

**UJI EVALUASI DAN VERIFIKASI PEMROGRAMAN EXCEL
KATALOG GERHANA BULAN TAHUN 610 M SAMPAI 3000 M
METODE BESSEL MENGGUNAKAN ALGORITMA JEAN
MEEUS**

SKRIPSI



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

Oleh :
Muhammad Nizom
C76218015

**Universitas Islam Negeri Sunan Ampel
Fakultas Syariah dan Hukum
Jurusan Hukum Perdata Islam
Program Studi Ilmu Falak
Surabaya
2022**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Nizom
NIM : C76218015
Fakultas/Jurusan/Prodi : Syariah dan Hukum/ Hukum Perdata Islam/ Ilmu
Falak
Judul Skripsi : Uji Evaluasi dan Verifikasi Permrograman Excel
Katalog Gerhana Bulan Tahun 610 M Sampai
3000 M Metode Bessel Menggunakan Algoritma
Jean Meuss

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

Surabaya, 29 Januari 2022

Saya yang menyatakan,



Muhammad Nizom
NIM. C76218015

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi yang ditulis oleh Muhammad Nizom NIM. C76218015 ini telah diperiksa dan disetujui untuk dimunaqasahkan.

Surabaya, 29 Januari 2022

Pembimbing,

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and strokes, positioned above the printed name and NIP.

Siti Tatmainul Qulub, SHI., M.S.I.

NIP. 198912292015032007

PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi yang ditulis oleh Muhammad Nizom NIM. C76218015 ini telah dipertahankan di depan sidang Munaqasah Skripsi Fakultas Syariah dan Hukum UIN Sunan Ampel Surabaya pada hari Senin, tanggal 14 Maret 2022 dan dapat diterima sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program sarjana strata satu dalam Ilmu Syariah.

Majelis Munaqasah Skripsi

Penguji I,



Siti Tatmainul Gulub, S.H., M.S.I.
NIP. 198912292015032007

Penguji II,



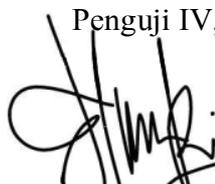
H. Abu Dzarrin al-Hamidy, M.Ag
NIP. 197306042000031005

Penguji III,



Umi Chaidaroh, S.H., M.H.I.
NIP. 197409102005012001

Penguji IV,



Adi Damanhuri, M.Si.
NIP. 198611012019031010

Surabaya, 14 Maret 2022

Menegaskan,
Fakultas Syariah dan Hukum
Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya
Dekan,



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



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

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

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

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

Nama : Muhammad Nizom
NIM : C76218015
Fakultas/Jurusan : Syariah dan Hukum/Ilmu Falak
E-mail : nizomjws@gmail.com

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

Skripsi Tesis Disertasi Lain-lain

(.....)
yang berjudul :

**UJI EVALUASI DAN VERIFIKASI PEMROGRAMAN EXCEL
KATALOG GERHANA BULAN TAHUN 610 M SAMPAI 3000 M
METODE BESSEL MENGGUNAKAN ALGORITMA JEAN MEEUS**

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, 7 April 2022

Penulis

Muhammad Nizom

ABSTRAK

Skripsi ini berjudul “Uji Evaluasi dan Verifikasi Pemrograman Katalog Gerhana Bulan Tahun 610 M Sampai 3000 M Metode Bessel Menggunakan Algoritma Jean Meeus” merupakan jenis penelitian evaluasi dengan pendekatan kualitatif guna untuk menjawab pertanyaan yang terdapat dalam rumusan masalah, yakni : bagaimana pemrograman Excel katalog gerhana bulan metode Bessel algoritma Jean Meeus ?, dan bagaimana uji evaluasi dan verifikasi pemrograman Excel katalog gerhana bulan algoritma Jean Meeus ?.

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini meliputi “A Manual Of Spherical And Practical Astronomy” karya William Chauvenet, “Rumusan Syari dan Astronomi” karya Abu Sabda, “Astronomical Algorithms” karya Jean Meeus serta software pemrograman Microsoft Excel . Teknik pengumpulan menggunakan metode dokumentasi, dengan data yang dikumpulkan berupa algoritma-algoritma perhitungan gerhana bulan dengan algoritma Jean Meeus dan komponen yang diperlukan untuk melakukan pemrograman. Metode Analisa data dibagi menjadi tiga tahap yakni; 1) tahapan pengumpulan data yakni berupa konsep perhitungan gerhana bulan dengan algoritma Jean Meeus dan konsep pemrograman Microsoft Excel, 2) Tahap pemrograman gerhana bulan, 3) tahap uji evaluasi dan verifikasi program katalog gerhana bulan metode besel algoritma Jean Meeus.

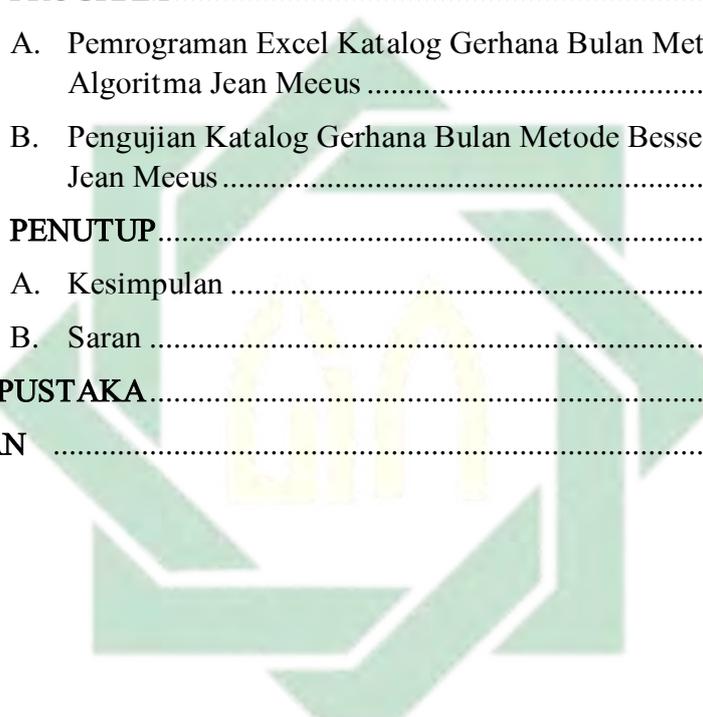
Kesimpulan hasil penelitian ini, bahwa pemrograman katalog gerhana bulan metode besel algoritma Jean Meeus dilakukan dalam beberapa tahapan sebagai berikut : 1) Pengumpulan data, 2) Analisis kebutuhan program, 3) Perancangan tampilan program, 4) Penulisan bahasa program (*coding*), 5) Uji coba program. Setelah dilakukan uji evaluasi penulis mendapatkan hasil, program katalog gerhana bulan menggunakan macro VBA pada Excel, maka untuk menjalankan program diperlukan Microsoft Excel yang sudah mengaktifkan fitur macro VBA. Hasil Uji verifikasi program katalog gerhana bulan memberikan kesimpulan bahwa hasil perhitungan program sama dengan hasil perhitungan manual, serta hasil perhitungan program katalog gerhana bulan metode besel algoritma Jean Meeus memiliki rata-rata selisih yang bervariasi dengan hasil perhitungan NASA antara rentang tahun 610 M sampai 3000 M.

Perkembangan zaman yang cukup modern ini yang serba terkomputerisasi. Agar eksistensi ilmu falak tetap eksis di kalangan masyarakat modern. Maka diharapkan program ini dapat bermanfaat dan di perbarui dalam bentuk versi selanjutnya. Dan menggunakan algoritma yang lebih terjaga keakuratannya untuk ke depan.

DAFTAR ISI

SAMPUL DALAM	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
PENGESAHAN SKRIPSI	iv
LEMBAR PERNYATAAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR TRANSLITERASI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	6
C. Batasan Masalah	7
D. Rumusan Masalah	7
E. Kajian Pustaka	8
F. Tujuan Penelitian	11
G. Kegunaan Penelitian	11
H. Definisi Operasional	12
I. Metode Penelitian	13
J. Sistematika Penulisan Skripsi	18
BAB II HISAB GERHANA BULAN	20
A. Pengertian Gerhana Bulan	20
B. Jenis-jenis Gerhana Bulan	22
C. Dasar Hukum Gerhana	24
D. Metode Bessel	28
E. Algoritma Jean Meeus	31
F. Konsep Perhitungan gerhana Bulan metode Bessel Algoritma Jean Meeus	32

BAB III	PEMROGRAMAN MICROSOFT EXCEL	54
	A. Pengertian Pemrograman.....	54
	B. Microsoft Excel.....	55
	C. Macro Excel VBA.....	63
BAB IV	PEMROGRAMAN EXCEL KATALOG GERHANA BULAN METODE BESSEL ALGORITMA JEAN DAN PENGUJIAN PROGRAM	71
	A. Pemrograman Excel Katalog Gerhana Bulan Metode Bessel Algoritma Jean Meeus	71
	B. Pengujian Katalog Gerhana Bulan Metode Bessel Algoritma Jean Meeus	79
BAB V	PENUTUP	91
	A. Kesimpulan	91
	B. Saran	92
	DAFTAR PUSTAKA	93
	LAMPIRAN	96



 UIN SUNAN AMPEL
 S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Posisi kemungkinan terjadi gerhana	21
Gambar 1. 2	Posisi bulan dan matahari saat gerhana bulan	22
Gambar 1. 3	Jenis-jenis posisi bulan saat gerhana bulan.....	23
Gambar 1. 4	Bidang fundamental dalam bola langit	29
Gambar 1. 5	Geometri gerhana bulan	30
Gambar 3.1.	Diagram Alir pemrograman gerhana.....	55
Gambar 3. 2	Lembar kerja Excel	57
Gambar 3. 3.	Algoritma Pemrograman Excel.....	60
Gambar 3. 4	Ribbon VBE	64
Gambar 3. 5	<i>Visual Basic Editor</i>	65
Gambar 3. 6	Contoh pembuatan fungsi public	69
Gambar 4. 1	Tahapan Pemrograman Katalog Gerhana Bulan	71
Gambar 4. 2	Interface Program Katalog Gerhana Bulan.....	75
Gambar 4. 3	Modul Perhitungan Fungsi Meeus	76
Gambar 4. 4	Tampilan hasil perhitungan katalog gerhana bulan.....	80
Gambar 4. 5	Contoh Tampilan program katalog gerhana bulan Error.....	81
Gambar 4. 6	Hasil perhitungan program katalog gerhana bulan.....	88
Gambar 4. 7	Hasil perhitungan NASA	88

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1	Perhitungan ΔT	34
Tabel 1. 2	Komponen periodik Nutasi dan Obliquity	47
Tabel 1. 3	Komponen periodik jarak bumi matahari	48
Tabel 1. 4	Komponen lintang dan bujur matahari	49
Tabel 1. 5	Komponen periodik bujur dan jarak bulan	51
Tabel 1. 6	Komponen periodik lintang bulan	53
Tabel 3. 1	Operator Aritmetika	61
Tabel 3. 2	Operator Perbandingan	61
Tabel 3. 3	Fungsi Matematika dan Trigonometri.....	62
Tabel 3. 4	Fungsi Logika.....	62
Tabel 3. 5	Tipe Data.....	66
Tabel 3. 6	Pembuatan fungsi program gerhana bulan.....	70
Tabel 4. 1	Hasil perhitungan gerhana 16 Mei 2022.....	87
Tabel 4. 2	Selisih menit perhitungan NASA	89
Tabel 4. 3	Rata-rata selisih perhitungan gerhana bulan metode Bessel menggunakan algoritma Jean Meeus dengan hasil perhitungan NASA.....	90

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Gerhana merupakan salah satu dari sekian fenomena alam yang menarik perhatian. Fenomena ini terjadi dikarenakan perbedaan kedudukan antara Bulan dan Matahari. Ada dua jenis gerhana yang dapat terjadi diantaranya Gerhana Matahari dan Gerhana Bulan, gerhana dapat terjadi ketika saat posisi ijtimak atau istiqlal Bulan berada dekat di titik simpul naik (*Ascending Node*) atau titik simpul turun (*Descending Node*).¹

Gerhana merupakan fenomena benda langit yang dapat terjadi beberapa kali dalam satu periode tertentu, fenomena ini disebabkan pergerakan Bulan dan Matahari. Dengan adanya fenomena ini merupakan salah satu bukti tanda Kebesaran Allah Swt. yang telah menetapkan pergerakan Bulan dan Matahari, dalam Al-Quran dijelaskan :

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

“Tidaklah mungkin bagi matahari mengejar bulan dan malam pun tidak dapat mendahului siang. Masing-masing beredar pada garis edarnya (orbit).” (Q.S Q.S. Yasin 36: ayat 40).²

Umat Islam menjadikan Fenomena Gerhana sebagai ajang untuk melaksanakan ibadah salat gerhana. Adapun pelaksanaan ibadah salat gerhana dijelaskan dalam hadis nabi dan ijmak para ulama. Oleh karena itu mempelajari fenomena gerhana bagi umat Islam jelas sekali urgensinya. Di

¹ Farid Azm, “Prediksi Pergerakan Bayangan Bumi Saat Terjadi Gerhana Bulan Menggunakan Ephemeris Hisab Rukyat” al-marshad: jurnal astronomi islam dan ilmu-ilmu berkaitan, 2018, 188-189.

² Al Qur'an Indonesia (Aplikasi Android)

kalangan umat Islam ilmu yang mempelajari benda langit termasuk fenomena gerhana disebut dengan Ilmu Falak.³

Umat Islam pada zaman dahulu untuk mengetahui terjadinya fenomena gerhana menggunakan mata telanjang. Seiring berjalannya waktu muncullah sebuah alat yang mampu melakukan perhitungan yang cukup rumit bernama *calculator scientific* (Kalkulator Ilmiah). Dengan kehadiran alat ini, fenomena gerhana dapat diestimasi secara akurat dengan melakukan perhitungan trigonometri. Namun kekurangan menggunakan *calculator scientific* masih memasukkan data secara manual dan rawan terjadi *human error* (Kesalahan Pengguna).⁴

Seiring berjalannya waktu, perkembangan teknologi semakin pesat dan muncul sebuah alat yang bernama *computer* (komputer). Alat ini mampu untuk mengelola data menurut instruksi yang dirumuskan menjadi sebuah kesatuan yang disebut program. Dengan kehadiran komputer telah merubah kegiatan manusia yang tadinya dilakukan secara manual sekarang dapat dilakukan secara otomatis, terutama dalam hal mengolah data.

Seiring perkembangan zaman yang terkomputerisasi, membuat para pencinta Ilmu Falak berlomba-lomba untuk membuat perhitungan dalam rangka meningkatkan eksistensi Ilmu Falak dikalangan masyarakat modern. Program-program perhitungan falak telah beredar beraneka ragam seperti;

³ Watni Marpaung, "Pengantar Ilmu Falak edisi pertama", (Jakarta: Fajar Interpratama mandiri, 2015), 3.

⁴ Abdul Hayat, "Rancangan Aplikasi Kalkulator Ilmu Falak Berbasis Smartphone" CCIT journal, 2018, Vol.11 No.2, 202.

program perhitungan arah kiblat, program perhitungan awal waktu salat, program perhitungan awal bulan kamariah, program data posisi Bulan dan Matahari (*ephemeris*), program konversi kalender, dan salah satunya yakni program perhitungan gerhana bulan dan matahari.

Program perhitungan gerhana saat ini terdapat banyak sekali dengan menggunakan metode yang berbeda-beda dalam perhitungan penentuan gerhananya. Setiap program memiliki bahasa yang berbeda-beda dalam penulis metode perhitungan yang digunakan. Perbedaan bahasa program ini tergantung dari jenis bahasa yang didukung dalam aplikasi pembuatan program itu sendiri. Saat ini terdapat banyak aplikasi pemrograman gerhana dengan tampilan dan langkah pengoperasian yang berbeda-beda.

Program perhitungan gerhana terdapat dalam berbagai platform komputer, setiap program perhitungan memiliki keunggulannya masing-masing dalam menyajikan data perhitungan. Beberapa program perhitungan gerhana yang ditemukan oleh penulis yakni MoonCalc⁵, EclipsDroid⁶, Eclips Calculator⁷ dan sebagainya.

Munculnya beberapa *software* (program aplikasi) perhitungan gerhana dengan tampilan dan cara pengoperasian yang berbeda-beda, menimbulkan problematikkah di antara umat. Adapun beberapa problematikkah yang

⁵ Sebuah program berebentuk DOS menyediakan perhitungan gerhana. Program ini dibuat oleh Dr. Monzur Ahmed pada tahun 2001

⁶ EclipseDroid adalah aplikasi astronomi untuk mengetahui dan menampilkan simulasi peristiwa gerhana matahari dan bulan. Dibuat oleh Wolfgang Strickling pada tahun 2016.

⁷ Eclipse Calculator adalah aplikasi perhitungan gerhana dan simulasi terjadinya gerhana, program ini tersedia gratis di Palystore. Program ini dibuat oleh Serviastro - Univ. Barcelona

muncul di antara umat yakni; adanya keraguan hasil perhitungan program yang satu dengan program lainnya dikarenakan dalam sebuah program tidak ada transparansi perhitungan pengolahan data, orang awam yang tidak tahu cara pengoperasian sebuah program dikarenakan di setiap program memiliki tampilan dan langkah penggunaan yang berbeda-beda, kebanyakan program perhitungan menggunakan bahasa yang sulit dimengerti oleh orang-orang secara umum sehingga tidak banyak orang yang mengerti untuk menggunakannya.

Masalah berikutnya muncul dikarenakan beberapa program perhitungan gerhana tidak dapat dijalankan di semua jenis sistem komputer. Salah satu contoh program yang menyediakan perhitungan gerhana, ditemukan penulis tidak dapat dijalankan di semua sistem komputer adalah *MoonCalc*. Program ini hanya tersedia untuk sistem MacOS oleh karena itu program ini tidak dapat dijalankan untuk sistem komputer selain MacOS.

Problem yang paling utama di kalangan pencinta Falak dengan adanya sebuah program perhitungan adalah tidak adanya transparansi pengolahan data, sehingga proses perhitungan tidak dapat dipelajari dan pengguna tidak dapat membandingkan hasil perhitungan manual dengan hasil perhitungan program. Karena pada dasarnya ingin mengetahui proses perhitungan dan membandingkan hasil perhitungan, agar memperoleh hasil perhitungan yang akurat.

Banyak program perhitungan gerhana yang beredar di kalangan masyarakat khususnya pecinta Falak tidak menampilkan transparansi

perhitungan. Oleh karena itu, program perhitungan harus disertakan transparansi pengolahan data. Sehingga para pengguna program perhitungan gerhana dapat mempelajari metode perhitungan yang digunakan program dan membandingkan hasil perhitungannya secara manual. Penampilan proses perhitungan disertakan dengan sumber rujukan, supaya pengguna dapat memverifikasi proses dan dasar perhitungan yang dimiliki program tersebut.

Berdasarkan uraian diatas. Penulis bermaksud untuk melakukan penelitian yang berjudul “Uji Evaluasi dan Verifikasi Pemrograman Excel Katalog Gerhana Bulan Tahun 610 M Sampai 3000 M Metode Bessel Menggunakan Algoritma Jean Meeus” Pemrograman katalog gerhana bulan dimulai dari tahun 610 M sampai dengan tahun 3000 M, alasan penulis memulai dari tahun 610 M karena bertepatan dengan pengangkatan Rasulullah SAW. Penulis tertarik untuk menyusun perhitungan gerhana bulan dimulai zaman Rasul, seperti yang kita ketahui ibadah salat gerhana dimulai ketika zaman Rasulullah SAW.⁸

Alasan penulis menggunakan Microsoft Excel sebagai *software* pembuatan program perhitungan katalog gerhana Bulan dikarenakan *software* ini memiliki banyak kelebihan dibandingkan *software* yang lain. Di antara kelebihan *software* ini yakni dapat digunakan di berbagai platform, hasil file pemrograman berformat “.xls” yang kompatibel dengan berbagai software Office lainnya, hanya menggunakan RAM dan sumber daya CPU sedikit

⁸ Muhammad Julkarain, “Perjuangan Nabi Muhammad Saw Periode Mekkah Dan Madinah”, Jurnal Diskursus Islam, Vol.7 No.1, 2019, 83.

sehingga dapat dijalankan pada komputer berspesifikasi rendah, dan selalu *update* (diperbarui) untuk meningkatkan kemampuan mengolah angka dan yang sangat penting *software* ini mudah digunakan (*user friendly*).⁹

Pembuatan Program Katalog Gerhana Bulan menggunakan metode Bessel dengan algoritma Jean Meeus. Alasan penulis menggunakan metode ini dikarenakan tidak memerlukan banyak data untuk melakukan perhitungan gerhana, dalam metode ini hanya memerlukan data tanggal terjadinya gerhana dan waktu gerhana (T0).¹⁰ Sejauh penelusuran penulis belum ada penelitian tentang pemrograman katalog gerhana bulan dengan metode ini.

B. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan proses dalam penelitian yang berupaya mendefinisikan permasalahan yang terjadi secara umum. Berdasarkan paparan dari latar belakang, penulis mengidentifikasi masalah diantaranya :

1. Kebanyakan program perhitungan menggunakan bahasa yang sulit dimengerti.
2. Tidak semua program perhitungan gerhana dapat dijalankan ke semua jenis komputer.
3. Terdapat banyaknya program dengan metode perhitungan yang berbeda-beda dalam penentuan gerhana.

⁹ Dzikry, 2020, "15 Kelebihan dan Kekurangan Microsoft Excel serta Fungsinya", <https://masdzikry.com/kelebihan-dan-kekurangan-microsoft-excel>, diakses pada tgl 26/4/2021 Pk.18.54.

¹⁰ Rinto anugraha, "Mekanika benda Langit" (Yogyakarta: Lab fisika material dan instrumentasi UGM, 2012), 136

4. Belum ada pembuatan program katalog gerhana bulan menggunakan software Microsoft Excel.
5. Belum ada pembuatan program gerhana menggunakan metode Bessel menggunakan algoritma Jean Meeus yang berupa katalog.
6. Belum ada uji evaluasi dan uji verifikasi pemrograman dalam beberapa penelitian yang sudah ada.

C. Batasan Masalah

Dari identifikasi masalah diatas, dapat diketahui bahwa perlu batasan masalah. Agar penelitian ini lebih fokus dan terarah, berikut batasan masalahnya :

1. Pemrograman gerhana bulan menggunakan metode Bessel algoritma Jean Meeus berupa katalog.
2. Pengujian evaluasi dan verifikasi program gerhana bulan menggunakan metode Bessel algoritma Jean Meeus.

D. Rumusan Masalah

Dari identifikasi dan batasan masalah yang ada, terdapat beberapa rumusan masalah diantaranya :

1. Bagaimana pemrograman Excel katalog Gerhana Bulan tahun 610 M sampai 3000 M menggunakan metode Bessel algoritma Jean Meeus ?

2. Bagaimana uji evaluasi dan verifikasi program Excel katalog Gerhana Bulan tahun 610 M sampai 3000 M menggunakan metode Bessel algoritma Jean Meeus ?

