

STUDI KOMPARASI HISAB GERHANA BULAN 28 JULI 2018

(Antara Kitab Irsha>d Al-Muri>d dengan Astronomical Algorithms)

SKRIPSI

Oleh

Nur Fadhila

NIM. C98216028



UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL

FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM

JURUSAN HUKUM PERDATA ISLAM

PROGRAM STUDI ILMU FALAK

SURABAYA

2021

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Fadhila

NIM : C98216028

Fakultas/Jurusan/Prodi : Syariah dan Hukum/Hukum Perdata Islam/Ilmu Falak

Judul Skripsi : STUDI KOMPARASI HISAB GERHANA BULAN
28 JULI 2018 (Antara Kitab Irshād Al-Murīd dengan
Astronomical Algorithms)

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

Surabaya, 18 Agustus 2021

Saya yang menyatakan,



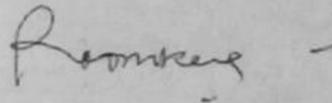
Nur Fadhila
NIM. C98216028

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi yang ditulis oleh Nur Fadhila NIM. C98216028 ini telah diperiksa dan disetujui untuk dimunaqasahkan.

Surabaya, 1 September 2021

Pembimbing,



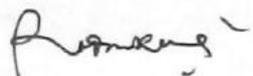
Drs. Akh. Mukarram, M.Hum
NIP. 195609231986031002

PENGESAHAN

Skripsi yang ditulis oleh Nur Fadhila NIM. C98216028 ini telah dipertahankan di depan sidang Majelis Munaqasah Skripsi Fakultas Syariah dan Hukum UIN Sunan Ampel pada hari Selasa, tanggal 16 November 2021, dan dapat diterima sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program sarjana strata satu dalam Ilmu Syariah.

Majelis Munaqasah Skripsi:

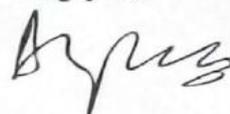
Penguji I,



Drs. H. Akh. Mukarram, M.Hum

NIP. 195609231986031002

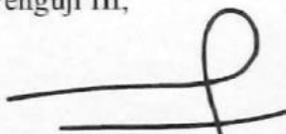
Penguji II,



Prof. Dr. H. Yasid, MA, LLM

NIP. 196710102006041001

Penguji III,



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

NIP.198608162015031003

Penguji IV,



Elly Uzrifatul Jannah, M.H

NIP. 199110032019032018

Surabaya, 16 November 2021

Mengesahkan,

Fakultas Syariah dan Hukum

Universitas Islam Negeri Sunan Ampel

Dekan,



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

NIP. 195904041988031003



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

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

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA
ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Nur Fadhila

Fakultas/Jurusan : Syariah dan Hukum/Ilmu Falak

E-mail address : fadhilanur1003@gmail.com

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

Skripsi Tesis Desertasi Lain-lain()
yang berjudul :

STUDI KOMPARASI HISAB GERHANA BULAN 28 JULI 2018

(Antara Kitab Irsha'd Al-Muri'd dengan Astronomical Algorithms)

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

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

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 16 Desember 2021
Penulis

(Nur Fadhila)

ABSTRAK

Skripsi ini adalah hasil penelitian pustaka untuk menjawab pertanyaan bagaimana perbandingan hasil hisab gerhana Bulan 28 Juli 2018 antara kitab *Irshad Al-Muri* dengan *Astronomical Algorithms* dan apa faktor penyebab perbedaan hasil hisab gerhana Bulan 28 Juli 2018 antara kitab *Irshad Al-Muri* dengan *Astronomical Algorithms*.

Peneliti dalam penyusunan skripsi ini, menggunakan jenis penelitian komparatif menggunakan pendekatan kualitatif. Data primer yang digunakan ialah kitab *Irshad Al-Muri* karya KH. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah serta buku *Astronomical Algorithms* karya Jean Meeus. Sedangkan untuk sumber sekunder yang digunakan ialah buku, karya tulis, kitab fikih, video, serta situs web yang berkaitan gerhana Bulan. Metode pengumpulan data yang digunakan ialah teknik dokumentasi serta teknik perhitungan. Dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan data langkah-langkah hisab gerhana Bulan dalam kitab *Irshad Al-Muri* dan *Astronomical Algorithms*, serta data lain berkenaan dengan gerhana Bulan. Sedangkan teknik perhitungan, dilakukan untuk mendapatkan hasil hisab dari data langkah-langkah hisab dalam kitab *Irshad Al-Muri* dan buku *Astronomical Algorithms* yang telah dihimpun sebelumnya. Untuk teknik analisis data dalam penelitian ini dibagi menjadi empat tahap, yakni: 1) Tahap pengumpulan data gerhana Bulan, 2) Tahap penghitungan gerhana Bulan (28 Juli 2018), 3) Tahap perbandingan hasil hisab gerhana Bulan (28 Juli 2018), dan 4) Tahap pengambilan kesimpulan.

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa antara hisab gerhana Bulan menggunakan kitab *Irshad Al-Muri* dengan *Astronomical Algorithms* yang lebih akurat dalam perbandingan dengan perhitungan gerhana Bulan NASA dan hasil pengamatan oleh Observatorium Bosscha ialah hisab menggunakan kitab *Irshad Al-Muri*. Meskipun sebenarnya ada beberapa bagian yang menyatakan bahwa penggunaan hisab *Astronomical Algorithms* lebih akurat, namun berdasarkan selisih dari keseluruhan perhitungan kitab *Irshad Al-Muri* memiliki hasil yang selisihnya lebih kecil dibandingkan hasil hisab *Astronomical Algorithms*. Selisih terbesar untuk Kitab *Irshad Al-Muri* ialah sekitar 2,5 menit, sedangkan untuk *Astronomical Algorithms* selisih terbesarnya bisa mencapai 13 menit. Selain itu, perbandingan hasil hisab antara kitab *Irshad Al-Muri* dengan *Astronomical Algorithms* sendiri diakibatkan oleh faktor input tanggal yang berbeda, serta perbedaan detail rumus yang digunakan. Hal tersebut menjadi alasan keduanya memiliki beberapa hasil hisab yang berbeda meskipun kitab *Irshad Al-Muri* merupakan pengembangan dari *Astronomical Algorithms*.

Dalam melakukan proses perhitungan dianjurkan untuk menggunakan pemrograman (kalkulator maupun komputer) untuk memudahkan proses perhitungan, serta mengurangi resiko kesalahan penghitungan. Pemrograman tersebut juga dapat digunakan kembali untuk menghitung gerhana Bulan pada tanggal lainnya. Selain itu, dalam proses perhitungan juga dibutuhkan ketelitian.

DAFTAR ISI

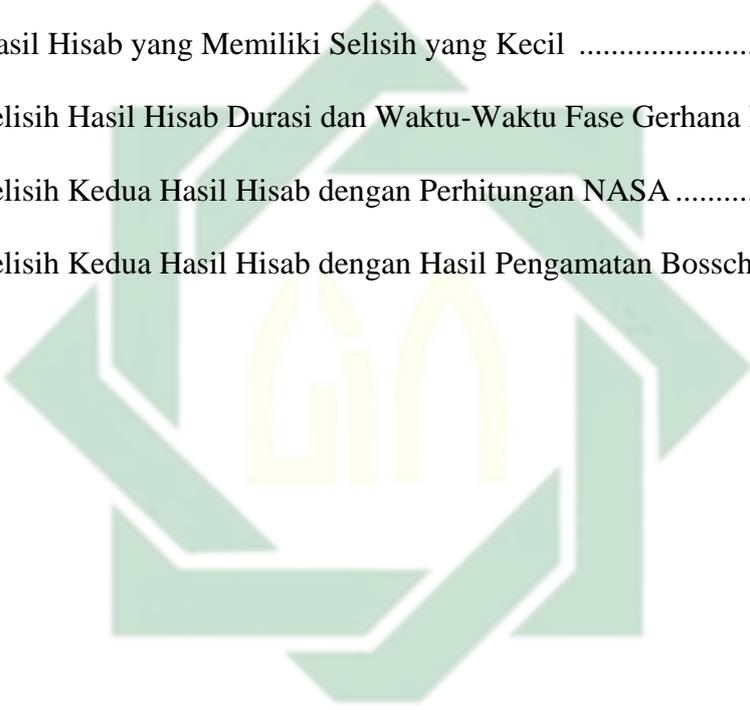
	Halaman
SAMPUL DALAM.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	iii
PENGESAHAN	iv
LEMBAR PUBLIKASI	v
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TRANSLITERASI.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi dan Batasan Masalah	9
C. Rumusan Masalah.....	10
D. Kajian Pustaka	10
E. Tujuan Penelitian	13
F. Kegunaan Hasil Penelitian.....	13
G. Definisi Operasional	13
H. Metode Penelitian	14
I. Sistematika Pembahasan.....	17
BAB II TINJAUAN UMUM GERHANA BULAN	18
A. Pengertian Gerhana Bulan	18
B. Faktor Terjadinya Gerhana Bulan	19
C. Ayat dan Hadis Tentang Gerhana.....	26
D. Jenis-Jenis Gerhana Bulan.....	32
E. Kontak dan Fase Gerhana Bulan	35
F. Periode Saros	37

BAB III	METODE HISAB GERHANA BULAN DALAM KITAB IRSHA>D AL-MURI>D DAN ASTRONOMICAL ALGORITHMS	41
	A. Biografi Penulis Kitab Irsha>d Al-Muri>d.....	41
	B. Gambaran Umum Tentang Kitab Irsha>d Al-Muri>d....	44
	C. Biografi Penulis Buku Astronomical Algorithms.....	46
	D. Gambaran Umum Buku Astronomical Algorithms	47
	E. Hisab Gerhana Bulan Kitab Irsha>d Al-Muri>d dan Astronomical Algorithms	48
BAB IV	ANALISIS TERHADAP KOMPARASI HISAB GERHANA BULAN 28 JULI 2018 ANTARA KITAB IRSHA>D AL-MURI>D DAN ASTRONOMICAL ALGORITHMS	68
	A. Perhitungan dan Uji Komparasi Gerhana Bulan Dalam Kitab Irsha>d Al-Muri>d dan Astronomical Algorithms	68
	B. Penyebab Perbedaan Hasil Hisab Gerhana Bulan 28 Juli 2018 antara Kitab Irsha>d Al-Muri>d dengan Astronomical Algorithms	92
BAB V	PENUTUP	99
	A. Kesimpulan	99
	B. Saran	100
DAFTAR PUSTAKA	102

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Menentukan Pasaran	58
3.2 Menentukan Hari.....	59
4.1 Hasil Hisab yang Berbeda Jauh.....	87
4.2 Hasil Hisab yang Sama	88
4.3 Hasil Hisab yang Memiliki Selisih yang Kecil	88
4.4 Selisih Hasil Hisab Durasi dan Waktu-Waktu Fase Gerhana Bulan	89
4.5 Selisih Kedua Hasil Hisab dengan Perhitungan NASA	90
4.6 Selisih Kedua Hasil Hisab dengan Hasil Pengamatan Bosscha.....	93

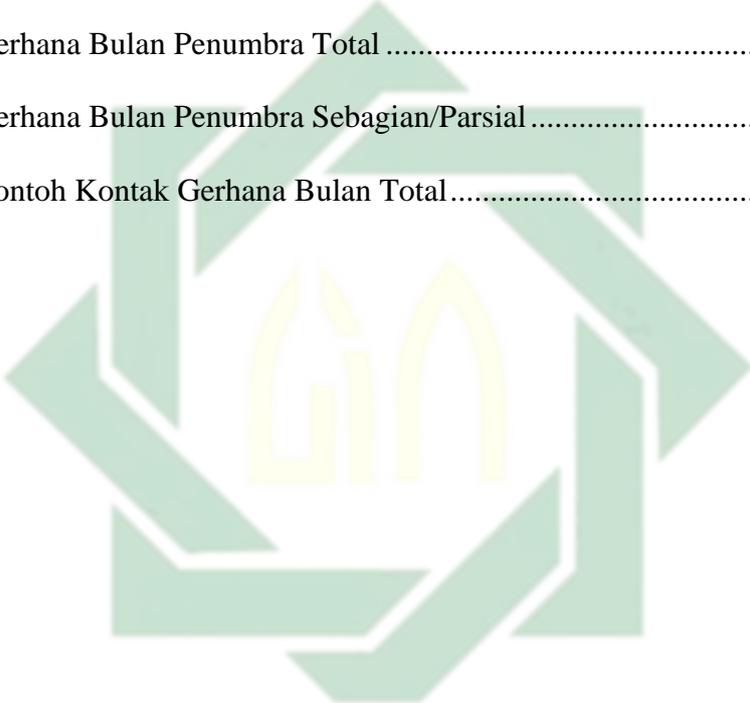


 UIN SUNAN AMPEL
 S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
--------	---------

2.1	Bulan Sideris	26
2.2	Bulan Sinodis	26
2.3	Orbit Bumi dan Bulan	28
2.4	Gerhana Bulan Total	34
2.5	Gerhana Bulan Sebagian/Parsial	35
2.6	Gerhana Bulan Penumbra Total	36
2.7	Gerhana Bulan Penumbra Sebagian/Parsial	36
2.8	Contoh Kontak Gerhana Bulan Total	38



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TRANSLITERASI

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

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Gerhana merupakan salah satu fenomena alam yang menarik untuk disaksikan. Tidak hanya dari kalangan ahli astronomi saja, tapi masyarakat umum pun banyak yang tertarik dengan fenomena ini. Namun berbeda dengan saat ini, zaman dahulu justru masyarakat banyak yang takut dengan fenomena gerhana.

Pada zaman dahulu, banyak mitos yang beredar di masyarakat berkaitan dengan gerhana. Seperti raksasa besar (*Buto*) yang berusaha menelan Matahari, sehingga terjadilah gerhana Matahari. Kemudian, agar raksasa itu memuntahkan kembali Matahari yang ditelannya, masyarakat diperintah untuk menabuh berbagai alat seperti kentongan, bedug, bambu, dan bunyi-bunyian lain.¹ Selain itu, masyarakat meyakini bahwa wanita hamil diharuskan bersembunyi di bawah tempat tidur atau bangku, agar ketika lahir bayi yang sedang dikandungnya tidak dalam keadaan cacat (wajahnya hitam sebelah).² Sedangkan gerhana Bulan dianggap sebagai pertanda datangnya bencana atau *bala*.³ Selain itu, masih banyak lagi mitos serta kebiasaan lain yang dilakukan masyarakat dari daerah maupun negara berbeda ketika terjadi gerhana.

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

² *Ibid.*, 85.

³ *Ibid.*, 86.

Pada masa Rasulullah saw. juga pernah terjadi gerhana. Pada masa Rasulullah Saw., masyarakat beranggapan bahwa terjadinya gerhana adalah sebab kematian seseorang, sebab terjadinya gerhana Matahari saat itu bersamaan dengan wafatnya Ibrahim (putra Rasulullah Saw.). Namun, hal tersebut tidak dibenarkan oleh Rasulullah Saw. Salah satu hadis yang menceritakan tentang peristiwa ini ialah HR. Bukhari Nomor 1043 sebagai berikut.

عَنِ الْمُغِيرَةِ بْنِ شُعْبَةَ قَالَ: كَسَفَتِ الشَّمْسُ عَلَى عَهْدِ رَسُولِ اللَّهِ ﷺ يَوْمَ مَاتَ إِبْرَاهِيمُ فَقَالَ النَّاسُ: كَسَفَتِ الشَّمْسُ لِمَوْتِ إِبْرَاهِيمَ، فَقَالَ: رَسُولُ اللَّهِ ﷺ: إِنَّ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ لَا يَنْكَسِفَانِ لِمَوْتِ أَحَدٍ وَلَا لِحَيَاتِهِ، فَإِذَا رَأَيْتُمْ فَصَلُّوا وَادْعُوا اللَّهَ. (رواه البخاري)⁴

Al Mughirah bin Syu'bah berkata, "Terjadi gerhana Matahari pada masa Rasulullah pada hari meninggalnya Ibrahim. Orang mengatakan: Matahari gerhana karena meninggalnya Ibrahim. Lalu Rasulullah bersabda: Sesungguhnya Matahari dan Bulan tidak gerhana karena meninggal atau hidupnya seseorang. Apabila kamu melihatnya, maka salatlah (gerhana) dan berdoalah kepada Allah." (HR. Bukhari)⁵

Dari hadis di atas dapat diketahui bahwa anggapan tentang gerhana yang terjadi karena meninggalnya seseorang adalah tidak benar adanya. Karena sesungguhnya fenomena gerhana ialah salah satu dari tanda-tanda kebesaran Allah Swt. Fenomena gerhana merupakan tanda-tanda dari Allah Swt. untuk menakut-nakuti hamba-Nya, sehingga apabila melihat sesuatu dari gerhana

⁴ Abu Abdillah Muhammad bin Ismail Al-Bukhari, *Shahih al-Bukhari* (Beirut: Dar Ibnu al-Katsir, 2002), 253.

⁵ M. Nashiruddin al-Albani, *Ringkasan Shahih Bukhari*, As'ad Yasin dan Elly Latifa, Jilid 1 (Jakarta: Gema Insani Press, 2003), 349.

umat Islam diajarkan untuk merasa takut dan segera berzikir dan memohon ampun atas segala khilaf dan dosa kepada Allah Swt.⁶

Mitos-mitos terkait gerhana berkembang dari rasa ingin tahu masyarakat, namun karena terbatasnya perkembangan ilmu dan teknologi pada saat itu menjadikan masyarakat percaya dengan mitos. Namun, hal inilah yang menjadi awal perkembangan pengetahuan manusia. Terbukti dengan perkembangan pengetahuan dan teknologi saat ini yang telah berhasil menyikap gerhana secara detail dan eksplisit.⁷

Perkembangan-perkembangan tersebut tentunya tidak luput dari peran para ilmuwan dan astronom. Salah satunya ialah seorang astronom muslim sekaligus ahli matematika bernama Abu Ja'far Muhammad Ibn Musa al-Khawarizmi atau biasa dikenal sebagai al-Khawarizmi (780-850 M).⁸

Beliau merupakan pelopor penggunaan angka nol dalam ilmu hitung, yang kemudian metodenya dikenal sebagai *algoritma*. Beliau juga merupakan orang pertama yang menggunakan konsep *sinus* untuk mempermudah perhitungan Ptolemeus yang menggunakan konsep busur. Karya populer milik beliau ialah Kitab *al-Mukhtasar fi Hisab al-Jabr wa al-Muqabalah* (Kalkulasi Integral dan Persamaan). Karya ini banyak mempengaruhi pemikir Eropa, bahkan kitab ini sampai diterjemahkan ke dalam bahasa Latin (*Liber Algebras et Almucabola*) pada tahun 1140 M/535

⁶ Muhammad Hadi Bashori, *Pengantar Ilmu Falak: Pedoman Lengkap Tentang Teori dan Praktik Hisab, Arah Kiblat, Waktu Salat, Awal Bulan Qamariah & Gerhana* (Jakarta: Pustaka Al-Kautsar, 2015), 238-239.

⁷ Muhammad Hadi Bashori, *Pengantar Ilmu Falak...*, 238.

⁸ Akh. Mukarram, *Ilmu Falak: Dasar-Dasar Hisab Praktis* (Sidoarjo: Grafika Media, 2012), 8.

H oleh Robert Chester. Di dunia Barat, al-Khawarizmi dikenal dengan nama Algorism.⁹

Peristiwa gerhana sendiri dapat diartikan berkurangnya ketampakan benda atau hilangnya benda dari pandangan sebagai akibat masuknya benda tersebut ke dalam bayangan yang dibentuk oleh benda lain.¹⁰ Ada dua jenis gerhana, yakni gerhana Matahari dan gerhana Bulan. Dalam bahasa Arab, untuk menyebut gerhana Matahari biasa digunakan kata '*Kusuf*'. Sedangkan untuk menyebut gerhana Bulan biasa menggunakan kata '*Khusuf*'.¹¹

Gerhana Bulan ialah peristiwa dimana saat itu posisi Matahari, bumi, dan Bulan berada pada satu garis lurus. Sehingga Bulan masuk ke dalam bayangan yang dibentuk bumi. Gerhana Bulan memiliki 2 jenis, yakni gerhana Bulan total dan sebagian (parsial). Salah satu gerhana Bulan total yang pernah terjadi di Indonesia ialah pada tanggal 28 Juli 2018. Gerhana Bulan pada tanggal ini merupakan gerhana Bulan total terlama yang pernah terjadi. Sedangkan salah satu gerhana Bulan sebagian atau parsial yang pernah terjadi di Indonesia ialah pada tanggal 17 Juli 2019. Selain gerhana Bulan total dan parsial, ada pula gerhana Bulan penumbra. Namun, gerhana Bulan penumbra tidak terdeteksi secara visual karena Bulan hanya melewati wilayah penumbra bumi, kecuali magnitudonya sebesar 0,7.¹²

⁹ Ibid.

¹⁰ Departemen Pendidikan Nasional, Kamus Besar Bahasa Indonesia Edisi IV (Jakarta: Pusat Bahasa, 2008), 471.

¹¹ Muhyidin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik: Perhitungan Arah kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan dan Gerhana* (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005), 185.

¹² Miftach Rizcha Afifi, "Akurasi Perhitungan Gerhana Bulan Menurut Jean Meeus Menggunakan Software Matlab" (Skripsi—UIN Sunan Ampel, Surabaya, 2019), 31.

Gerhana Bulan dapat terjadi sebanyak 2 sampai 3 kali dalam setahun, namun dapat juga tidak terjadi gerhana Bulan sama sekali dalam setahun. Berbeda dengan gerhana Matahari yang hanya dapat disaksikan dari tempat-tempat tertentu yang dilewatinya saja, gerhana Bulan dapat disaksikan oleh seluruh penduduk bumi yang menghadap Bulan.¹³

Persoalan gerhana tidak serumit persoalan penentuan awal Bulan Kamariyah, waktu salat, maupun arah kiblat karena, persoalan gerhana tidak begitu mengundang perdebatan dan perselisihan.¹⁴ Walaupun begitu, gerhana tetaplah fenomena alam yang patut kita cermati karena bernilai ibadah seperti yang dijelaskan dalam hadis sebelumnya. Yang dimaksud dengan ibadah disini contohnya, salat gerhana. Selain salat, ketika gerhana berlangsung dianjurkan pula untuk memperbanyak berdoa, berzikir, serta bersedekah. Untuk melaksanakan ibadah-ibadah yang dianjurkan selama gerhana berlangsung, kita perlu mengetahui waktu terjadinya gerhana tersebut.

Untuk mengetahui waktu terjadinya gerhana dapat dilakukan dengan hisab atau perhitungan. Hisab gerhana biasanya dapat kita temui di dalam buku astronomi dan kitab ilmu falak. Saat ini, jumlah kitab ataupun buku yang membahas tentang hisab gerhana telah banyak dijumpai. Metode yang digunakan juga beragam, mulai dari hisab *urfi*, hisab *hakiki takribi*, hisab *hakiki tahkiki*, hingga hisab *hakiki* kontemporer.¹⁵

¹³ Muhyidin Khazin, *Ilmu Falak...*, 186.

¹⁴ Khotibul Umam, "Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari dalam Kitab Irsyâd Al-Murid" (Skripsi—UIN Walisongo, Semarang, 2014), 1.

¹⁵ *Ibid.*, 3.

Hisab *urfi* didasarkan pada kaidah-kaidah umum dari gerak atau perjalanan Bulan mengelilingi Bumi dalam satu bulan sinodis (satu masa dari ijtimak). Sistem perhitungannya menggunakan bilangan tetap yang tidak pernah berubah. Dinamakan hisab *urfi* karena perhitungannya didasarkan pada kaidah-kaidah tradisional yang didasarkan pada garis-garis besarnya saja. Terkadang hasil perhitungannya berbeda dengan hasil perhitungan hisab *hakiki*.¹⁶

Hisab *hakiki* ialah sistem hisab yang didasarkan pada peredaran Bulan dan Bumi yang sebenarnya. Hisab *hakiki* dibagi menjadi 3, yaitu:

1. Hisab *hakiki takribi*, merupakan hasil pengamatan berupa data yang disusun dan dikumpulkan oleh Ulugh Beyk As-Syamarkand (wafat 1420 M) yang didasarkan pada teori Geosentris. Sesuai dengan namanya hasilnya baru mendekati kebenaran, sistemnya sangat sederhana dan dapat dihitung tanpa kalkulator dan komputer, karena sistem perhitungannya kebanyakan hanya menambah dan mengurangi belum menggunakan rumus-rumus segitiga bola.¹⁷
2. Hisab *hakiki tahkiki*, merupakan lanjutan dari hisab *hakiki takribi*. Proses perhitungan dalam hisab *hakiki tahkiki* berdasarkan data astronomis yang diolah dengan *Spherical trigonometri* (ilmu ukur segitiga bola) dengan koreksi-koreksi gerak Bulan maupun Matahari

¹⁶ Jafar Shodiq, “Studi Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari Menurut Rinto Anugraha dalam Buku Mekanika Benda Langit” (Skripsi—UIN Walisongo, Semarang, 2016), 72.

¹⁷ Ibid., 73.

yang sangat teliti. Dalam penyelesaiannya dibutuhkan alat-alat perhitungan seperti kalkulator atau komputer.

3. Hisab *hakiki* kontemporer, merupakan lanjutan dari hisab *hakiki tahkiki* yang diprogram dalam komputer yang sudah disesuaikan dengan perkembangan ataupun temuan-temuan baru. Sekarang, metode ini adalah metode yang paling menonjol dan paling banyak digunakan oleh para ahli falak. Hisab *hakiki* kontemporer ada yang berbentuk data tabel, seperti Astronomical Almanac dan Ephemeris. Ada pula yang berbentuk program komputer seperti Mawaqit karya Ing Hafidz dan Accurate Time karya Muhammad Odeh.¹⁸

Dari pengertian macam-macam metode hisab di atas, dapat dilihat bahwa metode hisab yang paling akurat untuk digunakan ialah metode hisab *hakiki* kontemporer. Dimana metode tersebut dilakukan dengan cermat, rumus-rumus yang digunakan lebih banyak menggunakan rumus-rumus segitiga bola, serta proses yang dilalui tidak sedikit. Karena itu, dapat dihasilkan data yang valid untuk diterapkan.¹⁹

Ada beberapa buku maupun kitab yang membahas tentang hisab gerhana Bulan yang telah menggunakan metode hisab *hakiki* kontemporer. Salah satunya ialah Astronomical Algorithms karya Jean Meeus. Data yang disajikan dalam Astronomical Algorithms merupakan data yang diambil dari observasi secara langsung, tentu dengan bantuan teknologi modern, sehingga

¹⁸ Ibid., 74-75.

