

**AKURASI PERHITUNGAN GERHANA BULAN MENURUT
JEAN MEEUS MENGGUNAKAN *SOFTWARE* MATLAB**

SKRIPSI

Oleh

Miftach Rizcha Afifi

NIM. C08215010



Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya

Fakultas Syariah Dan Hukum

Jurusan Hukum Perdata Islam

Prodi Ilmu Falak

Surabaya

2019

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Miftach Rizcha Afifi

NIM : C08215010

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

Judul Skripsi : Akurasi Perhitungan Gerhana Bulan Menurut
Jean Meeus Dengan Menggunakan *Software*
Matlab.

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

Surabaya, 20 Mei 2019

Saya yang menyatakan,



Miftach Rizcha Afifi
NIM. C08215010

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi yang berjudul “Akurasi Perhitungan Gerhana Bulan Menurut Jean Meeus Menggunakan Software Matlab” yang ditulis oleh Miftach Rizcha Afifi NIM. C08215010 ini telah diperiksa dan disetujui untuk dimunaqosahkan.

Surabaya, 24 Juli 2019.

Pembimbing



Agus Solikin, S.Pd, M.Si.
NIP.1986081629159310003

PENGESAHAN

Skripsi yang ditulis oleh Miftach Rizcha Afifi NIM. C08215010 ini telah dipertahankan di depan sidang Majelis Munaqasah Skripsi Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Sunan Ampel Surabaya pada hari Rabu, 24 Juli 2019, dan dapat diterima sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program sarjana strata satu dalam Ilmu Syari'ah.

Majelis Munaqasah Skripsi :

Penguji I



Agus Solikin, S.Pd. M.Si.

NIP. 1986081620150310003

Penguji II



Drs. H. Akh. Mukarram, M.hum

NIP. 195609231986031002

Penguji III



A. Mufti Khazin, MHI

NIP. 197303132009011004

Penguji IV



Muh. Sholihuddin, M.HI

NIP. 197707252008011009

Surabaya, 31 Juli 2019

Mengesahkan,

Fakultas Syari'ah dan Hukum

Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya



Dr. H. Masruhan, M.Ag

NIP. 195904041988031033



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 : Miftach Rizcha Afifi
NIM : C08215010
Fakultas/Jurusan : Syariah dan Hukum/Hukum Perdata Islam/ Ilmu Falak
E-mail address : afifrizcha@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan
UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :

AKURASI PERHITUNGAN GERHANA BULAN MENURUT JEAN MEEUS
MENGUNAKAN *SOFTWARE* MATLAB

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, 02 Agustus 2019

Penulis

(Miftach Rizcha Afifi)

ABSTRAK

Skripsi yang berjudul Akurasi Perhitungan Gerhana Bulan Menurut Jean Meeus Dengan Menggunakan *Software* Matlab ini untuk menjawab pertanyaan dalam rumusan masalah yang tertuang dalam skripsi meliputi:1).Bagaimakah perhitungan gerhana Bulan menurut Jean Meeus?. 2).Bagaimanakah langkah-langkah perhitungan gerhana Bulan menurut Jean Meeus menggunakan program (*software*) Matlab?.

Dalam penulisan skripsi ini penulis menggunakan metode studi pustaka (*Library research*) dengan data kualitatif. Berdasarkan data primer astronomical algorithm oleh Jean Meeus (perhitungan awal Bulan Jean Meeus dalam mekanika benda langit oleh P.Rinto yang merupakan terjemah dari astronomical algorithm dari Jean Meeus). Dan didukung dari data sekunder yaitu buku-buku ilmu falak yang membahas tentang perhitungan gerhana Bulan dan literature-literatur *Software* Matlab.