E. Kajian Pustaka

Kajian pustaka berisi tentang paparan-paparan penelitian dengan objek penelitian yang sama yang dilakukan oleh peneliti lain. Hal ini bertujuan agar menghindari kesamaan dalam penelitian dan menekan bahwa penelitian meskipun memiliki objek yang sama tetapi terdapat perbedaan di dalamnya.¹¹

Berikut ini beberapa penelitian yang membahas tentang perhitungan gerhana Bulan dan program Excel diantaranya :

1. Peneliti menemukan penelitian yang sama menggunakan Algoritma Jean Meeus dalam penyelesaiannya. Penelitian ditulis oleh Miftach Rizcha Afif dalam skripsinya yang berjudul Akurasi Perhitungan Gerhana Bulan Menurut Jean Meeus Menggunakan Software Matlab.¹² Dalam skripsinya menyimpulkan bahwa Algoritma Jean Meeus perhitungan gerhana Bulan terdapat 39 langkah perhitungan dari langkah pertama menentukan perkiraan tahun hingga langkah 39 atau terakhir yaitu menghitung akhir penumbra dan hasil perhitungan yang dilakukan tingkat ke akuratanannya cukup memadai. Algoritma yang digunakan dalam penelitian tersebut

¹¹ Mahim M. Himat, "Metode Penelitian dalam perspektif Ilmu Komunikasi dan Sastra", (Yogyakarta: Graha ilmu, 2011),133.

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

sama-sama menggunakan Jean Meeus dalam penelitian yang akan dilakukan oleh penulis. Perbedaan terletak pada metode dan *software* yang akan dijadikan pemrograman.

2. Penelitian pemrograman perhitungan gerhana bulan dengan metode kitab ditulis oleh Yusrifal Fais Abdillah dalam skripsinya yang berjudul *Algoritma Pemrograman Gerhana Bulan Metode Al-Durr Al-Anīq Menggunakan Software Visual Basic 6.0*.¹³ Kesimpulan dari penelitian ini yakni perhitungan program perhitungan gerhana oleh program, memiliki tingkat keakuratan tinggi selisih 2-4 detik ketika dilakukan uji verifikasi. Perbedaan penelitian yang akan dilakukan penulis dengan penelitian tersebut, terletak pada *software* dan metode yang digunakan.
3. Penelitian pemrograman menggunakan software yang sama ditemukan dalam penelitian yang ditulis oleh Muhammad Ibrahim Arsyad dalam skripsinya yang berjudul *Algoritma Pemrograman Hisab Ijtimak dan Posisi Bulan Menurut Kitab ThamarāT Al-Fikar dengan Aplikasi Microsoft Excel*.¹⁴ Kesimpulan dalam penelitian tersebut, bahwa program perhitungan menggunakan software Microsoft Excel cukup akurat ketika dilakukan uji verifikasi. Perbedaan penelitian yang akan dilakukan oleh penulis terletak pada Algoritma yang digunakan.

¹³ Yusrifal Fais Abdillah, "Algoritma Pemrograman Gerhana Bulan Metode Al-Durr Al-Anīq Menggunakan Software Visual Basic 6.0", (Skripsi UIN Sunan Ampel Surabaya, 2019).

¹⁴ Ibrahim Arsyad, "Algoritma Pemrograman Hisab Ijtimak dan Posisi Bulan Menurut Kitab ThamarāT Al-Fikar dengan Aplikasi Microsoft Excel", (Skripsi UIN Sunan Ampel Semarang, 2019).

4. Penelitian yang menghitung gerhana bulan menggunakan metode Bessel yang dilakukan oleh Rizqi Rauhillahi dalam penelitiannya yang berjudul Analisis Metode Hisab Gerhana Bulan Dalam Kitab *Tibyān al-Murīd al-Zijī al-Jadīd* Karya Ali Mustofa.¹⁵ Kesimpulan dalam penelitian tersebut, bahwa kitab karya Ali Mustofa dalam hisab gerhana bukan menggunakan perhitungan metode Bessel. Tingkat akurasi perhitungan gerhana dalam kitab tersebut tergolong sudah sangat akurat dan dapat dijadikan pedoman dalam penentuan gerhana. Perbedaan penelitian yang akan dilakukan penulis terletak pada Algoritma yang digunakan dan hasil akhir penelitiannya.

Selain dari penelitian-penelitian yang ada diatas, penulis juga menemukan banyak literatur-literatur yang menunjang penelitian berupa buku, jurnal dan website resmi Lembaga yang berkompeten dalam bidang Astronomi.

Sejauh penelusuran terkait penelitian yang akan dilakukan oleh penulis, belum menemukan penelitian dan tulisan yang mendetail membahas tentang Pemrograman Excel Katalog Gerhana Bulan Tahun 610 M sampai 3000 M Metode Bessel Menggunakan Algoritma Jean Meeus. Peneliti hanya menemukan penelitian terkait perhitungan gerhana bulan algoritma Jean Meeus dan pemrograman Excel. Berdasarkan ini penulis menilai penelitian yang akan dilakukan patut dan layak untuk diteliti.

¹⁵ Rizqi Rauhillahi, "Analisis Metode Hisab Gerhana Bulan Dalam Kitab *Tibyanul Murid 'Ala Zijil Jadid Karya Ali Mustofa*". (Skripsi UIN Walisongo Semarang, 2019).

F. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai oleh penulis dalam penelitian Pemrograman Excel Katalog Gerhana Bulan Tahun 610 M sampai 3000 M Metode Bessel Menggunakan Algoritma Jean Meeus adalah :

1. Mengetahui pemrograman Excel katalog Gerhana Bulan tahun 610 M sampai 3000 M menggunakan metode Bessel algoritma Jean Meeus.
2. Mengetahui hasil uji evaluasi dan verifikasi program Excel katalog Gerhana Bulan tahun 610 M sampai 3000 M menggunakan metode Bessel algoritma Jean Meeus.

G. Kegunaan Penelitian

Penelitian yang berjudul Pemrograman Excel Katalog Gerhana Bulan Tahun 610 M sampai 3000 M Metode Bessel Menggunakan Algoritma Jean Meeus, dilakukan penulis dengan harapan :

1. Pemrograman ini berguna bagi masyarakat sekitar. dengan adanya program katalog gerhana mempermudah media pembelajaran, khususnya untuk mahasiswa Prodi Ilmu Falak Fakultas Syariah dan Hukum UIN Sunan Ampel Surabaya dan termotivasi untuk menghasilkan produk *software* falak. Sehingga dapat memberikan kontribusi dalam bidang Falak di Era Teknologi yang serba digital.
2. Dengan adanya kontribusi mahasiswa dalam pembuatan *software-software* pemrograman, diharapkan menambah nilai eksistensi Prodi Ilmu Falak di mata masyarakat. Sehingga menumbuhkan rasa kepercayaan

terhadap Prodi Ilmu Falak UIN Sunan Ampel Surabaya karena sudah dapat menghasilkan karya berbentuk *software* falak.

H. Definisi Operasional

Berdasarkan judul penelitian yang dilakukan, sekiranya tidak menimbulkan salah paham terkait judul yang diangkat oleh penulis. Adapun definisi operasional sebagai berikut :

1. Uji Evaluasi dan Verifikasi Pemrograman Excel. Dalam penelitian ini bermaksud untuk membuat program menggunakan Microsoft Excel, dimana hasil program akan dilakukan uji evaluasi dan verifikasi. Uji Evaluasi yang akan dilakukan bermaksud untuk menguji program terkait syarat - syarat atau spesifikasi khusus untuk menjalankan program pada sebuah komputer, serta mengetahui kekurangan dan kelebihan program yang sudah dibuat oleh penulis. Uji Verifikasi dilakukan bermaksud untuk mengetahui bahwa, hasil perhitungan program yang dibuat oleh penulis sudah sesuai dengan hasil perhitungan yang dilakukan secara manual. Untuk melakukan uji verifikasi ini, penulis mengambil beberapa sampel acak untuk mengetahui hasil dari uji verifikasi.
2. Katalog Gerhana bulan Metode Bessel merupakan hasil perhitungan gerhana bulan menggunakan metode Bessel yang tersusun secara berurutan dari tahun ke tahun.
3. Algoritma Jean Meeus adalah algoritma hasil reduksi dari VSOP87 yang digunakan untuk menentukan posisi benda langit seperti matahari dan

Bulan. Selain menentukan posisi benda langit biasanya algoritma ini digunakan dalam melakukan perhitungan gerhana matahari, bulan baru, posisi bulan, dan salah satunya adalah perhitungan yang dibutuhkan dalam penentuan waktu salat.¹⁶

I. Metode Penelitian

1. Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan oleh penulis dalam proses penyusunan skripsi menggunakan metode evaluasi dengan pendekatan kualitatif.¹⁷

Pendekatan dengan menggunakan metode evaluasi yang digunakan dalam penelitian ini, bermaksud untuk meneliti sebuah program yang dibuat oleh penulis sudah efektif atau tidak. Program dapat dikatakan efektif jika hasil pemrograman Katalog Gerhana Bulan sesuai dengan perhitungan Gerhana Bulan metode Bessel. Dan dengan pendekatan kualitatif, penelitian ini dapat menghasilkan teori baru terkait pemrograman gerhana Bulan metode Bessel.

2. Sumber Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini ada dua, yakni sumber primer dan sumber sekunder.

¹⁶ Mira Musrini Barmawi, "Implementasi Algoritma Jean Meeus dalam Menentukan Waktu Shalat", MIND Journal, 2017, Vol. 2, No. 1, 26

¹⁷ Suryani, "Metodologi Penulisan Model Praktis Penulisan Kuantitatif dan Kualitatif", (Skripsi :UPI, Jakarta, 2010), 34.

a. Sumber primer

Yakni sumber yang diperoleh Penulis secara langsung (dari tangan pertama).¹⁸ Dimana sumber ini menjadi rujukan yang paling penting untuk melaksanakan penelitian. Sumber primer yang digunakan oleh penulis terdiri dari sebagai berikut :

- 1) Buku buatan Jean Meeus yang berjudul “Astronomical Algorithms” edisi kedua. Untuk menentukan data ephemeris bulan dan matahari.
- 2) Microsoft Excel. Software untuk pemrograman.
- 3) Buku besel karya William Chauvenet yang berjudul “A Manual Of Spherical And Practical Astronomy”. Untuk menghitung data besel gerhana bulan.
- 4) Buku karya Abu Sabda yang berjudul “Ilmu Falak rumusan Syar’i dan Astronomi”. Untuk menghitung gerhana bulan dengan data besel.

b. Sumber Sekunder

Yaitu sumber yang diperoleh peneliti dari sumber yang sudah ada.¹⁹ Adapun sumber-sumber sekunder yang digunakan oleh penulis adalah Jurnal-jurnal, artikel dan buku-buku Ilmu falak lainnya yang berkaitan dengan perhitungan gerhana. Untuk pembuatan program dan alur pemrograman Microsoft Excel menggunakan buku-buku

¹⁸ Djam’an Satori, Aan Komariah, “Metodologi Penulisan Kualitatif”, (Bandung: Alfabeta, 2009), 12.

¹⁹ Suryani, “Metodologi Penulisan Model....”, 34.

diantaranya Kitab MS Excel 2019 dibuat oleh Jubilee Enterprise, Working with Microsoft Excel 2007 dan Panduan belajar Microsoft Excel buku dari Nico Manggala, ST.

3. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data menggunakan teknik dokumentasi (*documentation*) yakni mencari data mengenai hal-hal atau variabel yang berupa catatan, transkrip, buku, surat kabar, majalah, prasasti, notulen rapat, lengger, agenda, dan sebagainya.²⁰ Data-data yang dikumpulkan berupa fakta dan yang berhubungan dengan penelitian.

Teknik dokumentasi dalam penelitian ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data dan mempelajari algoritma-algoritma perhitungan gerhana bulan menggunakan metode Bessel, dan komponen-komponen yang digunakan untuk pembuatan program.

4. Metode Analisa Data

Metode analisa data dalam penelitian yang dilakukan penulis terbagi menjadi tiga tahap.

- a. Tahap pengumpulan data yakni berupa konsep perhitungan gerhana Bulan metode Bessel yang menggunakan Algoritma Jean Meeus. Selanjutnya menganalisis konsep pemrograman menggunakan Microsoft Excel. Pada tahap ini penulis menganalisis konsep pemrograman yang dibutuhkan dalam pembuatan program katalog

²⁰ Ali Sodik, "Dasar Metodologipenelitian", (Yogyakarta: Literasi Media Publishing, 2015), Cet 1, 77-75.

gerhana Bulan yang akurat, dengan cara menelaah konsep pemrograman dalam beberapa buku dan website tentang pemrograman. Demikian akan didapatkan konsep pemrograman Microsoft Excel yang tepat, untuk perhitungan gerhana Bulan dengan hasil yang cukup akurat.

b. Tahap pemrograman perhitungan gerhana Bulan. Pada tahap ini penulis berperan sebagai *programmer* (orang yang membuat program) dan melakukan serangkaian pemrograman dengan metode yang dimilikinya. Dalam melakukan pemrograman memiliki beberapa tahapan yang akan dilakukan. Beberapa tahapan tersebut dijelaskan dalam buku *Rekayasa Perangkat Lunak* diantaranya :²¹

- 1) Perencanaan atau perancangan program
- 2) Analisis kebutuhan sistem dan aplikasi
- 3) Rancangan struktur data
- 4) Tampilan atau desain program
- 5) Algoritma prosedur
- 6) Penulisan bahasa program atau pengkodean (*coding*)
- 7) Uji coba program untuk di evaluasi
- 8) Pemeliharaan dan perbaikan program

Penulis hanya menggunakan beberapa metode dari langkah-langkah dalam pembuatan program, dengan rincian sebagaimana

²¹ Al Bahra bin Ladjamuddin, "Rekayasa Perangkat Lunak", (Yogyakarta: Graha Ilmu, 2006), 13-14.

yang tertulis dalam sistematika penulisan. Langkah-lang yang dilakukan penulis untuk pembuatan program gerhana Bulan dapat diketahui sebagai berikut; 1) Pengumpulan data, 2) Analisis kebutuhan perhitungan gerhana Bulan metode Bessel, 3) Perancangan program gerhana Bulan, 4) Implementasi gerhana Bulan (penulisan bahasa program / *coding*), 5) uji coba program, bila tahap uji coba berhasil, maka program dinyatakan sudah dapat dikatakan sukses. Bila tahap uji coba gagal maka kembali lagi ke langkah 4.

- c. Tahap terakhir yakni uji evaluasi dan verifikasi program gerhana Bulan. Pada tahap ini peneliti menggunakan metode evaluasi, yang dimana dalam metode ini peneliti dapat memilih beberapa langkah alternatif untuk mengambil kesimpulan.²² Jika ditemukan suatu kesalahan atau galat saat program dijalankan, maka peneliti menggunakan bahasa pemrograman lain sehingga program dapat berjalan sebagaimana mestinya. Uji verifikasi bertujuan untuk memverifikasi hasil perhitungan program gerhana Bulan menggunakan Microsoft Excel dengan hasil perhitungan manual, sehingga mengetahui efektivitas antara perhitungan manual dan perhitungan hasil program. Adapun data pengambilan waktu dan tempat dilakukan secara acak, dengan demikian akan didapat hasil uji verifikasi program yang bisa dipertanggung jawabkan secara ilmiah kebenarannya. Selain itu pada tahap ini penulis juga membandingkan

²² Ibid.

hasil perhitungan dari metode perhitungan gerhana yang digunakan dalam program dengan hasil perhitungan NASA.

J. Sistematika Penulisan Skripsi

Secara garis besar sistematika penulisan penelitian ini terdiri atas lima bab, dimana dalam setiap bab terdapat sub-sub pembahasan.

Bab pertama pendahuluan. Bab ini meliputi latar belakang masalah, identifikasi masalah dan batasan masalah, rumusan masalah, telaah pustaka, tujuan dan manfaat penelitian, definisi operasional, metode penelitian dan sistematika penulisan.

Bab kedua landasan teori tentang hisab gerhana Bulan. Bab ini meliputi pengertian gerhana Bulan, dasar hukum dan konsep perhitungan gerhana Bulan. Pada pembahasan perhitungan gerhana Bulan, akan dipaparkan mengenai metode perhitungan gerhana Bulan menggunakan Metode Bessel dengan Algoritma Jean Meeus.

Bab ketiga pemrograman software Microsoft Excel Bab ini berisi pengetahuan umum tentang software dan Microsoft Excel. Pada sub-bab Microsoft Excel, akan dipaparkan mengenai dasar-dasar pembuatan program dalam Microsoft Excel.

Bab keempat pembahasan. Berisi Pemrograman Excel Katalog Gerhana Bulan Tahun 610 M sampai 3000 M Metode Bessel Menggunakan Algoritma Jean Meeus dan pengujian program gerhana Bulan. Bab ini merupakan pokok pembahasan dari penelitian ini. Pada sub-bab algoritma pemrograman katalog

gerhana Bulan menggunakan *software* Microsoft Excel akan dijelaskan pengerjaan sebuah program mulai dari alur kerjanya, yang dimulai dari tahap pengumpulan data hingga eksekusi program. Dimana hasil dari perhitungan program akan di uji evaluasi dan verifikasi pada subbab selanjutnya.

Bab kelima penutup. Pada bagian ini dijelaskan mengenai kesimpulan, saran terkait dengan hasil penelitian.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB II HISAB GERHANA BULAN

A. Pengertian Gerhana Bulan

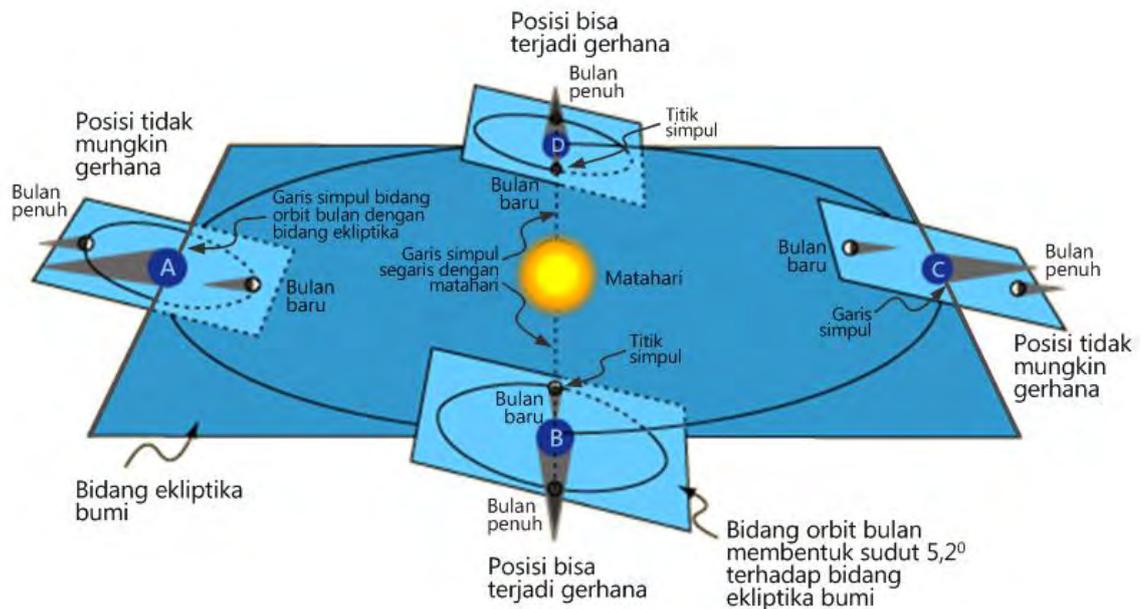
Gerhana memiliki beberapa istilah yakni *eklipisise* (Yunani) atau *eclipse* (Inggris). Dalam bahasa arab istilah gerhana matahari disebut *kusūf* sedangkan gerhana bulan disebut *khusūf*. Perbedaan istilah tersebut dikarenakan gerhana matahari dan bulan memiliki makna yang berbeda, gerhana bulan memiliki makna memasuki sedangkan gerhana matahari memiliki makna menutupi.¹

Gerhana Bulan merupakan fenomena sebagian atau seluruh piringan bulan memasuki bayang-bayang kerucut inti bumi (*umbra*) sehingga penampakan cahaya pada bulan akan gelap sebagian atau total, hal ini terjadi ketika bulan berposisi dengan matahari atau *istiqbāl*.² Namun, dikarenakan garis edar bulan memiliki kemiringan $5,2^\circ$ terhadap bidang ekliptika, tidak setiap bulan berposisi dengan matahari akan terjadi gerhana.³ Gerhana dapat terjadi ketika bulan berposisi dengan matahari, bulan berada atau dekat dengan titik simpul naik (*ascending node*) atau titik simpul turun (*descending node*). Sehingga membentuk sudut elongasi tertentu yang dapat menyebabkan fenomena gerhana.

¹ Muhammad Farid, "Prediksi Pergerakan Bayangan Bumi Saat Terjadi Gerhana Bulan menggunakan Ephemeris Hisab Rukyat", Jurnal Ilmu Falak, Vol.3, No.2, 2019, 138.

² Abu Sabda, "Ilmu Falak Rumusan Syar'I dan Astronomi Seri 2", (Bandung: Persis Pers, 2019), 123.

³ Ahmad Izzudin, Ilmu Falak Praktis (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012), 109.



Gambar 1. 1 Posisi kemungkinan terjadi gerhana

Terjadinya gerhana bulan dapat diprediksi melalui beberapa perhitungan, sesuai dengan firman Allah SWT dalam Q.S Ar-Rahman ayat 5 yang berbunyi :

لَا الشَّمْسُ وَالْقَمَرُ بِحُسْبَانٍ

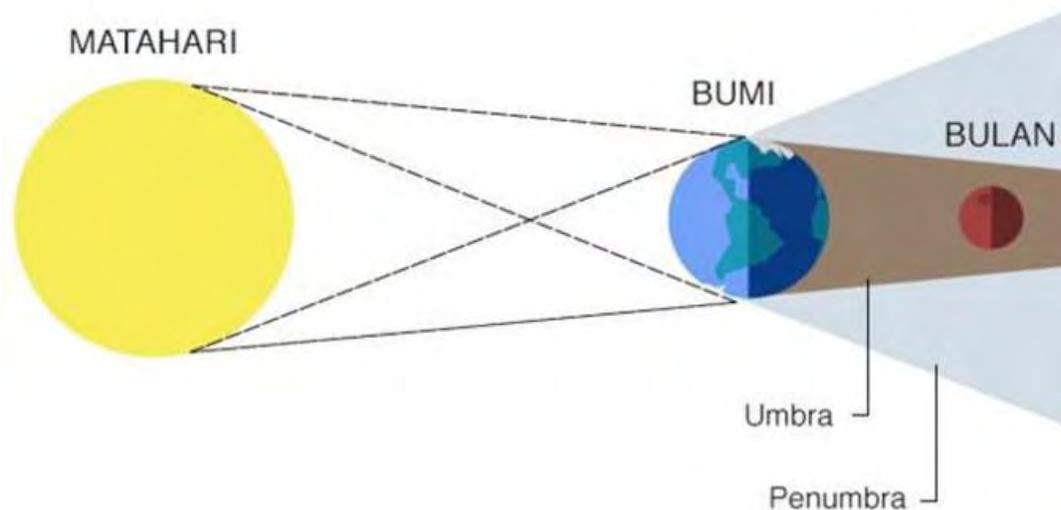
"Matahari dan bulan beredar menurut perhitungan"

Fenomena gerhana bulan dapat diperkirakan bentuk dan kapan terjadinya gerhana, dengan menghitung peredaran bulan dan matahari yang pada suatu titik tertentu akan menyebabkan gerhana. Fenomena ini bisa terjadi dua, tiga atau bahkan lima kali dalam setahun dan dapat dilihat oleh penduduk bumi yang berada di wilayah malam hari. Periode gerhana ini

disebut periode sinodis, karena dihitung dari fase bulan purnama ke fase bulan purnama lagi.⁴

B. Jenis-jenis Gerhana Bulan

Fenomena penampakan gerhana bulan memiliki beberapa jenis, jenis gerhana dipengaruhi oleh sudut elongasi yang dibentuk oleh matahari, bumi dan bulan saat terjadi gerhana. Perbedaan jenis gerhana bulan diklasifikasikan berdasarkan jatuhnya bayangan umbra dan penumbra pada permukaan bulan.