¹⁹ Wahyu Fitria, “Studi Komparatif Hisab Gerhana Bulan Dalam Kitab Al-Khulashah Al-Waffiyah dan Ephemeris” (Skripsi—IAIN Walisongo, Semarang, 2011), 11.

memberikan berbagai data pergerakan benda-benda langit dengan sangat lengkap dan detail.²⁰

Selain *Astronomical Algorithms*, ada pula kitab *Irshad Al-Murid* karya KH. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah. Kitab ini disusun dalam bahasa Arab yang masih cukup mudah dipahami oleh kalangan masyarakat. Kitab ini merupakan pengembangan dari Buku *Astronomical Algorithms* karya Jean Meeus. Walaupun begitu, tidak semua isi dari kitab ini bersumber dari buku tersebut, namun juga berisikan pemikiran murni dari KH. Ahmad Ghozali sendiri.²¹ Dan walaupun kitab *Irshad Al-Murid* merupakan pengembangan dari *Astronomical Algorithms*, hasil perhitungan dari keduanya ternyata memiliki perbedaan.

Dalam perhitungan atau hisab, perbedaan hasil antara kitab atau buku satu dengan lain sudah biasa ditemui. Perbedaannya juga beragam, ada yang hanya berselisih beberapa detik, ada pula yang memiliki selisih hingga beberapa menit. Namun, ada pula yang hasilnya sama, atau tidak memiliki selisih.

Walaupun beberapa perhitungan memiliki selisih yang kecil, kita pasti ingin tahu mana hasil hisab yang lebih akurat. Untuk itu, perlu adanya studi komparasi atau perbandingan antara hisab dari kitab atau buku satu dengan yang lain. Dan untuk membuktikan keakuratan hasil hisab tersebut, kita perlu mencocokkannya dengan hasil di lapangan. Perbedaan pada hasil hisab juga

²⁰ Restu Trisna Wardani, "Studi Komparatif Kitab *Al-Durr Al-Aniq* Dengan *Astronomical Algorithms* Jean Meeus Dalam Penentuan Awal Bulan Kamariah" (Skripsi—UIN Walisongo, Semarang, 2018), 125.

²¹ Khotibul Umam, "Analisis Metode...", 52.

pastinya memiliki penyebab. Entah itu disebabkan oleh metode hisab yang berbeda, algoritma perhitungan yang berbeda, atau karena perbedaan lainnya.

Dari uraian di atas, peneliti tertarik untuk mengangkat penelitian dengan judul “Studi Komparasi Hisab Gerhana Bulan 28 Juli 2018 (Antara Kitab *Irshad Al-Murid* dengan *Astronomical Algorithms*)”. Tanggal 28 Juli 2018 dipilih peneliti karena, gerhana Bulan pada tanggal tersebut merupakan gerhana Bulan total dengan durasi terlama yang pernah terjadi. Selain itu, gerhana Bulan pada tanggal tersebut dapat disaksikan di Indonesia.

B. Identifikasi dan Batasan Masalah

1. Identifikasi masalah

Identifikasi masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Penentuan waktu pelaksanaan salat gerhana Bulan.
- b. Perbedaan metode hisab gerhana Bulan.
- c. Hisab gerhana Bulan dalam kitab *Irshad Al-Murid*.
- d. Hisab gerhana Bulan dalam Buku *Astronomical Algorithms*.
- e. Perbandingan hasil hisab gerhana Bulan antara kitab satu dengan yang lain.
- f. Penyebab perbedaan hasil hisab gerhana Bulan.

2. Batasan masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Perbandingan hasil hisab gerhana Bulan antara metode kitab *Irshad Al-Murid* dengan *Astronomical Algorithms*.

- b. Penyebab perbedaan hasil hisab gerhana Bulan antara metode Kitab *Irshad Al-Muri* dengan *Astronomical Algorithms*.

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana perbandingan hasil hisab gerhana Bulan 28 Juli 2018 antara kitab *Irshad Al-Muri* dengan *Astronomical Algorithms*?
2. Apa faktor penyebab perbedaan hasil hisab gerhana Bulan 28 Juli 2018 antara kitab *Irshad Al-Muri* dengan *Astronomical Algorithms*?

D. Kajian Pustaka

Gerhana merupakan salah satu fenomena alam yang menarik untuk disaksikan. Tidak hanya dari kalangan ahli astronomi saja, tapi masyarakat umum pun banyak yang tertarik dengan fenomena ini. Selain itu, dalam peristiwa gerhana juga terdapat nilai ibadah. Salah satu diantaranya ialah salat gerhana. Untuk melaksanakan ibadah tersebut tentu saja harus mengetahui waktu serta lama terjadinya gerhana.

Sampai saat ini, sudah banyak hisab gerhana yang ditulis oleh para tokoh falakiah dan astronomi dalam bentuk kitab atau buku. Masing-masing kitab atau buku memiliki metode hisab yang tidak selalu sama. Ada beberapa yang memiliki metode hisab yang sama, namun hal itu tidak menjadikan hasil hisabnya sama.

Berikut beberapa penelitian yang membahas tentang perhitungan gerhana yang peneliti ketahui, diantaranya:

Pertama, skripsi yang ditulis Wahyu Fitria, mahasiswa Konsentrasi Ilmu Falak jurusan *Ahwal Al-Syakhsiyah* IAIN Walisongo Semarang pada tahun 2011, dengan judul “Studi Komparatif Hisab Gerhana Bulan dalam Kitab *Al-Khulashah al-Wafiyah* dan Ephemeris”. Persamaan penelitian ini dengan penelitian peneliti ialah sama-sama membahas studi komparasi hisab gerhana Bulan. Sedangkan perbedaannya ada pada metode yang dibandingkan.

Kedua, skripsi yang ditulis Sukarni, mahasiswa jurusan Ilmu Falak IAIN Walisongo Semarang pada tahun 2014, dengan judul “Metode Hisab Gerhana Bulan Ahmad Ghozali dalam Kitab *Irsyâd Al-Murîd*”. Persamaan penelitian ini dengan penelitian peneliti ialah sama-sama membahas hisab gerhana Bulan dalam kitab *Irshad Al-Murid*. Perbedaannya, penelitian ini membahas tentang analisis metode hisab. Sedangkan penelitian peneliti membahas tentang komparasi atau perbandingan hasil hisab serta metode antara kitab *Irshad Al-Murid* dengan buku *Astronomical Algorithms*.

Ketiga, skripsi yang ditulis Miftach Rizcha Afifi, mahasiswa program studi Ilmu Falak UIN Sunan Ampel Surabaya pada tahun 2019, dengan judul “Akurasi Perhitungan Gerhana Bulan Menurut Jean Meeus Menggunakan *Software Matlab*”. Persamaan penelitian ini dengan penelitian peneliti ialah sama-sama membahas perhitungan gerhana Bulan dalam Buku *Astronomical Algorithms* karya Jean Meeus. Perbedaannya, penelitian membahas tentang akurasi perhitungan menggunakan *Software Matlab*. Sedangkan penelitian peneliti membahas tentang komparasi atau perbandingan hasil hisab serta

metode antara buku *Astronomical Algorithms* karya Jean Meeus dengan kitab *Irshad Al-Murid*.

Keempat, skripsi yang ditulis oleh Muhammad Mundhir, mahasiswa program studi Ilmu Falak UIN Walisongo Semarang pada tahun 2020, dengan judul “Analisis Hisab Gerhana Bulan Kitab *Tazkirah al-Ikhwan fi Ba’di al-Tawarikh wa al-A’mal al-Falakiyyah*”. Persamaan penelitian ini dengan penelitian peneliti ialah sama-sama membahas tentang hisab gerhana Bulan. Perbedaannya, yang dibahas dalam penelitian ini ialah mengenai analisis bukan komparasi seperti dalam penelitian peneliti. Selain itu, kitab yang digunakan juga berbeda. Penelitian ini menggunakan Kitab *Tazkirah al-Ikhwan fi Ba’di al-Tawarikh wa al-A’mal al-Falakiyyah*, sedangkan penelitian peneliti menggunakan Kitab *Irshad Al-Murid*.

Kelima, skripsi yang ditulis oleh Rizqi Rauhillahi, mahasiswa program studi Ilmu Falak UIN Walisongo Semarang pada tahun 2019, dengan judul “Analisis Metode Hisab Gerhana Bulan dalam Kitab *Tibyanul Murid ‘Ala Zijil Jadid* Karya Ali Mustofa”. Persamaan penelitian ini dengan penelitian peneliti ialah sama-sama membahas tentang hisab gerhana Bulan. Perbedaannya, yang dibahas dalam penelitian ini ialah mengenai analisis bukan komparasi seperti dalam penelitian peneliti. Selain itu, kitab yang digunakan juga berbeda. Penelitian ini menggunakan Kitab *Tibyanul Murid ‘Ala Zijil Jadid* Karya Ali Mustofa, sedangkan penelitian peneliti menggunakan Kitab *Irshad Al-Murid*.

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui perbedaan atau selisih hasil hisab gerhana Bulan pada tanggal 28 Juli 2018 antara kitab *Irshad Al-Murid* dengan *Astronomical Algorithms*.
2. Untuk mengetahui penyebab perbedaan hasil hisab gerhana Bulan pada tanggal 28 Juli 2018 antara kitab *Irshad Al-Murid* dengan *Astronomical Algorithms*.

F. Kegunaan Hasil Penelitian

Kegunaan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bermanfaat untuk meningkatkan pemahaman terhadap perhitungan gerhana Bulan dalam kitab *Irshad Al-Murid* dan buku *Astronomical Algorithms*.
2. Bermanfaat untuk mengetahui mana perhitungan gerhana Bulan yang lebih akurat antara kitab *Irshad Al-Murid* dan *Astronomical Algorithms*.
3. Bermanfaat untuk mengetahui perbedaan dalam hisab gerhana Bulan antara kitab *Irshad Al-Murid* dan *Astronomical Algorithms*.
4. Bermanfaat sebagai rujukan karya ilmiah atau penelitian-penelitian lain yang berkaitan dengan gerhana Bulan.

G. Definisi Operasional

Agar tidak menimbulkan salah penafsiran terhadap penelitian ini, maka peneliti akan menjelaskan tentang beberapa istilah yang digunakan dalam judul penelitian ini. Adapun istilah-istilah tersebut ialah, sebagai berikut.

1. Hisab gerhana Bulan berdasarkan kitab *Irshād Al-Murīd*

Kitab *Irshād Al-Murīd* merupakan kitab karya KH. Ahmad Ghozali asal Sampang, Madura. Ada beberapa materi hisab yang dibahas dalam kitab ini. Salah satunya ialah hisab gerhana Bulan yang akan digunakan dalam penelitian ini. Dalam kitab ini hisab gerhana Bulan dibahas dalam bab kelima dengan judul “gerhana” lebih tepatnya dalam subbab keenam, dengan judul “perhitungan gerhana Bulan dan gerhana Matahari”.

2. Hisab gerhana Bulan berdasarkan buku *Astronomical Algorithms*

Astronomical Algorithms ialah sebuah buku karangan seorang ahli astronomi bernama Jean Meeus. Buku ini ditulis dalam bahasa Inggris. Buku ini berisi perhitungan-perhitungan yang berhubungan dengan benda-benda langit. Dan salah satu perhitungan di dalamnya ialah tentang perhitungan terjadinya gerhana Bulan. Dalam buku ini pembahasan mengenai hisab gerhana (Bulan dan Matahari) terdapat dalam bab ke-52 dengan judul “*Eclipses*”.

H. Metode Penelitian

1. Jenis penelitian

Dalam penelitian ini, jenis penelitian yang digunakan peneliti ialah komparatif menggunakan pendekatan kualitatif. Hal ini dikarenakan

peneliti akan membandingkan hasil hisab gerhana Bulan antara kitab *Irshad Al-Murid* dan *Astronomical Algorithms*.

2. Data yang dikumpulkan

- a. Perhitungan gerhana Bulan dalam kitab *Irshad Al-Murid*.
- b. Perhitungan gerhana Bulan dalam buku *Astronomical Algorithms*.

3. Sumber data

a. Sumber data primer

Sumber data primer yang digunakan dalam penelitian ini ialah perhitungan gerhana Bulan kitab *Irshad Al-Murid* karya KH. Ahmad Ghozali dan Buku *Astronomical Algorithms* karya Jean Meeus.

b. Sumber data sekunder

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini berupa dokumen yang membahas seputar gerhana Bulan, mulai dari buku, karya tulis ilmiah, hasil perhitungan menggunakan metode lain (NASA), kitab-kitab fikih, serta video.

4. Metode pengumpulan data

Untuk mendapatkan data yang dibutuhkan sebagai bahan penelitian ini, peneliti menggunakan teknik dokumentasi. Dalam penelitian ini, dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan data langkah-langkah perhitungan gerhana Bulan dalam kitab *Irshad Al-Murid* dan buku *Astronomical Algorithms*, serta data lain yang berkenaan dengan gerhana Bulan. Selain itu, metode pengumpulan data yang digunakan peneliti

yakni dengan cara perhitungan. Perhitungan ini dilakukan untuk mendapatkan hasil perhitungan gerhana Bulan dari kitab *Irshad Al-Murid* dan buku *Astronomical Algorithms*, sehingga hasil dari keduanya dapat dibandingkan.

5. Metode analisis data

Metode analisis data yang peneliti gunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap, yakni:

- a. Tahap pengumpulan data hisab gerhana Bulan. Data yang dikumpulkan berupa langkah-langkah perhitungan gerhana Bulan dalam kitab *Irshad Al-Murid* dan buku *Astronomical Algorithms*.
- b. Tahap penghitungan gerhana Bulan (28 Juli 2018). Disini peneliti akan menghitung gerhana Bulan (28 Juli 2018) berdasarkan langkah-langkah dalam kitab *Irshad Al-Murid* dan buku *Astronomical Algorithms*. Alat yang digunakan peneliti untuk menghitung kedua perhitungan tersebut adalah kalkulator ilmiah.
- c. Tahap perbandingan. Disini peneliti akan membandingkan hasil hisab gerhana Bulan antara kitab *Irshad Al-Murid* dan buku *Astronomical Algorithms*. Selain itu, peneliti juga akan menganalisa perbedaan yang terdapat dalam langkah-langkah perhitungan gerhana Bulan pada kitab *Irshad Al-Murid* dan buku *Astronomical Algorithms*, untuk mengetahui penyebab perbedaan hasil hisab gerhana Bulan dari kedua perhitungan tersebut.

- d. Tahap pengambilan kesimpulan. Dalam tahap ini, peneliti akan menarik kesimpulan dari perbandingan hasil hisab gerhana Bulan serta langkah-langkah perhitungan antara kitab *Irshad Al-Muri* dan buku *Astronomical Algorithms*.

I. Sistematika Pembahasan

Sistematika penulisan dari penelitian ini disusun dalam lima bab yang terdiri dari beberapa sub pembahasan, antara lain:

Bab *pertama*, pendahuluan: Bab ini meliputi latar belakang masalah, identifikasi dan batasan masalah, rumusan masalah, kajian pustaka, tujuan penelitian, kegunaan hasil penelitian, definisi operasional, metode penelitian, dan sistematika pembahasan.

Bab *kedua*, hisab gerhana Bulan: Bab ini meliputi pengertian gerhana Bulan, faktor terjadinya gerhana Bulan, ayat dan hadis tentang gerhana, jenis-jenis gerhana Bulan, kontak dan fase gerhana Bulan, dan periode saros.

Bab *ketiga*, metode hisab gerhana Bulan dalam kitab *Irshad Al-Muri* dan *Astronomical Algorithms*: Bab ini meliputi biografi penulis Kitab *Irshad Al-Muri*, gambaran umum tentang kitab *Irshad Al-Muri*, biografi penulis buku *Astronomical Algorithms*, gambaran umum tentang buku *Astronomical Algorithms*, dan konsep hisab gerhana Bulan kitab *Irshad Al-Muri* dan *Astronomical Algorithms*.

Bab *keempat*, analisis terhadap komparasi hasil hisab gerhana Bulan 28 Juli 2018 antara Kitab *Irshad Al-Muri* dengan *Astronomical Algorithms*: Bab ini meliputi perhitungan dan uji komparasi gerhana Bulan 28 Juli 2018

antara Kitab *Irshād Al-Murīd* dan *Astronomical Algorithms*, penyebab perbedaan hasil hisab gerhana Bulan 28 Juli 2018 antara Kitab *Irshād Al-Murīd* dengan *Astronomical Algorithms*.

Bab *kelima*, penutup: Bab ini meliputi kesimpulan dan saran.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB II

TINJAUAN UMUM GERHANA BULAN

A. Pengertian Gerhana Bulan

Kata ‘*eclipse*’ (gerhana) berasal dari bahasa Yunani yaitu ‘*ekleipsis*’ yang berarti “ditinggalkan”. Gerhana dalam bahasa Hindi disebut ‘*Grah*’ yang berarti “planet”, dan dalam bahasa Jawa disebut ‘*Graha*’ yang berarti “bintang”.²² Dalam bahasa Arab, penyebutan gerhana Bulan dan gerhana Matahari tidaklah sama. Dalam bahasa Arab gerhana Bulan disebut “*khusuf*”, sedangkan gerhana Matahari “*kusuf*”.

Kata “*khusuf*” memiliki arti “memasuki”, yang menggambarkan adanya fenomena dimana Bulan memasuki bayangan Bumi. Sedangkan kata “*kusuf*” memiliki arti “menutupi”, yang menggambarkan fenomena Bulan menutupi Matahari (dilihat dari Bumi).²³ Apabila dilacak dari akar katanya, kata “*khusuf*” berasal dari kata “*khasafa*”, yang dalam Kamus Kontemporer Arab-Indonesia karya Atabik Ali dan Ahmad Zuhdi Muhdlor kata tersebut diartikan “menenggelamkan segala isinya”. Sedangkan kata “*kusuf*” berasal dari kata “*kasafa*” yang diartikan “menutupi/menghalangi”.²⁴

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia, gerhana berarti berkurangnya ketampakan benda atau hilangnya benda dari pandangan sebagai akibat

²² I Made Dwi Susila Adnyana, *Sivaratri dalam Konsep Astronomi Hindu* (Bali: Nilacakra, 2019), 70.

²³ Muhyidin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori Dan Praktik* (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005), 185.

²⁴ Zaenudin Nurjaman, “Sistem Hisab Gerhana Bulan Analisis Pendapat KH. Noor Ahmad SS dalam Kitab *Nûr al-Anwâr*” (Skripsi—IAIN Walisongo, Semarang, 2012), 19.

masuknya benda itu ke dalam bayangan yang dibentuk oleh benda lain. Untuk gerhana Bulan sendiri dapat diartikan sebagai peristiwa dimana cahaya Bulan tidak sampai Bumi karena titik pusat geometri Bulan, Bumi, dan Matahari terletak pada satu garis dan Bumi berada di tengahnya.²⁵

B. Faktor Terjadinya Gerhana Bulan

Gerhana Bulan terjadi ketika pertengahan bulan, atau saat Bulan dalam fase penuh (*full moon*) atau purnama. Gerhan Bulan terjadi ketika istiqlal (oposisi), yakni ketika Bulan berada pada salah satu titik simpul atau di dekatnya, sedangkan Matahari berada pada jarak bujur astronomi 180° dari posisi Bulan.²⁶ Namun gerhana Bulan tidak terjadi setiap bulan, melainkan hanya sekitar 2 sampai 3 kali dalam setahun. Bahkan, gerhana Bulan bisa tidak terjadi sama sekali dalam setahun. Berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya gerhana Bulan.

1. Peredaran semu Matahari

Matahari adalah bintang di pusat tata surya kita, ia bertanggung jawab atas iklim dan cuaca di Bumi. Matahari memiliki massa total $1,99 \times 10^{30}$ kilogram dengan selisih diameter antara kutub dan ekuatornya 10 kilometer. Matahari diperkirakan terbentuk sekitar 4,6 miliar tahun yang lalu, sehingga ia termasuk dalam jenis bintang deret utama tipe-G2V.²⁷ Maksudnya, Matahari termasuk dalam bintang deret utama tipe-G (tipe

²⁵ Departemen Pendidikan Nasional, Kamus Besar Bahasa Indonesia Edisi IV, (Jakarta: Pusat Bahasa, 2008), 471.

²⁶ Muhyidin Khazin, *Ilmu Falak Dalam...*, h.185.

²⁷ Riza Miftah Muharram, *Tata Surya* (t.tp.,: InfoAstronomy Publisher, 2019), 14-15.

spektrum GV), atau sering disebut “katai kuning” atau “bintang katai G”, ini adalah bintang deret utama (luminositas kelas V) dari spektrum G.²⁸

Seperti halnya planet dan satelit, Matahari juga bergerak. Matahari melakukan gerak berputar pada porosnya (rotasi) serta gerak mengitari pusat galaksi Bima Sakti bersama sistem tata suryanya. Waktu rotasi Matahari berbeda-beda pada tiap bagiannya.²⁹ Pada bidang ekuator rotasi Matahari sekitar 24 hari, sedangkan pada daerah kutub lebih dari 30 hari.³⁰ Sedangkan kecepatan gerakan Matahari bersama sistem tata suryanya mengitari pusat galaksi Bima Sakti adalah sekitar 20 km/detik.³¹

Selain rotasi dan gerak mengitari pusat galaksi Bima Sakti, Matahari juga memiliki gerak semu. Berbeda dengan dua gerak sebelumnya yang benar-benar dilakukan oleh Matahari, gerak semu Matahari hanyalah gerak yang seolah-olah dilakukan oleh Matahari. Gerak semu Matahari dibagi menjadi 2, yakni:

a. Gerak semu harian Matahari (gerak *diurnal*).

Apabila diperhatikan, Matahari seolah-olah bergerak mengitari Bumi dari arah timur ke barat. Padahal Bumi yang berputar sehingga sinar Matahari selalu bergeser dari timur ke barat. Daerah yang

²⁸ Wikipedia, “Bintang Deret Utama Tipe-G”, https://id.m.wikipedia.org/wiki/Bintang_deret_utama_tipe-G, diakses pada 8 Juni 2021.

²⁹ Zul Amri Fathinul Inshafi, “Aplikasi Data Ephemeris Matahari dan Bulan Berdasarkan Perhitungan Jean Meeus Pada Smartphone Android” (Skripsi—UIN Walisongo, Semarang, 2016), 29.

³⁰ NASA, “Solar Rotation Varies by Latitude”, https://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/science/solar-rotation.html, diakses pada 8 Juni 2021.

³¹ Zul Amri Fathinul Inshafi, “Aplikasi Data Ephemeris...”, 29.

terkena sinar Matahari akan mengalami waktu siang (terang), sedangkan yang tidak terkena sinar Matahari akan mengalami waktu malam (gelap).³² Gerak ini dipengaruhi oleh rotasi Bumi, dengan periode menengahnya 24 jam.³³

Kemiringan lintasan gerak harian Matahari tergantung letak geografis pengamat. Apabila pengamat berada di ekuator maka lintasannya berupa lingkaran tegak, apabila di kutub berupa lingkaran mendatar. Apabila pengamat ada di belahan Bumi selatan maka lintasannya miring ke utara, sedangkan bila pengamat ada di belahan Bumi utara maka lintasannya miring ke selatan. Kemiringannya sesuai besar lintangnya.³⁴

b. Gerak semu tahunan Matahari (gerak *annual*)

Arah gerak semu tahunan Matahari adalah ke arah timur sekitar 1° per hari, sedangkan untuk periodenya sekitar 365,25 hari. Hal tersebut mengakibatkan arah terbit dan tenggelam Matahari letaknya selalu berubah sepanjang tahun.³⁵ Setiap tanggal 21 Maret dan 23 September Matahari terbit di titik timur dan tenggelam di titik barat. Sedangkan seyiap tanggal 22 Juni paling utara sejauh $23,5^\circ$ busur dari timur atau barat, dan pada tanggal 22 Desember paling selatan sejauh $23,5^\circ$ busur.³⁶

³² Yusman Hestiyanto, *Geografi 1 SMA Kelas X* (Jakarta: Yudhistira, 2007), 35.

³³ Zul Amri Fathinul Inshafi, "Aplikasi Data Ephemeris...", 31.

³⁴ Taufiqurrahman Kurniawan, *Ilmu Falak dan Tinjauan Matlak Global* (Yogyakarta: MPKSDI, 2010), 79.

³⁵ Zul Amri Fathinul Inshafi, "Aplikasi Data Ephemeris...", 31.

³⁶ Taufiqurrahman Kurniawan, *Ilmu Falak dan....*, 79.

Dalam perjalanan hariannya, orbit atau posisi Matahari selalu berbeda-beda. Suatu ketika Matahari akan melewati garis khatulistiwa atau ekuator langit dan pada lain waktu melewati bagian luar garis khatulistiwa. Jarak yang dibentuk dalam lintasan Matahari dengan khatulistiwa dinamakan deklinasi. Deklinasi Matahari itu berubah-ubah, hal tersebut mengakibatkan jarak zenith dan tinggi kulminasi Matahari juga akan berubah.³⁷ Adanya deklinasi Matahari disebabkan oleh kemiringan bidang ekliptika terhadap ekuator sebesar $23,5^\circ$.³⁸

2. Rotasi dan revolusi Bumi

Bumi adalah planet ketiga yang paling dekat dengan Matahari. jarak Bumi ke Matahari 93 juta mil atau 150 juta km. Bumi memiliki diameter 7.926 mil atau 12.756 km.³⁹ Bumi berotasi dan juga berevolusi. Bumi berotasi atau berputar pada porosnya dari arah barat ke timur⁴⁰ atau berlawanan arah jarum jam. Untuk berotasi dalam sekali putaran Bumi membutuhkan waktu selama 23 jam 56 menit 4 detik (1 hari)⁴¹ atau dibulatkan menjadi 24 jam.

Ketika berotasi, atmosfer yang menyelimuti Bumi juga ikut berotasi.

Rotasi Bumi menyebabkan benda-benda langit tampak melakukan

³⁷ Ayu Nurul Faizah, "Gerhana Pada Masa Nabi Muhammad saw. (Studi Analisis Gerhana Bulan Periode Madinah Perspektif Astronomi)" (Tesis—UIN Walisongo, Semarang, 2015), 30

³⁸ Ibid., 31.

³⁹ Erlina Ayu, *Pengetahuan Luar Angkasa, Cuaca, dan Fenomena Alam* (Yogyakarta: Familia, 2011), 21.

⁴⁰ Tia Mutiara, et al., *Ilmu Pengetahuan Alam untuk SMK dan MAK Kelas X* (Jakarta: Erlangga, 2008), 99.

⁴¹ Taufiqurrahman Kurniawan, *Ilmu Falak dan....*, 76.

peredaran semu harian dari timur ke barat (gerak semu harian Matahari), terjadinya siang dan malam, dan adanya perbedaan waktu.⁴²

Sedangkan revolusi Bumi ialah peredaran Bumi mengelilingi Matahari. Revolusi Bumi disebabkan tarik menarik antara gaya gravitasi Matahari dengan gaya gravitasi Bumi, selain rotasi Bumi.⁴³ Waktu yang dibutuhkan dalam peredaran Bumi mengelilingi Matahari ialah 365 hari 5 jam 48 menit 46 detik,⁴⁴ atau dibulatkan menjadi $365\frac{1}{4}$ hari (1 tahun Masehi).

