} \end{aligned}$$

Kontak Awal Total

$$\begin{aligned} W_c &= \sin^{-1} (B \times (A - C)) &= -17.11118193 \\ ts &= \cos W_s / D - 0.02721 &= 1.690914368 \\ U2 &= T_0 + T - ts - \Delta T / 3600 &= 3.846298084 \\ & &= 03 : 50 : 46.67 \text{ UT} \end{aligned}$$

Kontak Akhir Total

$$\begin{aligned} U3 &= T_0 + T + ts - \Delta T / 3600 &= 7.22812682 \\ & &= 07 : 13 : 41.26 \text{ UT} \end{aligned}$$

Kesimpulan:

Hari	=	Kamis Pahing
Tanggal	=	25 November 2049 M
Tipe	=	Total-Cincin
Puncak Gerhana	=	05 : 32 : 13.96 UT
Magnitude	=	1.005700463
Lintang	=	3 ^o 48.06' LS
Bujur	=	95 ^o 17.59' BT
Tinggi Matahari	=	72.9 ^o
Azimuth Matahari	=	185 ^o
Durasi Cincin	=	0m 37.5s
Lebar Lintasan	=	21.1592655488813 KM
Awal Penumbra	=	02 : 48 : 11.82 UT
Awal Umbra	=	03 : 49 : 08.85 UT

Awal Total = 03 : 50 : 46.67 UT
 Akhir Total = 07 : 13 : 41.26 UT
 Akhir Umbra = 07 : 15 : 19.08 UT
 Akhir Penumbra = 08 : 16 : 16.11 UT

Gerhana Matahari *Toposentris* Sebagian Metode “NASA”

Section 3: Eclipse Predictions

Solar Eclipses visible from MAJT

Latitude: 6° 59' 04.42" S
 Longitude: 110° 26' 47.71" E
 Altitude: 95m
 Time Zone: 07:00 E

Calendar Date	Eclipse Type	Partial Eclipse Begins	Sun Alt	A or T Eclipse Begins	Maximum Eclipse	Sun Alt	Sun Azi	A or T Eclipse Ends	Partial Eclipse Ends	Sun Alt	Eclipse Mag.	Eclipse Obs.	A or T Eclipse Duration
2002-Jun-11	P	05:48(r)	0(r)	-	05:48(r)	0(r)	067	-	05:51:33	00	0.054(r)	0.015(r)	-
2002-Dec-04	P	16:01:06	23	-	16:16:43	19	249	-	16:32:06	16	0.025	0.005	-
2009-Jan-26	P	15:23:03	37	-	16:40:47	19	253	-	17:48:07	03	0.85	0.779	-
2010-Jan-15	P	14:57:36	42	-	15:21:52	36	249	-	15:45:19	31	0.034	0.007	-
2013-May-10	P	05:42(r)	0(r)	-	05:42(r)	0(r)	072	-	06:29:05	11	0.385(r)	0.265(r)	-
2016-Mar-09	P	06:20:35	08	-	07:23:56	24	092	-	08:36:13	42	0.874	0.849	-
2016-Sep-01	P	17:29:47	01	-	17:35(s)	0(s)	278	-	17:35(s)	0(s)	0.034(s)	0.007(s)	-
2019-Dec-26	P	10:55:15	71	-	12:48:04	67	224	-	14:29:59	46	0.756	0.685	-
2020-Jun-21	P	15:07:48	31	-	15:18:00	29	302	-	15:28:16	27	0.007	0.001	-
2023-Apr-20	P	09:28:46	53	-	10:50:28	68	032	-	12:17:25	69	0.6	0.506	-

Gerhana Matahari *Toposentris* Cincin Metode “NASA”

Section 3: Eclipse Predictions

Solar Eclipses visible from Kabupaten Kepulauan Meranti, Riau

Latitude: 1° 00' 02.47" N

Longitude: 102° 43' 32.46" E

Altitude: 4m

Time Zone: 07:00 E

Calendar Date	Eclipse Type	Partial Eclipse Begins	Sun Alt	A or T Eclipse Begins	Maximum Eclipse	Sun Alt	Sun Azi	A or T Eclipse Ends	Partial Eclipse Ends	Sun Alt	Eclipse Mag.	Eclipse Obs.	A or T Eclipse Duration
2009-Jan-26	P	15:28:33	40	-	16:48:45	22	249	-	17:57:43	05	0.791	0.712	-
2009-Jul-22	P	07:39:47	20	-	08:09:42	27	068	-	08:41:28	34	0.094	0.035	-
2010-Jan-15	P	14:05:48	56	-	15:24:22	39	241	-	16:31:51	24	0.342	0.222	-
2013-May-10	P	06:03(r)	0(r)	-	06:03(r)	0(r)	072	-	06:09:21	01	0.041(r)	0.01(r)	-
2016-Mar-09	P	06:22:37	01	-	07:22:50	16	095	-	08:31:14	33	0.897	0.878	-
2019-Dec-26	A	10:23:56	55	12:17:39	12:19:28	66	186	12:21:18	14:15:12	51	0.97	0.941	3m38s