Gambar 1. 2 Posisi bulan dan matahari saat gerhana bulan

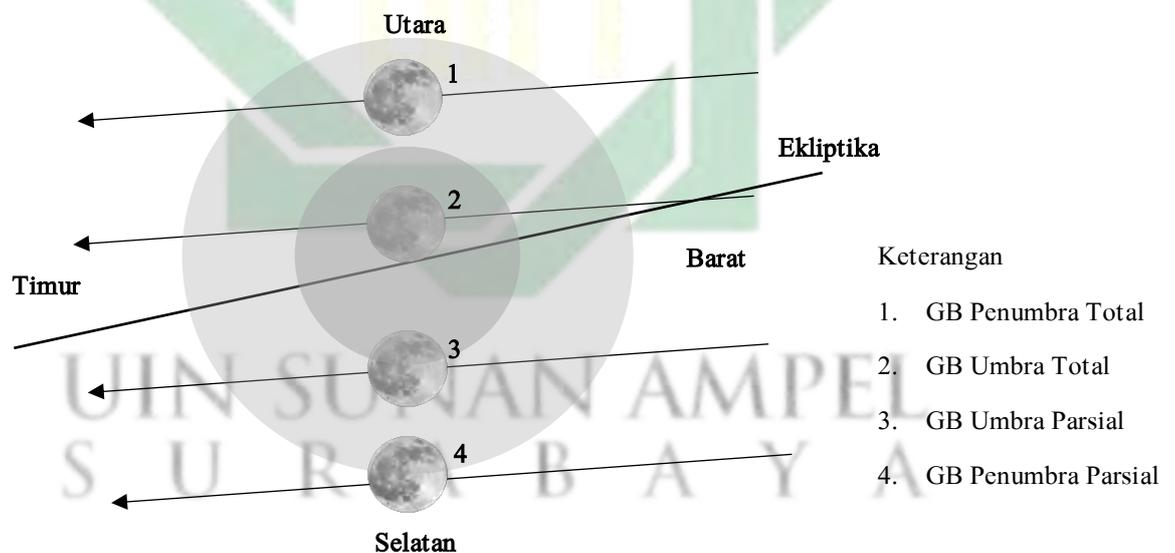
Berdasarkan klasifikasi jatuhnya bayang-bayang bumi diatas permukaan bulan, gerhana memiliki empat jenis yang berbeda. Adapun jenisnya yakni :

1. Gerhana Bulan Total. Gerhana bulan total yakni saat bulan sepenuhnya berada di bawah bayangan kerucut umbra bumi pada puncak gerhana,

⁴ Isnatun Muna, “Analisis Terhadap Pendapat Ulama Ponorogo Tentang Gerhana Bulan” (Skripsi Iain Ponorogo, 2020), 29.

warna bulan tampak hitam kemerahan. Ini dikenal sebagai gerhana bulan total.

2. Gerhana Bulan Parsial. Gerhana bulan parsial yakni bulan hanya memasuki sebagian bayangan kerucut umbra bumi pada puncak gerhana, sehingga separuh piringan bulan tampak gelap.
3. Gerhana Bulan Penumbra. Pada saat gerhana bulan penumbra bulan hanya memasuki bayangan penumbra bumi. Sehingga bulan tampak sedikit kurang terang daripada bulan purnama biasanya.⁵
4. Gerhana Bulan Penumbra Parsial. Pada saat gerhana bulan ini, sebagian piringan bulan memasuki bayang bayang-bayang penumbra bumi.



Gambar 1. 3 Jenis-jenis posisi bulan saat gerhana bulan

⁵ Ismail, "Hisab Urfi Gerhana Matahari Dan Gerhana Bulan", Jurnal al marshad, Vol.6, No.1, 48-49.

Gerhana bulan umbra baik total maupun parsial terlihat jelas secara visual. Dimana dapat diketahui saat gerhana bulan berlangsung, seluruh atau sebagian piringan bulan akan terlihat gelap atau merah. Akan tetapi pada saat gerhana bulan penumbra jarang atau hampir tidak terlihat secara visual, kecuali jika magnitudonya lebih dari 0,7.⁶

C. Dasar Hukum Gerhana

Islam memandang fenomena gerhana sebagai salah satu bukti kebesaran Allah SWT. Oleh karena itu, masyarakat Islam melakukan ibadah Shalat saat terjadi gerhana sebagai salah satu bentuk syukur kepada Allah SWT. Dasar hukum yang berkaitan dengan proses terjadinya gerhana dan aktivitas ibadah yang dilakukan ketika berlangsungnya gerhana terdapat dalam beberapa nas Alquran dan Hadis, berikut beberapa nas yang dijadikan dasar hukum :

1. Dasar Alquran

a. QS Fussilat : 37

وَمِنْ آيَاتِهِ اللَّيْلُ وَالنَّهَارُ وَالشَّمْسُ وَالْقَمَرُ ۚ لَا تَسْجُدُوا لِلشَّمْسِ وَلَا لِلْقَمَرِ وَاسْجُدُوا لِلَّهِ الَّذِي خَلَقَهُنَّ إِن كُنتُمْ إِيَّاهُ تَعْبُدُونَ

"Dan sebagian dari tanda-tanda kebesaran-Nya ialah malam, siang, matahari, dan bulan. Janganlah bersujud kepada matahari dan jangan (pula) kepada bulan, tetapi bersujudlah kepada Allah yang menciptakannya jika kamu hanya menyembah kepada-Nya."⁷

⁶ Rinto anugraha, "Mekanika benda....", 127

⁷ Alquran Indonesia Aplikasi android.

b. QS Al An-Anbiya : 33

وَهُوَ الَّذِي خَلَقَ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ ۗ كُلٌّ فِي فَلَكٍ يَسْبَحُونَ

"Dan Dialah yang telah menciptakan malam dan siang, matahari dan bulan. Masing-masing beredar pada garis edarnya."⁸

c. QS Yunus : 5

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسُ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَرَهُ ۗ مِنَّا زَلَّ 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 menetapkan tempat-tempat orbitnya, agar kamu mengetahui bilangan tahun, dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan yang demikian itu melainkan dengan benar. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui."⁹

2. Dasar Hadis

a. Hadis Riwayat Bukhari No. 431

نَحَسَفَتِ الشَّمْسُ فَصَلَّى رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ ثُمَّ قَالَ أُرَيْتِ النَّارَ فَلَمْ
أَرِ مِنْظَرًا كَالْيَوْمِ قَطُّ أَفْطَعُ

"Ketika terjadi gerhana matahari Rasulullah shallallahu 'alaihi wasallam melaksanakan salat (gerhana), kemudian beliau bersabda: "Neraka telah diperlihatkan kepadaku, dan belum pernah sekalipun aku melihat suatu pemandangan yang lebih mengerikan dari pada hari ini."¹⁰

b. Hadis Riwayat Bukhari No. 1040

حَدَّثَنَا عَمْرُو بْنُ عَوْنٍ قَالَ حَدَّثَنَا خَالِدٌ عَنْ يُونُسَ عَنِ الْحَسَنِ عَنْ أَبِي بَكْرَةَ قَالَ
كُنَّا عِنْدَ رَسُولِ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ فَأَنْكَسَفَتِ الشَّمْسُ فَقَامَ النَّبِيُّ صَلَّى اللَّهُ
عَلَيْهِ وَسَلَّمَ يَجُزُّ رِدَاءَهُ حَتَّى دَخَلَ الْمَسْجِدَ فَدَخَلْنَا فَصَلَّى بِنَا رُكْعَتَيْنِ حَتَّى انْجَلَتْ

⁸ Ibid.

⁹ Ibid.

¹⁰ Muhammad bin Ismail Al-Bukhari, "Sahih Bukhori", Juz awal (Beirut : Daruul Kitab al-Alamiah, 1992), 118.

الشَّمْسُ فَقَالَ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ إِنَّ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ لَا يَنْكَسِفَانِ لِمَوْتِ أَحَدٍ
فَإِذَا رَأَيْتُمُوهَا فَصَلُّوا وَادْعُوا حَتَّى يُكْشَفَ مَا بَيْنَكُمْ

“Telah menceritakan kepada kami 'Amru bin 'Aun berkata, telah menceritakan kepada kami Khalid dari Yunus dari Al Hasan dari Abu Bakrah berkata, "Kami pernah duduk-duduk bersama Rasulullah shallallahu 'alaihi wasallam lalu terjadi gerhana matahari. Maka Nabi shallallahu 'alaihi wasallam berdiri menjulurkan selendangnya hingga masuk ke dalam masjid, kamipun ikut masuk ke dalam Masjid, beliau lalu mengimami kami shalat dua rakaat hingga matahari kembali nampak bersinar. Setelah itu beliau bersabda: "Sesungguhnya matahari dan bulan tidak akan mengalami gerhana disebabkan karena matinya seseorang. Jika kalian melihat gerhana keduanya, maka dirikanlah shalat dan banyaklah berdoa hingga selesai gerhana yang terjadi pada kalian."¹¹

c. Hadis Riwayat Bukhari No. 145

لَمَّا كَسَفَتْ الشَّمْسُ عَلَى عَهْدِ رَسُولِ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ نُودِيَ إِنَّ الصَّلَاةَ
جَامِعَةٌ

"Ketika terjadi gerhana matahari pada masa Rasulullah shallallahu 'alaihi wasallam, maka panggilannya dengan seruan, 'Ashshalaatul jaami'ah (Marilah mendirikan salat secara bersama-sama) !"¹²

Menurut ijmak ulama dalam kitab *Al-Majmu' Syarhul Muhadzdzab*

karya Imam An-Nawawi, dasar hukum melakukan salat gerhana adalah sunah muakkad. Untuk pelaksanaan shalat gerhana, menurut Imam Malik dan Abu Hanifah dilakukan sendiri-sendiri dua rakaat seperti salat sunah lainnya.¹³

Adapun terdapat pelaksanaan Shalat gerhana dua rakaat dan empat kali ruku. Berdasarkan hadis Nabi riwayat sahih muslim No. 1499 yang berbunyi¹⁴ :

¹¹ Muhammad bin Ismail Al-Bukhari, “Sahih..., 253.

¹² Muhammad bin Ismail Al-Bukhari, “Sahih..., 254.

¹³ Imam An-Nawawi, “Al-Majmu' Syarhul Muhadzdzab”, Juz VI, (Kairo: Darul Hadis, 1431H/2010), 106.

¹⁴ Abu Husain Muslim bin Al Hajjaj, “Shahih Muslim”, Juz I, (Beirut: Dar' al-Fikr, 2010), 396.

حَدَّثَنَا قُتَيْبَةُ بْنُ سَعِيدٍ عَنْ مَالِكِ بْنِ أَنَسٍ عَنْ هِشَامِ بْنِ عُرْوَةَ عَنْ أَبِيهِ عَنْ عَائِشَةَ ح وَحَدَّثَنَا أَبُو بَكْرِ بْنُ أَبِي شَيْبَةَ وَاللَّفْظُ لَهُ قَالَ حَدَّثَنَا عَبْدُ اللَّهِ بْنُ نُمَيْرٍ حَدَّثَنَا هِشَامٌ عَنْ أَبِيهِ عَنْ عَائِشَةَ قَالَتْ خَسَفَتِ الشَّمْسُ فِي عَهْدِ رَسُولِ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ فَقَامَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ يُصَلِّي فَأَطَالَ الْقِيَامَ جِدًّا ثُمَّ رَكَعَ فَأَطَالَ الرُّكُوعَ جِدًّا ثُمَّ رَفَعَ رَأْسَهُ فَأَطَالَ الْقِيَامَ جِدًّا وَهُوَ دُونَ الْقِيَامِ الْأَوَّلِ ثُمَّ رَكَعَ فَأَطَالَ الرُّكُوعَ جِدًّا وَهُوَ دُونَ الرُّكُوعِ الْأَوَّلِ ثُمَّ سَجَدَ ثُمَّ قَامَ فَأَطَالَ الْقِيَامَ وَهُوَ دُونَ الْقِيَامِ الْأَوَّلِ ثُمَّ رَكَعَ فَأَطَالَ الرُّكُوعَ وَهُوَ دُونَ الرُّكُوعِ الْأَوَّلِ ثُمَّ رَفَعَ رَأْسَهُ فَقَامَ فَأَطَالَ الْقِيَامَ وَهُوَ دُونَ الْقِيَامِ الْأَوَّلِ ثُمَّ رَكَعَ فَأَطَالَ الرُّكُوعَ وَهُوَ دُونَ الرُّكُوعِ الْأَوَّلِ ثُمَّ سَجَدَ ثُمَّ انصَرَفَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ وَقَدْ تَجَلَّتِ الشَّمْسُ فَخَطَبَ النَّاسَ فَحَمِدَ اللَّهَ وَأَثْنَى عَلَيْهِ ثُمَّ قَالَ إِنَّ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ مِنَ آيَاتِ اللَّهِ وَإِنَّهُمَا لَا يَنْخَسِفَانِ لِمَوْتِ أَحَدٍ وَلَا لِحَيَاتِهِ فَإِذَا رَأَيْتُمُوهَا فَكَبِّرُوا وَادْعُوا اللَّهَ وَصَلُّوا وَتَصَدَّقُوا

“Dan Telah menceritakan kepada kami Qutaibah bin Sa'id dari Malik bin Anas dari Hisyam bin Urwah dari bapaknya dari Aisyah -dalam jalur lain- Dan telah menceritakan kepada kami Abu Bakar bin Abu Syaibah -dan lafazhnya juga darinya- ia berkata, telah menceritakan kepada kami Abdullah bin Numair telah menceritakan kepada kami Hisyam dari bapaknya dari Aisyah ia berkata; Pada masa Rasulullah shallallahu 'alaihi wasallam pernah terjadi gerhana matahari, lalu Rasulullah shallallahu 'alaihi wasallam melakukan shalat (gerhana). Beliau berdiri lama sekali, lalu ruku' dengan lama sekali, kemudian bangun dari ruku' dan berdiri lama sekali, namun tidak seperti lama berdirinya yang pertama, lalu beliau ruku' lama sekali, namun tidak seperti ruku'nya yang pertama, lalu beliau sujud. Kemudian beliau berdiri lama, namun tidak seperti lama berdirinya yang pertama, lalu beliau ruku' lama namun tidak seperti lama ruku'nya yang pertama. Kemudian beliau mengangkat kepalanya (bangkit), lalu berdiri lama, akan tetapi tidak seperti lama berdirinya yang pertama, kemudian beliau ruku' lama, namun tidak seperti lama ruku'nya yang pertama, lalu beliau sujud. Ketika Rasulullah shallallahu 'alaihi wasallam selesai shalat, matahari telah bersinar terang. Lalu beliau menyampaikan khutbah di hadapan para jama'ah. Beliau pertama-tama memuji dan menyanjung Allah, kemudian bersabda: "Sesungguhnya matahari dan bulan adalah sebagian dari tanda kebesaran Allah, dan keduanya tidaklah mengalami gerhana karena kematian atau kelahiran seseorang. Karena itu, apabila kalian melihat gerhana matahari atau bulan, maka bertakbirlah dan berdo'alah kepada Allah, serta Shalat dan bersedekahlah.”

Hadist tersebut menjelaskan bahwa pada masa Rasulullah saat terjadi gerhana matahari dilakukan Shalat gerhana, namun hadis tersebut dapat dijadikan dasar hukum melakukan Shalat gerhana bulan. Meskipun kalimat (كسفت) disandarkan pada gerhana matahari, dalam beberapa hadis sahih disebutkan apabila mendapati atau melihat fenomena gerhana baik itu matahari ataupun gerhana bulan. Maka berseru untuk melakukan Shalat gerhana. Dari hadis diatas, mayoritas ulama Syafi'iyah berpendapat bahwa pelaksanaan Shalat gerhana dilakukan dengan dua rakaat dan empat kali ruku', berjamaah dan dilakukan di masjid dan terdapat khotbah selepas Shalat gerhana.¹⁵

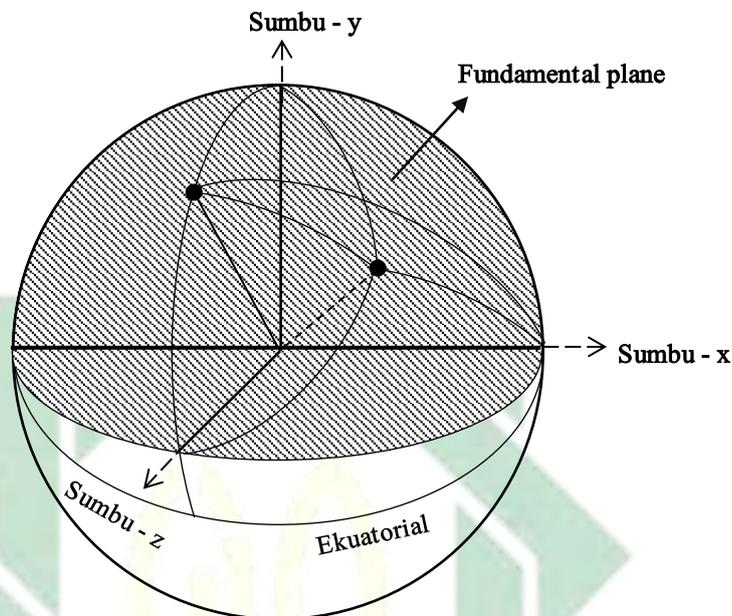
D. Metode Bessel

Metode Bessel atau sering disebut *Besselian Element* merupakan sebuah metode yang digunakan untuk memprediksi terjadinya sebuah gerhana. Friedrich Bessel, seorang astronom dan matematikawan berkebangsaan Jerman, mengusulkan metode untuk memprediksi gerhana matahari pada tahun 1824, di mana besarnya dan posisi bayangan bulan dihitung terlebih dahulu sehubungan dengan Bumi. Teknik serupa dapat digunakan dalam prediksi gerhana bulan, namun yang dihitung adalah bayangan bumi yang mengenai bulan.¹⁶ Pada dasarnya Besselian element

¹⁵ Abu Zar bin Adin, 'Shalat Gerhana Matahari Dan Bulan (Studi Komperatif Menurut Hanafiyah Dan Syafi'iyah)', *Skripsi: UIN Jambi*, 2018, 66.

¹⁶ Freed Espenak, "Explanation of Besselian Elements for Lunar Eclipses", <http://eclipsewise.com>, diakses pada tanggal 11/2/2021, Pk. 11.54

merupakan transformasi koordinat *geocentric equatorial* pada *fundamental plane* (bidang fundamental).



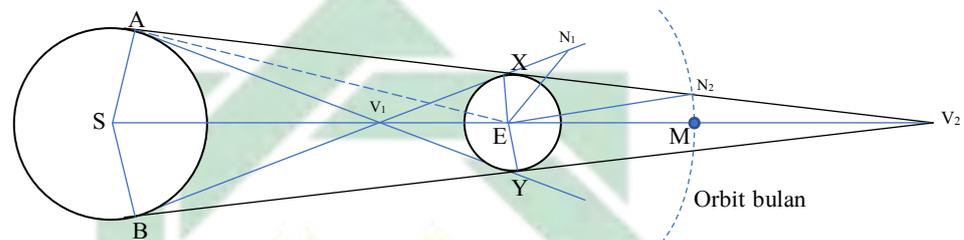
Gambar 1. 4 Bidang fundamental dalam bola langit

Perhitungan gerhana menggunakan metode besel dilakukan dengan cara mentransformasikan koordinat geosentris ke dalam bidang fundamental. Dalam bidang fundamental terdapat tiga sumbu (x, y dan z), akan tetapi untuk nilai sumbu z tidak diperlukan untuk perhitungan. Hal ini dikarenakan bidang fundamental tegak lurus terhadap garis lurus yang menghubungkan pusat bulan dengan matahari, sumbu x dan y adalah koordinatnya setiap waktu dalam bidang fundamental.¹⁷

Fundamental plane gerhana bulan memiliki pengertian yang berbeda dengan gerhana matahari. Ketika gerhana matahari, fundamental memiliki

¹⁷ W. M. Smart, *Text Book on Spherical Astronomy* (Cambridge University pres Syndicate, 1977), 372.

pengertian bidang yang melalui titik pusat benda langit yang memiliki bayangan, sedangkan gerhana bulan memiliki pengertian bidang yang melalui titik pusat benda langit yang membentuk bayangan.¹⁸ Oleh karena itu perhitungan gerhana bulan metode Bessel berbeda dengan perhitungan gerhana matahari.



Gambar 1. 5 Geometri gerhana bulan

Dalam gerhana bulan, fundamental *plane* memiliki pengertian bidang titik pusat benda langit yang membentuk bayangan. Oleh karena itu, jatuhnya bayangan yang dibentuk oleh pusat benda langit diperhitungkan dalam bidang fundamental. Untuk melakukan perhitungan gerhana bulan metode Bessel dibutuhkan data geosentris matahari dan bulan saat terjadi gerhana bulan. Adapun data geosentris yang dibutuhkan yakni :

1. Deklinasi bulan dan matahari¹⁹
2. Aksensio rekta bulan dan matahari²⁰
3. Horizontal paralaks bulan dan matahari²¹

¹⁸ Abu Sabda, *Ilmu Falak Rumusan Syar'i Dan Astronomi*, 2nd ed. (Bandung: Persis Pers, 2019), 134.

¹⁹ Deklinasi adalah jarak benda langit yang diukur dari ekuator sebesar 90 derajat ke arah selatan dan 90 derajat ke arah utara.

²⁰ Aksensio rekta adalah jarak benda langit yang diukur dari titik aries (perpotongan bidang ekliptika dan ekuator) sebesar 360 derajat searah dengan ekuator.

²¹ Horizontal paralaks adalah perbedaan arah suatu benda langit yang dilihat oleh pengamat dari dua titik yang terpisah jauh.