Bumi berevolusi dengan arah yang berlawanan dengan arah perputaran jarum jam (dari barat ke timur), sama dengan rotasi Bumi. Bumi berevolusi tidak tegak lurus terhadap bidang ekliptika (garis edar Bumi mengelilingi Matahari) melainkan miring dengan arah yang sama membentuk sudut $23,5^\circ$ terhadap Matahari. Sudut ini diukur dari garis imajiner yang menghubungkan kutub utara dan selatan yang dikenal dengan sumbu rotasi.⁴⁵ Adapun akibat dari revolusi Bumi, yakni terjadinya gerak semu tahunan Matahari, perbedaan lamanya siang dan malam, dan pergantian musim.⁴⁶

3. Rotasi dan revolusi Bulan

⁴² Tia Mutiara, et al., *Ilmu Pengetahuan Alam...*, 99.

⁴³ Dara Juwita, "Aplikasi Gerhana Matahari dan Bulan untuk Pembelajaran Siswa Sekolah Dasar Menggunakan Adobe Flash CS 3" (Tugas Akhir—Universitas Sumatera Utara, Medan, 2013), 35.

⁴⁴ Slamet Hambali, *Almanak Sepanjang Masa: Sejarah Sistem Penanggalan Masehi, Hijriyah dan Jawa* (Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, Semarang, 2011), 4.

⁴⁵ Dara Juwita, "Aplikasi Gerhana Matahari...", 35.

⁴⁶ Rizki Isnaini, "Peningkatan Hasil Belajar IPA Materi Sistem Tata Surya Melalui Media Audio Visual Pada Siswa Kelas VII Semester 2 SMP Negeri 3 Getasan Kabupaten Semarang Tahun Pelajaran 2018/2019" (Skripsi—IAIN Salatiga, 2019), 24.

Bulan merupakan benda angkasa sekaligus satu-satunya satelit alami Bumi. Jarak terdekat Bulan ke Bumi 354.336 km, sedangkan jarak terjauh Bulan ke Bumi sekitar 404.320 km. Bulan memiliki diameter hampir seperempat dari diameter Bumi, yakni 3.476 km. Bulan akan bersinar setiap malam, namun hal ini bukan karena Bulan terdiri atas yang menyala seperti Matahari. Hal tersebut diakibatkan karena Bulan memantulkan cahaya dari Matahari.⁴⁷

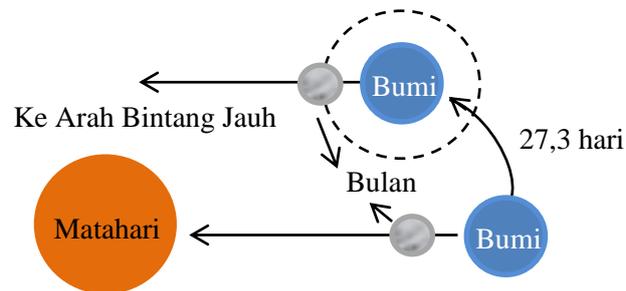
Sama halnya dengan Bumi, Bulan juga berotasi dan berevolusi. Namun, jika Bumi melakukan dua gerakan, maka Bulan melakukan tiga gerakan sekaligus. Pertama, gerakan Bulan berputar pada porosnya (rotasi). Kedua, gerakan Bulan mengelilingi Bumi (revolusi). Dan ketiga, gerakan Bulan bersama-sama dengan Bumi mengelilingi Matahari.⁴⁸ waktu yang dibutuhkan Bulan untuk berotasi pada porosnya ialah 27,3 hari atau 27 hari 7 jam 43 menit 12 detik⁴⁹. Bulan memiliki dua jenis tenggang waktu peredaran, yakni bulan sideris dan sinodis.

a. Bulan sideris (*siderical month*)\

⁴⁷ Djoko Arisworo dan Yusa, *Ilmu Pengetahuan Alam Untuk Kelas IX Sekolah Menengah Pertama Jilid 3* (Jakarta: Grafindo Media Pratama, 2007), 269.

⁴⁸ Basuni Rachman, *BBM 12 Bulan Sebagai Satelit Bumi* (Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia, t.t), 8.

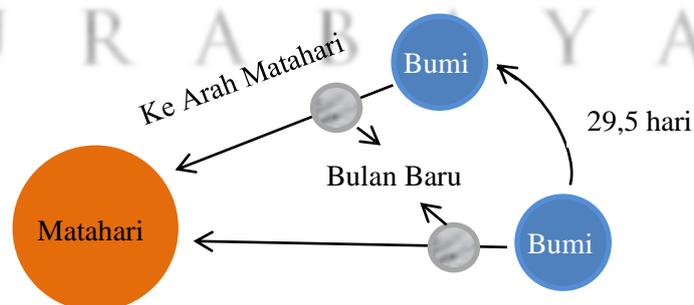
⁴⁹ Ayu Nurul Faizah, "Gerhana Pada Masa...", 38.



Gambar 2.1 Bulan Sideris

Sideris berarti “bintang”. Dalam satu kali putaran (360°) mengelilingi Bumi (revolusi) Bulan membutuhkan waktu 27 hari 7 jam 43 menit 11,5 detik atau kira-kira 27,3 hari. Atau tenggang waktu yang diperlukan Bulan untuk satu kali beredar relatif terhadap sebuah bintang. Hal tersebut ditandai dengan letaknya kembali ke tempat semula di latar bintang-bintang yang sama. Periode yang dibutuhkan Bulan untuk berotasi dan berevolusi sama, yakni sekitar 27,3 hari. Hal ini menyebabkan daerah permukaan Bulan yang menghadap Bumi selalu sama.⁵⁰

b. Bulan sinodis (*synodical month*)



Gambar 2.2 Bulan Sinodis

⁵⁰ Taufiqurrahman Kurniawan, *Ilmu Falak dan....*, 78.

Tenggang waktu yang dibutuhkan Bulan untuk satu kali beredar relatif terhadap Matahari. Atau dapat juga diartikan waktu yang dibutuhkan Bulan untuk mengorbit Bumi mulai “bulan baru” atau konjungsi hingga “bulan baru” berikutnya. Waktu yang dibutuhkan Bulan untuk kembali ke fase yang sama ialah 29 hari 12 jam 44 menit 2,8 menit atau kira-kira 29,5 hari. Waktu sinodis Bulan inilah yang digunakan untuk menetapkan perhitungan dalam sistem kalender Hijriah.⁵¹

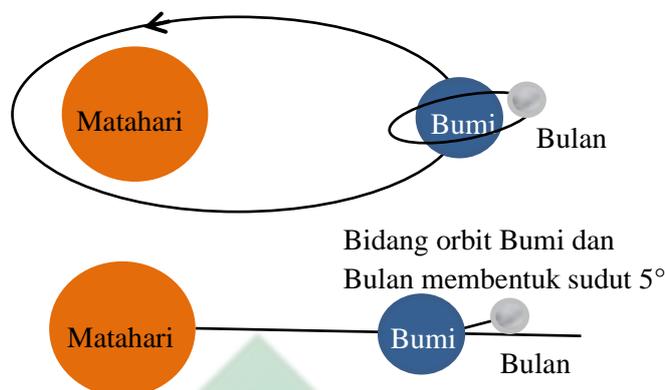
Bulan melakukan gerak revolusi mengelilingi Bumi dari arah barat ke timur. Gerak ini mengakibatkan Bulan terlambat terbit setiap harinya dibanding letak bintang tertentu dibelakangnya sekitar 50 menit atau 13° busur. Sedangkan terhadap Matahari, Bulan terlambat melakukan gerak harian sekitar 12° busur setiap harinya. Itu berarti Bulan tertinggal oleh gerak harian Matahari sebesar 0,5° busur atau selebar piringan Matahari maupun piringan Bulan setiap jamnya.⁵²

Selain itu, orbit Bulan mengelilingi Bumi tidak sebidang dengan orbit Bumi mengelilingi Matahari. Orbit Bulan memotong orbit Bumi dan membentuk sudut sebesar 5°, dengan kemiringan bidang orbit Bulan 5° terhadap bidang ekliptika.⁵³ Hal ini lah yang menyebabkan gerhana Bulan tidak terjadi setiap bulan purnama.

⁵¹ Taufiqurrahman Kurniawan, *Ilmu Falak dan....*, 81.

⁵² Taufiqurrahman Kurniawan, *Ilmu Falak dan....*, 80.

⁵³ Ahmad Izzudin, *Ilmu Falak Praktis* (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012), 109.



Gambar 2.3 Orbit Bumi dan Bulan

C. Ayat dan Hadis Tentang Gerhana

Dalam Al-Qur'an gerhana tidak dijelaskan secara gamblang. Dalam Al-Qur'an hanya disebutkan tentang kekuasaan Allah Swt. yang berkaitan dengan benda-benda langit, seperti dalam Q.S. Yunus ayat 5 berikut.

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسُ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَرَهُ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ وَالْحِسَابَ مَا خَلَقَ اللَّهُ ذَلِكَ إِلَّا بِالْحَقِّ يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ.

Dialah yang menjadikan Matahari bersinar dan Bulan bercahaya, dan Dialah yang menempatkan tempat-tempat orbitnya agar kamu mengetahui bilangan tahun, dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan demikian itu melainkan dengan benar. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui.⁵⁴

Ayat di atas menunjukkan bahwa dengan kekuasaan-Nya, Allah Swt. menjadikan cahaya yang memancar dari Matahari sebagai sinar dan menjadikan cahaya Bulan sebagai penerang. Matahari itu bersinar sedangkan Bulan bercahaya, keduanya berbeda dan tidak serupa. Allah Swt. menjadikan kekuasaan Matahari pada siang hari dan kekuasaan Bulan pada malam hari.

⁵⁴ Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Kementerian Agama Republik Indonesia, *Al-Quran dan Terjemah untuk Wanita* (Bandung: Jabal, 2010), 208.

Dan Allah Swt. menentukan Bulan pada orbitnya. Yang mulanya Bulan itu kecil, kemudian bentuk serta cahayanya semakin bertambah hingga penuh atau sempurna menjadi purnama, dan kemudian mengecil kembali hingga kembali ke bentuk semula dalam waktu satu bulan.⁵⁵

Perlu diingat bahwa terjadinya gerhana Bulan tidak lepas dari peredaran Bulan, lebih tepatnya ketika Bulan dalam fase penuh atau purnama. Ayat tentang manzilah Bulan juga terdapat dalam Q.S. Yasin ayat 39, sebagai berikut.

وَالْقَمَرَ قَدَّرْنَاهُ مَنَازِلَ حَتَّىٰ عَادَ كَالْعُرْجُونِ الْقَدِيمِ .

Dan telah Kami tetapkan tempat peredaran bagi Bulan, sehingga (setelah ia sampai ke tempat peredaran yang terakhir) kembalilah ia seperti bentuk tandan yang tua.⁵⁶

Selain dalam ayat-ayat di atas gerhana secara tidak langsung disebutkan dalam Q.S. Al-Qiyamah ayat 8-9, sebagai berikut.

وَحَسَفَ الْقَمَرُ ﴿٨﴾ وَجُمِعَ الشَّمْسُ وَالْقَمَرُ ﴿٩﴾

Dan Bulan pun telah hilang cahayanya. Dan Matahari dan Bulan dikumpulkan.

Dalam surah tersebut dijelaskan tentang tanda kiamat, yakni hilangnya cahaya Bulan serta berkumpulnya Matahari dan Bulan. Hilangnya cahaya Bulan berarti Bulan menjadi gelap. Hal ini dapat diartikan sebagai terjadinya gerhana, atau dapat juga diartikan gelapnya Bulan secara keseluruhan yang berarti hancurnya tata surya sekarang ini. Dikumpulkannya Matahari dan

⁵⁵ Abdullah bin Muhammad bn Abdurahman bin Ishaq Al-Sheikh, *Tafsir Ibnu Katsir*, M. Abdul Ghoffar E.M, Jilid 4 (Bogor: Pustaka Imam as-Syafi'i, 2003), 244.

⁵⁶ Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Kementerian Agama Republik Indonesia, *Al-Quran dan Terjemah...*, 442.

Bulan juga berarti lenyapnya cahaya Matahari dan Bulan. Hal tersebut bisa dimaksudkan lenyapnya cahaya sebagian seperti waktu terjadinya gerhana, atau juga dapat diartikan sebagai kejadian yang diriwayatkan dalam hadis tentang munculnya Imam Mahdi, yang pada waktu itu gerhana Matahari dan Bulan terjadi sekaligus dalam Bulan Ramadan (Baihaqi). Apabila yang dimaksudkan dikumpulkannya Matahari dan Bulan itu lenyapnya sama sekali cahaya Matahari dan Bulan, maka yang dimaksud ialah hancurnya tata surya dan terjadinya hari kiamat besar atau kiamat kubra.⁵⁷

Gerhana sebagai salah satu tanda kiamat kubra juga disebutkan dalam beberapa hadis. Salah satunya dalam hadis riwayat Sunan Ibnu Majah nomor 4055, sebagai berikut.

عَنْ حُذَيْفَةَ بْنِ أَسِيدٍ، أَبِي سَرِيحَةَ قَالَ: اطَّلَعَ رَسُولُ اللَّهِ ﷺ مِنْ غُرْفَةٍ، وَنَحْنُ نَتَذَكَّرُ السَّاعَةَ. فَقَالَ: "لَا تَقُومُ السَّاعَةُ حَتَّى تَكُونَ عَشْرُ آيَاتٍ: طُلُوعُ الشَّمْسِ مِنْ مَغْرِبِهَا. وَالذَّجَالُ. وَالذُّحَانُ. وَالذَّابَّةُ. وَيَأْجُوجُ وَمَأْجُوجُ. وَخُرُوجُ عِيسَى ابْنِ مَرْيَمَ، عَلَيْهِ السَّلَامُ. وَثَلَاثُ حُسُوفٍ: حَسْفٌ بِجَزِيرَةِ الْعَرَبِ. وَنَارٌ تَخْرُجُ مِنْ قَعْرِ عَدْنِ أَبِييْنِ، تَسُوقُ النَّاسَ إِلَى مُحَشَّرٍ. تَبِيْتُ مَعَهُمْ إِذَا بَأَثُوا. وَتَقِيلُ مَعَهُمْ إِذَا قَالُوا".

Dari Hudzaifah bin Asid, Abu Sariyah berkata: "Rasulullah saw. tampak keluar dari sebuah ruangan, ketika kami sedang berbicara tentang kiamat. Dia berkata: 'Hari kiamat tidak akan dimulai sampai sepuluh tanda muncul: terbitnya Matahari dari barat, munculnya Dajjal, munculnya asap, keluarnya binatang melata, munculnya Ya'juj dan Ma'juj, keluarnya Isa putra Maryam as., terjadinya tiga gerhana, yaitu: gerhan di timur, gerhana di barat, dan gerhana di Jazirah Arab, dan api yang keluar dari Qar'adn yang menggiring mereka ke padang Mahsyar. Api tersebut akan berhenti bersama mereka jika mereka berhenti, dan akan bicara dengan mereka jika mereka bicara'."

⁵⁷ Maulana Muhammad Ali, *Qur'an Suci Terjemah dan Tafsir*, H.M. Bachrun (Jakarta: Darul Kutubil Islamiyah, 2006), 807.

Hadis di atas menjelaskan bahwa terjadinya gerhana merupakan tanda kiamat kubra. Namun, itu bukan sembarang gerhana, melainkan terjadinya tiga gerhana, yakni gerhana di timur, gerhana di barat, serta gerhana di Jazirah Arab. Pada zaman Rasulullah saw., orang-orang menganggap bahwa terjadinya gerhana diakibatkan oleh kematian seseorang, karena pada saat itu gerhana terjadi bertepatan dengan kematian Ibrahim (putra Rasulullah saw.). Namun, hal ini tidak dibenarkan oleh Rasulullah saw. sebagaimana hadis Shahih Bukhari nomor 1042, sebagai berikut.

عَنْ ابْنِ عُمَرَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُمَا أَنَّهُ كَانَ يُخْبِرُ عَنِ النَّبِيِّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: إِنَّ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ لَا يَخْسِفَانِ لِمَوْتِ أَحَدٍ وَلَا لِحَيَاتِهِ وَلَكِنَّهُمَا آيَاتَانِ مِنْ آيَاتِ اللَّهِ ، فَإِذَا رَأَيْتُمُوهَا فَصَلُّوا.⁵⁸

Dari Ibnu Umar r.a., bahwa dia menceritakan dari Nabi saw., “Sesungguhnya Matahari dan Bulan tidak mengalami *khusuf* (gerhana) karena kematian seseorang dan tidak pula karena kehidupannya (kelahirannya). Akan tetapi keduanya adalah dua tanda di antara tanda-tanda (kebesaran) Allah. Apabila kalian melihat keduanya (mengalami gerhana), maka salatlah.”⁵⁹

Dari hadis di atas dapat dipahami bahwa gerhana bukanlah akibat dari kematian ataupun kelahiran seseorang, melainkan merupakan tanda kebesaran Allah Swt. Dalam hadis di atas juga terdapat anjuran untuk melaksanakan salat ketika melihat gerhana.

Para ulama memiliki perbedaan pendapat dalam menghukumi salat gerhana Bulan dan Matahari. Pendapat pertama menyatakan hukumnya sunah muakad, dan dilakukan secara berjamaah. Pendapat kedua menyatakan

⁵⁸ Abu Abdillah Muhammad bin Ismail Al-Bukhari, *Shahih al-Bukhari* (Beirut: Dar Ibnu al-Katsir, 2002), h. 253.

⁵⁹ Ibnu Hajar Al-Asqalani, *Fathul Baari: Penjelasan Kitab Shahih Al-Bukhari*, Jilid 6 (Jakarta: Pustaka Azzam, 2002), 3.

hukumnya sunah, seperti seperti salat sunah biasa, yakni dilaksanakan tanpa ada tambahan rukuk, serta tidak perlu dilakukan secara berjamaah. Pendapat pertama dipilih oleh Imam Syafi'i, Ahmad, Abu Daud, dan Ibnu Hazm, bahkan diriwayatkan oleh Ibnu Abbas. Sedangkan pendapat kedua dipilih oleh Imam Hanifah dan Imam Malik.

Di antara kedua pendapat tersebut, pendapat yang lebih kuat ialah pendapat pertama. Berdasarkan nas hadis Nabi saw. memerintahkan salat gerhana tanpa membedakan apakah itu gerhana Matahari ataukah Bulan.⁶⁰

Selain melaksanakan salat gerhana, ketika terjadi gerhana disyariatkan juga untuk memperbanyak doa, zikir, isighfar serta sedekah. Salah satu hadis yang menjelaskan tentang hal ini adalah hadis Bukhari nomor 1044 dari Aisyah r.a., sebagai berikut.

إِنَّ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ آيَاتَانِ مِنْ آيَاتِ اللَّهِ لَا يَخْسِفَانِ لِمَوْتِ أَحَدٍ وَلَا لِحَيَاتِهِ، فَإِذَا رَأَيْتُمْ ذَلِكَ فَادْعُوا اللَّهَ وَكَبِّرُوا وَصَلُّوا وَتَصَدَّقُوا.⁶¹

Sesungguhnya Matahari dan Bulan adalah dua tanda di antara tanda-tanda (kebesaran) Allah, keduanya tidak mengalami gerhana karena kematian seseorang dan tidak pula karena kelahirannya. Apabila kalian melihat hal itu, maka berdoalah kepada Allah, bertakbirlah, salat dan bersedekahlah.⁶²

Hal lain yang disyariatkan untuk dilakukan saat gerhana, yakni membebaskan budak. Ada beberapa hadis yang menyebutkan bahwa Rasulullah saw. memerintahkan untuk membebaskan budak ketika gerhana. Salah satunya pada hadis Shahih Bukhari nomor 1054 berikut.

⁶⁰ Sayful Mujab, "Gerhana; Antara Mitos, Sains, dan Islam", *Yudisia*, No.1, Vol. 5 (Juni, 2014), 98-99.

⁶¹ Abu Abdillah Muhammad bin Ismail Al-Bukhari, *Shahih...*, 254.

⁶² Ibnu Hajar Al-Asqalani, *Fathul Baari: Penjelasan...*, 13.

عَنْ أَسْمَاءَ قَالَتْ: لَقَدْ أَمَرَ النَّبِيُّ ﷺ وَسَلَّمَ بِالْعَتَاقَةِ فِي كُسُوفِ الشَّمْسِ.

Dari Asma' (binti Abu Bakr), dia berkata, “Sungguh Nabi saw. telah memerintahkan untuk memerdekakan budak saat terjadi gerhana Matahari.”⁶³

D. Jenis-Jenis Gerhan Bulan

Umumnya masyarakat mengenal 2 jenis gerhana Bulan, yakni gerhana Bulan total dan sebagian. Namun ada pula jenis gerhana Bulan yang jarang diketahui oleh masyarakat, yakni gerhana Bulan penumbra. Disini peneliti akan membagi gerhana Bulan menjadi 2, yakni gerhana Bulan umbra dan penumbra.

1. Gerhana Bulan umbra

Umbra diambil dari bahasa Latin yang berarti “bayangan”⁶⁴, disebut juga bayangan inti atau bagian bayangan yang paling gelap.⁶⁵ Dalam kitab *Irshad Al-Murid*, gerhana umbra ditulis dengan *الخسوف الحقيقي* yang berarti “gerhana nyata”.⁶⁶ Bentuk lingkaran Matahari lebih besar dibandingkan bentuk lingkaran Bumi, sehingga bayangan umbra Bumi membentuk kerucut. Pada bayangan umbra seluruh piringan Matahari tertutup oleh Bumi, sehingga ketika melewati umbra Bulan akan terlihat gelap karena sinar Matahari yang masuk ke Bulan dihalangi oleh Bumi.⁶⁷

Gerhana Bulan umbra dibagi menjadi 2, yakni:

a. Total (*Kulliy*)

⁶³ Abu Abdillah Muhammad bin Ismail Al-Bukhari, *The Translation of the Meanings of Sahîh Al-Bukhârî Arabic-English*, Muhammad Muhsin Khan, volume 2 (Riyadh: Darussalam, 1997), 110.

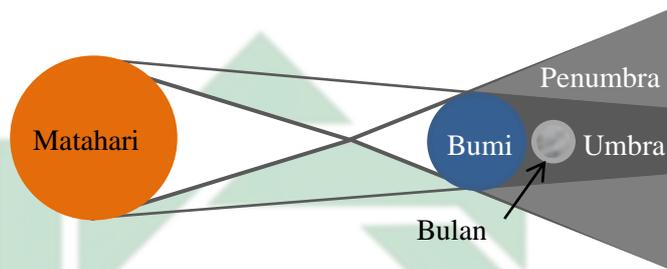
⁶⁴ Sukma Perdana Prasetya, “Gerhana” (Surabaya: Universitas Negeri Surabaya, t.p., t.t.), 2.

⁶⁵ Zaenudin Nurjaman, “Sistem Hisab Gerhana...”, 44.

⁶⁶ Ahmad Ghazali Muhammad Fathullah, *Irshad Al-Murid* (Sampang: Lafal, 2005), 162.

⁶⁷ Sub Direktorat Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat Kementerian Agama Republik Indonesia, *Ilmu Falak Praktik* (Jakarta: t.p., 2013), 111.

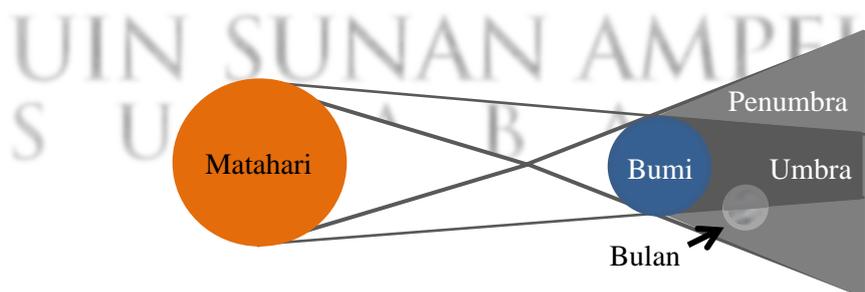
Biasanya disebut gerhana Bulan total, terjadi ketika posisi Matahari, Bumi, dan Bulan berada pada satu garis lurus. Hal ini menyebabkan seluruh piringan Bulan berada di dalam bayangan inti Bumi atau umbra.⁶⁸



Gambar 2.4 Gerhana Bulan Total

b. Parsial atau sebagian (*Ba'dliy*)

Biasanya disebut gerhana Bulan parsial atau sebagian, terjadi ketika posisi Matahari, Bumi, dan Bulan tidak berada pada garis lurus. Hal ini menyebabkan hanya sebagian piringan Bulan yang memasuki bayangan inti Bumi atau umbra.⁶⁹



Gambar 2.5 Gerhana Bulan Sebagian/Parsial

2. Gerhana Bulan penumbra

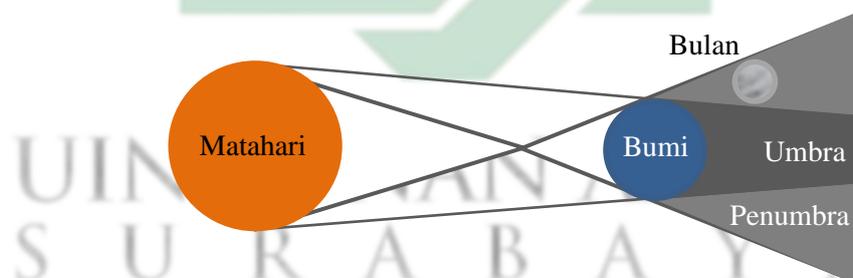
⁶⁸ Muhyidin Khazin, *Ilmu Falak Dalam...*, 188.

⁶⁹ Muhyidin Khazin, *Ilmu Falak Dalam...*, 189.

Penumbra dalam bahasa Latin berarti “hampir suatu bayangan”⁷⁰, atau dapat juga disebut bayangan semu. Dalam kitab *Irshad Al-Murid*, gerhana penumbra ditulis dengan *الخسوف الشبهي* yang berarti “gerhana kuasi”.⁷¹ Bulan penumbra hanya melewati penumbra Bumi, sehingga tidak dapat terdeteksi secara visual kecuali magnitudonya sebesar 0,7.⁷² Bentuk dari bayangan penumbra Bumi berbentuk kerucut terpancung dengan puncaknya di Bumi yang semakin jauh bayangan ini, semakin membesar sampai menghilang di ruang angkasa. Pada bayangan penumbra hanya sebagian piringan Matahari yang ditutupi oleh Bumi.⁷³ Gerhana Bulan penumbra dibagai menjadi dua jenis, yakni:

a. Gerhana Bulan penumbra total.

Pada gerhana jenis ini seluruh bagian Bulan masuk ke dalam penumbra Bumi.



Gambar 2.6 Gerhana Bulan Penumbra Total

b. Gerhana Bulan penumbra sebagian atau parsial.