Hasil penelitian menyimpulkan, bahwa Algoritma Jean Meeus perhitungan gerhana Bulan terdapat 39 langkah perhitungan yang di dalamnya antara lain di hitung mulai Julian day gamma dan terakhir pada perhitungan akhir penumbra Secara garis besar dapat disimpulkan bahwa Akurasi Perhitungan Gerhana Bulan menurut Jean Meeus menggunakan software Matlab ini terdapat beberapa langkah antara lain Pengumpulan data; Analisa data untuk perhitungan gerhana Bulan dalam *software* Matlab; Penginputan data; Peng-codingan; Eksekusi dan evaluasi.

Hasil analisa menyimpulkan bahwa perhitungan gerhana Bulan menggunakan algoritma Jean Meeus, baik perhitungan secara manual ataupun menggunakan software Matlab memiliki hasil akhir yang hampir sama.

Saran. Penggunaan *software* Matlab memerlukan memori yang cukup besar sehingga diperlukan laptop/pc/komputer dengan spesifikasi tinggi atau minimal core i3; Sangat diharapkan untuk dilakukan penelitian selanjutnya terhadap penggunaan *software* Matlab untuk perhitungan-perhitungan ilmu falak.

Kata Kunci : Gerhana Bulan, Algoritma Jean Meeus, Matlab.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

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

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

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

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

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

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

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

إِنَّ الشَّمْسَ وَ الْقَمَرَ آيَتَانِ مِنْ آيَاتِ اللَّهِ عَزَّ وَجَلَّ لَا يَحْسِفَانِ لِمَوْتِ أَحَدٍ وَلَا لِحَيَاتِهِ فإِذَا رَأَيْتُمُوهُمَا فَادْعُوا إِلَى الصَّلَاةِ (رواه البخاري و مسلم من عائشة)⁵

Artinya : Sesungguhnya Matahari dan Bulan adalah sebagian dari tanda-tanda (kekuasaan) Allah ‘azza wa jalla. Tiadalah terjadinya gerhana Matahari dan Bulan itu karena matinya seseorang dan juga bukan karena

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

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

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

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

hidup atau kelahiran seseorang, maka apabila kamu melihatnya, segeralah kamu melaksanakan salat. (HR. Bukhari dan Muslim dari A'isyah)⁶

Pada dasarnya fenomena gerhana merupakan peristiwa tertutupnya objek benda langit yang disebabkan oleh benda langit/objek lain yang melintas didepannya atau berada disatu garis bujur astronomis yang sama. Maka dari itu gerhana Bulan akan terjadi pada saat *istiqbal* (oposisi), dimana Bulan berada pada salah satu titik simpul atau di dekatnya, sementara Matahari berada pada jarak bujur astronomi 180° dari posisi Bulan.

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

Gerhana Bulan dapat terjadi 2 sampai 3 kali dalam setahun dan dapat disaksikan disemua tempat yang sedang mengalami malam, meskipun demikian bisa saja dalam satu tahun tidak terjadi gerhana Bulan. Maka dari itu diperlukan alat-alat atau perhitungan untuk memprediksi terjadinya gerhana supaya tidak melewatkan fenomena yang tidak selalu terjadi sewaktu-waktu. Meskipun demikian, dalam realitanya fenomena gerhana terlebih gerhana Bulan ini kurang mendapat perhatian yang khusus oleh

⁶ Imam Abi Abdillah Muhammad bin Ismail ibnu Ibrahim bin al Mughirah bin Bardzabah al Bukhari al Jafi' *L.Shahih Bukhari*...87.

Khulāshāh āl-Wāfiyāh, *Nūrul Ānwār* dan lain sebagainya. Selain mengacu pada kitab-kitab klasik biasanya orang-orang sering menggunakan Microsoft Excel, atau *software* Visual Basic untuk membantu perhitungan mereka.

Akan tetapi ada salah satu metode perhitungan gerhana Bulan yang mudah digunakan namun mempunyai tingkat akurasi yang lumayan tinggi, yaitu algoritma Jean Meeus. Sesungguhnya dalam metode perhitungan ini tidak hanya menghitung gerhana Bulan saja namun jarak antar planet dan perhitungan-perhitungan astronomi lainnya.