4. Semi diameter bulan dan matahari.²²

E. Algoritma Jean Meeus

Algoritma Jean Meeus merupakan reduksi dari algoritma VSOP87 yang memiliki tingkat akurasi yang tinggi, salah satu penerapan algoritma ini untuk menentukan posisi benda langit seperti bulan dan matahari. Berbeda dengan algoritma VSOP87 yang menggunakan ribuan suku koreksi untuk menentukan posisi bulan dan matahari, algoritma Jean Meeus hanya menggunakan ratusan suku-suku yang besar dan penting sedangkan untuk suku-suku yang kecil tidak diperlukan lagi.²³

Algoritma ini dibuat oleh seorang Astronom berkebangsaan Belgia yang bernama Jean Meeus, Ia banyak berjasa di bidang Astronomi dengan karya-karyanya. Adapun karya-karyanya dibidang Astronomi yakni²⁴ :

1. "Transits" (1989)
2. "Astronomical Algorithms" (1991 dan 1999),
3. "Mathematical Astronomy Morsels" (1997),
4. "Mathematical Astronomy Morsels III" (2004).

²² Semidiameter adalah jarak dari titik pusat menuju piringan benda langit (jari-jari).

²³ M. Bayu Wibisono, "Implementasi Algoritma Jean Meeus dalam Penentuan Waktu Shalat Sunnah Tertentu Berbasis Android", Jurnal Informatik, 2019, Vol.15, No.2, 79.

²⁴ 'Jean Meeus', in *Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas*, 27 November 2021, https://id.wikipedia.org/w/index.php?title=Jean_Meeus&oldid=19473014.

F. Konsep Perhitungan gerhana Bulan metode Bessel Algoritma Jean Meeus

Dalam penelitian ini akan dilakukan perhitungan gerhana bulan metode Bessel dua orde, dimana data geosentris bulan dan matahari diambil jam ketika bulan memiliki FIB terbesar dan setelahnya (T_0 dan T_1).

Untuk mencari data koordinat bulan dan matahari menggunakan algoritma Jean Meeus, dimana dalam algoritma ini memiliki beberapa langkah perhitungan yakni :

1. Menghitung JD (*Julian Day*)

JD (*Julian Day*) dapat dihitung dengan beberapa langkah perhitungan yakni²⁵ :

- a. Misal Bulan disimbolkan dengan M dan Tahun disimbolkan dengan Y . Jika $M > 2$, maka nilai Y dan M dibiarkan.
- b. Jika $M = 1$ atau dua, maka nilai Y dikurangi 1 ($Y-1$) dan nilai M ditambah 12 ($M+ 12$). Dengan artian jika yang akan dihitung tanggal yang bertepatan dengan Januari atau Februari, maka hal itu dianggap dengan bulan ke 13 atau 14 tahun sebelumnya.
- c. Koreksi kalender Gregorian disimbolkan dengan B . Dikarenakan reformasi kalender Gregorian pada tanggal 15 Oktober 1582 bertepatan dengan tanggal 4 Oktober 1582 kalender Julian, maka perhitungan sebelum tanggal atau sama dengan tanggal 4 Oktober

²⁵ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, 2nd ed. (Virginia: Willmann-Bell, 1998), 59-61.

1582 nilai B akan dianggap 0. Perhitungan koreksi tanggal Gregorian dapat dihitung menggunakan rumus :

$$B = 2 - \text{INT}(Y/100) + \text{INT}(\text{INT}(Y/100)/4)$$

d. Kemudian perhitungan JD dapat menggunakan rumus :

$$\text{JD} = \text{INT}(365.25(y + 4716)) + \text{INT}(30.6001(M + 1)) + D + B + (\text{jam} / 24) - 1524.5$$

Atau dapat menggunakan rumus²⁶ :

$$\text{JD} = 1720994.5 + \text{Int}(365.25 \times Y) + \text{Int}(30.60001 \times (M + 1)) + D + B + ((\text{Jam}) / 24)$$

2. Menghitung JDE (*Julian Day Ephemeris*) dan Interval waktu (T)

Langkah menghitung JDE kita harus menghitung Delta T ²⁷ (ΔT), adapun perhitungan ΔT menggunakan rumus. Misal t nilai tanggal yang dinyatakan dalam tahun. Dengan menggunakan nilai JD, dapat menghitung nilai t dengan rumus²⁸ :

$$t = 2000 + (\text{JD} - 2451545) / 36525 \times 100$$

Perhitungan ΔT		
Rentang Tahun	Nilai T	Rumus Perhitungan
sebelum -500	$(t / 100 - 18.2)$	$-20 + 32 \times T^2$
antara -500 dan 500	$(t / 100)$	$10583.6 - 1014.41 \times T + 33.78311 \times T^2 - 5.952053 \times T^3 - 0.1798452 \times T^4 + 0.022174192 \times T^5 + 0.0090316521 \times T^6$
500 sd 1600	$(t / 100 - 10)$	$1574.2 - 556.01 \times T + 71.23472 \times T^2 + 0.319781 \times T^3 - 0.8503463 \times T^4 - 0.005050998 \times T^5 + 0.0083572073 \times T^6$
1600 sd 1700	$(t - 1600)$	$120 - 0.9808 \times T - 0.01532 \times T^2 + T^3 / 7129$

²⁶ Rinto anugraha, "Mekanika benda.....", 9.

²⁷ ΔT adalah koreksi waktu dinamis dengan *universal time* yang dikarenakan rotasi bumi tidak konstan

²⁸ Freed Espenak and Jean Meuss, *Five Millennium Catalog of Lunar Eclipses: -1999 to +3000 (2000 BCE to 3000 CE)* (Myrland: Goddard Space Flight Center, 2009), 18 -20.

1700 sd 1800	(t - 1700)	$8.83 + 0.1603 \times T - 0.0059285 \times T^2 + 0.00013336 \times T^3 - T^4 / 1174000$
1800 sd 1860	(t - 1800)	$13.72 - 0.332447 \times T + 0.0068612 \times T^2 + 0.0041116 \times T^3 - 0.00037436 \times T^4 + 0.0000121272 \times T^5 - 0.0000001699 \times T^6 + 0.00000000875 \times T^7$
1860 sd 1900	(t - 1860)	$7.62 + 0.5737 \times T - 0.251754 \times T^2 + 0.01680668 \times T^3 - 0.0004473624 \times T^4 + T^5 / 233174$
1900 sd 1920	(t - 1900)	$-2.79 + 1.494119 \times T - 0.0598939 \times T^2 + 0.0061966 \times T^3 - 0.000197 \times T^4$
1920 sd 1941	(t - 1920)	$21.2 + 0.84493 \times T - 0.0761 \times T^2 + 0.0020936 \times T^3$
1941 sd 1961	(t - 1950)	$29.07 + 0.407 \times T - T^2 / 233 + T^3 / 2547$
1961 sd 1986	(t - 1975)	$45.45 + 1.067 * T - T^2 / 260 - T^3 / 718$
1986 sd 2005	(t - 2000)	$63.86 + 0.3345 \times T - 0.060374 \times T^2 + 0.0017275 \times T^3 + 0.000651814 \times T^4 + 0.00002373599 \times T^5$
2005 sd 2050	(t - 2000)	$62.92 + 0.32217 \times T + 0.005589 \times T^2$
2050 sd 2150	(t - 1820)	$-20 + 32 \times (T / 100) \times (T / 100) - 0.5628 \times (2150 - t)$
setelah 2150	(t - 1820)	$-20 + 32 \times (T / 100) \times (T / 100)$
Koreksi untuk tahun 1955 sd 2005		$c = -0.000012932(y - 1955)^2$

Tabel 1. 1 Perhitungan ΔT
Kemudian JDE²⁹ dihitung menggunakan rumus³⁰ :

$$JDE = \text{Julian Day} + (\Delta T \div 86400)$$

Selanjutnya T dapat dihitung menggunakan rumus³¹ :

$$T = (JDE - 2451545) / 36525$$

3. Menghitung Nutasi dan *Obliquity* (Kemiringan Ekliptika)

Untuk menghitung Nutasi dan *Obliquity* memerlukan nilai komponen

sudut D , M , M' , F dan Ω yang dinyatakan dengan desimal derajat dalam sebuah lingkaran. Adapun rumus perhitungannya sebagai berikut³² :

a. Menghitung rata-rata Elongasi Bulan dari Matahari:

$$D = 297.85036 + 445\,267.111\,480\,T - 0.001\,9142\,T^2 + T^3/189\,474$$

b. Menghitung anomali rata-rata Matahari (Bumi) :

$$M = 357.52772 + 35\,999.050\,340\,T - 0.000\,1603\,T^2 - T^3/300\,000$$

²⁹ JDE adalah Julian day dalam UT yang sudah terkoreksi oleh deltaT.

³⁰ Meeus, *Astronomical Algorithms...*, 103

³¹ Ibid, 143.

³² Ibid, 144.

c. Menghitung anomali Rata-rata Bulan:

$$M' = 134.96298 + 477\,198.867\,398\,T + 0.008\,6972\,T^2 + T^3/56\,250$$

d. Menghitung argumen Lintang Bulan :

$$F = 93.27191 + 483\,202.017\,538\,T - 0.003\,6825\,T^2 + T^3/327\,270$$

e. Menghitung bujur dari *ascending node* dari Orbit rata-rata Bulan pada ekliptika, diukur dari *equinoks* rata-rata pada tanggal tertentu:

$$\Omega = 125.04452 - 1934.136\,261\,T + 0.0020708\,T^2 + T^3/450\,000$$

Menghitung Nutasi diperlukan jumlah suku periodik Nutasi pada Bujur ($\Delta\psi$) yang tertera pada Tabel 1.2. Misalnya, perhitungan koreksi argumen pada baris ke-7 adalah $-517 + 1.2\,T \times \sin(-2D + M + 2F + 2\Omega)$. Kemudian setelah memperoleh Jumlah Nutasi pada bujur ($\sum \Delta\psi$), perhitungan nilai nutasi dapat diperoleh dengan rumus³³:

$$\text{Nutasi} = (\sum \Delta\psi / 10000) / 3600$$

Untuk menghitung *Obliquity* memiliki beberapa langkah. Langkah pertama yakni menentukan kemiringan ekliptika rata-rata (ε_0). Dengan nilai $U = T/100$ sehingga rumus ε_0 sebagai berikut³⁴ :

$$\begin{aligned} \varepsilon_0 = & 23^\circ 26' 21.448'' - 4680''.93\,U \\ & - 1.55\,U^2 \\ & + 1999.25\,U^3 \\ & - 51.38\,U^4 \\ & - 249.67\,U^5 \\ & - 39.05\,U^6 \\ & + 7.12\,U^7 \\ & + 27.87\,U^8 \\ & + 5.79\,U^9 \end{aligned}$$

³³ Ibid.

³⁴ Ibid, 147.

$$+ 2.45 U^{10}$$

Kemudian menentukan jumlah koreksi suku periodik pada kemiringan ekliptik ($\sum\Delta\varepsilon$) pada Tabel 1.2. Misalnya, perhitungan koreksi argumen pada baris ke-7 adalah $224 - 0.6 T \times \text{Cos} (-2D + M + 2F + 2\Omega)$. Selanjutnya *Obliquity* (ε) dapat dihitung menggunakan rumus³⁵ :

$$\varepsilon = ((\sum\Delta\varepsilon / 10000) / 3600) + \varepsilon_0$$

4. Menentukan Posisi Matahari

Komponen periodik matahari dihitung dalam interval waktu (T) Julian milenium. Dimana nilai T dapat dihitung dengan rumus :

$$T = (JDE - 2451545) / 365250$$

a. Menghitung jarak Bumi – Matahari.

Jarak bumi dan matahari dihitung menggunakan komponen-komponen periodik berdasarkan teori VSOP87 yang tertera pada Tabel 1.3. dengan menggunakan rumus³⁶ :

$$A \times \text{Cos} (B + C \times T)$$

Kemudian Jarak Bumi Matahari dihitung menggunakan rumus³⁷ :

$$R_m = \frac{(R_0 T + R_1 T + R_2 T^2 + R_3 T^3 + R_4 T^4)}{10^8} \text{ (satuan AU)}^{38}$$

b. Menghitung Bujur Matahari

³⁵ Ibid.

³⁶ Ibid, 218.

³⁷ Reza Akbar, 'Perhitungan Data Ephemeris Koordinat Matahari Menggunakan Algoritma Jean Meeus Higher Accuracy dan Keterkaitannya Dengan Pengembangan Ilmu Falak', *Jurnal Ilmiah Islam Futura*, Vol.16, no. 2 (2017). 177

³⁸ Satuan AU (*astronomical Unit*) adalah satuan yang digunakan untuk menyatakan jarak benda langit dimana satu sama dengan 149597870.7 km

Bujur matahari dihitung menggunakan komponen-komponen periodik berdasarkan teori VSOP87 yang tertera pada Tabel 1.4 dengan menggunakan rumus :

$$A \times \cos(B + C \times T)$$

Selanjutnya menghitung nilai L dengan rumus³⁹ :

$$L = \frac{(L_0 T + L_1 T^2 + L_2 T^3 + L_3 T^4 + L_4 T^5 + L_5 T^6)}{10^8} \text{ (satuan radian)}$$

Hitung bujur Geosentris Matahari dengan rumus :

$$\Theta = L + 180^\circ \text{ (bila nilai lebih 360 maka dikurangi 360)}$$

Selanjutnya terapkan koreksi untuk Θ dengan -0.09033 (dalam satuan detik)⁴⁰ :

$$\Delta\Theta = \Theta - 0.09033 / 3600$$

Koreksi aberasi matahari⁴¹ :

$$\frac{20''.4898}{R_m}$$

Sehingga bujur tampak matahari dapat dihitung dengan rumus :

$$\lambda_m = \Delta\Theta - \frac{20''.4898}{R_m} + \text{Nutasi}$$

c. Menghitung Lintang Tampak Matahari

Untuk menghitung lintang tampak matahari membutuhkan komponen periodik pada Tabel 1.4 dengan rumus :

$$A \times \cos(B + C \times T)$$

³⁹ Meeus, *Astronomical Algorithms...*, 218.

⁴⁰ Ibid, 166.

⁴¹ Ibid, 167.

Menghitung nilai B dengan rumus⁴² :

$$B = \frac{(B_0 T + B_1 T)}{10^8} \text{ (satuan radian)}$$

Nilai B diubah menjadi negatif untuk memperoleh nilai Lintang Geosentris matahari⁴³ :

$$\beta_0 = -B \text{ (dalam detik busur)}$$

Hitung : (dimana Nilai $T = 10 T$)

$$\lambda' = \Theta - 1^\circ.397 T - 0^\circ.00031 T^2$$

Selanjutnya terapkan koreksi untuk β sebagai berikut :

$$\Delta\beta = +0".03916 (\cos \lambda' - \sin \lambda')$$

Sehingga Lintang matahari dapat dihitung dengan rumus⁴⁴ :

$$\beta_m = \beta_0 + \Delta\beta$$

d. Aksensioekta Matahari

Aksensioekta Matahari dapat dihitung menggunakan rumus⁴⁵ :

$$\tan \alpha = \frac{\sin \lambda_m \cos \varepsilon - \tan \beta_m \sin \varepsilon}{\cos \lambda_m}$$

e. Deklinasi Matahari

Deklinasi Matahari dapat dihitung menggunakan rumus⁴⁶ :

$$\sin \delta_m = \sin \beta_m \cos \varepsilon + \cos \beta_m \sin \varepsilon \sin \lambda_m$$

f. Semi diameter Matahari

Semi diameter Matahari dapat dihitung menggunakan rumus⁴⁷ :

⁴² Akbar, 'Perhitungan Data Ephemeris Koordinat Matahari'..., 177.

⁴³ Meeus, *Astronomical Algorithms*..., 166.

⁴⁴ Ibid.

⁴⁵ Ibid, 93.

⁴⁶ Ibid.

⁴⁷ Ibid, 389.

$$Sd_m = \frac{959'' \cdot 63}{R_m} \quad (R_m \text{ dalam satuan AU})$$

g. Horizontal Paralaks Matahari

Horizontal Paralaks Matahari dapat dihitung menggunakan rumus⁴⁸ :

$$\pi_m = \frac{8'' \cdot 794}{R_m} \quad (R_m \text{ dalam satuan AU})$$

5. Menentukan Posisi Bulan

Untuk menentukan posisi bulan memerlukan nilai komponen sudut L' , D , M , M' , dan F dan masing-masing nilainya antara 0° sampai 360° dan dinyatakan dalam desimal derajat.

a. Bujur rata-rata Bulan

$$L' = 218.3164591 + 481.26788134236T - 0.0013268T^2 + T^3/538841 - T^4/65194000$$

b. Rata-rata Elongasi Bulan :

$$D = 297.8502042 + 445.2671115168T - 0.0016300T^2 + T^3/545868 - T^4/113065000$$

c. Rata-rata Anomali Matahari:

$$M = 357.5291092 + 35999.0502909T - 0.0001536T^2 + T^3/24490000$$

d. Rata-rata Anomali Bulan:

$$M' = 134.9634114 + 477.1988676313T + 0.0089970T^2 + T^3/69699 - T^4/14712000$$

⁴⁸ Ibid, 279.

- e. Komponen Lintang Bulan (Jarak Rata-rata dari titik simpul naik atau *Ascending Node*)

$$F = 93.272\ 0993 + 483\ 202.017\ 5273\ T - 0.003\ 4029\ T^2 - T^3 / 3\ 526\ 000 + T^4 / 863\ 310\ 000$$

Masih diperlukan tiga komponen dalam satuan derajat lingkaran :

$$A_1 = 119^\circ.75 + 131^\circ.849\ T$$

$$A_2 = 53^\circ.09 + 479\ 264^\circ.290\ T$$

$$A_3 = 313^\circ.45 + 481\ 266^\circ.484\ T$$

Komponen sudut M memiliki nilai yang bervariasi, dikarenakan nilai sudut M tergantung eksentrisitas orbit bumi mengelilingi matahari semakin melambat seiring berjalannya waktu. Oleh karena itu, kalikan komponen yang mengandung M dengan E dan yang mengandung 2M atau -2M dengan E². Dimana nilai E diperoleh menggunakan rumus⁴⁹:

$$E = 1 - 0.002\ 516\ T - 0.000\ 0074\ T^2$$

Setelah mendapatkan nilai komponen sudut, selanjutnya perhitungan posisi bulan yakni :

- a. Menghitung jarak Bumi – Bulan :

Menentukan jumlah komponen periodik jarak bulan dari pusat Bumi ($\sum r$) pada Tabel 1.5. Misalnya, perhitungan koreksi argumen pada baris ke-2 adalah $-3699111 \times \text{Cos}(2D - M')$. Sehingga jarak bumi bulan dapat dihitung menggunakan rumus⁵⁰ :

⁴⁹ Ibid, 337-338.

⁵⁰ Ibid, 342.

$$R_b = 385\,000.56 + \frac{\sum r}{1000}$$

b. Menghitung Bujur Bulan

Menentukan jumlah komponen periodik dari bujur bulan dari pusat Bumi (Σl) pada Tabel 1.5. Misalnya, perhitungan argumen pada baris ke-2 adalah $1\,274\,027 \times \sin(2D - M')$. Terdapat tambahan koreksi perhitungan komponen periodik bujur bulan (Σl) :

$$\text{koreksi} = +3958 \sin A_1 + 1962 \sin(L' - F) + 318 \sin A_2$$

Selanjutnya bujur tampak bulan dapat dihitung dengan⁵¹ :

$$\lambda_b = L' + \frac{\Sigma l + \text{koreksi}}{10^6} + \text{Nutasi}$$

c. Menghitung Lintang Bulan

Menentukan jumlah komponen periodik dari lintang bulan dari pusat Bumi (Σb) pada Tabel 1.6. Misalnya, perhitungan argumen pada baris ke-2 adalah $280\,602 \times \sin(M' + F)$. Terdapat tambahan koreksi perhitungan komponen periodik bujur bulan (Σb) :

$$\begin{aligned} \text{koreksi} = & -2235 \sin L' + 382 \sin A_3 + 175 \sin(A_1 - F) + 175 \sin(A_1 \\ & + F) + 127 \sin(L' - M') - 115 \sin(L' + M') \end{aligned}$$

Selanjutnya lintang bulan dapat dihitung dengan⁵² :

$$\beta_b = \frac{\Sigma b + \text{koreksi}}{10^6}$$

⁵¹ Ibid.

⁵² Ibid

d. Aksensioekta Bulan

Aksensioekta Bulan dapat dihitung menggunakan rumus⁵³ :

$$\tan \alpha = \frac{\sin \lambda_b \cos \varepsilon - \tan \beta_b \sin \varepsilon}{\cos \lambda_b}$$

e. Deklinasi Bulan

Deklinasi Bulan dapat dihitung menggunakan rumus⁵⁴ :

$$\sin \delta_b = \sin \beta_b \cos \varepsilon + \cos \beta_b \sin \varepsilon \sin \lambda_b$$

f. Semi diameter Bulan

Semi diameter Bulan dapat dihitung menggunakan rumus⁵⁵ :

$$Sd_b = \frac{358\,473\,400}{R_b} \text{ (dalam detik busur)}$$

g. Horizontal Paralaks Bulan

Horizontal Paralaks Bulan dapat dihitung menggunakan rumus⁵⁶ :

$$\sin \pi_b = \frac{6378.14}{R_b}$$

Ketika data geosentris yang diperlukan untuk menghitung gerhana sudah diketahui. Selanjutnya dilakukan perhitungan gerhana metode besel, adapun perhitungannya yakni :

1. Menghitung sumbu x dan y

Untuk menghitung sumbu x dan y gerhana bulan, kita harus mengetahui koordinat geosentris jatuhnya bayangan bumi saat terjadi gerhana. Karena saat gerhana bulan dalam bidang fundamental, yang

⁵³Ibid, 93.

⁵⁴ Ibid.

⁵⁵ Ibid, 391.

⁵⁶ Ibid, 390.

diperhitungkan jatuhnya bayangan yang dibuat oleh titik pusat benda langit (δ_0, a_0) .⁵⁷

$$\delta_0 = -\delta_m$$

$$a_0 = \text{berlawanan } a_m$$

Sehingga sumbu x dapat dihitung menggunakan rumus⁵⁸ :

$$x = (a_b - a_0) \cos \delta_m$$

Sedangkan sumbu y dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\epsilon = \frac{(\sin(2 \times \delta_0) \times \sin^2 \frac{a_b - a_0}{2})}{\sin 1}$$

$$y = \delta_b - \delta_0 + \epsilon$$

Menghitung sumbu (x, y) dan (x', y') . Sumbu x dan y dihitung menggunakan data geosentris pada saat T0 gerhana, sedangkan nilai sumbu x' dan y' diambil dari selisih sumbu x dan y ketika T0 dan T1 gerhana.

2. Menghitung kerucut penumbra dan umbra

Nilai radius kerucut penumbra dan umbra dapat dihitung dengan rumus berikut⁵⁹ :

$$Penumbra = 1.01 \times (\pi_b + Sd_m + \pi_m)$$

$$Umbra = 1.01 \times (\pi_b - Sd_m + \pi_m)$$

$$1.01 \approx 1 + 1/85 - 1/594$$

⁵⁷ William Chauvenet, *A Manual Of Spherical And Practical Astronomy*, vol. 1 (London: J.B.Lippincott Company, 1891), 544.

⁵⁸ Ibid, 545.

⁵⁹ Ibid.