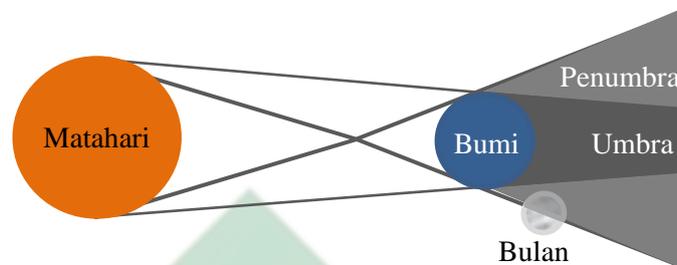
⁷⁰ Sukma Perdana Prasetya, “Gerhana...”, 3.

⁷¹ Ahmad Ghazali Muhammad Fathullah, *Irshad...*, 162.

⁷² Miftach Rizcha Afifi, “Akurasi Perhitungan Gerhana Bulan Menurut Jean Meeus Menggunakan Software Matlab” (Skripsi--UIN Sunan Ampel, Surabaya, 2019), 31.

⁷³ Sub Direktorat Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat Kementerian Agama Republik Indonesia, *Ilmu Falak...*, 111.

Pada gerhana Bulan jenis ini bagian Bulan yang masuk dalam penumbra Bulan hanya sebagian saja.



Gambar 2.7 (Gerhana Bulan Penumbra Sebagian/Parsial)

E. Kontak Dan Fase Gerhana Bulan

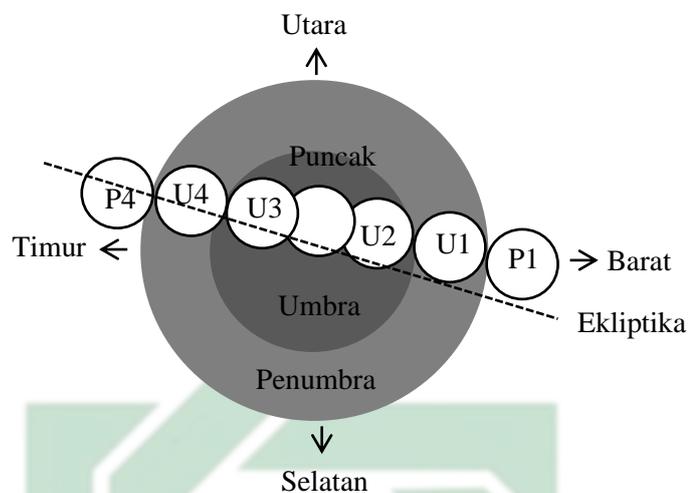
Ketika gerhana Bulan terjadi, Bulan tidak begitu saja tertutup sebagian atau keseluruhan permukaannya oleh bayangan Bumi, melainkan melalui tahapan demi tahapan. Tahapan-tahapan tersebut biasa disebut dengan kontak gerhana, dan berikut tahapan kontak gerhana Bulan.

1. Kontak I penumbra (P1), saat piringan Bulan bersinggungan luar dengan penumbra Bumi. P1 merupakan awal dimulainya gerhana Bulan secara keseluruhan.
2. Kontak II penumbra (P2), saat piringan Bulan bersinggungan dalam dengan penumbra Bumi. Saat fase ini seluruh piringan Bulan berada di dalam piringan penumbra Bumi.
3. Kontak I umbra (U1), saat piringan Bulan bersinggungan luar dengan umbra Bumi.
4. Kontak II umbra (U2), saat piringan Bulan bersinggungan dalam dengan umbra Bumi. Fase ini menandai dimulainya fase total dari gerhana Bulan.

5. Puncak gerhana, atau dapat disebut juga waktu tengah gerhana adalah saat jarak pusat piringan Bulan dengan pusat umbra atau penumbra mencapai minimum.
6. Kontak III umbra (U3), saat piringan Bulan kembali bersinggungan dalam dengan umbra Bumi, ketika piringan Bulan tepat mulai akan meninggalkan umbra Bumi. Fase ini menandai berakhirnya fase total dari gerhana Bulan.
7. Kontak IV umbra (U4), saat piringan Bulan kembali bersinggungan luar dengan umbra Bumi.
8. Kontak III penumbra (P3), saat piringan Bulan kembali bersinggungan dalam dengan penumbra Bumi.
9. Kontak IV penumbra (P4), saat piringan Bulan kembali bersinggungan luar dengan penumbra Bumi. Fase ini menandai berakhirnya peristiwa gerhana Bulan secara keseluruhan.⁷⁴

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

⁷⁴ Zaenudin Nurjaman, "Sistem Hisab Gerhana...", 46-47.



Gambar 2.8 Contoh Kontak Gerhana Bulan Total

Selang kontak P1 sampai U1 dan kontak U4 sampai P4 merupakan fase gerhana Bulan penumbra. Selang kontak U1 sampai U4 merupakan fase gerhana Bulan umbra. Sedangkan selang kontak U2 sampai U3 adalah fase gerhana Bulan total.

Dalam gerhana Bulan Total, keseluruhan kontak dan fase (P1 sampai P4) akan dilalui. Dalam gerhana Bulan sebagian atau parsial keseluruhan kontak dan fase akan dilalui, kecuali kontak II umbra dan kontak III umbra (U2 dan U3). Hal ini disebabkan karena tidak keseluruhan Bulan masuk dalam umbra Bumi. Dalam gerhana Bulan penumbra total kontak I hingga kontak IV umbra (U1 sampai U4) tidak akan terjadi. Hal ini disebabkan karena Bulan tidak menyentuh umbra Bumi. Dalam gerhana penumbra sebagian atau parsial hanya kontak I dan IV penumbra (P1 dan P4) saja yang akan terjadi.⁷⁵

F. Periode Saros

⁷⁵ Sukma Perdana Prasetya, "Gerhana...", 10.

Pengertian gerhana Bulan sendiri pertama kali ditemukan dalam sebuah buku Cina dari Dinasti Zhou yang ditemukan pada tahun 280 AD (*Anna Domini*) berjudul “Zhou-Shu”. Gerhana yang ada dalam buku tersebut adalah gerhana yang terjadi berabad-abad sebelumnya, dan S.M. Russell meyakini bahwa gerhana yang dimaksud dalam buku tersebut berkaitan dengan peristiwa pada 29 Januari 1136 BC (*Before Christ*).

Sedangkan John Steele mengungkapkan bahwa catatan gerhana Bulan paling awal yang dilakukan orang-orang Babilonia ialah pada tahun pertama *Nabonassar* (747-734 SM). Dalam data NASA disebutkan gerhana Bulan tersebut jatuh pada tanggal 6 Februari tahun 747 SM atau BCE (*Before Common Era*) dan merupakan jenis gerhana Bulan sebagian.⁷⁶

Pada masa itu, orang-orang Babilonia telah berhasil perhitungan siklus terjadinya gerhana, perhitungan tersebut disebut dengan “tahun saros” yang dalam bahasa Babilonia disebut “*sharu*”. Lamanya tahun saros kurang lebih 18 tahun 11 hari 8 jam⁷⁷ atau $6585 \frac{1}{3}$ hari atau 223 periode *lunasi*. 1 *lunasi* = rata-rata 1 bulan sinodis, 1 bulan sinodis = 29 hari 12 jam 44 menit 3 detik.⁷⁸ Pada selang 223 *lunasi* atau satu periode saros Bulan akan kembali ke frase dan titik simpul yang sama. Hal ini disebabkan karena 223 *lunasi* (6585,321 hari) kurang lebih sama dengan 19 tahun gerhana (6585,78 hari), keduanya hanya memiliki selisih 11 jam.

⁷⁶ NASA, “Lunar Eclipses of Historical Interest”, <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/LEhistory/LEhistory.html#-0746>, diakses pada 4 Juni 2021.

⁷⁷ Sub Direktorat Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat Kementerian Agama Republik Indonesia, *Ilmu Falak...*, 110.

⁷⁸ Zaenudin Nurjaman, “Sistem Hisab Gerhana...”, 29.

Selain itu, satu periode saros juga hampir sama dengan 239 bulan *anomalistik* (6585,537 hari), keduanya hanya berselisih 6 jam.⁷⁹ Bulan *anomalistik* sendiri ialah interval waktu yang dibutuhkan Bulan bergerak dari *perigee* kembali ke *perigee* lagi. 1 bulan *anomalistik* = 27,5546 hari atau 27 hari 13 jam 19 menit.⁸⁰ Adapun dampak dari periode saros tersebut, yakni:

1. Selang satu periode saros akan mengembalikan Bulan pada fase, titik simpul yang sama, serta jarak yang kurang lebih sama dari Bumi. Karena hal tersebut, gerhana Bulan yang dipisahkan dari satu periode saros akan memiliki karakteristik yang mirip.
2. Mengakibatkan panjang hari memiliki pecahan $\frac{1}{3}$ hari atau 8 jam. Maka ketika gerhana berikutnya (selang satu periode saros), Bumi telah berputar kira-kira $\frac{1}{3}$ hari atau 8 jam. Hal ini menyebabkan lintasan gerhana yang dipisahkan satu periode saros akan bergeser 120° ke arah barat.
3. Setiap 3 periode saros (54 tahun 34 hari) gerhana dapat diamati oleh geografis yang sama.

Gerhana-gerhana yang dipisahkan oleh periode saros dikelompokkan menjadi periode saros, namun seri saros tersebut tidak akan bertahan lama karena, satu periode saros lebih pendek $\frac{1}{2}$ hari dari 19 tahun gerhana. Hal ini mengakibatkan simpul bergeser sebesar $0,5^\circ$ ke arah timur setelah satu periode saros lebih. Karena itulah setelah melewati sejumlah periode saros tertentu jarak simpul telah jauh dari Matahari atau Bulan, sehingga tidak

⁷⁹ Sub Direktorat Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat Kementerian Agama Republik Indonesia, *Ilmu Falak...*, 114-115.

⁸⁰ Miftach Rizcha Afifi, "Akurasi Perhitungan Gerhana...", 33.

memungkinkan lagi akan terjadinya gerhana. Pada saat itu seri saros tersebut akan mati dan akan lahir seri saros baru. Setiap seri saros beranggotakan 70-85 gerhana Bulan, dengan 45-55 diantaranya merupakan gerhana umbra. Lama waktu yang dibutuhkan satu seri saros ialah sekitar 13-14 abad, dari lahir hingga matinya.

Seri saros gerhana Bulan akan dimulai (lahir) ketika Bulan purnama, serta jarak Bulan $16,5^\circ$ di sebelah timur titik simpul. Hal yang terjadi ketika seri saros gerhana Bulan, ialah:

1. Gerhana yang terjadi ialah gerhana penumbra (semu), diikuti 7-15 gerhana penumbra lainnya. Antara gerhana penumbra dengan gerhana penumbra berikutnya sedikit demi sedikit magnitudonya akan membesar, dikarenakan satu periode saros lebih pendek $\frac{1}{2}$ hari dari 19 tahun gerhana, yang mengakibatkan titik simpul bergeser ke arah timur sebesar $0,5^\circ$ yang secara otomatis magnitudo gerhana penumbra berikutnya akan bergeser sampai Bulan mendekati penumbra Bumi.
2. Berikutnya akan terjadi 10-20 gerhana Bulan sebagian atau parsial. Magnitudonya akan semakin membesar, hingga akhirnya hampir seluruh piringan Bulan akan masuk pada bayangan umbra Bumi.
3. Berikutnya akan terjadi 12-30 gerhana total, 3 atau 4 diantaranya merupakan gerhana Bulan sentral yang diikuti dengan bertambahnya jarak Bulan lebih ke arah barat dari pusat bayangan Bumi.
4. Berikutnya diikuti 10-20 gerhana Bulan sebagian atau parsial, antara gerhana yang satu dengan yang lain magnitudonya semakin mengecil.

5. Seri saros akan berakhir sekitar $16,5^\circ$ di sebelah titik bara simpul setelah terjadi 7-15 gerhana penumbra.

Ada pula periode gerhana Bulan selain saros, seperti: *Tritos* dengan periode 135 *lunasi* (11 tahun kurang 1 bulan), *Matins Cycle* dengan periode 235 *lunasi* (19 tahun), dan *Inex* dengan periode 358 *lunasi* (29 tahun kurang 20 hari).⁸¹



⁸¹ Sub Direktorat Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat Kementerian Agama Republik Indonesia, *Ilmu Falak...*, 115-116.

BAB III

METODE HISAB GERHANA BULAN DALAM KITAB IRSHA'D AL-MURI'D DAN ASTRONOMICAL ALGORITHMS

A. Biografi Penulis Kitab Irsha'd Al-Muri'd

Nama lengkap pengarang kitab Irsha'd Al-Muri'd adalah Ahmad Ghozali bin Muhammad bin Fathullah bin Sa'idah al-Samfani al-Maduri. Beliau lahir di Lanbulan Desa Baturasang, Kecamatan Tambelangan, Kabupaten Sampang, Madura, Jawa Timur, pada tanggal 7 Januari 1959 M.⁸²

Beliau merupakan salah satu putra dari pasangan KH. Muhammad Fathullah dan Ibu Nyai. Hj. Zainab Khoiruddin. Ayah beliau merupakan perintis pertama (*muassis*) berdirinya Pondok Pesantren al-Mubarak Lanbulan⁸³ yang terletak di daerah Pulau Garam desa Baturasang, Kabupaten Sampang, Madura perbatasan Bangkalan dan Sampang. Pondok pesantren ini diasuh oleh ulama tiga generasi, antara lain KH. Fathullah, kemudian dilanjutkan oleh KH. Muhammad Fathullah, dan terakhir oleh KH. Barizi Muhammad Fathullah sampai sekarang.⁸⁴ KH. Ahmad Ghozali sendiri merupakan wakil pengasuh dari Pondok Pesantren Al-Mubarak Lanbulan.

Selain menjadi wakil pengasuh dari Pondok Pesantren Al-Mubarak Lanbulan, KH. Ahmad Ghozali juga pernah menjabat sebagai Wakil Ketua Syuriyah NU di Kabupaten Sampang, Ketua Syuriyah NU di Kecamatan

⁸² Lukman, "Studi Analisis Rashdul Kiblat Bulan dalam Kitab Jami'u Al-Adillah Karya KH. Ahmad Ghozali" (Skripsi—Universitas Islam Negeri Walisongo, Semarang, 2016), 43.

⁸³ Purkon Nur Ramdhan, "Studi Analisis Metode Hisab Arah Kiblat KH. Ahmad Ghozali dalam Kitab Irsyâd al-Murîd", (Skripsi—IAIN Walisongo, Semarang, 2012), 48.

⁸⁴ Lukman, "Studi Analisis Rashdul...", 44.

Tambelangan, Penasihat LFNU Jawa Timur, Anggota BHR Jawa Timur, anggota PBNU dan DEPAG RI.⁸⁵

KH. Ahmad Ghozali menikah pada tahun 1990 M dengan Hj. Asma binti Abdul Karim yang masih memiliki garis keturunan dengan Syaikhona Kholil Bangkalan dalam garis nasab kelima. Dalam pernikahannya beliau dikaruniai sembilan orang anak (5 putra dan 4 putri), diantaranya Nurul Bashiroh, Afiyah, Aly, Yahya, Salman, Muhammad, Kholil, A'isyah, dan Sofiyah.⁸⁶

Sejak kecil KH. Ahmad Ghozali dididik oleh orang tuanya sendiri dengan ilmu agama, sehingga beliau mempunyai kecintaan yang tinggi terhadap ilmu agama. Beliau juga pernah belajar di sekolah formal di sekolah dasar setempat, namun hanya sampai kelas 3 saja. Beliau lebih fokus pada pendidikan agama yang diajarkan ayahandanya di Pondok Pesantren Lanbulan.⁸⁷

Selain berguru pada ayahandanya sendiri, KH. Ahmad Ghozali juga berguru pada kedua kakaknya, yakni KH. Kurdi Muhammad (alm) dan KH. Barizi Muhammad.⁸⁸ Pada tahun 1977 hingga 1980 setiap bulan Ramadan, beliau juga berguru kepada KH. Maimun Zubair Sarang, Rembang. Selain itu, beliau juga pernah berguru pada KH. Hasan Iraqi (alm) di Kota Sampang setiap hari Selasa dan Sabtu, pada tahun 1981 M.

Setelah mengenyam pendidikan di pondoknya sendiri dibawah didikan ayahandanya, beliau melanjutkan pendidikannya ke *Makkah al-Mukarromah*

⁸⁵ Ibid., 46.

⁸⁶ Yusrifal Faiz Abdillah, "Algoritma Pemrograman Gerhana Bulan Metode al-Durr al-Ani>q Menggunakan Software Visual Basic 6.0" (Skripsi—UIN Sunan Ampel, Surabaya, 2019), 25.

⁸⁷ Lukman, "Studi Analisis Rashdul...", 43-44.

⁸⁸ Ibid., 44.

kurang lebih 15 tahun di Pondok Pesantren As-Shulatiyah. Di sana beliau belajar pada para ulama yang otoritas keilmuannya tidak diragukan lagi, seperti: Syaikh Isma'il Usman Zain al-Yamany al-Makky, Syaikh Abdullah Al-Lahjy, Syaikh Yasin bin Isa Al-Fadany, dan ulama-ulama lainnya.

Dalam belajar ilmu falak, beliau belajar kepada para guru besar, seperti: Syekh Mukhtaruddin al-Flimbani (alm) di Makkah, KH. Nasir Syuja'i (alm) di Prajjen Sampang, KH. Kamil Hayyan (alm), KH. Hasan Basri Sa'id (alm), dan KH. Zubair Bungah Gresik. KH. Ahmad Ghozali sangat senang mempelajari ilmu falak, hari-harinya tidak bisa lepas dari kalkulator miliknya. Karena kecintaannya terhadap falak itulah beliau banyak membuahkannya karya-karya kitab falak.⁸⁹

Banyaknya pengalaman KH. Ahmad Ghozali dalam menimba ilmu, terutama ilmu falak membuat beliau berusaha agar ilmunya bermanfaat bagi umat Islam. Caranya dengan mengajar serta mengarang karya tulis berupa kitab-kitab, walaupun kebanyakan dari kitabnya (khususnya ilmu falak) hanya dicetak untuk kalangan sendiri, yakni untuk materi pembelajaran di Pondok Pesantren al-Mubarak Lanbulan, Baturasang, Sampang, Madura.⁹⁰

Adapun judul dari kitab-kitab ilmu falak karya beliau, seperti: At-Taqyidat al-Jaliyah, Faidl al-Karîm, Bughyat ar-Rafîq, Anfa' al-Washilah, Tsamarat al-Fikar, Irshad Al-Murid, Bulugh al-Wathar, Ad-durul Anîq, Maslak al-Qashid, dan Jami'ul Adillah. Karya-karya beliau tidak hanya

⁸⁹ Ibid., 45-46.

⁹⁰ Ibid., 46.

seputar ilmu falak saja. Ada juga kitab-kitab yang berkaitan dengan fikih, hadis, serta masih banyak lagi.

B. Gambaran Umum Tentang Kitab *Irshād Al-Muriid*

Kitab *Irshād Al-Muriid* mulai dipublikasikan pada Pelatihan Aplikasi Hisab Falak yang diadakan oleh Forum Lajnah Falakiyah dan UIN Malang. kitab ini memiliki tebal 238 halaman⁹¹ dan pertama kali diterbitkan pada Senin 7 Rajab 1425 H atau 23 Agustus 2004 M.⁹² Namun, pada cetakan keempatnya yang terbit pada tahun 1436 H, tebal kitab ini ialah 232 halaman. Kitab ini dibagi menjadi beberapa bagian, sebagai berikut.

1. Pengantar (oleh Syekh Ahmad Ghozali)
2. Pendahuluan (oleh ketua umum pengurus besar Nahdlatul Ulama Jawa Timur)
3. Bagian pertama: menghadap kiblat
 - a. Hukum mempelajari dalil-dalil tentang kiblat
 - b. Hukum menghadap kiblat
 - c. Diperbolehkan tidak menghadap kiblat
 - d. Azimut kiblat
 - e. Jam *rasdul* kiblat
4. Bagian kedua: waktu salat
 - a. Waktu zuhur
 - b. Waktu asar
 - c. Waktu magrib

⁹¹ Kitri Sulastri, “Studi Analisis Hisab Awal Bulan Kamariyah dalam Kitab al-Irshād al-Muriid” (Skripsi—IAIN Walisongo, Semarang, 2011), 47.

⁹² Lukman, “Studi Analisis Rashdul...”, 48.

- d. Waktu isya
 - e. Waktu subuh
 - f. Waktu imsak
 - g. Waktu terbit
 - h. Waktu duha dan dua salat Id
 - i. Perhitungan waktu-waktu salat
5. Bagian ketiga: penanggalan
- a. Pengantar
 - b. Penanggalan Masehi/Gregorian
 - c. Penanggalan Islam/Hijriah
 - d. Bulan-bulan penanggalan Hijriah
 - e. Hari dan pasaran
 - f. Mengubah tanggal Hijriah ke Masehi secara *urfi*
 - g. Mengubah tanggal Masehi ke Hijriah secara *urfi*
6. Bagian keempat: pembahasan tentang hilal
- a. Hukum melihat hilal (rukyatul hilal)
 - b. Rukyatul hilal yang diterima (*al-mu'tabaroh*)
 - c. Hilal tidak terlihat namun hisab menetapkan awal bulan berdasarkan rukyat
 - d. *Ikhbar* dalam rukyatul hilal
 - e. Memberikan *ikhbar* rukyatul hilal
 - f. Penolakan kesaksian rukyatul hilal
 - g. Hisab hakiki dan hisab istilahi

- h. Kewajiban syariat untuk memberikan penetapan hukum terhadap rukyatul hilal
 - i. Batasan *imkanur rukyah*
 - j. Tahun-tahun dimana Rasulullah saw. berpuasa
 - k. Tabel-tabel data observasi wujudul hilal
 - l. Langkah-langkah dalam perhitungan ijtimak
 - m. Langkah-langkah perhitungan hilal
 - n. Perhitungan terbenam bulan dan matahari secara tahkiki
7. Bagian kelima: gerhana Bulan dan Matahari
- a. Kata *khusuf* dan *kusuf* dari ayat al-Qur'an
 - b. Hukum mempelajari gerhana bulan dan matahari
 - c. Hal-hal yang disunahkan ketika terjadi gerhana
 - d. Salat *khusufaini*
 - e. Gerhana bulan dan matahari pada masa Rasulullah saw.
 - f. Perhitungan gerhana Bulan dan Matahari ⁹³

C. Biografi Penulis Buku *Astronomical Algorithms*

Jean Meeus lahir pada tanggal 12 Desember 1928 M. Beliau adalah seorang ahli Astronomi yang berasal dari Belgia.⁹⁴ Beliau belajar matematika di Universitas Louvain (Leuven) di Belgia dan menerima gelar diploma pada tahun 1953. Sejak saat itu, beliau menjadi ahli meteorologi di Bandara Brussels Belgia. Minat khusus beliau adalah astronomi bola dan matematika.

⁹³ Ahmad Ghazali Muhammad Fathullah, *Irsha'd Al-Muri'd* (Sampang: Lafal, 2005).

⁹⁴ Khozinur Rohman, "Studi Komparasi Algoritma Equation of Time Versi Jean Meeus Dan Newcomb" (Skripsi—UIN Walisongo, Semarang, 2016), 41.

Beliau adalah anggota beberapa asosiasi astronomi dan penulis berbagai karya ilmiah.⁹⁵

Selain *Astronomical Algorithms*, beliau juga memiliki beberapa karya lain, diantaranya: *Astronomical Formulae for Calculators* (1979, 1982, 1985, dan 1988), *Elements of Solar Eclipses 1951-2200* (1989), *Transits* (1989), *Astronomical Tables of the Sun, Moon and Planets* (1983 dan 1995), dan *Mathematical Astronomy Morsels* (1997). Selain itu, beliau merupakan penulis kedua dari *Canon of Solar Eclipses* (1966), *The Canon of Lunar Eclipses* (1979), dan *The Canon of Solar Eclipses* (1983).

D. Gambaran Umum Tentang Buku *Astronomical Algorithms*

Buku *Astronomical Algorithms* pertama kali diterbitkan Willman-Bell, Inc. pada tahun 1991. Dan untuk edisi keduanya diterbitkan pada tahun 1998. Buku ini ditulis menggunakan bahasa Inggris. Pada edisi keduanya, buku *Astronomical Algorithms* memiliki iv + 477 halaman. Buku ini terdiri menjadi beberapa bagian, sebagai berikut.

1. Kata pengantar (halaman i-iv)
2. Pendahuluan (halaman 1-2)
3. Daftar isi (halaman 3-4)
4. Simbol dan singkatan (halaman 5-6)
5. Isi, berisi bab-bab materi yang terdiri dari 58 bab (halaman 7-406)
6. Lampiran, terdiri dari 4 lampiran (halaman 407-471)
7. Indeks (halaman 473-477)

⁹⁵ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms (Second Edition)*, (Virginia: Willman-Bell, 1998), Back Cover.

E. Hisab Gerhana Bulan Kitab *Irshad Al-Murid* dan *Astronomical Algorithms*

Sebelum membahas konsep hisab gerhana Bulan dalam kitab *Irshad Al-Murid* dan buku *Astronomical Algorithms*, perlu diketahui pula tanda-tanda operasi hitung serta beberapa rumus yang digunakan.

1. Tanda (+) digunakan untuk penambahan, tanda (-) untuk pengurangan, tanda (x) untuk perkalian, dan tanda (/) untuk pembagian.
2. Tanda (\cong) berarti “kira-kira sama dengan”.⁹⁶
3. Rounddown, ialah fungsi untuk membulatkan ke bawah suatu bilangan atau angka yang argumen ditunjukkan oleh jumlah digit pembulatan yang dikehendaki.⁹⁷ Dalam penelitian ini, digit yang digunakan ialah “0”, jadi hasilnya bukan bilangan desimal melainkan bilangan bulat (tanpa bilangan di belakang koma).
4. Frac, ialah singkatan dari *Fraction* atau pecahan. Apabila terdapat kata tersebut dalam sebuah perhitungan, itu artinya hasil yang dibutuhkan hanya pecahannya saja.
5. Int, ialah singkatan dari *integer* yang berarti bilangan bulat. Rumus ‘INT’ memiliki fungsi untuk membulatkan angka ke bawah ke bilangan bulat terdekat⁹⁸, atau hanya mengambil hasil di depan koma saja.
6. Abs, ialah singkatan dari *absolute* yang berarti mutlak. Rumus ‘ABS’ memiliki fungsi untuk menghasilkan nilai absolut atau mutlak suatu

⁹⁶ Jean Meeus, *Astronomical...*, 350.

⁹⁷ Johar Arifin, *Mengungkap Kedahsyatan 205 Fungsi Terapan Microsoft Office Excel* (Jakarta: Elex Media Komputindo, 2009), 158.