Dalam algoritma Jean Meeus perhitungan gerhana Bulan, untuk menentukan terjadinya gerhana Bulan ada 37 langkah perhitungan mulai dari langkah pertama yaitu menentukan perkiraan tahun, menghitung JD (Julian Day) sampai dengan langkah terakhir yaitu menghitung akhir fase penumbra. Yang dimaksud Julian day yaitu Julian day atau hari Julian merupakan hitungan hari yang digunakan oleh para astronom sejak periode Julian. Angka Julian day adalah bilangan bulat yang ditetapkan untuk keseluruhan hari Matahari dalam hari Julian dihitung mulai siang waktu universa, dimana angka 0 pada hari Julian ditetapkan untuk hari terhitung siang pada tanggal 1 Januari 4713 SM kalender Julian atau 24 Noveber 4714 SM kalender Gregorius.

Kemudian dalam penelitian ini algoritma Jean Meeus yang biasa dilakukan dengan menggunakan Microsoft Excel akan dipadukan dengan salah satu software yang populer dikalangan orang saintis namun kurang

1. Bagaimanakah perhitungan gerhana Bulan menurut Jean Meeus?
2. Bagaimanakah langkah-langkah perhitungan gerhana Bulan menurut Jean Meeus menggunakan program Matlab?
3. Bagaimanakah akurasi perhitungan gerhana Bulan algoritma Jean Meeus menggunakan software Matlab dengan perhitungan gerhana Bulan algoritma Jean Meeus manual?

D. Kajian Pustaka

Kajian pustaka merupakan deskripsi ringkas tentang penelitian atau kajian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya yang berkaitan dengan masalah yang akan diangkat oleh penulis, serta menghubungkan penelitian dengan literatur-literatur yang adadan mengisi celah-celah penelitian sebelumnya.¹³ Kemudian isinya nanti dapat dilihat bahwa kajian yang dilakukan oleh penulis bukan merupakan pengulangan atau duplikasi dari kajian atau

[illegible]

4. Skripsi dari Ahmad Maghfur dengan judul *Studi Analisis Hisab Gerhana Bulan dan Matahari dalam kitab Fath al-Rau'uf al-Mannan*. Dalam skripsinya beliau menjelaskan tentang analisa perhitungan gerhana baik Bulan ataupun Matahari dengan pengambilan data dan metode yang dipakai dalam kitab *Fath al-Rauf al-Mannan*. Meskipun kami sama-sama membahas tentang perhitungan gerhana Bulan, terdapat perbedaan antara skripsi beliau dengan apa yang akan penulis bahas yaitu skripsi tersebut mengacu dengan perhitungan kitab *Fath al-Ra'uf al-Mannan* sedangkan penulis mengacu algoritma (software Matlab).¹⁸

¹⁷ Zaenudin Nurjaman, “Sistem Hisab gerhana Bulan analisis Pendapat Kh. Noor Ahmad SS dalam Kitab *Nur al-Anwar*” (Skripsi—IAIN Walisongo, Semarang, 2012)

[illegible]

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan , secara garis besar tujuan dari penelitian ini adalah :

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

- Diharapkan dari hasil penelitian ini dapat memberikan sumbangan (manfaat) secara teoritis, yaitu untuk pengembangan ilmu falak.

[illegible]

2. Aspek praktis

Secara praktis hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi masyarakat tentang perhitungan Gerhana Bulan dan waktu sholat Gerhananya.