Sehingga L1, L2, dan L3 dapat dihitung dengan cara⁶⁰:

$$N^{61} = \frac{R_b}{R_m} (\text{satuan AU})^{62}$$

$$L1 = 1.01 \times (\pi_b + Sd_m + \pi_m - N) + Sd_b$$

$$L2 = 1.01 \times (\pi_b - Sd_m + \pi_m + N) + Sd_b$$

$$L3 = 1.01 \times (\pi_b - Sd_m + \pi_m + N) - Sd_b$$

Menghitung nilai L dan L'. Nilai L dihitung menggunakan data geosentris pada saat T0 gerhana, sedangkan L' diambil dari selisih nilai L ketika T0 dan T1 gerhana.

3. Menghitung Puncak gerhana⁶³

a. $T = -(x x' + y y') / (x'^2 + y'^2)$

b. $Max = T_0 + T$

4. Menghitung Durasi Gerhana⁶⁴

a. $L_1 = L1 + L1' \times T$

b. $L_2 = L2 + L2' \times T$

c. $L_3 = L3 + L3' \times T$

d. $sd_b = Sd_b + Sd_b' \times T$ (Sd_b' = Selisih semidiameter T0 dan T1)

e. $z = \sqrt{((x + x' \times T)^2 + (y + y' \times T)^2)}$

f. $k = \sqrt{(x'^2 + y'^2)}$

g. $T1 = \sqrt{(L_1^2 - z^2)} / k$

⁶⁰ Ibid.

⁶¹ Koreksi jarak sudut umbra dan penumbra

⁶² Ibid, 443.

⁶³ Sabda, *Ilmu Falak Rumusan...*, 135.

⁶⁴ Ibid, 135-136.

- h. $T2 = \sqrt{(L_2^2 - z^2)}/k$
- i. $T3 = \sqrt{(L_3^2 - z^2)}/k$
- j. $Mag.Penumbra^{65} = (L_1 - z)/(2 \times sd_b)$
- k. $Mag.Umbra^{66} = (L_2 - z)/(2 \times sd_b)$
- l. $Durasi Penumbra = T1 \times 2$
- m. $Durasi Umbra = T2 \times 2$
- n. $Durasi Total = T3 \times 2$
- o. $Radius Penumbra = L_1 \times 2$
- p. $Radius Umbra = L_2 \times 2$
5. Menghitung kontak-kontak gerhana

- a. Awal gerhana Penumbra⁶⁷ (P1)

$$P1 = Max - T1$$

- b. Awal gerhana Umbra⁶⁸ (U1)

$$U1 = Max - T2$$

- c. Awal Gerhana Total⁶⁹ (U2)

$$U2 = Max - T3$$

- d. Akhir Gerhana Total⁷⁰ (U3)

$$U3 = Max + T3$$

⁶⁵ Mag. Penumbra adalah Fraksi diameter Bulan yang terhalang oleh bayangan penumbral Bumi pada saat puncak gerhana.

⁶⁶ Fraksi diameter Bulan yang terhalang oleh bayangan dalam Bumi pada saat puncak Gerhana

⁶⁷ P1 adalah Waktu dimana bulan telah memasuki daerah kerucut luar (penumbra) bumi.

⁶⁸ U1 adalah Waktu dimana bulan telah memasuki sebagian daerah kerucut dalam (umbra) bumi.

⁶⁹ U2 adalah Waktu dimana bulan telah memasuki sepenuhnya daerah kerucut dalam (umbra) bumi.

⁷⁰ U3 adalah Waktu dimana bulan telah keluar sepenuhnya dari daerah kerucut dalam (umbra) bumi.

e. Akhir Gerhana Umbra⁷¹ (U4)

$$U4 = Max + T2$$

f. Akhir Gerhana Penumbra⁷² (P4)

$$P4 = Max + T1$$



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

⁷¹ U4 adalah Waktu dimana bulan telah keluar dari sebagian daerah kerucut dalam (umbra) bumi

⁷² P4 adalah Waktu dimana bulan telah keluar dari daerah kerucut luar (penumbra) bumi.

TABEL KOMPONEN PERIDOIK

Tabel 1. 2 Komponen periodik Nutasi dan Obliquity

Perkalian Komponen					Nutasi ($\Delta\psi$) (Argumen Sinus)		Obliquity ($\Delta\varepsilon$) (Argumen Cosinus)	
D	M	M'	F	Ω				
0	0	0	0	1	-171996	-174.2 T	+92025	+8.9 T
-2	0	0	2	2	-13187	-1.6 T	+5736	-3.1 T
0	0	0	2	2	-2274	-0.2 T	+977	-0.5 T
0	0	0	0	2	+2062	+0.2 T	-895	+0.5 T
0	1	0	0	0	+1426	-3.4 T	+54	-0.1 T
0	0	1	0	0	+712	+0.1 T	-7	
-2	1	0	2	2	-517	+1.2 T	+224	-0.6 T
0	0	0	2	1	-386	-0.4 T	+200	
0	0	1	2	2	-301		+129	
-2	-1	0	2	2	+217	-0.5 T	-95	
-2	0	1	0	0	-158			
-2	0	0	2	1	+129	+0.1 T	-70	
0	0	-1	2	2	+123		-53	
2	0	0	0	0	+63			
0	0	1	0	1	+63	+0.1 T	-33	
2	0	-1	2	2	-59		+26	
0	0	-1	0	1	-58	-0.1 T	+32	
0	0	1	2	1	-51		+27	
-2	0	2	0	0	+48			
0	0	-2	2	1	+46		-24	
2	0	0	2	2	-38		+16	
0	0	2	2	2	-31		+13	
0	0	2	0	0	+29			
-2	0	1	2	2	+29		12	
0	0	0	2	0	+26			
-2	0	0	2	0	-22			
0	0	-1	2	1	+21		-10	
0	2	0	0	0	+17	-0.1 T		
2	0	-1	0	1	+16		-8	
-2	2	0	2	2	-16	+0.1 T	+7	
0	1	0	0	1	-15		+9	
-2	0	1	0	1	-13		+7	
0	-1	0	0	1	-12		+6	
0	0	2	-2	0	+11			
2	0	-1	2	1	-10		+5	
2	0	1	2	2	-8		+3	
0	1	0	2	2	+7		-3	
-2	1	1	0	0	-7			
0	-1	0	2	2	-7		+3	
2	0	0	2	1	-7		+3	
2	0	1	0	0	+6			
-2	0	2	2	2	+6		-3	
-2	0	1	2	1	+6		-3	
2	0	-2	0	1	-6		+3	
2	0	0	0	1	-6		+3	
0	-1	1	0	0	+5			
-2	-1	0	2	1	-5		+3	

-2	0	0	0	1	-5	+3
0	0	2	2	1	-5	+3
-2	0	2	0	1	+4	
-2	1	0	2	1	+4	
0	0	1	-2	0	+4	
-1	0	1	0	0	-4	
-2	1	0	0	0	-4	
1	0	0	0	0	-4	
0	0	1	2	0	+3	
0	0	-2	2	2	-3	
-1	-1	1	0	0	-3	
0	1	1	0	0	-3	
0	-1	1	2	2	-3	
2	-1	-1	2	2	-3	
0	0	3	2	2	-3	
2	-1	0	2	2	-3	

Tabel 1. 3 Komponen periodik jarak bumi matahari

Komponen Periodik Jarak bumi matahari				
R0	No	A	B	C
	1	100013989	0	0
	2	1670 700	3.098463 5	6 283.075 850
	3	13956	3.055 25	12 566.151 70
	4	3084	5.198 5	77 713.771 5
	5	1628	1.1739	5 753.384 9
	6	1576	2.8469	7 860.419 4
	7	925	5.453	11 506.770
	8	542	4.564	3 930.210
	9	472	3.661	5 884.927
	10	346	0.964	5 507.553
	11	329	5.900	5 223.694
	12	307	0.299	5 573.143
	13	243	4.273	1 1790.629
	14	212	5.847	1 577.344
	15	186	5.022	10 977.079
	16	175	3.012	18 849.228
	17	110	5.055	5 486.778
	18	98	0.89	6 069.78
	19	86	5.69	15 720.84
	20	86	1.27	161 000.69
	21	65	0.27	17 260.15
	22	63	0.92	529.69
	23	57	2.01	83 996.85
	24	56	5.24	71 430.70
	25	49	3.25	2 544.31
	26	47	2.58	775.52
	27	45	5.54	9 437.76
	28	43	6.01	6 275.96
	29	39	5.36	4 694.00
	30	38	2.39	8 827.39
	31	37	0.83	19 651.05
	32	37	4.90	12139.55

	33	36	1.67	12 036.46
	34	35	1.84	2 942.46
	35	33	0.24	7 084.90
	36	32	0.18	5 088.63
	37	32	1.78	398.15
	38	28	1.21	6 286.60
	39	28	1.90	6 279.55
	40	26	4.59	10 447.39
R1	1	103019	1.107 490	6 283.075 850
	2	1721	1.0644	12 566.1517
	3	702	3.142	0
	4	32	1.02	18 849.23
	5	31	2.84	5 507.55
	6	25	1.32	5 223.69
	7	18	1.42	1577.34
	8	10	5.91	10 977.08
	9	9	1.42	6275.96
	10	9	0.27	5486.78

Tabel 1. 4 Komponen lintang dan bujur matahari
Komponen Periodik Lintang dan Bujur Matahari

	No.	A	B	C
L0	1	175 347 046	0	0
	2	3 341 656	4.669 256 8	6 283.075 850
	3	34 894	4.626 10	12 566.151 700
	4	3 497	2.744 1	5 753.384 9
	5	3 418	2.828 9	3.523 1
	6	3 136	3.627 7	77 713.771 5
	7	2 676	4.418 1	7 860.419 4
	8	2 343	6.135 2	3 930.209 7
	9	1 324	0.742 5	11 506.769 8
	10	1 273	2.037 1	529.691 0
	11	1 199	1.109 6	1 577.343 5
	12	990	5.233	5 884.927
	13	902	2.045	26.298
	14	857	3.508	398.149
	15	780	1.179	5 223.694
	16	753	2.533	5 507.553
	17	505	4.583	18 849.228
	18	492	4.205	775.523
	19	357	2.920	0.067
	20	317	5.849	11 790.629
	21	284	1.899	796.298
	22	271	0.315	10 977.079
	23	243	0.345	5 486.778
	24	206	4.806	2 544.314
	25	205	1.869	5 573.143
	26	202	2.458	6 069.777
	27	156	0.833	213.299
	28	132	3.411	2 942.463
	29	126	1.083	20.775
	30	115	0.645	0.980

	31	103	0.636	4 694.003
	32	102	0.976	15 720.839
	33	102	4.267	7.114
	34	99	6.21	2 146.17
	35	98	0.68	155.42
	36	86	5.98	161 000.69
	37	85	1.30	6 275.96
	38	85	3.67	71 430.70
	39	80	1.81	17 260.15
	40	79	3.04	12 036.46
	41	75	1.76	5 088.63
	42	74	3.50	3 154.69
	43	74	4.68	801.82
	44	70	0.83	9 437.76
	45	62	3.98	8 827.39
	46	61	1.82	7 084.90
	47	57	2.78	6 286.60
	48	56	4.39	14 143.50
	49	56	3.47	6 279.55
	50	52	0.19	12 139.55
	51	52	1.33	1 748.02
	52	51	0.28	5 856.48
	53	49	0.49	1 194.45
	54	41	5.37	8 429.24
	55	41	2.40	19 651.05
	56	39	6.17	10 447.39
	57	37	6.04	10 213.29
	58	37	2.57	1 059.38
	59	36	1.71	2352.87
	60	36	1.78	6 812.77
	61	33	0.59	17 789.85
	62	30	0.44	83 996.85
	63	30	2.74	1 349.87
	64	25	3.16	4 690.48
L2	1	628 331 966 747	0	0
	2	206 059	2.678 235	6 283.075 850
	3	4 303	2.6351	12 566.151 7
	4	425	1.590	3.523
	5	119	5.796	26.298
	6	109	2.966	1 577.344
	7	93	2.59	18 849.23
	8	72	1.14	529.69
	9	68	1.87	398.15
	10	67	4.41	5 507.55
	11	59	2.89	5 223.69
	12	56	2.17	155.42
	13	45	0.40	796.30
	14	36	0.47	775.52
	15	29	2.65	7.11
	16	21	5.34	0.98
	17	19	1.85	5 486.78
	18	19	4.97	213.30

	19	17	2.99	6 275.96
	20	16	0.03	2 544.31
	21	16	1.43	2 146.17
	22	15	1.21	10 977.08
	23	12	2.83	1 748.02
	24	12	3.26	5 088.63
	25	12	5.27	1 194.45
	26	12	2.08	4 694.00
	27	11	0.77	553.57
	28	10	1.30	6 286.60
	29	10	4.24	1 349.87
	30	9	2.70	242.73
	31	9	5.64	951.72
	32	8	5.30	2 352.87
	33	6	2.65	9 437.76
	34	6	4.67	4 690.48
L3	1	289	5.844	6 283.076
	2	35	0	0
	3	17	5.49	12 566.15
	4	3	5.20	155.42
	5	1	4.72	3.52
	6	1	5.30	18 849.23
	7	1	5.97	242.73
L4	1	114	3.142	0
	2	8	4.13	6 283.08
	3	1	3.84	12 566.15
L5	1	1	3.14	0
B0	1	280	3.199	84 334.662
	2	102	5.422	5 507.553
	3	80	3.88	5 223.69
	4	44	3.70	2 352.87
	5	32	4.00	1 577.34
B1	1	9	3.90	5 507.55
	2	6	1.73	5 223.69

Tabel 1. 5 Komponen periodik bujur dan jarak bulan

Perkalian Komponen				Bujur Bulan (Σl)	Jarak Bulan (Σr)
D	M	M'	F	Koefisien untuk sinus	Koefisien untuk cosinus
0	0	1	0	6 288 774	-20 905 355
2	0	-1	0	1 274 027	-3 699 111
2	0	0	0	658 314	-2 955 968
0	0	2	0	213 618	-569 925
0	1	0	0	-185 116	48 808
0	0	0	2	-114 332	-3 149
2	0	-2	0	58 793	246 158
2	-1	-1	0	57 066	-152 138
2	0	1	0	53 322	-170 733
2	-1	0	0	45 758	-204 586
0	1	-1	0	-40 923	-129 620
1	0	0	0	-34 720	108 743
0	1	1	0	-30 383	104 755
2	0	0	-2	15 327	10 321

0	0	1	2	-12 528	
0	0	1	2	10 980	79 661
4	0	-1	-2	10 675	-34 782
0	0	3	0	10 034	-23 210
4	0	-2	0	8 548	-21 636
2	1	-1	0	-7 888	24 208
2	1	0	0	-6 766	30 824
1	0	-1	0	-5 163	-8 379
1	1	0	0	4 987	-16 675
2	-1	1	0	4 036	-12 831
2	0	2	0	3 994	-10 445
4	0	0	0	3 861	-11 650
2	0	-3	0	3 665	14 403
0	1	-2	0	-2 689	-7 003
2	0	-1	2	-2 602	
2	-1	-2	0	2 390	10 056
1	0	1	0	-2 348	6 322
2	-2	0	0	2 236	-9 884
0	1	2	0	-2 120	5 751
0	2	0	0	-2 069	
2	-2	-1	0	2 048	-4 950
2	0	1	-2	-1 773	4 130
2	0	0	2	-1 595	
4	-1	-1	0	1 215	
0	0	2	2	-1 110	
3	0	-1	0	-892	-3 258
2	1	1	0	-810	2 616
4	-1	-2	0	759	-1 897
0	2	-1	0	-713	-2 117
2	2	-1	0	-700	2 354
2	1	-2	0	691	
2	-1	0	-2	596	
4	0	1	0	549	-1 423
0	0	4	0	537	-1 117
4	-1	0	0	520	-1 571
1	0	-2	0	-487	-1739
2	1	0	-2	-399	
0	0	2	-2	-381	-4 421
1	1	1	0	351	
3	0	-2	0	-340	
4	0	-3	0	330	
2	-1	2	0	327	
0	2	1	0	-323	1165
1	1	-1	0	299	
2	0	3	0	294	
2	0	-1	-2		8 752

Tabel 1. 6 Komponen periodik lintang bulan

Perkalian komponen				Bujur Bulan (Σb) Koefisien sinus
D	M	M'	F	
0	0	0	1	5 128 122
0	0	1	1	280 602
0	0	1	-1	277 693
2	0	0	-1	173 237
2	0	-1	1	55 413
2	0	-1	-1	46 271
2	0	0	1	32 573
0	0	2	1	17 198
2	0	1	-1	8 266
0	0	2	-1	8 822
2	-1	0	-1	8 216
2	0	-2	-1	4 324
2	0	1	1	4 200
2	1	0	-1	-3 359
2	-1	-1	1	2 463
2	-1	0	1	2 211
2	-1	-1	-1	2 065
0	1	-1	-1	-1 870
4	0	-1	-1	1 828
0	1	0	1	-1 794
0	0	0	3	-1 749
0	1	-1	1	-1 565
1	0	0	1	-1 491
0	1	1	1	-1 475
0	1	1	-1	-1 410
0	1	0	-1	-1 344
1	0	0	-1	-1 335
0	0	3	1	1 107
4	0	0	-1	1 021
4	0	-1	1	833

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

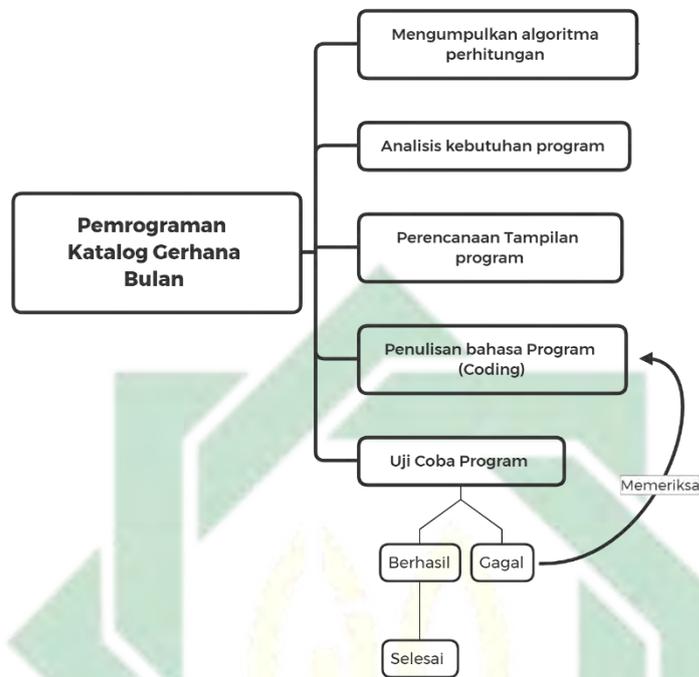
BAB III PEMROGRAMAN MICROSOFT EXCEL

A. Pengertian Pemrograman

Pemrograman adalah langkah atau proses menulis, menguji dan memperbaiki dalam pembuatan sebuah program. Dengan kata lain pemrograman adalah proses pembuatan program dalam sebuah komputer. Pemrograman dilakukan ketika seseorang hendak akan membuat sebuah program yang ingin dijalankan dalam sebuah komputer. Program sendiri memiliki definisi serangkaian instruksi yang disusun secara sistematis untuk menyelesaikan tugas sesuai dengan perintah yang diinginkan. Dengan adanya suatu program dapat mempermudah kegiatan manusia dalam mengolah data sesuai dengan instruksi yang dirumuskan, sehingga tidak perlu dilakukan secara manual.¹

Pemrograman memiliki beberapa tahapan yang terstruktur secara sistematis. Oleh karena itu dalam penelitian ini, penulis membuat langkah-langkah yang diperlukan untuk membuat program yang akan dilakukan oleh penulis. Adapun langkah-langkah pembuatan program yang dilakukan oleh penulis akan digambarkan dalam diagram alir sebagai berikut.

¹ Edy Budiman, *Algoritma Dan Pemrograman* (Samarinda: Universitas Samarinda, 2015), 31.



Gambar 3.1. Diagram Alir pemrograman gerhana

B. Microsoft Excel

1. Program Aplikasi Microsoft Excel

Microsoft Excel merupakan salah satu program aplikasi yang disediakan dalam paket instalasi Microsoft Office, software ini berfungsi untuk mengolah data menggunakan *spreadsheet* (tabel yang tersebar) terdiri dari baris dan kolom.² Kolom ditampilkan berupa huruf sedangkan baris ditampilkan dengan angka. Microsoft Excel memiliki beberapa versi tahun, saat ini versi terbaru dari aplikasi ini tahun 2019. Pada versi

² Sitti Rqoyyah, Lindah, and Sukma Murni, *Belajar Bangun Ruang Dengan VBA Microsoft Excel* (Purwakarta: Tre Alea Jacta Pedagogic, 2020), 7.

terbaru, Microsoft Excel memiliki jumlah baris 1048576 dan jumlah kolom sampai XFD.

Program aplikasi ini memiliki banyak kelebihan dibandingkan program aplikasi pengolahan data yang lain seperti; mengonsumsi RAM dan daya CPU yang minim, dapat dijalankan di berbagai sistem komputer, fitur lembar kerja luas dan lain-lain. Aplikasi ini cukup fleksibel, selain tersedia dalam sistem komputer juga tersedia dalam sistem android.

Banyak kelebihan yang disuguhkan dalam Microsoft Excel dalam bidang pengolahan data. Adapun kelebihan Microsoft Excel dalam pengolahan data yakni³ :

- a. Mudah untuk membuat rumus yang sulit dan variatif, dikarenakan memiliki banyak formula yang tersedia.
- b. Memiliki fasilitas filter sehingga memudahkan untuk memilah data.
- c. Dapat mengurutkan data dengan kriteria yang kita inginkan.
- d. Tampilannya yang berbentuk tabel dan juga grafik dapat memberikan kita kemudahan untuk menganalisa data.
- e. Dengan fasilitas *face error* memudahkan kita untuk menganalisa kesalahan rumus di tiap tahap perhitungan pada rumus yang Panjang.

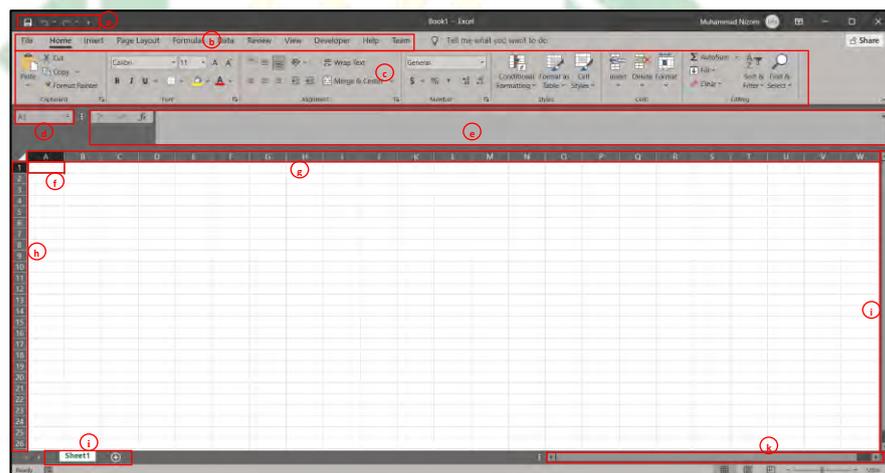
Microsoft Excel memiliki banyak manfaat di berbagai bidang seperti pendidikan, administrasi, akuntansi dan lain-lain. Sehingga tidak dapat dipungkiri bahwa hampir semua orang memasang aplikasi ini di komputer mereka. Seakan-akan dapat dikatakan, sebuah komputer tidak

³ Ibid.

akan lengkap jika tidak terpasang aplikasi Microsoft Excel. Program aplikasi ini ter-update secara berkala oleh Microsoft Office untuk meningkatkan kemampuan mengolah data.