⁹⁸ Adib Mubarrok, *Rumus Excel* (Jakarta: Elex Media Komputindo, 2015), 169.

bilangan dengan mengabaikan tanda negatif.⁹⁹ Dalam kitab *Irshād Al-Murīd*, fungsi *absolute* ada yang dituliskan dengan “abs”, ada pula yang menggunakan tanda “/.../”. Sedangkan untuk *Astronomical Algorithms*, dalam penelitian ini peneliti menggunakan tanda “[...]” untuk menuliskan fungsi *absolute*.

7. Untuk angka desimal dalam rumus, tanda pemisah antara angka di depan koma dengan angka di belakang koma ialah tanda titik, seperti dalam kalkulator.

Selain itu, perlu diketahui pula arti dari simbol-simbol serta istilah yang digunakan. Disini peneliti hanya akan menjelaskan simbol serta istilah yang sama saja.

1. *Epoch* atau zaman referensi ialah waktu instan yang dipilih sebagai asal mula era kalender tertentu. Fungsi dari *epoch* adalah sebagai titik referensi dari mana waktu diukur.¹⁰⁰
2. *K* adalah jumlah Bulan yang dilewati dari bulan *epoch* sampai yang dihitung.
3. *T* adalah abad yang dilalui dari tahun *epoch* sampai tahun yang dihitung.
4. *F* (*Hijrah al-‘ard*) atau argumen lintang Bulan adalah gambaran pergerakan Bulan dalam mengelilingi Bumi yang pada setiap satu lunasi

⁹⁹ Johar Arifin dan A. Fauzi, *Aplikasi Excel dalam Aspek Kuantitatif Manajemen Sumber Daya Manusia* (Jakarta: Elex Media Komputindo, 2007), 23.

¹⁰⁰ Wikipedia, “Epoch”, <http://en.m.wikipedia.org/wiki/Epoch>, diakses pada 19 Mei 2021.

nilai F akan meningkat sebesar $30^{\circ}.6705$.¹⁰¹ F digunakan untuk mencari kemungkinan terjadinya gerhana Bulan.

5. M (*Kha>sh al-Shams* atau anomali matahari), yakni jarak antara posisi Matahari dengan titik terdekat Matahari dengan Bumi sebesar lingkaran ekliptika.¹⁰²
6. M' (*Kha>sh al-Qamar* atau anomali Bulan), yakni jarak antara posisi Bulan dengan titik terdekat Bulan dengan Bumi sebesar lingkaran *falakul qamar*.¹⁰³
7. Ω (Ohm) adalah titik naik dari titik perpotongan antara *falakul qamar* dan ekliptika yang yang pertama ke posisi Bulan.
8. F_1 (*al-H}isjah al-Tha>niyah*) merupakan koreksi dari nilai F .
9. A_1 (*planetary argument*), yakni pengaruh planet-planet atas kecepatan dan jarak Bulan.¹⁰⁴
10. E (*Ikhtila>f al-Markaz* atau eksentrisitas orbit bumi), yakni perubahan orbit (imajiner) Bumi dalam mengelilingi Matahari.¹⁰⁵
11. T_0 adalah waktu pertengahan gerhana Bulan berdasarkan waktu universal (UT). Sedangkan T_0 WD ialah waktu pertengahan gerhana Bulan berdasarkan waktu daerah.
12. Γ (γ) atau dalam kitab *Irsha>d Al-Muri>d* ditulis “ Y ” adalah jarak terdekat dari pusat Bulan ke sumbu bayangan Bumi dalam satuan radius

¹⁰¹ Ehsan Hidayat, “Penentuan Jumlah Gerhana Matahari dengan Argumen Lintang Bulan dan Teori Aritmatika”, *Miyah: Jurnal Studi Islam*, No. 01, Vol. 15 (Januari, 2019), 16.

¹⁰² Sukarni, “Metode Hisab Gerhana...”, 61.

¹⁰³ Ibid.

¹⁰⁴ Ibid., 63.

¹⁰⁵ Putri Setiani, *Sains Perubahan Iklim* (Jakarta: Bumi Aksara, 2020), 36.

ekuator Bumi. Nilai γ positif apabila Bulan melewati utara sumbu bayangan, sedangkan γ bernilai negatif apabila Bulan melewati selatan sumbu bayangan.¹⁰⁶

13. U (*makhru>t} al-z}il*) adalah jarak antara pusat Bulan dengan titik pusat Bumi.¹⁰⁷

14. H adalah *al-mah}fu>z} al-u>la* atau simpanan pertama untuk mengetahui semi-durasi fase parsial dalam penumbra.¹⁰⁸

15. N adalah *al-mah}fu>z} al-ra>bi'* atau simpanan keempat untuk mengetahui semi-durasi gerhana Bulan.

Dari simbol-simbol di atas, ada beberapa simbol yang ditulis sedikit berbeda. Pada kitab *Irsha>d Al-Muri>d* simbol ditulis menggunakan huruf kapital, sedangkan pada buku *Astronomical Algorithms* ditulis dengan huruf kecil. Setelah mengetahui tanda, rumus, serta beberapa simbol yang digunakan dalam kitab *Irsha>d Al-Muri>d* dan buku *Astronomical Algorithms*, berikut langkah-langkah hisab gerhana Bulan dalam kitab *Irsha>d Al-Muri>d* dan buku *Astronomical Algorithms*.

1. Hisab Gerhana Bulan Kitab *Irsha>d Al-Muri>d*

a. Mencari nilai kemungkinan terjadinya gerhana bulan.

Untuk mencari nilai kemungkinan terjadinya gerhana bulan, diperlukan bulan dan tahun Hijriah yang akan dihitung. Bulan yang akan dihitung ditandai dengan M, sedangkan tahunnya ditandai dengan Y.

¹⁰⁶ Jean Meeus, *Astronomical...*, 382.

¹⁰⁷ Sukarni, "Metode Hisab Gerhana...", 68.

¹⁰⁸ Jean Meeus, *Astronomical...*, 383.

- 1) Cari HY dengan mengalikan M dengan 29,53 (bulan sinodis). Bulan sinodis ialah waktu yang dibutuhkan bulan untuk beredar mengelilingi bumi.¹⁰⁹ Kemudian bagi dengan 354,3671 yang merupakan jumlah hari rata-rata dalam satu tahun menurut kalender Hijriah.¹¹⁰ Kemudian, tambahkan hasilnya dengan tahun Hijriah yang akan dicari (Y).

$$HY = Y + (M \times 29.53) / 354.3671$$

- 2) Cari K dengan mengurangi HY dengan tahun *epoch*. Tahun *epoch* yang digunakan dalam kitab *Irshad Al-Murid* ialah 1410¹¹¹ (Hijriah). Lalu kalikan hasilnya dengan 12 yang merupakan jumlah bulan dalam satu tahun Hijriah.¹¹² Lalu kurangi hasilnya dengan 0.5. Angka 0.5 berasal dari perbedaan permulaan atau pergantian hari antara *Julian Day* dan *Gregorian*. Permulaan hari *Julian Day* adalah pada jam 12 siang, sedangkan *Gregorian* pada jam 12 malam, maka $12 / 24 = 0.5$.¹¹³

$$K = ((HY - 1410) \times 12) - 0.5$$

- 3) Cari T dengan membagi K dengan 1200.

$$T = K / 1200$$

¹⁰⁹ Slamet Hambali, *Almanak Sepanjang Masa: Sejarah Sistem Penanggalan Masehi, Hijriyah dan Jawa* (Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, 2011), 64.

¹¹⁰ Sukarni, "Metode Hisab Gerhana Bulan Ahmad Ghozali Dalam Kitab *Irshad al-Murid*" (Skripsi—IAIN Walisongo, Semarang, 2014), 58.

¹¹¹ Ahmad Ghazali Muhammad Fathullah, *Irshad*..., 173.

¹¹² Sukarni, "Metode Hisab Gerhana...", 59

¹¹³ *Ibid.*, 59.

- 4) Mencari F untuk mengetahui kemungkinan terjadinya gerhana Bulan.

$$F = \text{Frac} ((164.2159288 + 390.67050274 \times K + -0.0016341 \times T^2 - 0.00000227 \times T^3) / 360) \times 360$$

Apabila nilai F berada antara 0° - 12° , 168° - 192° , atau 348° - 360° , maka kemungkinan akan terjadi gerhana bulan.¹¹⁴

- b. Mencari nilai waktu pertengahan terjadinya gerhana bulan

- 1) Mencari nilai *Julian Day* (JD). JD adalah *Julian Day* atau Hari Julian. *Julian Day* didefinisikan sebagai banyaknya hari yang telah dilewati sejak hari Senin tanggal 1 Januari tahun 4713 SM pada pertengahan hari atau pukul 12.00 UT (*Universal Time*) atau GMT.¹¹⁵

$$JD = 2447740.651689 + 29.530588853 \times K + 0.0001337 \times T^2 - 0.00000015 \times T^3$$

Hasil dari *Julian Day* digunakan untuk konversi, karena setiap konversi Hijriah ataupun Masehi harus menggunakan *Julian Day*.¹¹⁶

- 2) Mencari nilai *Khashah al-Shams* atau anomali matahari (M).

$$M = \text{Frac} ((207.9623868 + 29.10535669 \times K + -0.0000218 \times T^2) / 360) \times 360$$

- 3) Mencari nilai *Khashah al-Qamar* atau anomali Bulan (M').

¹¹⁴ Ahmad Ghazali Muhammad Fathullah, *Irshad...*, 173.

¹¹⁵ Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit* (Yogyakarta: Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, 2012), 8.

¹¹⁶ Sukarni, "Metode Hisab Gerhana...", 60.

$$M' = \frac{(111.1797657 + 385.81693528 \times K + 0.0107438 \times T^2 + 0.00001239 \times T^3)}{360} \times 360$$

- 4) Mencari nilai Ω .

$$\Omega = \frac{(326.4991207 + -1.5637558 \times K + 0.0020691 \times T^2 + 0.00000215 \times T^3)}{360} \times 360$$

- 5) Mencari koreksi nilai F atau *al-Hijrah al-Thaniyah* (F_1).

$$F_1 = \frac{(F - 0.02665 \times \sin \Omega)}{360} \times 360$$

- 6) Mencari nilai *planetary argument* (A_1).

$$A_1 = \frac{(285.9142682 + 0.107408 \times K + -0.009173 \times T^2)}{360} \times 360$$

- 7) Mencari nilai *Ikhtilaf al-Markaz* atau eksentrisitas orbit bumi (E).

$$E = 1 - 0.002516 \times T + -0.0000074 \times T^2$$

- 8) Mengoreksi fase-fase *istiqbal*, untuk menghasilkan nilai waktu *istiqbal* dengan tepat. Dalam kitab *Irshad Al-Murid* koreksi ini dilakukan sebanyak 16 kali dan dilambangkan dengan "T".

$$T_1 = -0.4065 \times \sin M'$$

$$T_2 = 0.1727 \times E \times \sin M$$

$$T_3 = 0.0161 \times \sin 2M'$$

$$T_4 = -0.0097 \times \sin 2F_1$$

$$T_5 = 0.0073 \times E \times \sin (M' - M)$$

$$T_6 = -0.005 \times E \times \sin (M' + M)$$

$$T_7 = -0.0023 \times \sin (M' - 2F_1)$$

$$T8 = 0.0021 \times E \times \sin 2M$$

$$T9 = 0.0012 \times \sin (M' + 2F_1)$$

$$T10 = 0.0006 \times E \times \sin (2M' + M)$$

$$T11 = -0.0004 \times \sin 3M'$$

$$T12 = -0.0003 \times E \times \sin (M + 2F_1)$$

$$T13 = 0.0003 \times \sin A_1$$

$$T14 = -0.0002 \times E \times \sin (M + 2F_1)$$

$$T15 = -0.0002 \times E \times \sin (2M' - M)$$

$$T16 = -0.0002 \times \sin \Omega$$

Kemudian, jumlahkan seluruh koreksi di atas.

$$MT = T1 \text{ s/d } T16$$

- 9) Mencari nilai *Julian Day* dari *istiqbal* (JDI), yakni nilai *Julian Day* dari *istiqbal*. Nilai di depan koma menunjukkan nilai tanggal, bulan, dan tahun. Sedangkan angka di belakang koma menunjukkan waktu.¹¹⁷ Cara mencarinya adalah dengan menambahkan nilai JD dengan 0.5 dan nilai MT.

$$JD \text{ Istiqbal} = JD + 0.5 + MT$$

- 10) Mencari nilai waktu pertengahan gerhana Bulan menurut waktu universal (T0) dan waktu daerah (T0 WD).

$$T0 = \text{Frac}(JD \text{ Istiqbal}) \times 24$$

¹¹⁷ Sukarni, "Metode Hisab Gerhana...", 65.

Untuk mencari nilai waktu pertengahan gerhana Bulan menurut waktu daerah, tambahkan T0 dengan *Time Zone* (TZ) yang ingin dicari.

$$T0 \text{ WD} = T0 + TZ$$

c. Mengkonversi hari Hijriah ke hari Masehi

$$Z = \text{Int} (\text{JD } Istiqbal)$$

$$AA = \text{Int} ((Z - 1867216.25) / 36524.25)$$

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

$$B = A + 1524$$

$$C = \text{Int} ((B - 122.1) / 365.25) *$$

$$D = \text{Int} (365.25 \times C)$$

$$E = \text{Int} ((B - D) / 30.6001) *$$

$$\text{Tanggal} = \text{Int} (B - D - \text{Int} (30.6001 \times E))$$

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

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

$$PA = Z + 2$$

$$\text{Hari} = PA - \text{Int} (PA / 7) \times 7$$

$$\text{Pasaran} = PA - \text{Int} (PA / 5) \times 5$$

Untuk menentukan “Pasaran” dan “Hari”, lihat tabel berikut.

Hasil	Pasaran
0	Wage
1	Kliwon
2	Legi
3	Pahing
4	Pon

Tabel 3.1 (Menentukan Pasaran)

Hasil	Hari
0	Sabtu
1	Ahad
2	Senin
3	Selasa
4	Rabu
5	Kamis
6	Jumat

Tabel 3.2 (Menentukan Hari)

Rumus yang memiliki tanda “*” di samping rumusnya berarti hanya digunakan dalam konversi hari Hijriah ke hari Masehi ini saja. Maksud peneliti menambahkan hal ini adalah untuk mengurangi resiko kesalahan penggunaan rumus yang memiliki simbol yang sama.

d. Mencari waktu terjadinya gerhana Bulan

- 1) Mengoreksi nilai lintang Bulan maksimum atau *'ard'u al-qamar al-kulliy* (S), yakni busur sepanjang lingkaran kutub ekliptika dihitung dari titik pusat Bulan hingga lingkaran ekliptika. Nilai lintang Bulan antara 0° s/d 5° 8'. Lintang Bulan bernilai positif apabila Bulan berada di utara ekliptika, dan bernilai negatif apabila berada di selatan ekliptika.¹¹⁸

$$S1 = -0.0048 \times E \times \cos M$$

$$S2 = 0.0020 \times E \times \cos 2M$$

$$S3 = -0.3299 \times \cos M'$$

$$S4 = -0.0060 \times E \times \cos (M + M')$$

$$S5 = 0.0041 \times E \times \cos (M - M')$$

¹¹⁸ Sukarni, “Metode Hisab Gerhana...”, 67.

Kemudian jumlahkan S1 sampai S5 dan tambahkan dengan 5.2207.

$$S = 5.2207 + S1 \text{ s/d } S5$$

- 2) Mencari nilai *al-h}arakah al-mah}fu>z}ah al-u>la* (C)

$$C1 = 0.0024 \times E \times \sin 2M$$

$$C2 = -0.0392 \times \sin M'$$

$$C3 = 0.0116 \times \sin 2M'$$

$$C4 = -0.0073 \times E \times \sin (M + M')$$

$$C5 = -0.0067 \times E \times \sin (M - M')$$

$$C6 = 0.0118 \times \sin 2F$$

$$C = 0.2070 \times \sin M + C1 \text{ s/d } C6$$

- 3) Mencari nilai *al-h}arakah al-mah}fu>z}ah al-Tha>niyah* (W)

$$W = \text{Abs} (\cos F_1)$$

- 4) Mencari nilai *al-h}arakah al-mah}fu>z}ah al-Tha>lithah* (Y)

$$Y = (S \times \sin F_1 + C \times \cos F_1) \times (1 - 0.0048 \times W)$$

- 5) Mencari nilai *makhru>t} al-z}il* (U)

$$U1 = 0.0046 \times E \times \cos M$$

$$U2 = -0.0182 \times \cos M'$$

$$U3 = 0.0004 \times \cos 2M'$$

$$U4 = -0.0005 \times \cos (M + M')$$

$$U = 0.00059 + U1 \text{ s/d } U4$$

- 6) Mencari nilai *al-mah}fu>z}a>t*

- a) Mencari nilai $al-mah\}fu>z\} al-u>la$ atau simpanan pertama (H)

$$H = 1.5573 + U$$

- b) Mencari nilai $al-mah\}fu>z\} al-Tha>niy$ atau simpanan kedua (P)

$$P = 1.0128 - U$$

- c) Mencari nilai $al-mah\}fu>z\} al-Tha>lith$ atau simpanan ketiga (R)

$$R = 0.4678 - U$$

- d) Mencari nilai $al-mah\}fu>z\} al-ra>bi'$ atau simpanan keempat (N)

$$N = 0.5458 + 0.0400 \times \cos M'$$

- 7) Mencari nilai magnitudo gerhana bulan atau $miqda>r al-khusu>f$ (MG), atau dapat disebut juga kecerlangan gerhana Bulan. Nilai magnitudo disini adalah nilai magnitudo maksimum atau puncak.

$$MG = (1.0128 - U - \text{Abs}(Y)) / 0.5450$$

- 8) Mencari tenggang waktu gerhana bulan

- a) Mencari waktu terjadinya gerhana bulan penumbra (T1)

$$T1 = 60 / N \times \sqrt{(H^2 - Y^2)} / 60$$

- b) Mencari waktu terjadinya gerhana bulan umbra (T2)

$$T2 = 60 / N \times \sqrt{(P^2 - Y^2)} / 60$$

- c) Mencari nilai tenggang waktu awal atau akhir gerhana dengan waktu tengah gerhana (T_3). Apabila yang terjadi gerhana bulan sebagian, maka perhitungan ini tidak diperlukan.

$$T_3 = 60 / N \times \sqrt{(R^2 - Y^2)} / 60$$

- 9) Mencari waktu gerhana Bulan.

$$W_1 = T_0 - T_1 \quad (\text{waktu mulai gerhana bulan penumbra})$$

$$W_2 = T_0 - T_2 \quad (\text{waktu mulai gerhana bulan umbra})$$

$$W_3 = T_0 - T_3 \quad (\text{waktu mulai gelap atau awal waktu gerhana total})$$

$$W_4 = T_0 + T_3 \quad (\text{waktu mulai terang atau akhir waktu gerhana total})$$

$$W_5 = T_0 + T_2 \quad (\text{waktu akhir gerhana bulan umbra})$$

$$W_6 = T_0 + T_1 \quad (\text{waktu akhir gerhana bulan penumbra})$$

Apabila yang terjadi gerhana bulan sebagian, maka perhitungan W_3 dan W_4 tidak diperlukan.

2. Hisab Gerhana Bulan Astronomical Algorithms

- a. Menghitung perkiraan tahun terjadinya gerhana Bulan (*year*). *Year* dinyatakan dengan angka desimal. Untuk mencari “*year*” dibutuhkan tahun, banyak bulan yang telah dilewati, dan tanggal dalam Masehi. Kemudian hitung menggunakan rumus berikut.

$$year = tahun + (bulan - 1) / 12 + tanggal / 365$$

- b. Menghitung perkiraan nilai lintasan atau perjalanan Bulan melalui titik simpul (k). Sebagai catatan k adalah ketika bulan melewati titik simpul baik naik atau turun dari orbitnya garis lintang geosentrisnya adalah 0. Hitung perkiraan nilai k dengan rumus berikut.

$$k \cong (\text{year} - 2000) \times 12.3685$$

Setelah mendapat perkiraan nilai k dengan rumus di atas, bulatkan nilainya dan tambahkan dengan 0.5. Penambahan 0.5 disebabkan karena gerhana Bulan terjadi ketika fase Bulan purnama. Dari penjelasan di atas, dapat pula meringkas rumus sebagai berikut.

$$k \cong \text{Rounddown}((\text{year} - 2000) \times 12.3685) + 0.5$$

- c. Menghitung waktu dalam abad Julian sejak tahun *epoch* (T). Tahun *epoch* yang digunakan disini adalah 2000.

$$T = k / 1236.85$$

- d. Menghitung *Julian Ephemeris Day* atau Hari Julian Ephemeris (JDE), yakni waktu *Julian Day* (JD) yang berkaitan dengan waktu yang dihitung menurut *Dynamical Time* (TD) atau *Ephemeris Time*.¹¹⁹

$$\text{JDE} = 2451550.09766 + 29.530588861 \times k + 0.00015437 \times T^2 - 0.000000150 \times T^3 + 0.00000000073 \times T^4$$

- e. Menghitung rata-rata anomali Matahari pada saat JDE (M).

¹¹⁹ Khozinur Rohman, "Studi Komparasi Algoritma...", 43.

$$M = 2.5534 + 29.10535670 \times k - 0.0000014 \times T^2 - 0.00000011 \times T^3$$

- f. Menghitung rata-rata anomali Bulan (M').

$$M' = 201.5643 + 385.81693528 \times k + 0.0107582 \times T^2 + 0.00001238 \times T^3 - 0.000000058 \times T^4$$

- g. Menghitung argumen lintang Bulan (F).

$$F = 160.7108 + 390.67050284 \times k - 0.0016118 \times T^2 - 0.00000227 \times T^3 + 0.000000011 \times T^4$$

Jika nilai F berbeda dari kelipatan terdekat dari 180° yakni kurang dari 13.9° , maka pasti ada gerhana, jika perbedaan lebih besar dari 21° , maka tidak ada gerhana, sedangkan antara nilai tersebut gerhana belum bisa dipastikan, namun dapat diselidiki lebih lanjut dengan aturan berikut: jika $[\sin F] > 0.36$, maka tidak ada gerhana. Jika nilai F mendekati 0° atau 360° , maka gerhana terjadi di dekat titik daki (*ascending node*) Bulan. Sedangkan jika nilai F dekat 180° , maka gerhana terjadi di dekat titik turun (*descending node*) orbit Bulan.

- h. Menghitung nilai bujur titik daki (*ascending node*) peredaran bulan¹²⁰ (Ω).

$$\Omega = 124.7746 - 1.56375588 \times k + 0.0020672 \times T^2 + 0.00000215 \times T^3$$

- i. Mencari nilai eksentrisitas orbit bumi (E)

¹²⁰ Jean Meeus, *Astronomical...*, 350.

$$E = 1 - 0.002516 \times T - 0.0000074 \times T^2$$

- j. Koreksi nilai F (F_1).

$$F_1 = F - 0.02665^\circ \times \sin \Omega$$

- k. Mencari nilai *planetary argument* (A_1).

$$A_1 = 299.77^\circ + 0.107408^\circ \times k - 0.009173^\circ \times T^2$$

- l. Koreksi-koreksi *istiqbal* (MT)

$$T1 = -0.4065 \times \sin M'$$

$$T2 = 0.1727 \times E \times \sin M$$

$$T3 = 0.0161 \times \sin 2M'$$

$$T4 = -0.0097 \times \sin 2F_1$$

$$T5 = 0.0073 \times E \times \sin(M' - M)$$

$$T6 = -0.0050 \times E \times \sin(M' + M)$$

$$T7 = -0.0023 \times \sin(M' - 2F_1)$$

$$T8 = 0.0021 \times E \times \sin 2M$$

$$T9 = 0.0012 \times \sin(M' + 2F_1)$$

$$T10 = 0.0006 \times E \times \sin(2M' + M)$$

$$T11 = -0.0004 \times \sin 3M'$$

$$T12 = -0.0003 \times E \times \sin(M + 2F_1)$$

$$T13 = 0.0003 \times \sin A_1$$

$$T14 = -0.0002 \times E \times \sin(M - 2F_1)$$

$$T15 = -0.0002 \times E \times \sin(2M' - M)$$

$$T16 = -0.0002 \times \sin \Omega$$

Setelah menghitung koreksi-koreksi di atas, tambahkan semua hasilnya.

$$\mathbf{MT = T1 \text{ s/d } T6}$$

Simbol “T” dan “MT” yang digunakan dalam koreksi ini bukanlah simbol yang tertulis dalam buku *Astronomical Algorithms*. Simbol-simbol tersebut ditujukan penulis untuk memudahkan ketika proses perhitungan.

- m. Menghitung nilai JDE terkoreksi dengan cara menambahkan nilai JDE (belum dikoreksi) dengan MT.

$$\mathbf{JDE \text{ Terkoreksi} = JDE + MT}$$

- n. Menghitung *Julian Day* saat gerhana maksimum dengan cara mengurangi JDE terkoreksi dengan ΔT .¹²¹ ΔT ialah selisih antara waktu TD (*Dynamical Time*) dengan UT (*Universal Time*).¹²² Nilai ΔT dapat diketahui menggunakan rumus-rumus tertentu yang dalam jangka beberapa tahun akan berubah. Untuk selang tahun 2005 hingga 2050 berikut rumus yang digunakan.

$$\Delta T_{(2005-2050)} = 62.92 + 0.32217 \times (\text{year} - 2000) + 0.005589 \times (\text{Year} - 2000) \times (\text{year} - 2000)$$

Kemudian hitung JD saat gerhana maksimum dengan rumus berikut.

$$\mathbf{JD \text{ Istiqbal} = JDE \text{ terkoreksi} - \Delta T}$$

¹²¹ Yusrifal Faiz Abdillah, “Algoritma Pemrograman Gerhana...”, 35.

¹²² Jean Meeus, *Astronomical...*, 5.

Dari hasil JD *istiqbal* ini dapat diketahui waktu puncak atau tengah gerhana Bulan. Tambahkan *time zone* (TZ) apabila ingin mengetahui waktu terjadi gerhana Bulan pada tempat tertentu.