G. Definisi Operasional

Definisi Operasional memuat penjelasan tentang pengertian yang bersifat operasional dari konsep atau variabel penelitian sehingga dapat dijadikan acuan dalam menelusuri, menguji atau mengukur variabel yang dibuat dalam penelitian.²⁰ Oleh karena itu sebelum membahas penelitian yang akan diteliti, penulis akan menjelaskan tentang judul penelitian dari permasalahan yang akan dibahas oleh penulis. Hal ini ditujukan agar penelitian ini mudah dipahami oleh pembaca. Adapun judul yang diangkat oleh penulis adalah “Perhitungan Gerhana Bulan Menurut Jean Meeus Menggunakan *Software* Matlab”

Adapun istilah-istilah yang akan digunakan oleh penulis yaitu:

1. Gerhana Bulan

Gerhana Bulan atau dikenal *eclipse* dalam bahasa Inggris atau khusuf dalam bahasa arab merupakan fenomena alam yang disebabkan oleh Bulan, Bumi dan Matahari pada satu garis bujur astronomis yang sama

²⁰ Fakultas Syariah UIN Sunan Ampel Surabaya, *Petunjuk Teknis Penulisan Skripsi*. (Surabaya,2017)9

H. Metode Penelitian

Guna memudahkan proses penelitian diperlukan adanya metode penelitian. Berdasarkan latar belakang diatas penulis menggunakan metode kualiatatif yaitu penelitian yang tidak diperoleh dari prosedur statistik atau bentuk hitungan.²³

1. Jenis penelitian

Untuk jenis penelitian ini penulis menggunakan studi pustaka (*library research*). Metode penelitian kepustakaan ini bersifat deskriptif analitik, aritmatik dan aplikatif, yang bertujuan untuk menganalisa data-data baik yang bersumber dari buku-buku ataupun literatur. Riset/studi pustaka tidak hanya membaca dan mencatat literatur atau buku-buku. Jadi riset pustaka/studi pustaka/studi dokumen merupakan serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data, pustaka, mencatat serta mengolah bahan penelitian.²⁴

Adapun ciri-ciri dari jenis penelitian studi pustaka *pertama* seorang peneliti akan berhadapan langsung dengan teks (*nash*) atau data angka bukan dari pengetahuan langsung yang berasal dari dari lapangan atau saksi mata berupa kejadian orang atau benda lainnya. Sehingga disini perpustakaan adalah laboratorium bagi peneliti yang merupakan bagian utama dari penelitian kepustakaan. *Kedua* data pustaka bersifat siap pakai artinya peneliti tidak perlu pergi kemana-mana layaknya studi lapangan,

²³ Eko Sugiarto, *Menyusun Proposal Penelitian Kualitatif, Skripsi dan Tesis*, (Yogyakarta:Suaka Media 2015)8

²⁴ Mestika Zed, *Metode Penelitian Kepustakaan*, (Jakarta: Yayasan Obor Indonesia), 3.

melainkan hanya berhadapan langsung dengan sumber yang ada di perpustakaan.²⁵

2. Data yang dikumpulkan meliputi

- Data-data perhitungan gerhana Bulan dari Jean Meus;
- Data-data tentang metode perhitungan gerhana Bulan baik dari buku-buku Ilmu falak atau yang lainnya.

3. Sumber data

a. Sumber data primer

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

Sumber data primer ini meliputi:

1. Perhitungan awal bulan Jean Meeus dalam mekanika benda langit oleh P. Rinto (terjemahan Astronomical Algorithm oleh Jean Meeus);
2. Data-data pendukung perhitungan gerhana Bulan.

b. Sumber data sekunder

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

1. Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik oleh Muhyidin Khazin;
2. Ilmu Falak Praktik oleh Kementrian Agama.
- 3.

²⁵ Ibid.

4. Teknik pengumpulan data

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

Metode analisis data merupakan kegiatan yang mempelajari data yang sudah terkumpul dalam penarikan kesimpulan yang merupakan jawaban atas masalah atau pertanyaan yang dapat diangkat dalam penelitian.²⁶

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

²⁶ Irfan Tamwifi, *Metode Penelitian*. (Sidoarjo: CV Intan XII 2014) 240.

b. Tahap pemrograman (*coding*)

Pada tahap ini penulis mulai masuk dalam membuat langkah-langkah perhitungan gerhana Bulan dengan program Matlab atau yang biasa disebut dengan pencodingan.

c. Tahap uji akurasi (evaluasi)

Pada tahap ini penulis akan melakukan eksekusi terhadap perhitungan (*coding-an*) yang telah dibuat sehingga dapat ditarik kesimpulannya.