2. Tampilan Lembar Kerja Microsoft Excel

Untuk memulai pemrograman Microsoft Excel supaya baik dan benar, ada baiknya kita mengenal tampilan lembar kerja pada Excel. Tampilan komponen-komponen lembar kerja Microsoft Excel yang perlu kita ketahui sebelum mulai menggunakan Microsoft Excel dapat dilihat pada gambar 3.2 sebagai berikut.⁴



Gambar 3. 2 Lembar kerja Excel

Keterangan :

- a. Quick Access : kumpulan tombol perintah yang dapat mempercepat kerja.
- b. Tab Menu Ribbon : barisan menu yang terdiri dari perintah menu utama Microsoft Excel

⁴ Johar Arifin, *Microsoft Excel 2016 Untuk Profesional* (Jakarta: Elex Media Komputindo, 2016), 28.

- c. Ribbon : tombol-tombol bergambar yang memiliki fungsi tertentu dan digunakan untuk menjalankan suatu perintah dengan cepat dan mudah.
- d. Name Box : kotak yang berisi nama sel yang sedang aktif.
- e. Formula Bar : kotak yang berisi rumus atau fungsi dari sebuah sel.
- f. Sel Aktif : tempat menuliskan atau mengedit data dan dikelilingi oleh garis batas yang lebih tebal.
- g. Column : setiap kolom memiliki nama berdasarkan Abjad, dari kolom A hingga Z, dilanjut AA hingga XFD.
- h. Baris : untuk setiap baris memiliki nama berdasarkan Angka. Dari 1 hingga 1048576.
- i. Tab Worksheet : tombol perintah dimana Anda bisa berpindah ke kertas kerja lain dengan mudah.
- j. Vertikal Scroll Bar : perintah untuk menggeser layar ke atas atau ke bawah.
- k. Horizontal Scroll Bar : perintah untuk menggeser layar ke kiri atau ke kanan.

3. Dasar Pemrograman Microsoft Excel

Pemrograman Microsoft Excel pada dasarnya sama di setiap versinya. Pemrograman pada Microsoft Excel tidak jauh berbeda dengan

pemrograman secara umum, ada tiga langkah ketika hendak membuat program yakni⁵ :

- a. Menulis bahasa program/ Pengkodean (*coding*).
- b. Proses menyusun kode program (*compile*).
- c. Menguji kode (*testing*).

4. Algoritma atau langkah-langkah pemrograman Microsoft Excel

Microsoft Excel terdiri dari baris dan kolom. Kolom ditampilkan dengan angka sedangkan baris ditampilkan dengan nomor. Gabungan baris dan kolom disebut dengan sel. Misalnya kolom A baris 2 maka yang dimaksud sel A2, jika sel B3 berarti yang dimaksud kolom Ke-B baris ke-3. Pemrograman pada Excel dimulai dengan memasukkan nilai satu-satu dalam sel kemudian dilakukan pengoperasian atau pengoperasian secara langsung dalam satu sel.

Berikut contoh Algoritma perhitungan luas persegi panjang (P x L) menggunakan Microsoft Excel :

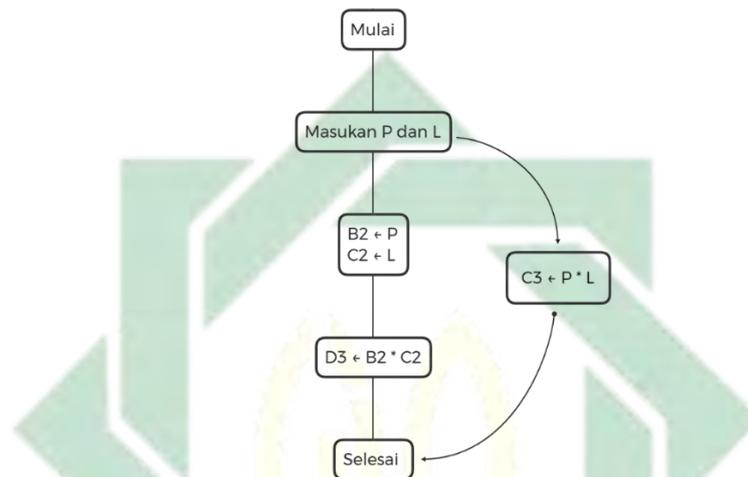
- a. B2 = P
- b. C2 = L
- c. D3 = B2 * C2 / D3 = P * L
- d. Selesai

Pada baris pertama memasukkan nilai P dalam sel B2. Baris kedua masukan nilai L pada sel C2 . Pada baris ketiga pengoperasian perkalian

⁵ Tim Peneliti dan Pengembangan Wahana Komputer, *Pemrograman Visual Basic 6.0*, Cct. II (Yogyakarta: Kerjasama Wahana Komputer dan Andi Offset, 2000), 4.

nilai P pada sel B2 dan nilai L pada C2 atau langsung mengalikan nilai P dan L pada sel D3.

Sehingga algoritma pemrograman Microsoft Excel berdasarkan contoh diatas dapat digambarkan dalam diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3. 3. Algoritma Pemrograman Excel

5. Tata Bahasa dalam Microsoft Excel

Pemrograman dengan Microsoft Excel banyak terdapat berbagai sintaks yang digunakan. Beberapa sintaks yang akan digunakan untuk keperluan pemrograman gerhana bulan metode besel algoritma Jean Meeus sebagai berikut.

a. Formula Operator

Formula adalah pernyataan yang terdiri dari variabel, angka, kata dan operator untuk melakukan kalkulasi terhadap data-data

dalam sel untuk menghasilkan informasi yang dapat dimengerti oleh pembacanya.⁶

Operator adalah salah elemen berupa tanda yang digunakan untuk membuat sebuah formula. Berikut beberapa operator yang digunakan dalam pembuatan program perhitungan gerhana.

1) Operator Aritmetika

Operator aritmetika digunakan untuk melakukan sebuah perhitungan. Seperti penjumlahan, perkalian, perpangkatan dan pembagian.

Operator	Keterangan
+	Penjumlahan
-	Pengurangan
/	Pembagian
*	Perkalian
^	Pemangkatan

Tabel 3. 1 Operator Aritmetika

2) Operator Perbandingan

Operator ini digunakan untuk membandingkan sebuah nilai *true* atau *false*. Biasanya operator ini sering digunakan dengan fungsi logika.

Operator	Keterangan
=	Sama dengan
<	Lebih kecil
>	Lebih besar
<=	Lebih kecil sama dengan
>=	Lebih besar sama dengan
<>	Tidak sama dengan

Tabel 3. 2 Operator Perbandingan

Untuk Operator (=) juga digunakan untuk memulai menulis formula dalam sel.

⁶ Tim Peneliti dan Pengembangan Wahana Komputer, *Microsoft Excel 2010*, Ed. 1 (Yogyakarta: Kerjasama Wahana Komputer dan Andi Offset, 2010), 152.

b. Fungsi

Fungsi adalah sebuah “rumus” khusus yang terbuild-in dalam Excel untuk melakukan kalkulasi tertentu.⁷ Berikut beberapa fungsi yang digunakan untuk program perhitungan gerhana.

1) Fungsi Matematika dan Trigonometri

Fungsi ini digunakan untuk melakukan kalkulasi data yang memerlukan operasi khusus matematika.

Fungsi	Keterangan
ABS(<i>number</i>)	Mendapatkan nilai absolut dari suatu bilangan
RADIANS (sudut)	Menyatakan nilai sudut dalam sebuah lingkaran
SIN (<i>number</i>)	Menghitung nilai Sinus dari sebuah nilai sudut
COS(<i>number</i>)	Menghitung nilai Cosinus dari sebuah nilai sudut
TAN (<i>number</i>)	Menghitung nilai Tangen dari sebuah nilai sudut
DEGREES (<i>angle</i>)	Mengembalikan sudut dalam derajat
ASIN (<i>number</i>)	Menghitung ArcSin sebuah nilai
ACOS (<i>number</i>)	Menghitung ArcCos sebuah nilai
ATAN (<i>number</i>)	Menghitung ArcTangen sebuah nilai
SQRT (<i>number</i>)	Menghitung akar kuadrat dari sebuah nilai
POWER(<i>number</i> , pangkat)	Menghitung angka dalam pangkat tertentu

Tabel 3. 3 Fungsi Matematika dan Trigonometri

2) Fungsi Logika

Fungsi ini digunakan untuk seleksi sesuai kriteria yang dimasukkan, sehingga menghasilkan nilai *false* atau *true*.

Fungsi	Keterangan
IF(logika; jika benar; jika salah)	Jika
OR(logika1; logika2;....)	Atau
AND(logika1; logika2;....)	Dan

Tabel 3. 4 Fungsi Logika

⁷ Tim Peneliti dan Pengembangan Wahana Komputer...,156.

C. Macro Excel VBA

1. Mengetahui Macro VBA

Macro Excel dan VBA adalah dua hal yang berbeda, meskipun keduanya terkait satu sama lain sering kali kita menyamaartikan keduanya. Terkadang ada yang menyebutnya VBA, kadang disebut macro dan dilain waktu disebut VBA macro atau macro VBA.

Macro adalah suatu rangkaian instruksi yang dengannya dapat melakukan sesuatu yang Anda inginkan di Excel secara otomatis.⁸ Sehingga pekerjaan lebih cepat dan lebih efisien dengan adanya macro. Sedangkan VBA kepanjangan dari *Visual Basic for Application* merupakan bahasa pemrograman yang digunakan dengan aplikasi Microsoft Office seperti Ms. Excel, Ms. Word, dan Ms. Access, biasanya dalam Excel digunakan untuk membuat sebuah macro. VBA berakar dari bahasa pemrograman BASIC dan serupa dengan bahasa Visual Basic 6.⁹

Macro VBA merupakan salah satu fitur yang tersembunyi dalam Microsoft Excel, secara *default* macro VBA tidak dapat diakses dalam Microsoft Excel. Oleh karena itu, perlu diaktifkan melalui pengaturan developer agar macro VBA dapat diakses. File excel yang menggunakan macro VBA disimpan dalam format “.xlsm” agar pemrograman menggunakan VBA dapat tersimpan.

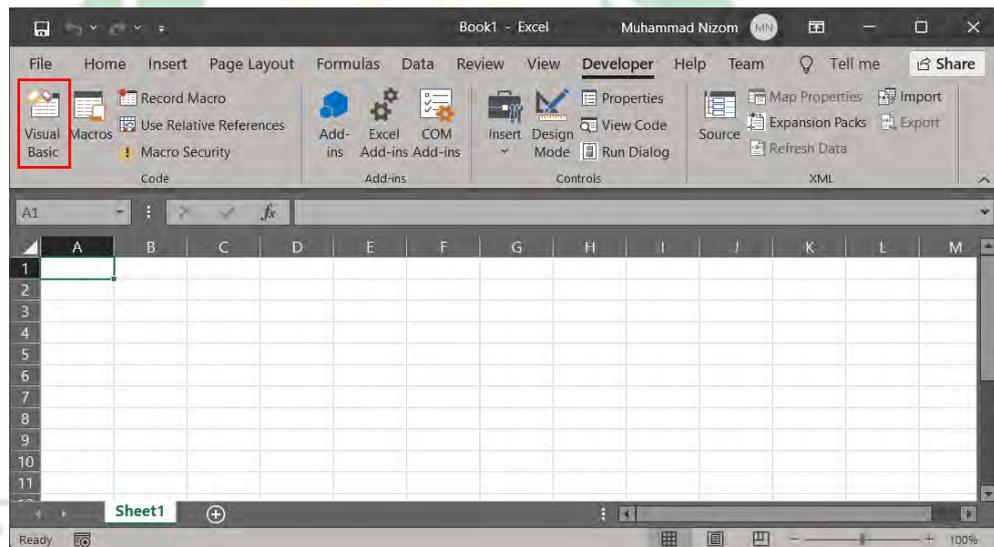
⁸ Christopher Lee, *Belajar Excel Macro VBA Step-by-Step* (Jakarta: Elex Media Komputindo, 2016), 2.

⁹ B. Herdi Sirenden and Ester Laekha, *Dasar-Dasar VBA Excel* (Jakarta: Elex Media Komputindo, 2018).

Macro VBA merupakan salah satu fitur yang diperlukan untuk melakukan pemrograman gerhana bulan metode besel algoritma Jean Meeus. Fitur ini membantu untuk melakukan perhitungan algoritma Jean Meeus yang memiliki banyak koreksi di dalamnya. Dengan adanya fitur ini, perhitungan Jean Meeus dapat dibuat dalam fungsi khusus.

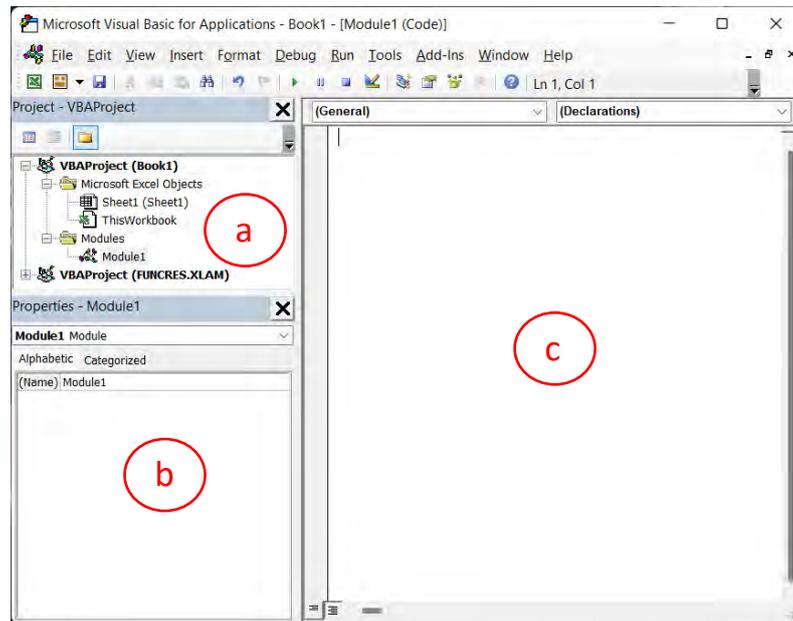
2. Lembar kerja VBE (*Visual Basic Editor*)

Lembar kerja VBE terdapat dalam menu Developer pada Tab Menu Ribbon. Lalu pilih Visual Basic pada ribbon paling kiri. Seperti pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Ribbon VBE

Setelah membuka ribbon visual basic maka akan muncul VBE (*Visual Basic Editor*) yang akan terlihat seperti gambar 3.5



Gambar 3. 5 Visual Basic Editor

Keterangan :¹⁰

- a. Jendela Project Explorer : Menampilkan semua lembar kerja, add-in, modules, user forms dan classes yang terbuka.
- b. Jendela Propertis : Menampilkan, mengedit property dari berbagai komponen seperti lembar kerja, buku kerja dan form kontrol.
- c. Jendela Kode : Lembar kerja untuk menuliskan kode pemrograman.

3. Tata Bahasa VBA

Banyak sekali sintaks yang dimiliki oleh VBA. Berikut beberapa sintaks yang dibutuhkan untuk pemrograman gerhana bulan metode besel algoritma Jean Meeus.

¹⁰ Lee, *Belajar Excel Macro VBA Step-by-Step...*, 20-21.

a. Variabel

Variabel adalah tempat untuk menyimpan data di memori, yang dapat dipanggil kembali, diubah atau tetap sama selama fungsi, prosedur tersebut dieksekusi.¹¹

Dim (nama_variabel) **As** (tipe_variabel)

Dim : Pernyataan untuk mendeklarasikan variabel.

Nama variabel : nama untuk menyimpan data.

Tipe variabel : tipe sesuai data yang di-input.

b. Tipe Data

Dalam VBA perlu mendeklarasikan tipe data yang akan digunakan. Ada beberapa tipe data yang perlu diketahui yakni untuk perhitungan gerhana bulan.¹²

Tipe Data	Keterangan
Integer	Data bilangan bulat
Double	Data bilangan pecahan untuk perhitungan lebih detail
Boolean	Data yang memiliki dua nilai <i>true</i> atau <i>false</i>
String	Data berupa huruf alfabet
VARIANT	Dapat digunakan semua tipe data

Tabel 3. 5 Tipe Data

c. Operator

Operator aritmetika dan perbandingan yang digunakan dalam VBA tidak jauh berbeda dengan operator yang digunakan pada Excel. Operator (=) selain digunakan untuk perbandingan, dalam VBA digunakan untuk menyimpan data dalam variabel. Contoh penggunaannya sebagai berikut.

¹¹ Ibid, 85.

¹² Sirenden and Lackha, *Dasar-Dasar VBA Excel...*, 38.

nama_variabel = data_input

d. Fungsi

Fungsi logika dan matematika yang digunakan dalam VBA hampir sama dengan fungsi yang diterapkan dalam Excel, akan tetapi beda dalam penulisannya. Untuk fungsi matematika diawali dengan “Math.” Contoh penulisannya seperti **Math.Sin** dan seterusnya. Penggunaan fungsi math tidak dapat diterapkan dalam semua fungsi matematika dan trigonometri. Oleh karena itu, perlu memanggil fungsi worksheet dalam Excel dengan cara.¹³

Application.WorksheetFunction. (fungsi yang dipanggil)

Contoh penggunaan :

Application.WorksheetFunction.Radians (*number*)

Penggunaan fungsi logika “ If ” dalam VBA memiliki tiga jenis yakni logika If tunggal, If majemuk atau bersarang dan iif. If tunggal dapat digunakan jika hanya terdapat satu evaluasi atas kondisi yang diinginkan. Penggunaan if tunggal dapat dilakukan sebagai berikut¹⁴ :

Contoh :

If <Kondisi> Then

<Perintah>

End IF

¹³ Lee, *Belajar Excel Macro VBA Step-by-Step...*, 80.

¹⁴ Ibid, 109.

If majemuk atau bersarang dapat digunakan jika terdapat lebih dari satu kondisi yang perlu dievaluasi dan dijalankan sesuai urutan kondisi yang logis. Penggunaan If majemuk atau bersarang dapat dilakukan sebagai berikut.¹⁵

Contoh :

```
If <Kondisi 1> Then
  <Perintah>
ElseIf <Kondisi 2> Then
  <Perintah>
End if
```

Penggunaan logika iif digunakan sama dengan penggunaan logika “ if ” pada lembar kerja Excel. Berikut penulisan penggunaan logika iif pada VBA

Contoh :

```
Iif(<Logika_test>, <perintah_jika_benar>, <perintah_jika_benar>)
```

4. Prosedur Sub atau Subroutine

Subroutine atau Prosedur sub merupakan sekelompok kode baris program yang digunakan untuk mengerjakan suatu tindakan atau perhitungan. Penulisan prosedur sub diikuti dengan daftar parameter dan di akhiri dengan end.¹⁶ Prosedur sub memiliki beberapa jenis, akan tetapi dalam pembuatan katalog gerhana bulan hanya diperlukan prosedur sub berjenis prosedur function.

¹⁵ Ibid, 113.

¹⁶ Ibid, 148-149.

Prosedur function digunakan untuk membuat fungsi public baru yang dapat dijalankan dalam lembar kerja Excel. Untuk membuat fungsi public diawali dengan prosedur sub sebagai berikut.

```
Public function <nama_fungsi>(ByVal <varriabel_data_input> As
<tipe_data >) As <tipe_data_fungsi>
```

```
.....
End function
```

Keterangan¹⁷ :

ByVal : sebagai parameter untuk memanggil argumen berdasarkan nilai.

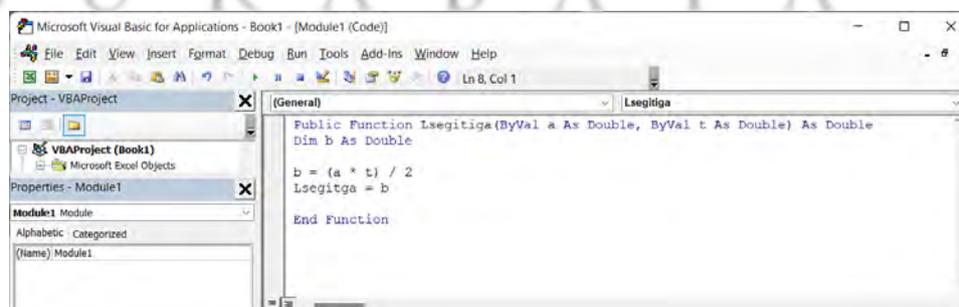
As : untuk menyatakan variabel berdasarkan tipe data yang di inginkan.

5. Membuat Fungsi Public dengan macro VBA

Kegunaan fitur macro dalam pemrograman gerhana bulan yakni membuat fungsi khusus untuk melakukan perhitungan. Pembuatan fungsi dengan macro VBA diawali penulisan prosedur sub.

Contoh :

Pembuatan fungsi luas segitiga sama kaki menggunakan macro VBA. Rumus luas segitiga $(a \times t) / 2$ maka penulisannya seperti gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Contoh pembuatan fungsi public

¹⁷ Ibid.

Sehingga untuk menggunakan fungsi luas segitiga dalam Microsoft Excel dapat dilakukan dengan cara “ = Lsegitiga(alas, tinggi)”.