- o. Menghitung nilai P.

$$\begin{aligned}
 P = & + 0.2070 \times E \times \sin M \\
 & + 0.0024 \times E \times \sin 2M \\
 & - 0.0392 \times \sin M' \\
 & + 0.0116 \times \sin 2M' \\
 & - 0.0073 \times E \times \sin (M' + M) \\
 & + 0.0067 \times E \times \sin (M' - M) \\
 & + 0.00118 \times \sin 2F_1
 \end{aligned}$$

- p. Menghitung nilai Q

$$\begin{aligned}
 Q = & + 5.2207 \\
 & - 0.0048 \times E \times \cos M \\
 & + 0.0020 \times \cos 2M \\
 & - 0.3299 \times \cos M' \\
 & - 0.0060 \times E \times \cos (M' + M) \\
 & + 0.0041 \times E \times \cos (M' - M)
 \end{aligned}$$

- q. Menghitung nilai W

$$W = [\cos F_1]$$

- r. Menghitung nilai γ (*Gamma*), yakni jarak terdekat dari pusat Bulan ke sumbu bayangan Bumi dalam satuan radius ekuator Bumi. Nilai γ positif apabila Bulan melewati utara sumbu bayangan, sedangkan

γ bernilai negatif apabila Bulan melewati selatan sumbu bayangan.¹²³

$$\gamma = (P \times \cos F_1 + Q \times \sin F_1) \times (1 - 0.0048 \times W)$$

s. Menghitung u

$$u_1 = 0.0046 \times E \times \cos M$$

$$u_2 = -0.0182 \times \cos M'$$

$$u_3 = 0.0004 \times \cos 2M'$$

$$u_4 = -0.0005 \times \cos(M + M')$$

$$u = 0.0059 + u_1 \text{ s/d } u_4$$

t. Menghitung radius gerhana Bulan

$$\text{Penumbra : } \rho = 1.2848 + u$$

$$\text{Umbra : } \sigma = 0.7403 - u$$

u. Magnitudo atau kecerlangan gerhana Bulan (MG)

$$\text{MG penumbra} = (1.5573 + u - [\gamma]) / 0.5450$$

$$\text{MG umbra} = (1.0128 - u - [\gamma]) / 0.5450$$

Apabila nilai MG negatif maka tidak ada gerhana.

v. Menghitung nilai semi durasi

$$1) \text{ Penumbra: } H = 1.5573 + u$$

$$2) \text{ Umbra: } P = 1.0128 - u \text{ (Parsial)}$$

$$t = 0.4678 - u \text{ (Total)}$$

$$n = 0.5458 + 0.0400 \times \cos M'$$

w. Menghitung semi durasi dalam menit

¹²³ Jean Meeus, *Astronomical...*, 382.

$$\text{Fase Penumbra} = 60 / n \times \sqrt{(H^2 - \gamma^2)}$$

$$\text{Fase parsial} = 60 / n \times \sqrt{(P^2 - \gamma^2)}$$

$$\text{Fase total} = 60 / n \times \sqrt{(t^2 - \gamma^2)}$$

- x. Menghitung waktu terjadinya gerhana. W1 ialah waktu mulai gerhana Bulan parsial. W2 ialah waktu mulai gerhana Bulan umbra. W3 ialah waktu awal gelap atau awal waktu gerhana Bulan total. W4 waktu mulai terang atau akhir waktu gerhana Bulan total. W5 ialah waktu berakhirnya gerhana Bulan umbra. Dan W6 ialah waktu akhir gerhana Bulan penumbra.

W1 = Tengah Gerhana – Semi durasi fase penumbra

W2 = Tengah Gerhana – Semi durasi fase parsial

W3 = Tengah Gerhana – Semi durasi fase total

W4 = Tengah Gerhana + Semi durasi fase Total

W5 = Tengah Gerhana + semi durasi fase parsial

W6 = Tengah Gerhana + semi durasi fase penumbra

Dalam buku *Astronomical Algorithms* rumus di atas tidak dituliskan. Peneliti menggunakan referensi lain untuk menyempurnakan langkah-langkah hisab gerhana Bulan menggunakan *Astronomical Algorithms*.

F. Perhitungan Gerhana Bulan 28 Juli 2018

1. Kitab *Irshad Al-Murid*

Tanggal 28 Juli 2018 M bertepatan dengan tanggal 15 Zulhijah 1439

H.

a. Mencari kemungkinan terjadinya gerhana bulan

$$1) \text{ HY} = \text{Tahun} + (\text{Bulan} \times 29.53) : 354.3671$$

$$= 1439 + (11 \times 29.53) : 354.3671$$

$$= \mathbf{1439.916648}$$

$$2) \text{ K} = ((\text{HY} - 1410) \times 12) - 0.5$$

$$= ((1439.916648 - 1410) \times 12) - 0.5$$

$$= \mathbf{358.5}$$

$$3) \text{ T} = \text{K} : 1200 = 358.5 : 1200 = \mathbf{0.29875}$$

$$4) \text{ F} = \text{Frac} ((164.2159288 + 390.67050274 \times \text{K} + -0.0016341 \times$$

$$\text{T}^2 - 0.00000227 \times \text{T}^3) / 360) \times 360$$

$$= \text{Frac} ((164.2159288 + 390.67050274 \times 358.5 + -0.0016341$$

$$\times 0.29875^2 - 0.00000227 \times 0.29875^3) / 360) \times 360$$

$$= \mathbf{179^\circ 35' 27.6''}$$

Nilai F berada di antara 168° - 192° maka, kemungkinan terjadi gerhana.

b. Mencari nilai pertengahan terjadinya gerhana bulan

$$1) \text{ JD} = 2447740.651689 + 29.530588853 \times \text{K} + 0.0001337 \times \text{T}^2$$

$$0.00000015 \times \text{T}^3$$

$$= 2447740.651689 + 29.530588853 \times 358.5 + 0.0001337 \times$$

$$0.29875^2 - 0.00000015 \times 0.29875^3$$

$$= \mathbf{2458327.367}$$

$$2) \text{ M} = \text{Frac} ((207.9623868 + 29.10535669 \times \text{K} + -0.0000218 \times \text{T}^2)$$

$$/ 360) \times 360$$

$$= \text{Frac} ((207.9623868 + 29.10535669 \times 358.5 + -0.0000218 \times 0.29875^2) / 360) \times 360$$

$$= \mathbf{202^\circ 13' 57.9''}$$

$$3) \quad M' = \text{Frac} ((111.1797657 + 385.81693528 \times K + 0.0107438 \times T^2 + 0.00001239 \times T^3) / 360) \times 360$$

$$= \text{Frac} ((111.1797657 + 385.81693528 \times 358.5 + 0.0107438 \times 0.29875^2 + 0.00001239 \times 0.29875^3) / 360) \times 360$$

$$= \mathbf{186^\circ 33' 7.18''}$$

$$4) \quad \Omega = \text{Frac} ((326.4991207 + -1.5637558 \times K + 0.0020691 \times T^2 + 0.00000215 \times T^3) / 360) \times 360$$

$$= \text{Frac} ((326.4991207 + -1.5637558 \times 358.5 + 0.0020691 \times 0.29875^2 + 0.00000215 \times 0.29875^3) / 360) \times 360$$

$$= \mathbf{125^\circ 53' 34.2''}$$

$$5) \quad F_1 = \text{Frac} ((F - 0.02665 \times \sin \Omega) / 360) \times 360$$

$$= \text{Frac} ((179^\circ 35' 27.6'' - 0.02665 \times \sin 125^\circ 53' 34.2'') / 360) \times 360$$

$$= \mathbf{179^\circ 34' 9.88''}$$

$$6) \quad A_1 = \text{Frac} ((285.9142682 + 0.107408 \times K + -0.009173 \times T^2) / 360) \times 360$$

$$= \text{Frac} ((285.9142682 + 0.107408 \times 358.5 + -0.009173 \times 0.29875^2) / 360) \times 360$$

$$= \mathbf{324^\circ 25' 9.18''}$$

$$7) \quad E = 1 - 0.002516 \times T + -0.0000074 \times T^2$$

$$= 1 - 0.002516 \times 0.29875 + -0.0000074 \times 0.29875^2$$

$$= \mathbf{0.999247684}$$

$$8) \quad T1 = -0.4065 \times \sin M'$$

$$= -0.4065 \times \sin 186^\circ 33' 7.18'' = \mathbf{0^\circ 2' 46.98''}$$

$$T2 = 0.1727 \times E \times \sin M$$

$$= 0.1727 \times 0.999247684 \times \sin 202^\circ 13' 57.9''$$

$$= \mathbf{-0^\circ 3' 55.06''}$$

$$T3 = 0.0161 \times \sin 2M'$$

$$= 0.0161 \times \sin 2(186^\circ 33' 7.18'')$$

$$= \mathbf{0^\circ 0' 13.14''}$$

$$T4 = -0.0097 \times \sin 2F_1$$

$$= -0.0097 \times \sin 2(179^\circ 34' 9.88'') = \mathbf{0^\circ 0' 0.52''}$$

$$T5 = 0.0073 \times E \times \sin (M' - M)$$

$$= 0.0073 \times 0.999247684 \times \sin (186^\circ 33' 7.18'' - 202^\circ 13' 57.9'')$$

$$= \mathbf{-0^\circ 0' 7.1''}$$

$$T6 = -0.005 \times E \times \sin (M' + M)$$

$$= -0.005 \times 0.999247684 \times \sin (186^\circ 33' 7.18'' + 202^\circ 13' 57.9'')$$

$$= \mathbf{-0^\circ 0' 8.66''}$$

$$T7 = -0.0023 \times \sin (M' - 2F_1)$$

$$= -0.0023 \times \sin (186^\circ 33' 7.18'' - 2(179^\circ 34' 9.88''))$$

$$= \mathbf{-0^\circ 0' 1''}$$

$$T8 = 0.0021 \times E \times \sin 2M$$

$$= 0.0021 \times 0.999247684 \times \sin 2(202^\circ 13' 57.9'')$$

$$= \mathbf{0^{\circ} 0' 5.29''}$$

$$T9 = 0.0012 \times \sin (M' + 2F_1)$$

$$= 0.0012 \times \sin(186^{\circ} 33' 7.18'' + 2(179^{\circ} 34' 9.88''))$$

$$= \mathbf{-0^{\circ} 0' 0.43''}$$

$$T10 = 0.0006 \times E \times \sin(2M' + M)$$

$$= 0.0006 \times 0.999247684 \times \sin (2(186^{\circ} 33' 7.18'') + 202^{\circ} 13' 57.9'') = \mathbf{-0^{\circ} 0' 1.25''}$$

$$T11 = -0.0004 \times \sin 3M'$$

$$= -0.0004 \times \sin 3(186^{\circ} 33' 7.18'') = \mathbf{0^{\circ} 0' 0.48''}$$

$$T12 = -0.0003 \times E \times \sin (M + 2F_1)$$

$$= -0.0003 \times 0.999247684 \times \sin(202^{\circ} 13' 57.9'' + 2(179^{\circ} 34' 9.88'')) = \mathbf{0^{\circ} 0' 0.39''}$$

$$T13 = 0.0003 \times \sin A_1$$

$$= -0.0003 \times \sin 324^{\circ} 25' 9.18'' = \mathbf{-0^{\circ} 0' 0.63''}$$

$$T14 = -0.0002 \times E \times \sin(M + 2F_1)$$

$$= -0.0002 \times 0.999247684 \times \sin(202^{\circ} 13' 57.9'' + 2(179^{\circ} 34' 9.88'')) = \mathbf{0^{\circ} 0' 0.26''}$$

$$T15 = -0.0002 \times E \times \sin(2M' - M)$$

$$= -0.0002 \times 0.999247684 \times \sin (2(186^{\circ} 33' 7.18'') - 202^{\circ} 13' 57.9'') = \mathbf{-0^{\circ} 0' 0.11''}$$

$$T16 = -0.0002 \times \sin \Omega$$

$$= -0.0002 \times \sin 125^{\circ} 53' 34.2'' = \mathbf{-0^{\circ} 0' 0.58''}$$

$$MT = T1 \text{ s/d } T16 = \mathbf{-0^{\circ} 1' 5.76''}$$

$$\begin{aligned}
 9) \quad \text{JD Istiqbal} &= \text{JD} + 0.5 + \text{MT} \\
 &= 2458327.367 + 0.5 + -0^\circ 1' 5.76'' \\
 &= \mathbf{2458327.849}
 \end{aligned}$$

$$10) \quad T_0 = \text{Frac}(\text{JD Istiqbal}) \times 24 = 0.849 \times 24 = \mathbf{20^\circ 22' 33.6'' \text{ UT}}$$

$$\begin{aligned}
 T_0 \text{ WD} &= T_0 + \text{TZ} \\
 &= 20^\circ 22' 33.6'' + 7 \\
 &= \mathbf{3^\circ 22' 33.6'' \text{ WIB}}
 \end{aligned}$$

Karena hasilnya lebih dari 24, maka hasilnya dikurangi 24.

Dengan demikian gerhana Bulan yang terjadi di UT+7 akan terjadi di hari berikutnya.

c. Mengkonversi hari Hijriah ke Masehi

$$1) \quad Z = \text{Int}(\text{JD Istiqbal}) = \text{Int}(2458327.849) = \mathbf{2458327}$$

$$\begin{aligned}
 2) \quad \text{AA} &= \text{Int}((Z - 1867216.25) / 36524.25) \\
 &= \text{Int}((2458327 - 1867216.25) / 36524.25) = \mathbf{16}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3) \quad \text{A} &= Z + 1 + \text{AA} - \text{Int}(\text{AA} / 4) \\
 &= 2458327 + 1 + 16 - \text{Int}(16 / 4) = \mathbf{2458340}
 \end{aligned}$$

$$4) \quad \text{B} = \text{A} + 1524 = 2458340 + 1524 = \mathbf{2459864}$$

$$\begin{aligned}
 5) \quad \text{C} &= \text{Int}((\text{B} - 122.1) / 365.25) \\
 &= \text{Int}((2459864 - 122.1) / 365.25) = \mathbf{6734}
 \end{aligned}$$

$$6) \quad \text{D} = \text{Int}(365.25 \times \text{C}) = \text{Int}(365.25 \times 6734) = \mathbf{2459593}$$

$$\begin{aligned}
 7) \quad \text{E} &= \text{Int}((\text{B} - \text{D}) / 30.6001) \\
 &= \text{Int}((2459864 - 2459593) / 30.6001) = \mathbf{8}
 \end{aligned}$$

$$8) \quad \text{TGL} = \text{Int}(\text{B} - \text{D} - \text{Int}(30.6001 \times \text{E}))$$

$$= \text{Int} (2459864 - 2459593) - \text{Int} (30.6001 \times 8) = \mathbf{27}$$

$$9) \text{ BLN} = E - 1 = 8 - 1 = \mathbf{7 \text{ (Juli)}}$$

$$10) \text{ THN} = C - 4716 = 6734 - 4716 = \mathbf{2018}$$

$$11) \text{ PA} = Z + 2 = 2458327 + 2 = \mathbf{2458329}$$

$$12) \text{ Hari} = \text{PA} - \text{Int} (\text{PA} / 7) \times 7$$

$$= 2458329 - \text{Int} (2458329 / 7) \times 7 = \mathbf{6 \text{ (Jumat)}}$$

$$13) \text{ Pasaran} = \text{PA} - \text{Int} (\text{PA} / 5) \times 5$$

$$= 2458329 - \text{Int} (2458329 / 5) \times 5 = \mathbf{4 \text{ (Pon)}}$$

d. Mencari waktu terjadinya gerhana bulan

$$1) \text{ S1} = -0.0048 \times E \times \cos M$$

$$= -0.0048 \times 0.999247684 \times \cos 202^\circ 13' 57.9''$$

$$= \mathbf{0^\circ 0' 15.98''}$$

$$\text{S2} = 0.0020 \times E \times \cos 2M$$

$$= 0.0020 \times 0.999247684 \times \cos 2(202^\circ 13' 57.9'')$$

$$= \mathbf{0^\circ 0' 5.13''}$$

$$\text{S3} = -0.3299 \times \cos M'$$

$$= -0.3299 \times \cos 186^\circ 33' 7.18'' = \mathbf{0^\circ 19' 39.88''}$$

$$\text{S4} = -0.0060 \times E \times \cos (M + M')$$

$$= -0.0060 \times 0.999247684 \times \cos (202^\circ 13' 57.9'' + 186^\circ 33'$$

$$7.18'') = \mathbf{-0^\circ 0' 18.92''}$$

$$\text{S5} = 0.0041 \times E \times \cos (M - M')$$

$$= 0.0041 \times 0.999247684 \times \cos (202^\circ 13' 57.9'' - 186^\circ 33'$$

$$7.18'') = \mathbf{0^\circ 0' 14.2''}$$

$$S = 5.2207 + S1 \text{ s/d } S5 = \mathbf{5^\circ 33' 10.79''}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad C1 &= 0.0024 \times E \times \sin 2M \\ &= 0.0024 \times 0.999247684 \times \sin 2(202^\circ 13' 57.9'') \\ &= \mathbf{0^\circ 0' 6.05''} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C2 &= -0.0392 \times \sin M' \\ &= -0.0392 \times \sin 186^\circ 33' 7.18'' = \mathbf{0^\circ 0' 16.1''} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C3 &= 0.0116 \times \sin 2M' \\ &= 0.0116 \times \sin 2(186^\circ 33' 7.18'') = \mathbf{0^\circ 0' 9.47''} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C4 &= -0.0073 \times E \times \sin (M + M') \\ &= -0.0073 \times 0.999247684 \times \sin (202^\circ 13' 57.9'' + 186^\circ 33' \\ &\quad 7.18'') = \mathbf{-0^\circ 0' 12.64''} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C5 &= -0.0067 \times E \times \sin (M - M') \\ &= -0.0067 \times 0.999247684 \times \sin (202^\circ 13' 57.9'' - 186^\circ 33' \\ &\quad 7.18'') = \mathbf{-0^\circ 0' 6.51''} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C6 &= 0.0118 \times \sin 2F \\ &= 0.0118 \times \sin 2(179^\circ 35' 27.6'') = \mathbf{-0^\circ 0' 0.61''} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= 0.2070 \times \sin M + C1 \text{ s/d } C6 \\ &= 0.2070 \times \sin 202^\circ 13' 57.9'' + C1 \text{ s/d } C6 = \mathbf{-0^\circ 4' 30.1''} \end{aligned}$$

$$3) \quad W = \text{Abs} (\cos F_1) = \text{Abs} (\cos 179^\circ 34' 9.88'') = \mathbf{0^\circ 59' 59.9''}$$

$$\begin{aligned} 4) \quad Y &= (S \times \sin F_1 + C \times \cos F_1) \times (1 - 0.0048 \times W) \\ &= (5^\circ 33' 10.79'' \times \sin 179^\circ 34' 9.88'' + -0^\circ 4' 30.1'' \times \cos \\ &\quad 179^\circ 34' 9.88'') \times (1 - 0.0048 \times 0^\circ 59' 59.9'') \\ &= \mathbf{0^\circ 6' 50.81''} \end{aligned}$$

$$5) U1 = 0.0046 \times E \times \cos M$$

$$= 0.0046 \times 0.999247684 \times \cos 202^\circ 13' 57.9''$$

$$= -0^\circ 0' 15.33''$$

$$U2 = -0.0182 \times \cos M'$$

$$= -0.0182 \times \cos 186^\circ 33' 7.18'' = 0^\circ 1' 5.09''$$

$$U3 = 0.0004 \times \cos 2M'$$

$$= 0.0004 \times \cos 2(186^\circ 33' 7.18'') = 0^\circ 0' 1.4''$$

$$U4 = -0.0005 \times \cos (M + M')$$

$$= -0.0005 \times \cos (202^\circ 13' 57.9'' + 186^\circ 33' 7.18'')$$

$$= -0^\circ 0' 1.58''$$

$$U = 0.0059 + U1 \text{ s/d } U4 = 0^\circ 0' 51.7''$$

$$6) H = 1,5800 + U = 1.5800 + 0^\circ 0' 51.7'' = 1^\circ 35' 39.7''$$

$$7) P = 1,0128 - U = 1.0128 - 0^\circ 0' 51.7'' = 0^\circ 59' 54.38''$$

$$8) R = 0,4678 - U = 0.4678 - 0^\circ 0' 51.7'' = 0^\circ 27' 12.38''$$

$$9) N = 0.5458 + 0.0400 \times \cos M'$$

$$= 0.5458 + 0.0400 \times \cos 186^\circ 33' 7.18'' = 0^\circ 30' 21.82''$$

$$10) MG = (1.0128 - U - \text{Abs}(Y)) / 0.5450$$

$$= (1.0128 - 0^\circ 0' 51.7'' - \text{Abs}(0^\circ 6' 50.81'')) / 0.5450$$

$$= 1.622613889$$

MG > 1, jadi jenis gerhana bulan yang terjadi ialah gerhana

Bulan total.

$$11) T1 = 60 / N \times \sqrt{(H^2 - Y^2)} / 60$$

$$= 60 / 0^\circ 30' 21.82'' \times \sqrt{(1^\circ 35' 39.7''^2 - 0^\circ 6' 50.81''^2)} / 60$$

$$= 3^{\circ} 8' 32.82''$$

$$12) T2 = 60 / N \times \sqrt{(P^2 - Y^2)} / 60$$

$$= 60 / 0^{\circ} 30' 21.82'' \times \sqrt{(0^{\circ} 59' 54.38''^2 - 0^{\circ} 6' 50.81''^2)} / 60$$

$$= 1^{\circ} 57' 36.12''$$

$$13) T3 = 60 / N \times \sqrt{(R^2 - Y^2)} / 60$$

$$= 60 / 0^{\circ} 30' 21.82'' \times \sqrt{(0^{\circ} 27' 12.38''^2 - 0^{\circ} 6' 50.81''^2)} / 60$$

$$= 0^{\circ} 52' 1.84''$$

$$14) W1 = T0 - T1 = 3^{\circ} 22' 33.6'' - 3^{\circ} 8' 32.82'' = 0^{\circ} 14' 0.78''$$

$$W2 = T0 - T2 = 3^{\circ} 22' 33.6'' - 1^{\circ} 57' 36.12'' = 1^{\circ} 24' 57.48''$$

$$W3 = T0 - T3 = 3^{\circ} 22' 33.6'' - 0^{\circ} 52' 1.84'' = 2^{\circ} 30' 31.76''$$

$$W4 = T0 + T3 = 3^{\circ} 22' 33.6'' + 0^{\circ} 52' 1.84'' = 4^{\circ} 14' 35.44''$$

$$W5 = T0 + T2 = 3^{\circ} 22' 33.6'' + 1^{\circ} 57' 36.12'' = 5^{\circ} 20' 9.72''$$

$$W6 = T0 + T1 = 3^{\circ} 22' 33.6'' + 3^{\circ} 8' 32.82'' = 6^{\circ} 31' 6.42''$$

2. Astronomical Algorithms

Tanggal yang digunakan disini ialah tanggal 27 Juli 2018 M, dikarenakan hisab gerhana Bulan dalam Astronomical Algorithms merupakan hisab global. Dimana waktu yang digunakan ialah waktu UT±0 atau GMT±0.

Kota Surabaya (Indonesia) sendiri berada pada UT+7 Atau GMT+7, yang artinya waktu di Kota Surabaya lebih cepat 7 jam dari wilayah GMT±0 (Greenwich). Dan ketika terjadinya gerhana Bulan tanggal 27 Juli 2018 (global), di wilayah Kota Surabaya (Indonesia bagian barat) telah memasuki tanggal 28 Juli 2018 M.

- a. Menghitung perkiraan tahun terjadinya gerhana Bulan.

$$\begin{aligned} year &= \text{tahun} + (\text{bulan} - 1) / 12 + \text{tanggal} / 365 \\ &= 2018 + (7 - 1) / 12 + 27 / 365 = \mathbf{2018.573973} \end{aligned}$$

- b. $k \cong \text{Rounddown}((\text{year} - 2000) \times 12.3685) + 0.5$
 $\cong \text{Rounddown}((2018.573973 - 2000) \times 12.3685) + 0.5$
 $\cong \mathbf{229.5}$

- c. $T = k / 1236.85 = 229.5 / 1236.85 = \mathbf{0.185552007}$

- d. $JDE = 2451550.09766 + 29.530588861 \times k + 0.00015437 \times T^2 -$
 $0.000000150 \times T^3 + 0.00000000073 \times T^4$
 $= 2451550.09766 + 29.530588861 \times 229.5 + 0.00015437 \times$
 $(0.185552007)^2 - 0.000000150 \times (0.185552007)^3 +$
 $0.00000000073 \times (0.185552007)^4$
 $= \mathbf{2458327.367}$

- e. $M = 2.5534 + 29.10535670 \times k - 0.0000014 \times T^2 - 0.00000011 \times T^3$
 $= 2.5534 + 29.10535670 \times 229.5 - 0.0000014 \times (0.185552007)^2 -$
 $0.00000011 \times (0.185552007)^3$
 $= \mathbf{202^\circ 13' 57.9''}$