I. Sistematika Pembahasan

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

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

Bab Kedua Gerhana Bulan Dalam Tinjauan Syariat dan Sains Dalam bab ini membahas landasan teori yang digunakan. Berisi tentang definisi gerhana

Bulan, pengertian gerhana Bulan dalam tinjauan Ilmu Falak, pengertian gerhana Bulan dalam tinjauan Sains (Astronomi).

Bab Ketiga Software Matlab dan Algoritma Perhitungan Gerhana Bulan Jean Meus. Dalam bab ini akan dibahas mengenai biografi Jean Meeus, definisi dari software Matlab, data yang akan digunakan dalam perhitungan (algoritma Jean Meus), perhitungan gerhana Bulan dengan menggunakan *software* Matlab.

Bab Keempat Analisis Perhitungan Gerhana Bulan Jean Meeus dengan Software Matlab. Dalam bab ini akan membahas analisa terhadap algoritma perhitungan Gerhana Bulan menggunakan Matlab.

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

GERHANA BULAN DALAM TINJAUAN SYAR'I DAN ASTRONOMI

Bulan merupakan satelit bumi yaitu, benda langit yang mengorbit suatu planet. Bulan berotasi mengelilingi porosnya dengan kecepatan yang sama seperti halnya bulan mengelilingi atau berevolusi terhadap bumi. Bulan mengelilingi Bumi dalam bidang edar yang berbentuk elips. Lebih ringkasnya Bulan melakukan rotasi sekaligus revolusi dalam bidang edar 360° dengan waktu $27 \frac{1}{3}$ hari.¹ Peredaran Bulan dalam bidang edar 360° ini disebut dengan peredaran Bulan *sideris*. Sedangkan peredaran bulan dari fase 1 ke fase semula (waktu yang ditempuh bulan dari posisi sejajar dengan matahari, bumi dan bulan kembali ke posisi sejajar semula) dengan tempuhan waktu $29 \frac{1}{2}$ hari disebut dengan peredaran Bulan *sinodis*.

Selama Bulan berotasi maupun berevolusi ini mengakibatkan posisi Bulan dan Bumi berubah-ubah terhadap Matahari, hal inilah yang menyebabkan terjadinya perubahan penampakan Bulan yang terlihat dari Bumi yang disebut dengan fase Bulan. Pada saat Bulan menempati posisi paling dekat dengan Matahari, bagian bulan yang menghadap bumi akan gelap, pada fase ini dikenal dengan sebutan Bulan baru. Bulan tetap berputar terus sehingga nampak fase selanjutnya yang dinamakan bulan sabit (*waxing crescent*). Ketika posisi Bumi dan Bulan sama jauhnya dari Matahari maka Bulan akan terlihat setengah penuh (*third quarter*), lalu disambung dengan

20

Adapun yang mengatakan istilah khusuf digunakan untuk penyebutan gerhana Bulan. Pada dasarnya gerhana Bulan dapat diartikan sebagai suatu peristiwa dimana bulan berposisi dengan Matahari yang letaknya berdekatan dengan sumbu bayang-bayang Matahari.⁵

Dalam islam fenomena gerhana Bulan bukan hanya fenomena alam semata yang digunakan untuk penelitian, namun ada nilai religiusnya. Umat Islam meyakini gerhana Bulan tidak ada kaitannya dengan mitos kematian

⁵ *ibid*

atau kelahiran seseorang melainkan merupakan salah satu tanda kekuasaan Allah Swt.