Gerhana Matahari *Geosentris* Total

Metode "NASA"

Total Solar Eclipse of 2034 Mar 20

Geocentric Conjunction = 10:26:57.2 UT J.D. = 2464041.935384
 Greatest Eclipse = 10:17:17.5 UT J.D. = 2464041.928675

Eclipse Magnitude = 1.0458 Gamma = 0.2894

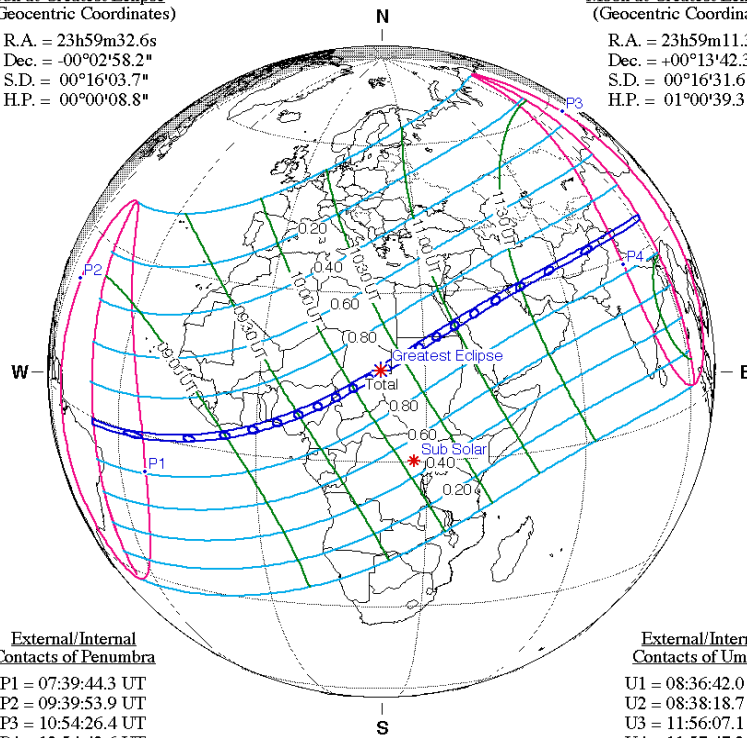
Saros Series = 130 Member = 53 of 73

Sun at Greatest Eclipse
(Geocentric Coordinates)

R.A. = 23h59m32.6s
 Dec. = -00°02'58.2"
 S.D. = 00°16'03.7"
 H.P. = 00°00'08.8"

Moon at Greatest Eclipse
(Geocentric Coordinates)

R.A. = 23h59m11.3s
 Dec. = +00°13'42.3"
 S.D. = 00°16'31.6"
 H.P. = 01°00'39.3"



External/Internal Contacts of Penumbra

P1 = 07:39:44.3 UT
 P2 = 09:39:53.9 UT
 P3 = 10:54:26.4 UT
 P4 = 12:54:42.6 UT

External/Internal Contacts of Umbra

U1 = 08:36:42.0 UT
 U2 = 08:38:18.7 UT
 U3 = 11:56:07.1 UT
 U4 = 11:57:47.2 UT

Local Circumstances at Greatest Eclipse

Lat. = 16°03.3'N Sun Alt. = 73.1°
 Long. = 022°16.1'E Sun Azm. = 161.6°
 Path Width = 159.1 km Duration = 04m09.3s

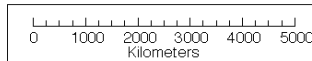
Ephemeris & Constants

Eph. = Newcomb/ILE
 $\Delta T = 92.2$ s
 $k_1 = 0.2724880$
 $k_2 = 0.2722810$
 $\Delta b = 0.0''$ $\Delta l = 0.0''$

Geocentric Libration
(Optical + Physical)

$l = -2.90^\circ$
 $b = -0.40^\circ$
 $c = -24.95^\circ$

Brown Lun. No. = 1376



F. Espenak, NASA's GSFC - Fri, Jul 2,
sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclipse.html

Gerhana Matahari *Geosentris* Total-Cincin

Metode "NASA"