Fungsi yang telah dibuat dalam VBA bersifat public sehingga fungsi yang telah dibuat juga dapat dijalankan di lembar kerja VBA. Untuk keperluan pembuatan program katalog gerhana bulan, penulis membuat fungsi perhitungan algoritma Jean Meeus diantaranya sebagai berikut :

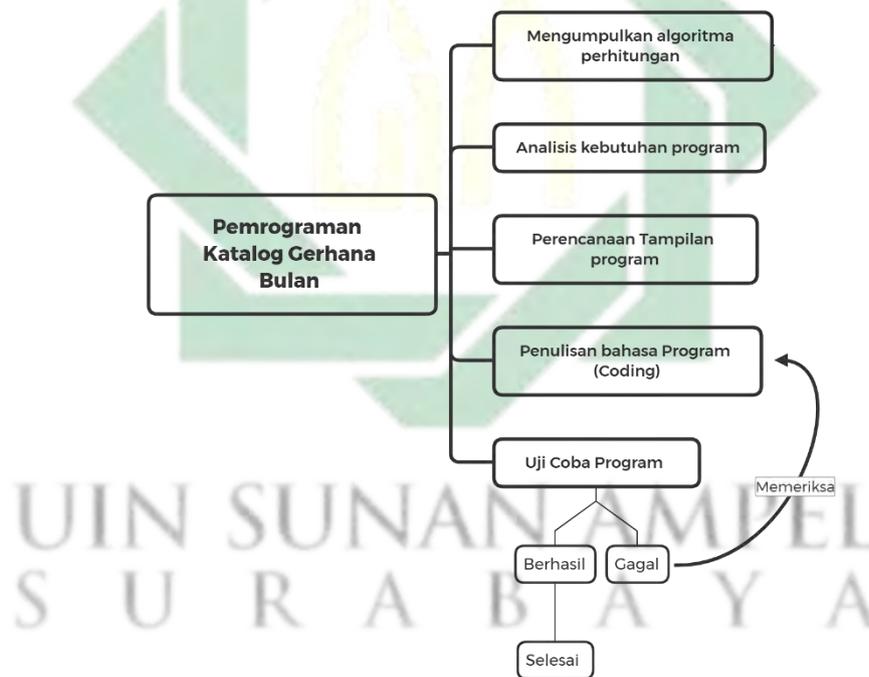
Fungsi	Keterangan
Julianday (tanggal, bulan, tahun, jam)	Untuk menghitung Hari Julian
JDE(Julian Day)	Untuk menghitung Harijulia Ephimeris
DeltaT(JDE)	Untuk menghitung ΔT
Nutasi(JDE)	Untuk menghitung nutasi pada bujur
Obliquity (JDE)	Untuk menghitung <i>obliquity</i>
Bujurbulan(JDE)	Untuk menghitung bujur bulan
Lintangbulan(JDE)	Untuk menghitung lintang bulan
Jarakbulan(JDE)	Untuk menghitung jarak bulan
Aksensiorektabulan(JDE)	Untuk menghitung aksensiorekta bulan
Deklinasibulan(JDE)	Untuk menghitung deklinasi bulan
SDBulan(JDE)	Untuk menghitung Semi diameter bulan
HPBulan(JDE)	Untuk menghitung Horizontal paralaks Bulan
Bujurmatahari(JDE)	Untuk menghitung bujur matahari
Lintangmatahari(JDE)	Untuk menghitung lintang matahari
Jarakmatahari(JDE)	Untuk menghitung jarak matahari
Aksensiorektamatahari(JDE)	Untuk menghitung aksensiorekta matahari
Deklinasimatahari(JDE)	Untuk menghitung deklinasi matahari
SDMatahari(JDE)	Untuk menghitung Semi diameter matahari
HPMatahari(JDE)	Untuk menghitung Horizontal paralaks matahari

Tabel 3. 6 Pembuatan fungsi program gerhana bulan

BAB IV
PEMROGRAMAN EXCEL KATALOG GERHANA BULAN METODE
BESSEL ALGORITMA JEAN DAN PENGUJIAN PROGRAM

A. Pemrograman Excel Katalog Gerhana Bulan Metode Bessel Algoritma Jean Meeus

Tahapan atau langkah-langkah pembuatan Program Katalog gerhana bulan Metode Bessel Algoritma Jean Meeus dengan Microsoft Excel secara garis besar dapat digambarkan dengan diagram alir sebagai berikut :



Gambar 4. 1 Tahapan Pemrograman Katalog Gerhana Bulan

Berdasarkan Gambar diatas, pemrograman Katalog Gerhana Bulan memiliki lima tahapan. Dimana penjelasan dan rincian pada masing-masing tahapan sebagai berikut :

1. Pengumpulan Algoritma Perhitungan

Pada tahap ini penulis mengumpulkan data berupa rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan gerhana bulan metode besel algoritma Jean Meeus, serta data-data awal yang diperlukan dalam perhitungan seperti tanggal dan T_0 gerhana untuk dimasukkan dalam *database* (lembar kerja Excel digunakan untuk menyimpan data dan perhitungan gerhana sebelum ditampilkan). Pengumpulan data ini telah dilakukan penulis dalam pembahasan bab II tentang perhitungan gerhana bulan metode besel algoritma Jean Meeus.

2. Analisis Kebutuhan Program Katalog Gerhana Bulan

Pembuatan program gerhana bulan memerlukan dua lembar kerja Excel. Dimana dalam lembar kerja pertama dijadikan sebagai tempat penyimpanan data dan perhitungan gerhana bulan sebelum ditampilkan. Sedangkan lembar kerja Excel kedua untuk menampilkan hasil perhitungan gerhana bulan dalam bentuk tabel.

Program yang dibuat oleh penulis memiliki beberapa fitur secara fungsional dan kebutuhan spesifikasi untuk menjalankan program.

a. Fitur-fitur Program Katalog Gerhana Bulan

Program yang dibuat oleh penulis memiliki beberapa fitur yang disuguhkan untuk pengguna. Adapun fitur-fitur sebagai berikut :

- 1) Program katalog gerhana bulan mampu menampilkan perhitungan kontak-kontak gerhana seperti; Awal Penumbra, Awal Umbra, Awal Total, Tengah Gerhana, Akhir Total, Akhir

Umbra, Akhir Penumbra, Durasi Penumbra, Durasi Umbra, Durasi Total dan Jenis Gerhana.

- 2) Menampilkan hasil perhitungan Magnitude Penumbra, Magnitude Umbra, Radius Penumbra, dan Radius Umbra.
 - 3) Mampu menampilkan perhitungan gerhana pada tahun yang diinput oleh pengguna.
 - 4) Mampu menampilkan Elemen Bessel Gerhana Bulan untuk perhitungan gerhana pada tahun yang diinput.
 - 5) Mampu menghitung gerhana bulan mulai dari tahun 610 M sampai 3000 M.
 - 6) Program Gerhana Bulan dapat dijalankan hampir di semua sistem komputer yang memiliki software Microsoft Excel.
- b. Spesifikasi yang dibutuhkan untuk menjalankan program

Untuk memberikan kenyamanan pengguna dalam menggunakan program katalog gerhana bulan, dibutuhkan beberapa spesifikasi *software* dan *hardware* yang memadai. Adapun spesifikasinya sebagai berikut :

- 1) *Software* yang digunakan tidak jauh dari versi yang digunakan penulis Microsoft Excel 2019, minimal Microsoft Excel versi 2007. Perbedaan versi yang terlalu menyebabkan file Excel berganti format menjadi kompatibilitas, dalam format ini Excel secara otomatis akan menyesuaikan fitur Excel pada semua versi. Sehingga fitur-fitur Excel terbaru tidak dapat dipakai, hal ini

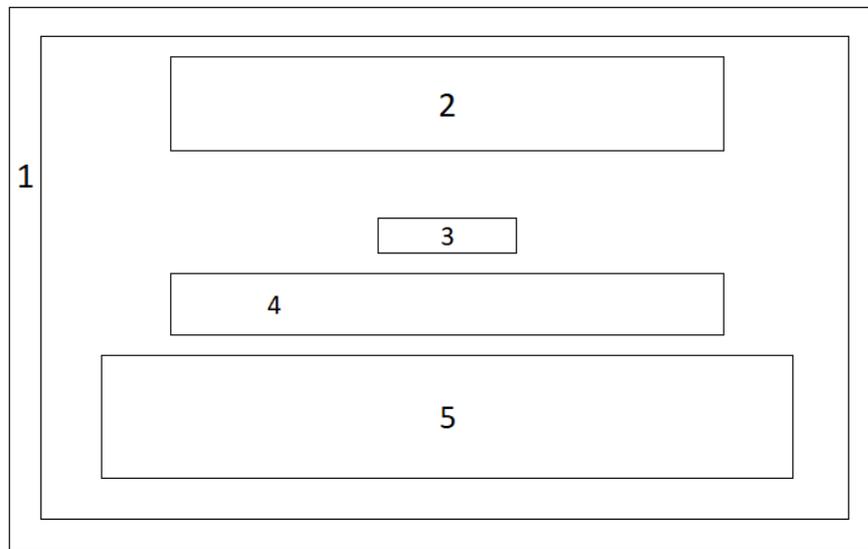
mempengaruhi fungsionalitas fungsi-fungsi yang digunakan penulis untuk pembuatan program gerhana.

- 2) Spesifikasi *hardware* yang disarankan penulis untuk menjalankan program katalog gerhana minimal RAM 2 GB (*Random Acces Memory*), Ruang kosong Hardisk minimal 4 GB, dan prosesor yang kinerjanya cepat seperti Intel Core 2 ke atas. Agar dalam membuka file program katalog gerhana tidak terlalu berat untuk mengaksesnya.
- 3) Sebelum menjalankan program katalog gerhana bulan, pengguna harus mengaktifkan terlebih dahulu fitur macro VBA pada Microsoft Excel. Agar fungsi yang dibuat menggunakan macro VBA dapat dijalankan sebagaimana mestinya.

3. Perencanaan Tampilan Program

Tahapan perencanaan tampilan yang dilakukan penulis yakni membuat sketsa tampilan awal (*interface*) program, karena dalam sebuah program tampilan awal adalah hal yang penting agar mudah dimengerti untuk dijalankan oleh pengguna.

Tampilan *Interface* dibuat oleh penulis sesederhana mungkin hal ini bertujuan agar pengguna dapat mudah memahami penggunaan program dan dapat memahami informasi yang akan ditampilkan dalam sebuah program. Tampilan *interface* program gerhana bulan dapat digambarkan dalam sketsa sebagai berikut :



Gambar 4. 2 Interface Program Katalog Gerhana Bulan

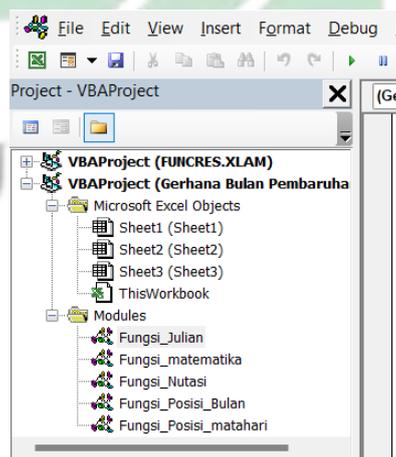
Pada tampilan *interface* program katalog gerhana bulan terdiri dari lima bagian. Adapun penjelasannya sebagai berikut :

- a. Nomor 1 : Sel yang dijadikan bingkai atau *frame* yang berfungsi untuk batas program katalog gerhana bulan pada lembar kerja Excel.
- b. Nomor 2 : Sel yang berisi Judul atau Nama program katalog gerhana bulan.
- c. Nomor 3 : Sel yang berfungsi untuk meng-input nilai tahun yang ingin ditampilkan perhitungannya.
- d. Nomor 4 : Sel yang akan menampilkan Elemen Bessel untuk perhitungan gerhana bulan.
- e. Nomor 5 : Sel yang akan menampilkan hasil perhitungan gerhana bulan.

4. Penulisan Bahasa Program (*Coding*)

Penulisan Bahasa program merupakan salah satu langkah yang akan dilakukan oleh penulis untuk membuat program Katalog Gerhana Bulan. Penulisan bahasa program yang akan dilakukan penulis ada yang menggunakan macro VBA dan ada yang langsung menggunakan Excel.

Pemrograman menggunakan macro VBA yang dilakukan penulis untuk membuat fungsi dari perhitungan Algoritma Jean Meeus, dikarenakan dalam algoritma ini memiliki banyak koreksi di dalamnya. Oleh karena itu pemrograman akan lebih efisien jika dibuatkan fungsi algoritma tersebut, seperti yang telah dibahas dalam bab III. Penulisan bahasa program VBA terbagi menjadi beberapa modul dan setiap modul tersebut berisi beberapa bahasa program dari fungsi algoritma Jean Meeus. Modul yang dibuat penulis dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Modul Perhitungan Fungsi Meeus

Adapun rincian dan penjelasan dari beberapa modul tersebut dapat dilihat sebagai berikut :

a. Modul Fungsi Matematika

Pada modul ini berisi tentang singkatan sintaks fungsi matematika yang perlu dipanggil dari Excel, yang sudah dibahas penulis dalam bab III tentang tata bahasa VBA. Penyingkatan fungsi ini bermaksud agar penulisan bahasa program tidak terlalu panjang. Penulisan *coding* pada modul ini tertera pada lampiran ke-1.

b. Modul Fungsi Julian

Pada modul ini berisi tentang *coding* fungsi perhitungan JD, T, JDE, dan Delta T. Untuk penulisan *coding* JD dan Delta T menggunakan fungsi logika iif dan if majemuk karena terdapat parameter kriteria dalam perhitungannya, yang sebagaimana telah dibahas penulis pada bab III. Penulisan *coding* pada modul ini tertera pada lampiran ke-2 sampai ke-8.

c. Modul Fungsi Nutasi

Modul ini berisi tentang *coding* pembuatan fungsi perhitungan Nutasi dan *Obliquity*. Pada penulisan *coding* nutasi dan *obliquity* penulis menggunakan beberapa sintaks fungsi matematika dan trigonometri, yang telah dibahas dalam bab III. *Coding* untuk fungsi Nutasi dan *Obliquity* tertera pada lampiran ke-8 sampai ke-17.

d. Modul Fungsi Posisi Bulan

Modul ini berisi tentang *coding* perhitungan fungsi posisi bulan. Mulai dari lintang tampak bulan, bujur tampak bulan, aksensioekta, deklinasi bulan, horizontal paralaks, jarak bumi bulan

dan semi diameter bulan. Sebagaimana rumus perhitungannya sudah penulis bahas pada bab II. Untuk penulis *coding* menggunakan fungsi matematika dan trigonometri yang sebagaimana telah dibahas dalam bab III. *Coding* fungsi bulan tertera pada lampiran ke-18 sampai ke-27.

e. Modul Fungsi Posisi Matahari

Modul ini berisi tentang perhitungan fungsi posisi matahari. Mulai dari lintang dan bujur tampak matahari, aksensioekta, semi diameter, horizontal paralaks, jarak bumi matahari, dan deklinasi matahari. Sebagaimana rumus perhitungannya sudah penulis bahas pada bab II. Dalam penulisan *coding*, penulis menggunakan beberapa sintaks matematika dan trigonometri yang ada dalam bab II. *Coding* ini tertera dalam lampiran ke-29 sampai ke-47.

Setelah pembuatan fungsi dari algoritma Jean Meeus dengan menggunakan macro VBA. Penulis melakukan perhitungan gerhana metode besel dalam lembar kerja Microsoft Excel. Berikut tahapan perhitungan yang dilakukan penulis :

a. Menghitung Elemen Bessel

Perhitungan elemen besel langsung dari lembar kerja Microsoft Excel tanpa perlu dibuat fungsi khusus menggunakan macro VBA. Adapun elemen besel yang dihitung x , y , L_1 , L_2 , dan L_3 , sebagaimana rumus perhitungan tertera pada bab II. *Coding* perhitungan ini terlampir pada lampiran ke-47.

- b. Menghitung waktu gerhana dan kontak-kontak gerhana

Coding perhitungan ini tertera pada lampiran ke-49 sebagaimana rumus perhitungan sudah dibahas oleh penulis pada bab II.

B. Pengujian Katalog Gerhana Bulan Metode Bessel Algoritma Jean Meeus

Pengujian katalog gerhana bulan menggunakan dua metode yakni dengan metode evaluasi dan verifikasi. Metode evaluasi bertujuan untuk memastikan program dapat berjalan dengan baik dan dapat menampilkan hasil perhitungan. Sedangkan metode verifikasi bertujuan untuk menguji tingkat keakuratan program.

1. Uji Evaluasi program katalog gerhana bulan metode bessel algoritma Jean Meeus

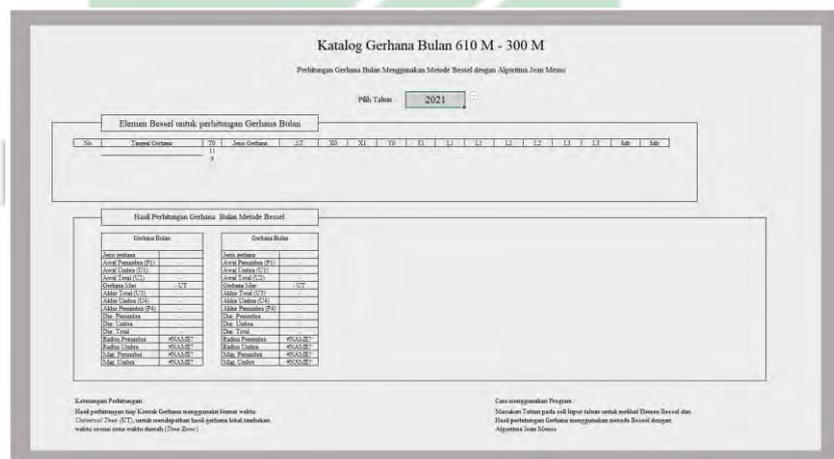
Uji evaluasi yang dilakukan pada kali ini bermaksud untuk memastikan program katalog gerhana bulan dapat berjalan. Peneliti akan mencoba menjalankan program katalog gerhana bulan dan akan menjelaskan cara penggunaannya.

Langkah-langkah yang akan dilakukan untuk menguji program katalog gerhana bulan sebagai berikut :

- a. Memasukkan nilai tahun pada sel nomor 3 seperti pada gambar tampilan *interface* katalog gerhana bulan. Tahun yang bisa diinput antara 610 M sampai 3000 M, karena program hanya menyediakan

menyebabkan hilangnya fungsionalitas sintaks yang digunakan dalam program katalog gerhana bulan.

- c. Program ini memberikan informasi hasil perhitungan gerhana seperti; 1) perhitungan kontak-kontak gerhana (awal dan akhir penumbra, umbra, dan total), 2) Elemen Bessel yang digunakan untuk perhitungan gerhana, 3) Durasi penumbra, umbra dan total, 4) Magnitude dan radius umbra dan penumbra, 5) mampu menghitung gerhana mulai tahun 610 M sampai 3000 M, 6) dan tersedia catatan untuk menggunakan program katalog gerhana.
- d. Adapun kekurangan yang dimiliki program katalog gerhana bulan. Program ini menggunakan beberapa fitur macro VBA yang memiliki format file “.xlsm”, apabila format file tersebut terganti maka rumus yang sudah dibuat pada program akan hilang.



Gambar 4. 5 Contoh Tampilan program katalog gerhana bulan Error

Gambar 4.5 menunjukkan program katalog gerhana tidak dapat menampilkan hasil perhitungan gerhana bulan. Hal ini dikarenakan program kehilangan fungsionalitas yang telah digunakan dalam

perhitungan. Pada gambar tersebut penulis melakukan uji coba untuk menjalankan program pada software Microsoft Excel versi lama dan Microsoft Excel yang tidak mengaktifkan fitur macro VBA pada Excel.

2. Uji Verifikasi program katalog gerhana bulan metode besel menggunakan algoritma Jean Meeus

Uji Verifikasi bertujuan untuk menguji seberapa efektif perhitungan gerhana metode besel algoritma Jean Meeus menggunakan program dengan perhitungan manual. Uji verifikasi yang akan dilakukan penulis akan menghitung terjadinya gerhana. Dimana perhitungan gerhana dalam pengujian akan diambil secara acak. Contoh menghitung gerhana bulan pada tanggal 16 Mei 2022 dengan T0 pukul 4.¹

Berikut proses pengujian gerhana bulan pada tanggal 16 Mei 2022 dengan perhitungan manual dan program :

- a. Menghitung JD, JDE dan T

$$T0 \text{ JD} = 1720994.5 + \text{Int}(365.25 \times Y \dots) = 2459715.667$$

$$T1 \text{ JD} = 1720994.5 + \text{Int}(365.25 \times Y \dots) = 2459715.708$$

$$T0 \text{ JDE} = \text{JD} + (\Delta T \div 86400) = 2459715.668$$

$$T1 \text{ JDE} = \text{JD} + (\Delta T \div 86400) = 2459715.709$$

$$T0 \text{ T} = (\text{JDE} - 2451545) / 36525 = 0.2237$$

$$T1 \text{ T} = (\text{JDE} - 2451545) / 36525 = 0.2237$$

- b. Menghitung Nutasi dan *Obliquity*

$$T0 \text{ Nutasi} = (\sum \Delta\psi / 10000) / 3600 = -0.004122$$

¹ Espenak and Meuss, *Five Millennium Catalog ...*, 120.

$$T1 \text{ Nutasi} = (\sum \Delta\psi / 10000) / 3600 = -0.004121$$

$$T0 \ \varepsilon = ((\sum \Delta\varepsilon / 10000) / 3600) + \varepsilon_0 = 23.437885$$

$$T1 \ \varepsilon = ((\sum \Delta\varepsilon / 10000) / 3600) + \varepsilon_0 = 23.437884$$

c. Menghitung posisi matahari

1) Menghitung Jarak matahari

$$T0 \ R_m = (R_0 T + R_1 T + R_2 T^2 + R_3 T^3 + R_4 T^4) / 10^8 = 1.01095564$$

$$T1 \ R_m = (R_0 T + R_1 T + R_2 T^2 + R_3 T^3 + R_4 T^4) / 10^8 = 1.01096457$$

2) Menghitung Bujur Matahari

$$T0 \ \lambda_m = \Delta\theta - (20''.4898) / R_m + \text{Nutasi} = 55^\circ 17' 25.80''$$

$$T1 \ \lambda_m = \Delta\theta - (20''.4898) / R_m + \text{Nutasi} = 55^\circ 19' 50.37''$$

3) Menghitung Lintang Matahari

$$T0 \ \beta_m = \beta_0 + \Delta\beta = 00^\circ 00' 00.01''$$

$$T1 \ \beta_m = \beta_0 + \Delta\beta = 00^\circ 00' 00.01''$$

4) Menghitung aksensioekta matahari

$$T0 \ \tan \alpha = (\sin \lambda_m \cos \varepsilon - \tan \beta_m \sin \varepsilon) / (\cos \lambda_m) = 52^\circ 56' 53.93''$$

$$T1 \ \tan \alpha = (\sin \lambda_m \cos \varepsilon - \tan \beta_m \sin \varepsilon) / (\cos \lambda_m) = 52^\circ 59' 22.47''$$

5) Menghitung Deklinasi Matahari

$$T0 \ \sin \delta_m = \sin \beta_m \cos \varepsilon + \cos \beta_m \sin \varepsilon \sin \lambda_m = 19^\circ 05' 06.79''$$

$$T1 \ \sin \delta_m = \sin \beta_m \cos \varepsilon + \cos \beta_m \sin \varepsilon \sin \lambda_m = 19^\circ 05' 41.41''$$

6) Menghitung Semi diameter Matahari

$$T0 \ S_{d_m} = (959''.63) / R_m = 0^\circ 15' 49.23''$$

$$T1 \ S_{d_m} = (959''.63) / R_m = 0^\circ 15' 49.22''$$

7) Horizontal Paralaks Matahari

$$T0 \pi_m = (8''.794)/R = 0^\circ 00' 08.70''$$

$$T1 \pi_m = (8''.794)/R = 0^\circ 00' 08.70''$$

d. Menghitung Posisi Bulan

1) Menghitung Jarak Bulan

$$T0 R_b = 385\,000.56 + (\sum r)/1000 = 0.002420829$$

$$T1 R_b = 385\,000.56 + (\sum r)/1000 = 0.002420144$$

2) Menghitung Bujur Bulan

$$T0 \lambda_b = L' + (\sum l + \text{koreksi})/10^6 + \text{Nutasi} = 235^\circ 09' 15.75''$$

$$T1 \lambda_b = L' + (\sum l + \text{koreksi})/10^6 + \text{Nutasi} = 235^\circ 46' 16.93''$$