- f. $M' = 201.5643 + 385.81693528 \times k + 0.0107582 \times T^2 + 0.00001238$
 $\times T^3 - 0.000000058 \times T^4$
 $= 201.5643 + 385.81693528 \times 229.5 + 0.0107582 \times$
 $(0.185552007)^2 + 0.00001238 \times (0.185552007)^3 -$
 $0.000000058 \times (0.185552007)^4$
 $= \mathbf{186^\circ 33' 4.68''}$

$$\begin{aligned}
 \text{g. } F &= 160.7108 + 390.67050284 \times k - 0.0016118 \times T^2 - 0.00000227 \\
 &\quad \times T^3 + 0.000000011 \times T^4 \\
 &= 160.7108 + 390.67050284 \times 229.5 - 0.0016118 \times \\
 &\quad (0.185552007)^2 - 0.00000227 \times (0.185552007)^3 + \\
 &\quad 0.000000011 \times (0.185552007)^4 \\
 &= \mathbf{179^\circ 35' 28.09''}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{h. } \Omega &= 124.7746 - 1.56375588 \times k + 0.0020672 \times T^2 + 0.00000215 \times \\
 &\quad T^3 \\
 &= 124.7746 - 1.56375588 \times 229.5 + 0.0020672 \times (0.185552007)^2 \\
 &\quad + 0.00000215 \times (0.185552007)^3 \\
 &= \mathbf{125^\circ 53' 33.7''}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{i. } E &= 1 - 0.002516 \times T - 0.0000074 \times T^2 \\
 &= 1 - 0.002516 \times 0.185552007 - 0.0000074 \times (0.185552007)^2 \\
 &= \mathbf{0.999532896}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{j. } F_1 &= F - 0.02665^\circ \times \sin \Omega \\
 &= 179^\circ 35' 28.09'' - 0.02665^\circ \times \sin 125^\circ 53' 33.7'' \\
 &= \mathbf{179^\circ 34' 10.6''}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{k. } A_1 &= 299.77^\circ + 0.107408^\circ \times k - 0.009173^\circ \times T^2 \\
 &= 299.77^\circ + 0.107408^\circ \times 229.5 - 0.009173^\circ \times (0.185552007)^2 \\
 &= \mathbf{324^\circ 25' 11.3''}
 \end{aligned}$$

l. Koreksi JDE

$$\begin{aligned}
 T_1 &= -0.4065 \times \sin M' \\
 &= -0.4065 \times \sin 186^\circ 33' 4.68'' = \mathbf{0^\circ 2' 46.96''}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T2 &= 0.1727 \times E \times \sin M \\ &= 0.1727 \times 0.999532896 \times \sin 202^\circ 13' 57.9'' = \mathbf{-0^\circ 3' 55.13''} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T3 &= 0.0161 \times \sin 2M' \\ &= 0.0161 \times \sin (2 \times 186^\circ 33' 4.68'') = \mathbf{0^\circ 0' 13.14''} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T4 &= -0.0097 \times \sin 2F_1 \\ &= -0.0097 \times \sin (2 \times 179^\circ 34' 10.6'') = \mathbf{0^\circ 0' 0.52''} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T5 &= 0.0073 \times E \times \sin (M' - M) \\ &= 0.0073 \times 0.999532896 \times \sin (186^\circ 33' 4.68'' - 202^\circ 13' 57.9'') \\ &= \mathbf{-0^\circ 0' 7.1''} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T6 &= -0.0050 \times E \times \sin (M' + M) \\ &= -0.0050 \times 0.999532896 \times \sin (186^\circ 33' 4.68'' + 202^\circ 13' 57.9'') \\ &= \mathbf{-0^\circ 0' 8.66''} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T7 &= -0.0023 \times \sin (M' - 2F_1) \\ &= -0.0023 \times \sin (186^\circ 33' 4.68'' - (2 \times 179^\circ 34' 10.6'')) \\ &= \mathbf{0^\circ 0' 1.07''} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T8 &= 0.0021 \times E \times \sin 2M \\ &= 0.0021 \times 0.999532896 \times \sin (2 \times 202^\circ 13' 57.9'') \\ &= \mathbf{0^\circ 0' 5.29''} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T9 &= 0.0012 \times \sin (M' + 2F_1) \\ &= 0.0012 \times \sin (186^\circ 33' 4.68'' + (2 \times 179^\circ 34' 10.6'')) \\ &= \mathbf{-0^\circ 0' 0.43''} \end{aligned}$$

$$T10 = 0.0006 \times E \times \sin (2M' + M)$$

$$= 0.0006 \times 0.999532896 \times \sin((2 \times 186^\circ 33' 4,68'') + 202^\circ 13' 57,9'') = \mathbf{-0^\circ 0' 1.25''}$$

$$\begin{aligned} T_{11} &= -0.0004 \times \sin 3M' \\ &= -0.0004 \times \sin(3 \times 186^\circ 33' 4,68'') = \mathbf{0^\circ 0' 0.48''} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{12} &= -0.0003 \times E \times \sin(M + 2F_1) \\ &= -0.0003 \times 0.999532896 \times \sin(202^\circ 13' 57,9'' + (2 \times 179^\circ 34' 10,6'')) = \mathbf{0^\circ 0' 0.39''} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{13} &= 0.0003 \times \sin A_1 \\ &= 0.0003 \times \sin 324^\circ 25' 11,3'' = \mathbf{-0^\circ 0' 0.63''} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{14} &= -0.0002 \times E \times \sin(M - 2F_1) \\ &= -0.0002 \times 0.999532896 \times \sin(202^\circ 13' 57,9'' - (2 \times 179^\circ 34' 10,6'')) = \mathbf{0^\circ 0' 0.28''} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{15} &= -0.0002 \times E \times \sin(2M' - M) \\ &= -0.0002 \times 0.999532896 \times \sin((2 \times 186^\circ 33' 4,68'') - 202^\circ 13' 57,9'') = \mathbf{-0^\circ 0' 0.11''} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{16} &= -0.0002 \times \sin \Omega \\ &= -0.0002 \times \sin 125^\circ 53' 33,7'' = \mathbf{-0^\circ 0' 0.58''} \end{aligned}$$

$$MT = T_1 \text{ s/d } T_6 = \mathbf{-0^\circ 1' 5.76''}$$

m. JDE Terkoreksi = JDE + MT

$$= 2458327.367 + -0^\circ 1' 5.76''$$

$$= \mathbf{2458327.349}$$

$$= \mathbf{27 \text{ Juli } 2018 \text{ pada jam } 20^j 22^m 33.6^d \text{ TD}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{n. } \Delta T_{(2005-2050)} &= 62.92 + 0.32217 \times (\text{year} - 2000) + 0.005589 \times (\text{year} - \\
 &\quad 2000) \times (\text{year} - 2000) \\
 &= 62.92 + 0.32217 \times (2018.573973 - 2000) + 0.005589 \\
 &\quad \times (2018.573973 - 2000) \times (2018.573973 - 2000) \\
 &= 70.83213213981 \text{ atau } 71 \text{ detik atau } 0^\circ 1' 10.83''
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JD } \textit{Istiqbal} &= \text{JDE terkoreksi} - \Delta T \\
 &= 20^\circ 22' 33.6'' - 0^\circ 1' 10.83'' = 20^j 21^m 22.77^d \text{ UT}
 \end{aligned}$$

Atau $3^j 21^m 22.77^d$ (WIB/UT+7)

o. Menghitung nilai P

$$\begin{aligned}
 P &= 0.2070 \times E \times \sin \\
 &\quad + 0.0024 \times E \times \sin 2M \\
 &\quad - 0.0392 \times \sin M' \\
 &\quad + 0.0116 \times \sin 2M' \\
 &\quad - 0.0073 \times E \times \sin(M' + M) \\
 &\quad + 0.0067 \times E \times \sin(M' - M) \\
 &\quad + 0.0118 \times \sin 2F_1 \\
 &= 0.2070 \times 0.999532896 \times \sin 202^\circ 13' 57,9'' \\
 &\quad + 0.0024 \times 0.999532896 \times \sin (2 \times 202^\circ 13' 57,9'') \\
 &\quad - 0.0392 \times \sin 186^\circ 33' 4,68'' \\
 &\quad + 0.0116 \times \sin (2 \times 186^\circ 33' 4,68'') \\
 &\quad - 0.0073 \times 0.999532896 \times \sin(186^\circ 33' 4,68'' + 202^\circ 13' 57,9'') \\
 &\quad + 0.0067 \times 0.999532896 \times \sin(186^\circ 33' 4,68'' - 202^\circ 13' 57,9'') \\
 &\quad + 0.0118 \times \sin (2 \times 179^\circ 34' 10.6'')
 \end{aligned}$$

$$\mathbf{P = -0^{\circ} 4' 30.02''}$$

p. Menghitung nilai Q

$$Q = 5.2207$$

$$- 0.0048 \times E \times \cos M$$

$$+ 0.0020 \times \cos 2M$$

$$- 0.3299 \times \cos M'$$

$$- 0.0060 \times E \times \cos(M' + M)$$

$$+ 0.0041 \times E \times \cos(M' - M)$$

$$= 5.2207$$

$$- 0.0048 \times 0.999532896 \times \cos 202^{\circ} 13' 57.9''$$

$$+ 0.0020 \times \cos (2 \times 202^{\circ} 13' 57.9'')$$

$$- 0.3299 \times \cos 186^{\circ} 33' 4.68'' = 0^{\circ} 19' 39.88''$$

$$- 0.0060 \times 0.999532896 \times \cos(186^{\circ} 33' 4.68'' + 202^{\circ} 13' 57.9'')$$

$$+ 0.0041 \times 0.999532896 \times \cos(186^{\circ} 33' 4.68'' - 202^{\circ} 13' 57.9'')$$

$$\mathbf{Q = 5^{\circ} 33' 10.82''}$$

$$\text{q. } W = [\cos F_1] = [\cos 179^{\circ} 34' 10.6''] = \mathbf{0^{\circ} 59' 59.9''}$$

$$\text{r. } \gamma = (P \times \cos F_1 + Q \times \sin F_1) \times (1 - 0.0048 \times W)$$

$$= (-0^{\circ} 4' 30.02'' \times \cos 179^{\circ} 34' 10.6'' + 5^{\circ} 33' 10.82'' \times \sin 179^{\circ}$$

$$34' 10.6'') \times (1 - 0.0048 \times 0^{\circ} 59' 59.9'')$$

$$= \mathbf{0^{\circ} 6' 58.16''}$$

s. Menghitung nilai u

$$u = 0.0059$$

$$+ 0.0046 \times E \times \cos M$$

$$\begin{aligned}
& - 0.0182 \times \cos M' \\
& + 0.0004 \times \cos 2M' \\
& - 0.0005 \times \cos(M + M') \\
& = 0.0059 \\
& + 0.0046 \times 0.999532896 \times \cos 202^\circ 13' 57,9'' \\
& - 0.0182 \times \cos 186^\circ 33' 4,68'' \\
& + 0.0004 \times \cos (2 \times 186^\circ 33' 4,68'') \\
& - 0.0005 \times \cos(202^\circ 13' 57,9'' + 186^\circ 33' 4,68'')
\end{aligned}$$

$$\mathbf{u = 0^\circ 1' 10.83''}$$

t. Menghitung radius gerhana

$$\rho = 1.2848 + u = 1.2848 + 0^\circ 1' 10.83'' = \mathbf{1^\circ 18' 16.11''}$$

$$\sigma = 0.7403 - u = 0.7403 - 0^\circ 1' 10.83'' = \mathbf{0^\circ 43' 14.25''}$$

u. Menghitung magnitudo

$$\begin{aligned}
\text{MG penumbra} &= (1.5573 + u - [\gamma]) / 0.5450 \\
&= (1.5573 + 0^\circ 1' 10.83'' - [0^\circ 6' 58.16'']) / 0.5450 \\
&= \mathbf{2.680402778}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{MG umbra} &= (1.0128 - u - [\gamma]) / 0.5450 \\
&= (1.0128 - 0^\circ 1' 10.83'' - [0^\circ 6' 58.16'']) / 0.5450 \\
&= \mathbf{1.609119444}
\end{aligned}$$

v. Menghitung nilai semi durasi

$$1) H = 1.5573 + u = 1.5573 + 0^\circ 1' 10.83'' = \mathbf{1^\circ 34' 37.11''}$$

$$2) P = 1.0128 - u = 1.0128 - 0^\circ 1' 10.83'' = \mathbf{0^\circ 59' 35.25''}$$

$$t = 0.4678 - u = 0.4678 - 0^\circ 1' 10.83'' = \mathbf{0^\circ 26' 53.25''}$$

$$\begin{aligned}
 n &= 0.5458 + 0.0400 \times \cos M' \\
 &= 0.5458 + 0.0400 \times \cos 186^\circ 33' 4,68'' = \mathbf{0^\circ 32' 30.57''}
 \end{aligned}$$

w. Menghitung semi durasi dalam menit

Fase Penumbra (T1)

$$\begin{aligned}
 &= 60 / n \times \sqrt{(H^2 - \gamma^2)} \\
 &= 60 / 0^\circ 32' 30.57'' \times \sqrt{((1^\circ 34' 37.11'')^2 - ((0^\circ 6' 58.16'')^2)} \\
 &= \mathbf{174.155 \text{ menit} / 2^\circ 54' 9.29''}
 \end{aligned}$$

Fase Parsial (T2)

$$\begin{aligned}
 &= 60 / n \times \sqrt{(P^2 - \gamma^2)} \\
 &= 60 / 0^\circ 32' 30.57'' \times \sqrt{((0^\circ 59' 35.25'')^2 - ((0^\circ 6' 58.16'')^2)} \\
 &= \mathbf{109.221 \text{ menit} / 1^\circ 49' 13.24''}
 \end{aligned}$$

Fase Total (T3)

$$\begin{aligned}
 &= 60 / n \times \sqrt{(T^2 - \gamma^2)} \\
 &= 60 / 0^\circ 32' 30.57'' \times \sqrt{((0^\circ 26' 53.25'')^2 - ((0^\circ 6' 58.16'')^2)} \\
 &= \mathbf{47.928 \text{ menit} / 0^\circ 47' 55.68''}
 \end{aligned}$$

x. Menghitung waktu terjadinya gerhana

W1 = Tengah Gerhana – Semi durasi fase penumbra

$$= 3^\circ 21' 22.77'' - 2^\circ 54' 9.29'' = \mathbf{0^\circ 27' 13.48'' \text{ WIB}}$$

W2 = Tengah Gerhana – Semi durasi fase parsial

$$= 3^\circ 21' 22.77'' - 1^\circ 49' 13.24'' = \mathbf{1^\circ 32' 9.53'' \text{ WIB}}$$

W3 = Tengah Gerhana – Semi durasi fase total

$$= 3^\circ 21' 22.77'' - 0^\circ 47' 55.68'' = \mathbf{2^\circ 33' 27.09'' \text{ WIB}}$$

W4 = Tengah Gerhana + Semi durasi fase Total

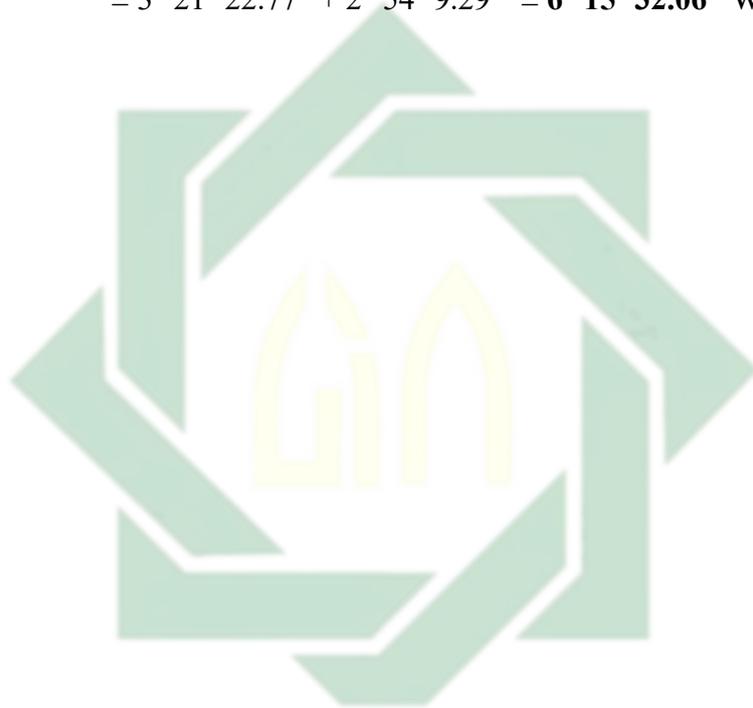
$$= 3^{\circ} 21' 22.77'' + 0^{\circ} 47' 55.68'' = \mathbf{4^{\circ} 9' 18.45'' \text{ WIB}}$$

W5 = Tengah Gerhana + Semi durasi fase parsial

$$= 3^{\circ} 21' 22.77'' + 1^{\circ} 49' 13.24'' = \mathbf{5^{\circ} 10' 36.01'' \text{ WIB}}$$

W6 = Tengah Gerhana + Semi durasi fase penumbra

$$= 3^{\circ} 21' 22.77'' + 2^{\circ} 54' 9.29'' = \mathbf{6^{\circ} 15' 32.06'' \text{ WIB}}$$



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB IV

ANALISIS KOMPARASI HASIL HISAB GERHANA BULAN 28 JULI 2018 ANTARA KITAB IRSHA>d AL-MURI>d DAN ASTRONOMICAL ALGORITHMS

A. Analisis Perbandingan Hasil Hisab Gerhana Bulan 28 Juli 2018 Antara Kitab Irsha>d Al-Muri>d Dengan Astronomical Algorithms

Dalam bab sebelumnya, telah dijelaskan mengenai algoritma hisab gerhana Bulan dalam kitab Irsha>d Al-Muri>d dan Astronomical Algorithms, disertai dengan hasil perhitungan gerhana Bulan 28 Juli 2018 (di wilayah waktu Indonesia bagian Barat) dari keduanya. Dari hasil hisab keduanya ditemukan beberapa perbedaan hasil. Mulai dari perbedaan hasil yang selisihnya sedikit seperti yang tercantum dalam tabel 4.3, tidak memiliki selisih atau sama seperti dalam tabel 4.2, hingga yang memiliki selisih begitu jauh seperti dalam tabel 4.1. Berikut hasil hisab yang memiliki selisih jauh atau sangat berbeda.

	Irsha>d Al- Muri>d	Astronomical Algorithms
<i>HY/year</i>	1439.916648	2018.573973
<i>K/k</i>	358.5	229.5
<i>T</i>	0.29875	0.185552007

Tabel 4.1 Hasil Hisab Yang Berbeda Jauh

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa hasil hisab antara Irsha>d Al-Muri>d dan Astronomical Algorithms sangat berbeda. Namun, tidak semua hasil hisabnya memiliki selisih yang begitu jauh. Ada pula yang memiliki selisih begitu kecil atau bahkan hasilnya sama, sebagai berikut.

	Irsha>d Al-Muri>d	Astronomical Algorithms
M	202° 13' 57.9"	202° 13' 57.9"
MT	-0° 1' 5.76"	-0° 1' 5.76"
W	0° 59' 59.9"	0° 59' 59.9"

Tabel 4.2 Hasil Hisab Yang Sama

	Irsha>d Al-Muri>d	Astronomical Algorithms	Selisih
F	179° 35' 27.6"	179° 35' 28.09"	0.49 detik
M'	186° 33' 7.18"	186° 33' 4.68"	2.5 detik
Ω	125° 53' 34.2"	125° 53' 33.7"	0.5 detik
F ₁	179° 34' 9.88"	179° 34' 10.6"	0.72 detik
A ₁	324° 25' 9.18"	324° 25' 11.3"	2.12 detik
E	0.999247684	0.999532896	0.000285212
S/Q	5° 33' 10.79"	5° 33' 10.82"	0.03 detik
C/P	-0° 4' 30.1"	-0° 4' 30.02"	0.08 detik
Y/ γ	0° 6' 50.81"	0° 6' 58.16"	7.35 detik
U	0° 0' 51.7"	0° 1' 10.83"	19.13 detik
H	1° 35' 39.7"	1° 34' 37.11"	1 menit 2.59 detik
P	0° 59' 54.38"	0° 59' 35.25"	19.13 detik
R/t	0° 27' 12.38"	0° 26' 53.25"	19.13 detik
N	0° 30' 21.82"	0° 32' 30.57"	2 menit 8.75 detik
MG	1.622613889	1.609119444	0.013494445

Tabel 4.3 Hasil Hisab yang Memiliki Selisih yang Kecil

Dari tabel 4.2 diketahui bahwa hasil hisab anomali Matahari (M), koreksi-koreksi *Istiqbal* (MT), dan *al-h}arakah al-mah}fu>z}ah al-Tha>niyah* (W) antara kitab *Irsha>d Al-Muri>d* dan *Astronomical Algorithms* tidak memiliki selisih. Dari tabel 4.3 diketahui bahwa selisih terbesar antara hasil hisab kitab *Irsha>d Al-Muri>d* dengan *Astronomical Algorithms* ialah sebesar 2 menit 9 detik. Sedangkan untuk selisih terkecilnya ialah 0.03 detik. Dari 2 tabel tersebut (Tabel 4.2 dan 4.3), dapat kita ketahui bahwa selisih antara hasil hisab menggunakan kitab *Irsha>d Al-Muri>d* dan *Astronomical Algorithms* memiliki selisih yang kecil. Meskipun demikian, perlu diketahui pula selisih durasi gerhana Bulan serta waktu-waktu fase gerhana Bulan, sebagai berikut.

	Irsha>d Al-Muri>d	Astronomical Algorithms	Selisih
T1	3° 8' 32.82"	2° 54' 9.29"	0° 14' 23.53"
T2	1° 57' 36.12"	1° 49' 13.24"	0° 8' 22.88"
T3	0° 52' 1.84"	0° 47' 55.68"	0° 4' 6.16"
W1	0° 14' 0.78"	0° 27' 13.52"	0° 13' 12.74"
W2	1° 24' 57.48"	1° 32' 9.57"	0° 7' 12.09"
W3	2° 30' 31.76"	2° 33' 27.13"	0° 2' 55.37"
T0 WD	3° 22' 33.6"	3° 21' 22.77"	0° 1' 10.783"
W4	4° 14' 35.44"	4° 9' 18.49"	0° 5' 16.95"
W5	5° 20' 9.72"	5° 10' 36.05"	0° 9' 33.67"
W6	6° 31' 6.42"	6° 15' 32.1"	0° 15' 34.32"

Tabel 4.4 Selisih Hasil Hisab Durasi dan Waktu-Waktu Fase Gerhana Bulan

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa selisih antara waktu tengah (T0 WD) gerhana Bulan pada tanggal 28 Juli 2018 (di Indonesia) antara menggunakan metode kitab Irsha>d Al-Muri>d dan Astronomical Algorithms memiliki selisih 1 menit 11 detik. Hal ini mengakibatkan waktu mulai dan berakhirnya gerhana Bulan juga berbeda. Selain itu, pada hasil semi-durasi gerhana Bulan juga terdapat selisih, yang menurut peneliti cukup jauh yakni, 14 menit 23.53 detik pada semi-durasi fase penumbra (T1), 8 menit 22.88 detik pada semi-durasi fase parsial (T2), dan 4 menit 6.16 detik pada semi-durasi fase total (T3). Waktu mulai gerhana Bulan (umbra) menggunakan kitab Irsha>d Al-Muri>d tercatat pukul 1:57:36 WIB, sedangkan menggunakan Astronomical Algorithms tercatat pukul 1:32:10 WIB. Sedangkan untuk waktu berakhirnya gerhana (umbra) menggunakan kitab Irsha>d Al-Muri>d tercatat pukul 5:20:10 WIB, sedangkan menggunakan Astronomical Algorithms tercatat pukul 5:10:36 WIB.

Selain membandingkan hasil hisab gerhana Bulan antara kitab *Irshad Al-Murid* dengan *Astronomical Algorithms*, peneliti juga akan membandingkan keduanya dengan hasil perhitungan gerhana Bulan 28 Juli 2018 milik NASA dan hasil pengamatan gerhana Bulan 28 Juli 2018 milik Bosscha. Hal tersebut ditujukan guna mengetahui mana perhitungan gerhana Bulan yang lebih akurat, antara kitab *Irshad Al-Murid* atau *Astronomical Algorithms*.

Data hasil perhitungan NASA yang digunakan untuk membandingkan dengan hasil hisab gerhana Bulan kitab *Irshad Al-Murid* dan *Astronomical Algorithms*, berasal dari <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/LEplot/LEplot2001/LE2018Jul27T.pdf>. Berikut perbandingan antara data gerhana Bulan NASA dengan kitab *Irshad Al-Murid* dan *Astronomical Algorithms*.

	NASA	Irshad Al-Murid	Selisih
		Astronomical Algorithms	
Waktu Tengah Gerhana	20:21:43	20:22:34	00:00:51
		20:21:23	00:00:20
Magnitudo Umbral	1.6087	1.622613889	0.013913889
		1.609119444	0.000419444
Durasi umbral	3j 54m 32d	3j 55m 12.24d	40.24 detik
		3j 38m 26.48d	16 menit 5.52 deik
Durasi Total	1j 42m 57d	1j 44m 3.68d	1 menit 6.68 detik
		1j 35m 51.36d	7 menit 5.64 detik
Durasi Penumbral	6j 13m 48d	6j 17m 5.64d	3m 17.64d
		5j 48m 18.58d	25 m 29.42d
Kontak P1	17:14:49	17:14:01	00:00:48
		17:27:14	00:12:25
Kontak U1	18:24:27	18:24:57	00:00:30
		18:32:10	00:07:43

Kontak U2	19:30:15	19:30:32	00:00:17
		19:33:27	00:03:12
Kontak U3	21:13:12	21:14:35	00:01:23
		21:09:18	00:03:54
Kontak U4	22:19:00	22:20:10	00:01:10
		22:10:36	00:08:24
Kontak P4	23:28:37	23:31:06	00:02:29
		23:15:32	00:13:05

Tabel 4.5 Selisih Kedua Hasil Hisab dengan Perhitungan NASA

Lama durasi (penumbra, parsial, total) gerhana Bulan menggunakan kitab *Irshad Al-Murid* dan *Astronomical Algorithms* didapatkan dengan mengalikan “durasi gerhana (T1, T2, T3)” dengan dua.

Dari data tabel 4.5 dapat dilihat, untuk hasil perhitungan durasi gerhana Bulan (penumbra, umbra, total), waktu awal gerhana penumbra (P1), waktu awal gerhana umbra (U1), waktu awal gerhana total (U2), waktu akhir gerhana total (U3), waktu akhir gerhana umbra (U4), serta waktu akhir gerhana penumbra (P4), penggunaan hisab gerhana Bulan kitab *Irshad Al-Murid* lebih akurat. Sedangkan, untuk hasil perhitungan magnitudo dan waktu puncak gerhana Bulan menunjukkan bahwa hasil hisab menggunakan *Astronomical Algorithms* lebih akurat dibandingkan kitab *Irshad Al-Murid*.

Namun apabila diperhatikan lagi, selisih antara hasil hisab gerhana Bulan menggunakan kitab *Irshad Al-Murid* dengan perhitungan NASA lebih kecil dibandingkan selisih antara hasil perhitungan NASA dengan hisab *Astronomical Algorithms*. Untuk perbandingan waktu puncak gerhana Bulan, kitab *Irshad Al-Murid* memiliki selisih 51

detik dengan perhitungan NASA. Sedangkan *Astronomical Algorithms* memiliki selisih 20 detik. Untuk keseluruhan durasi gerhana Bulan (durasi penumbra) kitab *Irshad Al-Muri* memiliki selisih lebih dari 3 menit, sedangkan *Astronomical Algorithms* memiliki selisih 25,5 menit. Dan untuk waktu kontak gerhana Bulan (P1 hingga P4), kitab *Irshad Al-Muri* memiliki selisih terbesar 2,5 menit (pada kontak P4), dan 13 menit untuk *Astronomical Algorithms* (pada kontak P4).

Selain dibandingkan dengan hasil perhitungan NASA, peneliti juga membandingkan dengan hasil pengamatan di lapangan. Disini peneliti menggunakan hasil pengamatan dari Observatorium Bosscha. Observatorium Bosscha adalah lembaga riset yang berada di bawah naungan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Bandung (FMIPA ITB).¹²⁴ Observatorium ini dahulunya bernama Bosscha Sterrenwacht yang dibangun oleh *Nederlandsch-Indische Sterrenkundige Vereniging (NISV)* atau Perhimpunan Astronomi Hindia Belanda.¹²⁵ Observatorium ini berlokasi di Jl. Peneropongan Bintang No. 45, Lembang, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat.¹²⁶

Data yang digunakan peneliti adalah data berupa video yang diakses peneliti dari saluran youtube Bosscha yang bernama “Bosscha

¹²⁴ Observatorium Bosscha, “Observatorium Bosscha”, <http://bosscha.itb.ac.id/id/>, diakses pada 28 Juli 2021.

¹²⁵ Observatorium Bosscha, “Profil dan Sejarah”, <http://bosscha.itb.ac.id/id/author-detil/>, diakses pada 28 Juli 2021.

¹²⁶ Observatorium Bosscha, “Lokasi dan Akses”, <http://bosscha.itb.ac.id/id/author-detil/akses/>, diakses pada 28 Juli 2021.

Observatory” pada tanggal 3 Februari 2021, dengan judul “Gerhana Bulan 28 Juli 2018” yang disiarkan secara langsung pada 28 Juli 2018. Atau dapat juga diakses pada link “https://youtu.be/v_Zcb9fqZIO”. Dari video tersebut, didapatkan data dalam kolom ‘Hasil Pengamatan’ pada tabel 4.6 di bawah ini. Selanjutnya didapatkan data sebagai berikut.