Hybrid Solar Eclipse of 2049 Nov 25

Geocentric Conjunction = 05:29:02.1 UT J.D. = 2469770.728496

Greatest Eclipse = 05:31:59.5 UT J.D. = 2469770.730549

Eclipse Magnitude = 1.0057 Gamma = 0.2945

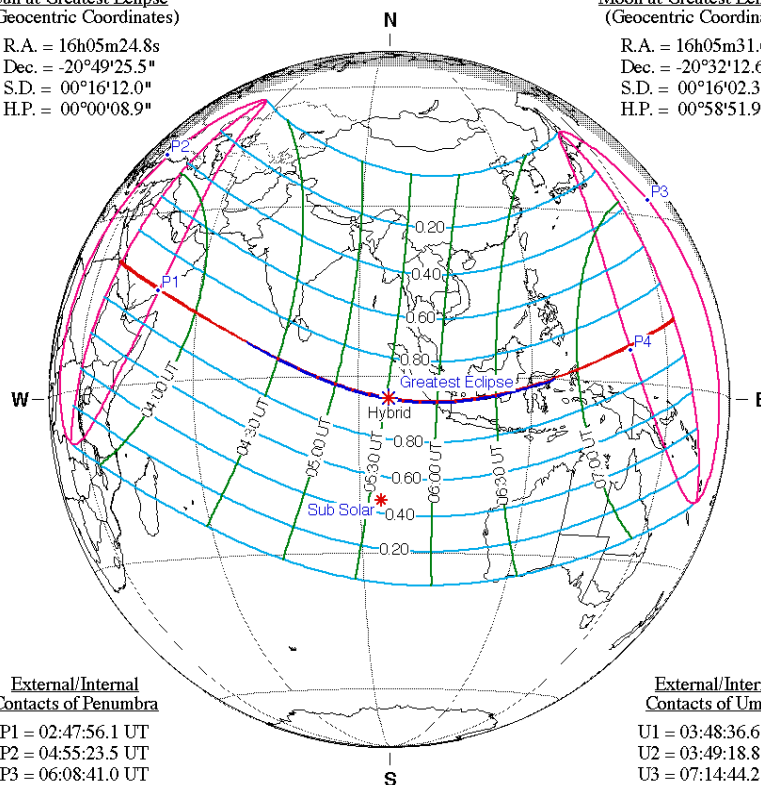
Saros Series = 143 Member = 25 of 72

Sun at Greatest Eclipse
(Geocentric Coordinates)

R.A. = 16h05m24.8s
Dec. = -20°49'25.5"
S.D. = 00°16'12.0"
H.P. = 00°00'08.9"

Moon at Greatest Eclipse
(Geocentric Coordinates)

R.A. = 16h05m31.6s
Dec. = -20°32'12.6"
S.D. = 00°16'02.3"
H.P. = 00°58'51.9"



External/Internal
Contacts of Penumbra

P1 = 02:47:56.1 UT
P2 = 04:55:23.5 UT
P3 = 06:08:41.0 UT
P4 = 08:15:58.6 UT

External/Internal
Contacts of Umbra

U1 = 03:48:36.6 UT
U2 = 03:49:18.8 UT
U3 = 07:14:44.2 UT
U4 = 07:15:21.1 UT

Local Circumstances at Greatest Eclipse

Lat. = 03°47.5'S Sun Alt. = 72.9°
Long. = 095°19.2'E Sun Azm. = 185.0°
Path Width = 20.7 km Duration = 00m37.6s

Ephemeris & Constants

Eph. = Newcomb/ILE
 $\Delta T = 111.0$ s
k1 = 0.2724880
k2 = 0.2722810
 $\Delta b = 0.0''$ $\Delta l = 0.0''$

Geocentric Libration
(Optical + Physical)

l = -4.45°
b = -0.34°
c = 12.51°

Brown Lun. No. = 1570



F. Espenak, NASA's GSFC - Fri, Jul 2,
sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclipse.html

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Muhammad Falih

Tempat/Tanggal Lahir : Kudus, 19 Dzulqo'dah 1417 H / 28 Maret 1997 M

Nama Orang Tua : Noor Hadi (Alm), Masri'ah

Alamat Rumah : Kalangan RT. 03 RW.03 Tenggeles, Mejobo, Kudus

No. HP : +6285728216576

Email : falih.mohammad31@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

1. Formal

- SD 2 Tenggeles
: Lulus tahun 2009
- MTs NU Tasywiquth Thullab Salafiyah Kudus
: Lulus tahun 2012
- MA NU Tasywiquth Thullab Salafiyah Kudus
: Lulus tahun 2015

2. Non Formal

- Madrasah Diniyah 'Ianatuth Tholibin
(tahun 2003-2009)

- Pondok Pesantren Raudlotul Jannah Kudus
(tahun 2014-2015)
- Pondok Pesantren Life Skill Daarun Najaah Kota Semarang
(tahun 2015 – sekarang)

Pengalaman Organisasi :

1. Sekretaris Buletin Al-Insert TBS Kudus
Periode 2014 - 2015.
2. Dapertemen PSDM CSSMoRA UIN Walisongo
Periode 2017 - 2018.
3. Reporter LPM Zanith CSSMoRA UIN Walisongo
Periode 2017 – 2018.
4. Anggota Komunitas Hompimpa Semarang
Periode 2017 – 2018.
5. Ikatan Siswa Abituren (IKSAB)
Periode 2015 – sekarang.
6. Keluarga Mahasiswa Kudus Semarang (KMKS)
Periode 2015 – sekarang.

Semarang, 25 Mei 2019

Muhammad Falih
1502046075