3) Menghitung Lintang Bulan

$$T0 \beta_b = (\sum b + \text{koreksi})/10^6 = -00^\circ 14' 35.12''$$

$$T0 \beta_b = (\sum b + \text{koreksi})/10^6 = -00^\circ 18' 00.44''$$

4) Asensio rekta Bulan

$$T0 \tan \alpha = (\sin \lambda_b \cos \varepsilon - \tan \beta_b \sin \varepsilon) / (\cos \lambda_b) = 232^\circ 44' 47.67''$$

$$T1 \tan \alpha = (\sin \lambda_b \cos \varepsilon - \tan \beta_b \sin \varepsilon) / (\cos \lambda_b) = 233^\circ 22' 02.07''$$

5) Deklinasi Bulan

$$T0 \sin \delta_b = \sin \beta_b \cos \varepsilon + \cos \beta_b \sin \varepsilon \sin \lambda_b = -19^\circ 17' 18.55''$$

$$T1 \sin \delta_b = \sin \beta_b \cos \varepsilon + \cos \beta_b \sin \varepsilon \sin \lambda_b = -19^\circ 29' 28.91''$$

6) Semi diameter Bulan

$$T0 S_{db} = (358\,473\,400)/R_b = 0^\circ 16' 29.85''$$

$$T1 S_{db} = (358\,473\,400)/R_b = 0^\circ 16' 30.13''$$

7) Horizontal Paralaks Bulan

$$T0 \sin \pi_b = 6378.14/R_b = 1^\circ 00' 32.89''$$

$$T0 \sin \pi b = 6378.14/Rb = 1^\circ 00' 33.92''$$

e. Menghitung Elemen bessel

1) Menghitung Sumbu X dan Y

$$T0 \delta_0 = -19^\circ 05' 06.79'' \quad a_0 = 232^\circ 56' 53.93''$$

$$T1 \delta_0 = -19^\circ 05' 41.41'' \quad a_0 = 232^\circ 59' 22.47''$$

$$T0 x = (a_b - a_0) \cos \delta_m = -0.19042$$

$$T1 x' = (a_b - a_0) \cos \delta_m - x = 0.54644$$

$$T0 y = \delta_b - \delta_0 + \sin(2 \times \delta_0) \times (\sin(a_b - a_0)/2)^2 = -0.2033$$

$$T1 y' = \delta_b - \delta_0 + \sin(2 \times \delta_0) \times (\sin(a_b - a_0)/2)^2 - y = -0.1935$$

2) Menghitung L1,L2,L3 dan Sdb

$$T0 L1 = 1.01 \times (\pi_b + Sd_m + \pi_m - N) + Sd_b = 1.5606$$

$$T1 L1' = 1.01 \times (\pi_b + Sd_m + \pi_m - N) + Sd_b - L1 = 0.00036$$

$$T0 L2 = 1.01 \times (\pi_b - Sd_m + \pi_m + N) + Sd_b = 1.03279$$

$$T1 L2' = 1.01 \times (\pi_b - Sd_m + \pi_m + N) + Sd_b - L2 = 0.0004$$

$$T0 L3 = 1.01 \times (\pi_b - Sd_m + \pi_m + N) - Sd_b = 0.48288$$

$$T1 L3' = 1.01 \times (\pi_b - Sd_m + \pi_m + N) - Sd_b - L3 = 0.0002$$

$$T0 Sd_b = \text{semi diameter } T0 = 0.27496$$

$$T1 Sd_b' = \text{semi diameter } T1 - \text{semi diameter } T0 = 0.0001$$

f. Menghitung Puncak Gerhana

$$1) T = - (x x' + y y') / (x^2 + y^2) = 0.1925003$$

$$2) \text{Max} = T_0 + T = 04:11:33$$

g. Menghitung Durasi Gerhana

$$1) L_1 = L1 + L1' \times T = 1.560692$$

$$2) L_2 = L2 + L2' \times T = 1.033528$$

$$3) L_3 = L3 + L3' \times T = 0.482919$$

$$4) sd_b = Sd_b + Sd_b' \times T = 0.274972$$

$$5) z = \sqrt{((x + x' \times T)^2 + (y + y' \times T)^2)} = 0.255278$$

$$6) k = \sqrt{(x'^2 + y'^2)} = 0.57970$$

$$7) T1 = \sqrt{(L_1^2 - z^2)}/k = 02:39:22$$

$$8) T2 = \sqrt{(L_2^2 - z^2)}/k = 01:43:39$$

$$9) T3 = \sqrt{(L_3^2 - z^2)}/k = 00:42:26$$

$$10) Mag. Penumbra = (L_1 - z) / (2 \times sd_b) = 2.37372$$

$$11) Mag. Umbra = (L_2 - z) / (2 \times sd_b) = 1.41514$$

12) Jika magnitudo Umbra lebih dari 1 atau sama dengan 1 maka terjadi gerhana bulan “Total”. Jika magnitudo Umbra kurang dari 0 maka akan terjadi gerhana bulan “Penumbra”. Jika magnitudo umbra lebih dari 0 dan kurang dari 1 maka akan terjadi gerhana bulan “Parsial”

$$13) Durasi Penumbra = T1 \times 2 = 05:18:43$$

$$14) Durasi Umbra = T2 \times 2 = 03:27:19$$

$$15) Durasi Total = T3 \times 2 = 01:24:51$$

$$16) Radius Penumbra = L_1 \times 2 = 1.285720$$

$$17) Radius Umbra = L_2 \times 2 = 0.758556$$

h. Menghitung Kontak-kontak gerhana

1) Awal gerhana Penumbra (P1)

$$P1 = Max - T1 = 01:32:11$$

2) Awal gerhana Umbra (U1)

$$U1 = Max - T2 = 02:27:54$$

3) Awal Gerhana Total (U2)

$$U2 = Max - T3 = 03:29:07$$

4) Akhir Gerhana Total (U3)

$$U3 = Max + T3 = 04:53:59$$

5) Akhir Gerhana Umbra (U4)

$$U4 = Max + T2 = 05:55:12$$

6) Akhir Gerhana Penumbra (P4)

$$P4 = Max + T1 = 06:50:55$$

7) Kesimpulan :

Hasil perhitungan manual sama dengan hasil perhitungan program.

Gerhana Bulan 16 Mei 2022			
Jenis gerhana	Total		
Awal Penumbra (P1)	01:32:11 UT	Dur. Penumbra	05:18:43
Awal Umbra (U1)	02:27:54 UT	Dur. Umbra	03:27:19
Awal Total (U2)	03:29:07 UT	Dur. Total	01:24:51
Gerhana Max	04:11:33 UT	Radius Penumbra	1.285720
Akhir Total (U3)	04:53:59 UT	Radius Umbra	0.758556
Akhir Umbra (U4)	05:55:12 UT	Mag. Penumbra	2.37372
Akhir Penumbra (P4)	06:50:55 UT	Mag. Umbra	1.41514

Tabel 4. 1 hasil perhitungan gerhana 16 Mei 2022

Penulis juga membandingkan hasil perhitungan metode yang digunakan dalam pemrograman dengan hasil perhitungan dengan

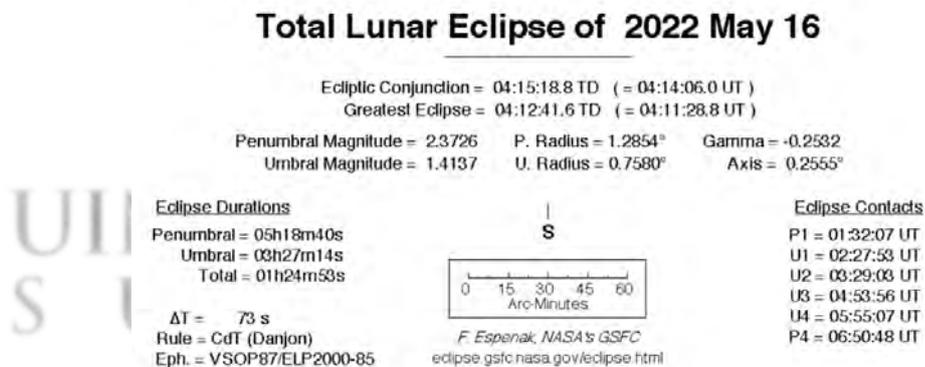
NASA. Berikut perbandingan hasil perhitungan program katalog gerhana bulan dan hasil perhitungan gerhana milik NASA :

a. Hasil Perhitungan Katalog Gerhana Bulan

Gerhana Bulan 16 Mei 2022 Syawal 1443	
Jenis Gerhana	Total
Awal Penumbra (P1)	01:32:11 UT
Awal Umbra (U1)	02:27:54 UT
Awal Total (U2)	03:29:07 UT
Gerhana Max	04:11:33 UT
Akhir Total (U3)	04:53:59 UT
Akhir Umbra (U4)	05:55:12 UT
Akhir Penumbra (P4)	06:50:55 UT
Dur. Penumbra	05:18:43
Dur. Umbra	03:27:19
Dur. Total	01:24:51
Radius Penumbra	1.2857199
Radius Umbra	0.7585560
Mag. Penumbra	2.3737209
Mag. Umbra	1.4151440

Gambar 4. 6 Hasil perhitungan program katalog gerhana bulan

b. Hasil Perhitungan NASA



Gambar 4. 7 Hasil perhitungan NASA

Berdasarkan uji verifikasi yang dilakukan oleh penulis, dapat ditarik kesimpulan bahwa program katalog gerhana bulan sesuai dengan hasil perhitungan manual. Adapun penulis juga membandingkan hasil perhitungan katalog gerhana bulan dengan perhitungan yang dihasilkan

oleh NASA. Penulis membandingkan selisih menit hasil perhitungan program katalog gerhana bulan dengan hasil perhitungan gerhana bulan oleh NASA.

Gerhana	Perhitungan NASA
Awal Penumbra (P1)	0
Awal Umbra (U1)	0
Awal Total (U2)	0
Gerhana Max	0
Akhir Total (U3)	0
Akhir Umbra (U4)	0
Akhir Penumbra (P4)	0
Dur. Penumbra	0
Dur. Umbra	0
Dur. Total	0

Tabel 4. 2 Selisih menit perhitungan NASA

Besar selisih menit perhitungan yang dihasilkan program gerhana bulan dengan NASA terdapat dalam tabel diatas. Dalam tabel tersebut angka nol (0) menunjukkan bahwa hasil perhitungan program katalog gerhana bulan memiliki nilai yang sama. Dalam tabel tersebut tidak menunjukkan bahwa hasil perhitungan gerhana bulan memiliki nilai yang lebih rendah (-) atau hasil perhitungan katalog gerhana bulan lebih tinggi (+).

Berdasarkan tabel diatas perhitungan gerhana pada tanggal 16 Mei 2022, tidak terdapat selisih menit dari hasil perhitungan katalog bulan dengan perhitungan NASA, perbedaan hasil perhitungan hanya selisih dalam satuan detik.

Untuk menguji hasil perhitungan gerhana mulai tahun 610 M sampai 3000 M. Penulis membandingkan rata-rata selisih hasil perhitungan puncak gerhana bulan total, parsial maupun penumbra

dengan metode Bessel menggunakan algoritma Jean Meeus, dengan hasil perhitungan NASA dalam beberapa kurun waktu tahun tertentu. Rata-rata selisih perhitungan dengan NASA cukup bervariasi, adapun rata-rata selisih Hasil perhitungan terdapat dalam tabel 4.9.

Rentang Waktu	Selisih perhitungan
610 - 1000	0:03:01
1001 - 1500	0:01:32
1501 - 2000	00:00:14
2001 - 2500	00:00:17
2501 - 3000	00:02:01

Tabel 4. 3 Rata-rata selisih perhitungan program gerhana bulan metode Bessel menggunakan algoritma Jean Meeus dengan hasil perhitungan NASA

Hasil perhitungan gerhana bulan metode Bessel menggunakan algoritma Jean Meeus memiliki nilai rata-rata selisih yang bervariasi untuk beberapa tahun dengan hasil perhitungan NASA. Dalam tabel di atas dapat diketahui terdapat rata-rata selisih yang paling besar 3 menit dalam dan yang kecil 14 detik dalam kurun waktu beberapa tahun dalam rentang tahun 610 M sampai 3000 M.

Menurut penulis rata-rata selisih hasil yang cukup bervariasi dalam rentang waktu tertentu, disebabkan beberapa hal, diantaranya proses pengumpulan datanya berbeda, proses atau langkah-langkah perhitungannya juga berbeda atau metode perhitungan yang digunakan berbeda dan lain sebagainya.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan penulis dengan judul *Pemrograman Excel Katalog Gerhana Bulan Tahun 610 M Sampai 3000 M Metode Bessel menggunakan Algoritma Jean Meeus*, dapat diambil beberapa kesimpulan, yakni :

1. Pemrograman Excel katalog gerhana bulan dengan metode besel algoritma Jean Meeus secara garis besar dapat terdiri dari beberapa tahap. Berikut langkah-langkah atau tahapan pemrograman :
 - a. Mengumpulkan rumus-rumus perhitungan dan data-data yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan meliputi tanggal dan T0 gerhana.
 - b. Analisis kebutuhan program bertujuan untuk mengetahui spesifikasi *hardware* maupun *software* yang diperlukan untuk menjalankan program.
 - c. Perencanaan tampilan program berisi tentang rancangan bentuk tampilan program yang akan pertama kali dilihat oleh pengguna.
 - d. Penulisan bahasa program (*coding*) dan melakukan pengujian. Apabila ada kesalahan atau kekeliruan maka diperbaiki terlebih dahulu *coding* program.

2. Uji Evaluasi dan Verifikasi program Excel katalog gerhana bulan dengan metode besel algoritma Jean Meeus memiliki beberapa kesimpulan, diantaranya :

- a. Hasil uji evaluasi program Excel katalog gerhana bulan memiliki beberapa kesimpulan, yakni : 1) Program katalog gerhana bulan dapat dijalankan hampir di setiap sistem komputer yang sudah terinstal *software* Microsoft Excel, 2) Untuk membuka file program katalog gerhana harus dengan *software* Microsoft Excel minimal versi 2007. Agar file tidak berubah ke mode kompatibilitas yang bisa menyebabkan file kehilangan fungsionalitas sintaks yang digunakan dalam perhitungan gerhana bulan.
- b. Hasil uji verifikasi program katalog gerhana bulan menghasilkan kesimpulan bahwa hasil perhitungan program katalog gerhana bulan sudah sesuai dengan perhitungan manual dan jika dibandingkan perhitungan dengan NASA, memiliki rata-rata selisih yang bervariasi dalam beberapa rentang waktu tahun.

B. Saran

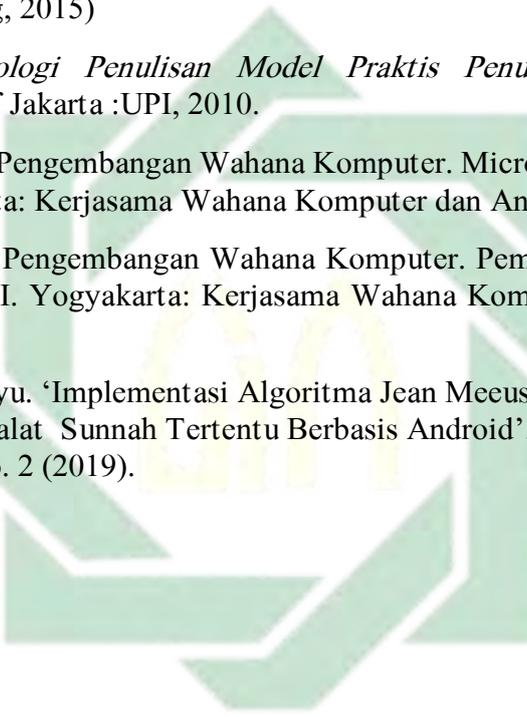
Selepas melakukan penelitian tentang pemrograman katalog gerhana bulan metode besel menggunakan algoritma Jean Meeus, penulis memiliki saran untuk ke depannya, yakni : agar eksistensi Ilmu Falak terus dikenal oleh masyarakat modern. Penulis berharap ilmu falak mampu mengembangkan program ini menggunakan perhitungan yang terjaga keakuratannya dan menampilkan lebih banyak informasi terkait gerhana.

DAFTAR PUSTAKA

- 'Jean Meeus'. In Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas, 27 November 2021.
https://id.wikipedia.org/w/index.php?title=Jean_Meeus&oldid=19473014.
- Abdillah, Yusrifal Fais. *Algoritma Pemrograman Gerhana Bulan Metode Al-Durr Al-Aniq Menggunakan Software Visual Basic 6.0*. Surabaya : UIN Sunan Ampel, 2019.
- Adin, Abu Zar bin. 'Shalat Gerhana Matahari Dan Bulan (Studi Komperatif Menurut Hanafiyah Dan Syafi'iyah)'. Skripsi: UIN Jambi, 2018.
- Afif. Miftach Rizcha. *Akurasi Perhitungan Gerhana Bulan Menurut Jean Meeus Menggunakan Software Matlab*. Surabaya: UIN Sunan Ampel, 2019.
- Akbar, Reza. 'Perhitungan Data Ephemeris Koordinat Matahari Menggunakan Algoritma Jean Meeus Higher Accuracy dan Keterkaitannya Dengan Pengembangan Ilmu Falak'. *Jurnal Ilmiah Islam Futura*, Vol.16, No. 2 (2017).
- Al Hajjaj, Abu Husain Muslim bin, "Shahih Muslim", Juz I, (Beirut: Dar' al-Fikr)
- Al-Bukhari, Muhammad ibn Isma'il. *Sahih Bukhari*. Juz III, Beirut: Dar Al-Fikr.
- An-Nawawi, Muhiyiddin Syaraf. *Al-Majmu' Syahrul Muhazdzab*. (Kairo: Darul Hadits, 2010).
- Anugraha, Rinto. "Mekanika benda Langit" (Yogyakarta: Lab fisika material dan instrumentasi UGM, 2012)
- Arifin, Johar. *Microsoft Excel 2016 Untuk Profesional*. Jakarta: Elex Media Komputindo, 2016.
- Arsyad, Ibrahim. "Algoritma Pemrograman Hisab Ijtimak dan Posisi Bulan Menurut Kitab Thamarat Al-Fikar dengan Aplikasi Microsoft Excel", (Skripsi UIN Sunan Ampel Semarang, 2019).
- Azm, Farid. "Prediksi Pergerakan Bayangan Bumi Saat Terjadi Gerhana Bulan Menggunakan Ephemeris Hisab Rukyat". *al-marshad: jurnal astronomi islam dan ilmu-ilmu berkaitan*. 2018.
- Barmawi, Mira Musrini. *Implementasi Algoritma Jean Meeus dalam Menentukan Waktu Shalat*. *MIND Journal*. Vol. 2, No. 1. 2017.
- Budiman, Edy. *Algoritma Dan Pemrograman*. Samarinda: Universitas Samarinda, 2015.
- Bukhari, Muhamamd Ismail al-. *Sahih Bukhori*. Beirut: Daruul Kitab al-Alamiah, 1992.

- Chauvenet, William. *A Manual Of Spherical And Practical Astronomy*. Vol. 1. London: J.B.Lippincott Company, 1891.
- Dzikry. 2020. *15 Kelebihan dan Kekurangan Microsoft Excel serta Fungsinya*. <https://masdzikry.com/kelebihan-dan-kekurangan-microsoft-excel>, diakses pada tgl 26/4/2021 Pk.18.54.
- Espenak, Freed, and Jean Meuss. *Five Millennium Catalog of Lunar Eclipses: – 1999 to +3000 (2000 BCE to 3000 CE)*. Myrland: Goddard Space Flight Center, 2009.
- Espenak, Freed. ‘Explanation of Besselian Elements for Lunar Eclipses’, 11 February 2021. <http://eclipsewise.com>.
- Farid, Muhammad. ‘Prediksi Pergerakan Bayangan Bumi Saat Terjadi Gerhana Bulan menggunakan Ephemeris Hisab Rukyat’. *Jurnal Ilmu Falak* 3, no. 2 (2019).
- Hayat, Abdul. “Rancangan Aplikasi Kalkulator Ilmu Falak Berbasis Smartphone” *CCIT journal*. Vol.11 No.2. 2018.
- Izzudin, Ahmad. *Ilmu Falak Praktis*. Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012.
- Julkaranain, Muhammad. “Perjuangan Nabi Muhammad SAW Periode Mekkah dan Madinah” *Jurnal Diskursus Islam*. Vol.7, No.1. 2019.
- Ladjamuddin, Al Bahra bin. 2006. *Rekayasa Perangkat Lunak*. (Yogyakarta: Graha Ilmu)
- Lee, Christopher. *Belajar Excel Macro VBA Step-by-Step*. Jakarta: Elex Media Komputindo, 2016.
- M. Himat, Mahim. *Metode Penelitian dalam prespektif Ilmu Komunikasi dan Sastra*. (Yogyakarta: Graha ilmu, 2011)
- Marpaung, Watni. “Pengantar Ilmu Falak edisi pertama”, (Jakarta: Fajar Interpretama mandiri, 2015)
- Meeus, Jean. *Astronomical Algorithms*. 2nd ed. Virginia: Willmann–Bell, 1998.
- Mulyati, Annisa Eki. *Aplikasi Persamaan Bessel Orde Nol Pada Persamaan Panas Dua dimensi*. *Jurnal Fourier*, Vol. 2, No. 2. 2013.
- Rauhillahi, Rizqi. “Analisis Metode Hisab Gerhana Bulan Dalam Kitab Tibyanul Murid ‘Ala Ziihil Jadid Karya Ali Mustofa”. (Skripsi UIN Walisongo Semarang, 2019).
- Rqoyyah, Sitti, Lindah, and Sukma Murni. *Belajar Bangun Ruang Dengan VBA Microsoft Excel*. Purwakarta: Tre Alea Jacta Pedagogie, 2020.
- Sabda, Abu. *Ilmu Falak Rumusan Syar’i Dan Astronomi*. 2nd ed. Bandung: Persis Pers, 2019.

- Satori, Djam'an. Komariah, Aan. *Metodelogi Penulisan Kualitatif*. (Bandung: Alfabeta). 2009.
- Sirenden, B. Herdi, and Ester Laekha. *Dasar-Dasar VBA Excel*. Jakarta: Elex Media Komputindo, 2018.
- Smart, W. M. *Text Book on Spherical Astronomy*. Cambridge University pres Syndicate, 1977.
- Sodik, Ali. "Dasar Metodologi Penelitian". Cet 1 (Yogyakarta: Literasi Media Publishing, 2015)
- Suryani, *Metodologi Penulisan Model Praktis Penulisan Kuantitatif dan Kualitatif*. Jakarta :UPI, 2010.
- Tim Peneliti dan Pengembangan Wahana Komputer. *Microsoft Excel 2010*. Ed. 1. Yogyakarta: Kerjasama Wahana Komputer dan Andi Offset, 2010.
- Tim Peneliti dan Pengembangan Wahana Komputer. *Pemrograman Visual Basic 6.0*. Cet. II. Yogyakarta: Kerjasama Wahana Komputer dan Andi Offset, 2000.
- Wibisono, M. Bayu. 'Implementasi Algoritma Jean Meeus Dalam Penentuan Waktu Shalat Sunnah Tertentu Berbasis Android'. *Jurnal Informatik* , Vol.15, no. 2 (2019).



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A