	Hasil Pengamatan	Irshad Al-Murid	Selisih
		Astronomical Algorithms	
Kontak U1	01:21:18	01:24:57	00:03:39
		01:32:10	00:10:52
Kontak U2	02:28:25	02:30:32	00:02:17
		02:33:27	00:05:02
Puncak gerhana	03:21:36	03:22:34	00:00:58
		03:21:23	00:00:13
Kontak U3	04:14:47	04:14:35	00:00:12
		04:09:18	00:05:29
Kontak U4	05:23:38	05:20:10	00:03:28
		05:10:36	00:13:02
Durasi Parsial	4j 2m 20d	3j 55m 12.24d	7m 08d
		3j 38m 26.48d	23m 54d
Durasi Total	1j 46m 22d	1j 44m 3.68d	2m 16d
		1j 35m 51.36d	10m 29d

Tabel 4.6 Selisih Kedua Hasil Hisab dengan Hasil Pengamatan Bosscha

Sebenarnya data yang didapatkan dari data video dari Bosscha hanyalah data untuk Kontak U1, U2, U3, dan U4. Sedangkan durasi parsial didapatkan dengan mengurangi waktu U4 dengan U1 dan durasi total dengan mengurangi waktu kontak U3 dengan waktu kontak U2. Dan untuk waktu puncak gerhana Bulan didapatkan dengan membagi dua durasi total gerhana Bulan, kemudian menambahkan hasil dengan waktu kontak U2. Untuk waktu kontak P1, P4, magnitudo, serta durasi keseluruhan (durasi penumbra) gerhana Bulan tidak dapat diketahui

melalui video tersebut. Seperti yang diketahui bahwa gerhana Bulan penumbra (kontak P1 dan P4) tidak dapat terdeteksi secara visual. Sedangkan untuk nilai magnitudo maksimumnya tidak dapat ditemukan oleh peneliti. Karena, perubahan magnitudo juga tidak dapat dideteksi oleh mata tanpa alat. Dan untuk keseluruhan durasi (durasi penumbra) juga tidak dapat diketahui, karena kontak P1 dan kontak P4 tidak diketahui waktunya.

Dari data pada tabel 4.6 dapat dilihat bahwa hampir semua hasil hisab gerhana Bulan menggunakan kitab *Irshad Al-Muri* lebih akurat dibandingkan menggunakan *Astronomical Algorithms*, kecuali pada bagian waktu puncak gerhana Bulan. Untuk waktu puncak gerhana penggunaan *Astronomical Algorithms* lebih akurat dibandingkan kitab *Irshad Al-Muri*.

Sama halnya dengan komparasi dengan perhitungan NASA, apabila diperhatikan selisih antara hasil hisab gerhana Bulan menggunakan kitab *Irshad Al-Muri* dengan hasil pengamatan gerhana Bulan Bosscha ini lebih kecil, dibandingkan selisih antara hasil hisab *Astronomical Algorithms* dengan hasil pengamatan gerhana Bulan Observatorium Bosscha. Untuk perbandingan waktu puncak gerhana Bulan, kitab *Irshad Al-Muri* memiliki selisih 58 detik dengan hasil pengamatan. Sedangkan *Astronomical Algorithms* memiliki selisih 13 detik. Untuk durasi parsial (kontak U1 sampai U4) gerhana Bulan, kitab *Irshad Al-Muri* memiliki selisih lebih dari 7 menit, sedangkan *Astronomical*

Algorithms memiliki selisih lebih dari 23 menit. Dan untuk waktu kontak gerhana Bulan (U1 hingga U4), kitab *Irshad Al-Muri* memiliki selisih terbesar 3 menit 39 detik (pada kontak U1), dan lebih dari 13 menit untuk *Astronomical Algorithms* (pada kontak U4).

B. Penyebab Perbedaan Hasil Hisab Gerhana Bulan 28 Juli 2018 antara Kitab *Irshad Al-Muri* dengan *Astronomical Algorithms*

Dari tabel-tabel perbandingan hasil hisab gerhana Bulan di sub-bab sebelumnya, dapat diperhatikan bahwa hasil hisab antara kitab *Irshad Al-Muri* dengan *Astronomical Algorithms* memiliki hasil yang berbeda walaupun selisihnya sangat kecil (kurang dari 1 menit). Namun, ada pula yang memiliki hasil yang selisihnya cukup jauh. Padahal kitab *Irshad Al-Muri* merupakan pengembangan dari buku *Astronomical Algorithms*. Walaupun begitu tidak keseluruhan isinya sama, didalamnya juga terdapat hasil pemikiran KH. Ahmad Ghozali (penulis kitab *Irshad Al-Muri*) sendiri. Karena itu, disini akan dijelaskan penyebab perbedaan hasil tersebut.

1. Perbedaan input tanggal, bulan, dan tahun.

Dalam kitab *Irshad Al-Muri* input data tanggal yang digunakan ialah dalam Hijriah. Sebenarnya data yang dibutuhkan hanyalah data bulan dan tahun saja, karena gerhana Bulan terjadi hanya ketika bulan purnama atau pada pertengahan bulan, yang otomatis tanggalnya adalah 15. Sedangkan input tanggal dalam *Astronomical Algorithms* menggunakan tanggal Masehi. Hal ini yang menyebabkan hasil dari tahun yang dilewati

dari tahun *epoch* terjadinya gerhana (HY dan Th) memiliki hasil yang berbeda.

2. Perbedaan rumus yang digunakan

Dalam hisab gerhana Bulan antara metode kitab *Irshad Al-Murid* dan *Astronomical Algorithms* terdapat beberapa rumus yang sedikit berbeda. Berikut beberapa rumus yang berbeda.

- a. Jumlah bulan yang dilewati dari bulan *epoch* (K). Disini “HY” atau “year” akan dikurangi dengan tahun *epoch*. Namun, pada kitab *Irshad Al-Murid*, *epoch*nya menggunakan tahun 1410 (Hijriah). Sedangkan dalam *Astronomical Algorithms*, *epoch*nya menggunakan tahun 2000 (Masehi). Hal ini dipengaruhi oleh data input yang digunakan. Dimana dalam kitab *Irshad Al-Murid* data inputnya menggunakan tanggal Hijriah, sedangkan *Astronomical Algorithms* menggunakan tanggal Masehi.

Lalu, dalam kitab *Irshad Al-Murid* hasil dari pengurangan HY dan tahun *epoch* dikali dengan 12, baru kemudian dikurangi dengan 0.5. Sedangkan, dalam *Astronomical Algorithms* hasil dari pengurangan “year” dengan tahun *epoch* dikalikan dengan 12.3685, dibulatkan ke bawah terlebih dahulu baru ditambah dengan 0.5.

Irshad Al-Murid	$((HY - 1410) \times 12) - 0.5$
Astronomical Algorithms	$\text{Rounddown}((year - 2000) \times 12.3685) + 0.5$

- b. Abad yang dilalui dari tahun *epoch* sampai tahun yang dihitung (T). Dalam kitab *Irshād Al-Murīd* rumus untuk mencari T ialah membagi hasil K (jumlah bulan yang dilewati dari bulan *epoch*) dengan 1200, sedangkan dalam buku *Astronomical Algorithms* dibagi dengan 1236.85.
- c. JD (*Julian Day*) dan JDE (*Julian Ephemeris Day*), dilihat dari kepanjangannya keduanya nampak sama, tetapi ternyata memiliki perbedaan pada rumus serta waktu yang digunakan. JD menggunakan waktu UT (*Universal Time*) atau GMT, sedangkan JDE menggunakan TD (*Dynamical Time*) atau *Ephemeris Time*. Inilah kemungkinan mengapa pada perhitungan JD *Istiqbal* (pada *Astronomical Algorithms*) membutuhkan ΔT , yakni untuk mengubah TD (*Dynamical Time*) menjadi UT (*Universal Time*). Itulah sebabnya mengapa peneliti tidak mencantumkan JD dan JDE pada tabel 4.2 (hasil hisab yang sama) walaupun keduanya memiliki hasil yang sama persis.
- d. Argumen lintang Bulan (F) pada kitab *Irshād Al-Murīd* dan *Astronomical Algorithms* memiliki rumus yang sedikit berbeda, bisa dilihat dari tabel di bawah ini.

Irshād Al-Murīd	$164.2159288 + 390.67050274 \times K +$ $-0.0016341 \times T^2 - 0.00000227 \times T^3$
Astronomical Algorithms	$160.7108 + 390.67050284 \times k - 0.0016118 \times T^2 -$ $0.00000227 \times T^3 + 0.000000011 \times T^4$

- e. Anomali Matahari (M)

Irshād Al-	$207.9623868 + 29.10535669 \times K + -0.0000218 \times T^2$
-------------------	--

Muri>d	
Astronomical Algorithms	$\underline{2.5534} + 29.10535670 \times k - 0.0000014 \times T^2 - 0.00000011 \times T^3$

f. Anomali Bulan (M')

Irsha>d Al-Muri>d	$\underline{111.1797657} + 385.81693528 \times K + 0.0107438 \times T^2 + 0.00001239 \times T^3$
Astronomical Algorithms	$\underline{201.5643} + 385.81693528 \times k + 0.0107582 \times T^2 + 0.00001238 \times T^3 - 0.000000058 \times T^4$

g. Ω (Ohm)

Irsha>d Al-Muri>d	$\underline{326.4991207} + -1.5637558 \times K + 0.0020691 \times T^2 + 0.00000215 \times T^3$
Astronomical Algorithms	$\underline{124.7746} - 1.56375588 \times k + 0.0020672 \times T^2 + 0.00000215 \times T^3$

h. A_1 (Planetary Argument)

Irsha>d Al-Muri>d	$\underline{285.9142682} + 0.107408 \times K + -0.009173 \times T^2$
Astronomical Algorithms	$\underline{299.77^\circ} + 0.107408^\circ \times k - 0.009173^\circ \times T^2$

Ada pula perbedaan dalam kitab Irsha>d Al-Muri>d dan Astronomical Algorithms, namun perbedaan tersebut tidak mempengaruhi hasil perhitungan. Berikut perbedaan-perbedaan tersebut.

1. Perbedaan Simbol

- a. Simbol jumlah tahun yang dilalui sejak tahun *epoch* dalam kitab Irsha>d Al-Muri>d dituliskan dengan “HY”, sedangkan dalam Astronomical Algorithms dituliskan dengan “year”.
- b. Tidak ada “C” atau *al-h}arahah al-mah}fu>z}ah al-u>la* dalam Astronomical Algorithms dan tidak ada “P” dalam kitab Irsha>d

- Al-Muri>d. Namun, keduanya memiliki rumus yang mirip dan kemungkinan keduanya adalah sama, yakni *al-h}arakah al-mah}fu>z}ah al-u>la.*
- c. Tidak ada “S” atau *‘ard}u al-qamar al-kulliy* dalam *Astronomical Algorithms* dan tidak ada “Q” dalam kitab *Irsha>d Al-Muri>d*. Namun, keduanya memiliki rumus yang mirip dan kemungkinan keduanya adalah sama, yakni *‘ard}u al-qamar al-kulliy*.
 - d. Dalam *Astronomical Algorithms* simpanan untuk mencari semi durasi total ditulis dengan simbol “t”. Sedangkan dalam kitab *Irsha>d Al-Muri>d*, *al-mah}fu>z} al-tha>lith* atau simpanan ketiga ditulis dengan simbol “R”.
 - e. Jarak terdekat dari pusat Bulan ke sumbu bayangan Bumi (*Astronomical Algorithms*) atau *al-h}arakah al-mah}fu>z}ah al-Tha>lithah* (kitab *Irsha>d Al-Muri>d*) dalam *Astronomical Algorithms* ditulis dengan Gamma (γ), sedangkan dalam kitab *Irsha>d Al-Muri>d* ditulis dengan Y.
2. Perhitungan yang ada dalam *Astronomical Algorithms* namun tidak ada dalam kitab *Irsha>d Al-Muri>d* dan sebaliknya.
- a. Dalam kitab *Irsha>d Al-Muri>d* tidak terdapat rumus untuk menghitung radius gerhana Bulan seperti dalam *Astronomical Algorithms* (ρ dan σ).
 - b. Magnitudo (MG) dalam kitab *Irsha>d Al-Muri>d* hanya terdapat satu rumus, yakni rumus magnitudo umbra. Sedangkan dalam

Astronomical Algorithms terdapat dua rumus untuk magnitudo, yakni rumus untuk magnitudo umbra dan penumbra.

- c. Dalam kitab *Irshād al-Murīd* terdapat perhitungan untuk mengkonversi tanggal, bulan, tahun dalam Hijriah ke Masehi, serta mengetahui hari dan pasarannya. Dalam *Astronomical Algorithms* perhitungan ini tidak ada, karena input tanggal yang digunakan dalam hisab gerhana Bulan *Astronomical Algorithms* telah menggunakan tanggal Masehi. Sedangkan dalam kitab *Irshād al-Murīd* inputnya menggunakan tanggal Hijriah.

3. Rumus tambahan untuk mempermudah proses perhitungan

- a. Tenggang waktu atau semi durasi gerhana Bulan dalam fase penumbra, parsial, dan total pada kitab *Irshād al-Murīd* dan *Astronomical Algorithms* memiliki rumus yang mirip. Hanya saja pada bagian akhir rumus tenggang waktu atau semi durasi gerhana Bulan pada kitab *Irshād al-Murīd* memiliki tambahan “/60 atau dibagi dengan 60”. Hal ini tidak berpengaruh pada hasil perhitungan, karena dalam *Astronomical Algorithms* hasil perhitungan tenggang waktu atau semi durasi gerhana Bulan ditulis dalam bentuk menit, sedangkan dalam kitab *Irshād al-Murīd* hasilnya ditulis dalam bentuk derajat atau jam. Jadi pada intinya keduanya sama.
- b. Dalam beberapa rumus dalam kitab *Irshād al-Murīd* ada “Frac ((...) / 360) x 360”, sedangkan dalam *Astronomical Algorithms*

tidak ada. Seperti dalam rumus F , M , M' , Ω , F_1 , dan A_1 . Hal tersebut sebenarnya tidak mempengaruhi hasil perhitungan, karena “Frac ((...) / 360) x 360” hanya digunakan untuk memudahkan dalam proses penghitungan.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB V\

PENUTUP

A. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang berjudul “Studi Komparasi Hisab Gerhana Bulan 28 Juli 2018 (Antara Kitab Irsha>d Al-Muri>d dengan Astronomical Algorithms)” ini, ialah sebagai berikut.

1. Perbandingan hasil hisab gerhana Bulan 28 Juli 2018 antara kitab Irsha>d Al-Muri>d dengan Astronomical Algorithms menunjukkan bahwa sebagian besar dari hasil hisab keduanya memiliki selisih yang kecil. Namun, ada beberapa pula yang memiliki selisih cukup jauh, seperti durasi penumbra, waktu awal penumbra serta waktu akhir penumbra.
2. Perbedaan hasil hisab gerhana Bulan 28 Juli 2018 disebabkan oleh perbedaan input tanggal (Hijriah dan Masehi) dan perbedaan rumus yang digunakan.

B. Saran

Dalam proses perhitungan gerhana Bulan menggunakan kitab Irsha>d Al-Muri>d maupun Astronomical Algorithms alangkah baiknya untuk memperhatikan hal-hal berikut.

1. Karena hisab gerhana Bulan kitab Irsha>d Al-Muri>d dan Astronomical Algorithms memiliki banyak langkah, maka alangkah baiknya proses perhitungan dilakukan menggunakan pemrograman. Entah itu menggunakan pemrograman kalkulator ataupun komputer. Hal ini

bertujuan untuk mengurangi resiko kesalahan dalam proses menghitung, serta untuk memudahkan proses perhitungan. Karena itu, diperlukan pula pemahaman tentang bahasa pemrograman agar kita dapat membuat sebuah program. Program yang telah dibuat nantinya juga dapat digunakan lagi untuk menghitung gerhana Bulan pada tanggal lainnya.

2. Dalam proses perhitungan perlu adanya ketelitian, sebisa mungkin tidak ada kesalahan dalam menggunakan rumus. Dikarenakan apabila ada satu saja kesalahan dalam menuliskan atau menggunakan rumus dan perhitungan sudah dikerjakan hingga selesai, bisa jadi hasil perhitungan mulai dari rumus yang salah tersebut hingga ke bawah semuanya salah atau sedikit berbeda dengan hasil seharusnya. Terutama pada Astronomical Algorithms, karena pada beberapa rumusnya tidak langsung dituliskan secara lengkap. Selain itu, tidak seperti dalam kitab *Irshad Al-Murid* yang ditulis dalam sub-bab yang berbeda, perhitungan gerhana Bulan dalam Astronomical Algorithms dituliskan dalam bab yang sama dengan gerhana Matahari.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, Yusrifal Faiz. “Algoritma Pemrograman Gerhana Bulan Metode al-Durr al-Ani>q Menggunakan Software Visual Basic 6.0”. Skripsi—UIN Sunan Ampel, Surabaya, 2019
- Albani (al), M. Nashiruddin. *Ringkasan Shahih Bukhari*, As’ad Yasin dan Elly Latifa, Jilid 1. Jakarta: Gema Insani Press, 2003.
- Asqalani (al), Ibnu Hajar. *Fathul Baari: Penjelasan Kitab Shahih Al-Bukhari*, Jilid 6. Jakarta: Pustaka Azzam, 2002.
- Ali, Maulana Muhammad. *Qur’an Suci Terjemah dan Tafsir*, H.M. Bachrun. Jakarta: Darul Kutubil Islamiyah, 2006.
- Anugraha, Rinto. *Mekanika Benda Langit*. Yogyakarta: Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, 2012.
- Arifin, Johar, dan A. Fauzi. *Aplikasi Excel dalam Aspek Kuantitatif Manajemen Sumber Daya Manusia*. Jakarta: Elex Media Komputindo, 2007.
- Arifin, Johar. *Mengungkap Kedahsyatan 205 Fungsi Terapan Microsoft Office Excel*. Jakarta: Elex Media Komputindo, 2009.
- Arisworo, Djoko, dan Yusa. *Ilmu Pengetahuan Alam Untuk Kelas IX Sekolah Menengah Pertama Jilid 3*. Jakarta: Grafindo Media Pratama, 2007.
- Ayu, Erlina. *Pengetahuan Luar Angkasa, Cuaca, dan Fenomena Alam*. Yogyakarta: Familia, 2011.
- Bosscha Observatory. “Gerhana Bulan 28 Juli 2018”, dalam https://youtu.be/v_Zcb9fqZI0, diakses pada 3 Februari 2021.
- Departemen Pendidikan Nasional. *Kamus Besar Bahasa Indonesia Edisi IV*. Jakarta: Pusat Bahasa, 2008.
- Faizah, Ayu Nurul. “Gerhana Pada Masa Nabi Muhammad saw. (Studi Analisis Gerhana Bulan Periode Madinah Perspektif Astronomi)”. Tesis—UIN Walisongo, Semarang, 2015.
- Fathinul Inshafi, Zul Amri. “Aplikasi Data Ephemeris Matahari dan Bulan Berdasarkan Perhitungan Jean Meeus Pada Smartphone Android”. Skripsi—UIN Walisongo, Semarang, 2016.
- Fitria, Wahyu. “Studi Komparatif Hisab Gerhana Bulan Dalam Kitab Al-Khulashah Al-Waffiyah Dan Ephemeris”. Skripsi—IAIN Walisongo, Semarang, 2011.

- Hadi Bashori, Muhammad. *Pengantar Ilmu Falak: Pedoman Lengkap Tentang Teori dan Praktik Hisab, Arah Kiblat, Waktu Salat, Awal Bulan Qamariah & Gerhana*. Jakarta: Pustaka Al-Kautsar, 2015.
- Hambali, Slamet. *Almanak Sepanjang Masa: Sejarah Sistem Penanggalan Masehi, Hijriyah dan Jawa*. Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, 2011.
- Hestiyanto, Yusman. *Geografi 1 SMA Kelas X*. Jakarta: Yudhistira, 2007.
- Hidayat, Ehsan. "Penentuan Jumlah Gerhana Matahari dengan Argumen Lintang Bulan dan Teori Aritmatika". *Miyah: Jurnal Studi Islam*, No. 01, Vol. 15, Januari, 2019.
- Ibnu Muhammad bin Abdurahman bin Ishaq Al-Sheikh, Abdullah. *Tafsir Ibnu Katsir*, M. Abdul Ghoffar E.M, Jilid 4. Bogor: Pustaka Imam as-Syafi'i, 2003.
- Isnaini, Rizki. "Peningkatan Hasil Belajar IPA Materi Sistem Tata Surya Melalui Media Audio Visual Pada Siswa Kelas VII Semester 2 SMP Negeri 3 Getasan Kabupaten Semarang Tahun Pelajaran 2018/2019". Skripsi—IAIN Salatiga, 2019.
- Izzudin, Ahmad. *Ilmu Falak Praktis*. Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012.
- Juwita, Dara. "Aplikasi Gerhana Matahari dan Bulan untuk Pembelajaran Siswa Sekolah Dasar Menggunakan Adobe Flash CS 3". Tugas Akhir—Universitas Sumatera Utara, Medan, 2013.
- Khazin, Muhyidin. *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik: Perhitungan Arah kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan dan Gerhana*. Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005.
- Kurniawan, Taufiqurrahman. *Ilmu Falak dan Tinjauan Matlak Global*. Yogyakarta: MPKSDI, 2010.
- Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Kementerian Agama Republik Indonesia. *Al-Quran dan Terjemah untuk Wanita*. Bandung: Jabal, 2010.
- Lukman. "Studi Analisis Rashdul Kiblat Bulan dalam Kitab Jami'u Al-Adillah Karya KH. Ahmad Ghozali". Skripsi—Universitas Islam Negeri Walisongo, Semarang, 2016.
- Meeus, Jean. *Astronomical Algorithms (Second Edition)*. Virginia: Willman-Bell, 1998.
- Mubarrok, Adib. *Rumus Excel*. Jakarta: Elex Media Komputindo, 2015.
- Mujab, Sayful. Gerhana; Antara Mitos, Sains, dan Islam. *Yudisia*, No.1, Vol. 5, Juni, 2014.

- Muhammad bin Ismail Al-Bukhari, Abu Abdillah. *Shahih al-Bukhari*. Beirut: Dar Ibnu al-Katsir, 2002.
- Muhammad bin Ismail Al-Bukhari, Abu Abdillah. *The Translation of the Meanings of Sahîh Al-Bukhâri Arabic-English*, Muhammad Muhsin Khan, volume 2. Riyadh: Darussalam, 1997.
- Muhammad Fathullah, Ahmad Ghazali. *Irsha>d Al-Muri>d*. Sampang: Lafal, 2005.
- Muharram, Riza Miftah. *Tata Surya*. t.tp.,: InfoAstronomy Publisher, 2019.
- Mukarram, Akh. *Ilmu Falak: Dasar-Dasar Hisab Praktis*. Sidoarjo: Grafika Media, 2012.
- Mutiara, Tia, et al. *Ilmu Pengetahuan Alam untuk SMK dan MAK Kelas X*. Jakarta: Erlangga, 2008.
- NASA. “Lunar Eclipses of Historical Interest”, dalam <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/LEhistory/LEhistory.html#-0746>, diakses pada 4 Juni 2021.
- NASA. “Solar Rotation Varies by Latitude”, dalam https://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/science/solar-rotation.html, diakses pada 8 Juni 2021.
- NASA. “Total Lunar Eclipse of 2018 Jul 27”, dalam <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/LEplot/LEplot2001/LE2018Jul27T.pdf>, diakses pada 4 Juni 2021.
- Nurjaman, Zaenudin. “Sistem Hisab Gerhana Bulan Analisis Pendapat KH. Noor Ahmad SS dalam Kitab Nûr al-Anwâr”. Skripsi—IAIN Walisongo, Semarang, 2012.
- Observatorium Bosscha. “Lokasi dan Akses”, dalam <http://bosscha.itb.ac.id/id/author-detil/akses/>, diakses pada 28 Juli 2021
- Observatorium Bosscha. “Observatorium Bosscha”, dalam <http://bosscha.itb.ac.id/id/>, diakses pada 28 Juli 2021.
- Observatorium Bosscha. “Profil dan Sejarah”, dalam <http://bosscha.itb.ac.id/id/author-detil/>, diakses pada 28 Juli 2021.
- Prasetya, Sukma Perdana. “Gerhana”. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya, t.p., t.t.
- Rachman, Basuni. *BBM 12 Bulan Sebagai Satelit Bumi*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia, t.t.
- Ramdhan, Purkon Nur. “Studi Analisis Metode Hisab Arah Kiblat KH. Ahmad Ghozali dalam Kitab Irsyâd al-Murîd”. Skripsi—IAIN Walisongo, Semarang, 2012.

- Rizcha Afifi, Miftach. “Akurasi Perhitungan Gerhana Bulan Menurut Jean Meeus Menggunakan Software Matlab”. Skripsi—UIN Sunan Ampel, Surabaya, 2019.
- Rohman, Khozinur. “Studi Komparasi Algoritma Equation of Time Versi Jean Meeus Dan Newcomb”. Skripsi—UIN Walisongo, Semarang, 2016.
- Setiani, Putri. *Sains Perubahan Iklim*. Jakarta: Bumi Aksara, 2020.
- Shodiq, Jafar. “Studi Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari Menurut Rinto Anugraha dalam Buku Mekanika Benda Langit”. Skripsi—UIN Walisongo, Semarang, 2016.
- Sub Direktorat Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat Kementerian Agama Republik Indonesia. *Ilmu Falak Praktik*. Jakarta: t.p., 2013.
- Sukarni. “Metode Hisab Gerhana Bulan Ahmad Ghozali dalam Kitab Irsyâd al-Murîd”. Skripsi—IAIN Walisongo, Semarang, 2014.
- Sulastrri, Kitri. “Studi Analisis Hisab Awal Bulan Kamariyah dalam Kitab al-Irsyaad al-Muriid”. Skripsi—IAIN Walisongo, Semarang, 2011.
- Susila Adnyana, I Made Dwi. *Sivaratri dalam Konsep Astronomi Hindu*. Bali: Nilacakra, 2019.
- Umam, Khotibul. “Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari dalam Kitab Irsyâd Al-Murid”. Skripsi—UIN Walisongo, Semarang, 2014.
- Wardani, Restu Trisna. “Studi Komparatif Kitab Al-Dûrr Al-Anîq dengan Astronomical Algorithms Jean Meeus Dalam Penentuan Awal Bulan Kamariah”. Skripsi—UIN Walisongo, Semarang, 2018.
- Wikipedia. “Bintang Deret Utama Tipe-G”, dalam https://id.m.wikipedia.org/wiki/Bintang_deret_utama_tipe-G, diakses pada 8 Juni 2021.
- Wikipedia. “Epoch”, dalam <http://en.m.wikipedia.org/wiki/Epoch>, diakses pada 19 Mei 2021.

BIODATA PENULIS

Nama : Nur Fadhila