Pada zaman Rasulullah saw pernah terjadi gerhana Matahari dimana kejadian itu tepat pada kematian Ibrahim putra Rasulullah saw. Kejadian ini juga diriwayatkan dalam beberapa hadits shahih, namun hadits-hadist yang diriwayatkan tidak merinci waktu terjadinya gerhana. Ini dapat dimungkinkan karena Rasulullah saw ingin lebih menekankan nilai ibadah atas terjadinya fenomena gerhana.⁶

Sunahnya salat gerhana telah menjadi kesepakatan para ulama dari masa ke masa. Para ulama sepakat bahwa salat gerhana hukumnya sunah muakkad bagi kaum laki-laki ataupun perempuan, dan afdhalnya dilakukan secara berjamaah.⁷

Para ulama menyimpulkan bahwa salat gerhana adalah sunah hukumnya. Imam Nawawi Rahimahullah menyatakan bahwa hukum sunahnya salat gerhana merupakan hasil ijma para ulama. Sebagian ulama bahkan meyatakan bahwasanya salat gerhana sunah yang ditekankan karena Rasulullah Saw melaksanakannya dan memerintahkannya.

Namun disisi lain, karena jarang nya kaum muslimin yang mengenal dan melaksanakan salat gerhana, maka ia mendapatkan keutamaan orang yang menjalankan sunah.⁸

Adapun dasar hukumnya dari keutamaan salat gerhana yaitu:

⁶ Mujab, Syaiful. “Gerhana: Antara Mitos, Sains, dan Islam” *Yudisia*, No. 1 Vol. 5 (Juni, 2014). 84

⁷ Setiyani, “Perspektif Tokoh-Tokoh Ilmu Falak Tentang Fenomena Gerhana Bulan Penumbra dan Implikasinya Terhadap Pelaksanaan Salat Khusuf” (Skripsi- Uin Walisongo, Semarang 2018)

⁸ Ibid.

وَمِنْ آيَاتِهِ اللَّيْلُ وَالنَّهَارُ وَالشَّمْسُ وَالْقَمَرُ ۚ لَا تَسْجُدُوا لِلشَّمْسِ وَلَا لِلْقَمَرِ وَاسْجُدُوا
لِلَّهِ الَّذِي خَلَقَهُنَّ إِن كُنتُمْ إِيَّاهُ تَعْبُدُونَ ﴿٢٢﴾

Artinya” dan sebagian dari tanda-tanda kebesaran-Nya adalah malam, siang, matahari dan Bulan. Janganlah bersujud kepada matahari dan jangan pula kepada bulan, tetap bersujudlah kepada Allah yang menciptakannya jika kamu hanya menyembah kepadanya” (Q.S. 41 Fussilat : 37)⁹

Potongan ayat ini merupakan penjelasan Allah swt terhadap bentuk-bentuk kekuasaannya seperti gerhana Bulan ini. Selain itu dalam ayat ini juga dijelaskan bahwasannya Matahari dan Bulan merupakan salah satu bentuk ciptaan Allah swt bukan untuk disembah oleh manusia¹⁰.

Dalam tafsir Ibnu Katsir menerangkan bahwa Allah swt berfirman untuk mengingatkan hamba-hambanya dengan menjadikan siang dan malam sebagai bukti atas kebesaran-Nya, dan adanya benda-benda langit seperti Bulan, Matahari adalah semata-mata hanya ciptaan Allah swt sehingga tidak patut untuk disembah oleh manusia.¹¹

Ayat ini juga mengandung syariat salat gerhana Bulan dan gerhana Matahari. Hal ini dikarenakan kebiasaan orang-orang Arab yang suka mengaitkan fenomena-fenomena alam seperti gerhana Bulan dan Matahari dengan mitos seperti tanda atau terjadinya kematian atau kelahiran seseorang.¹² Ayat ini juga diperkuat dengan hadist Rasulullah saw yang berbunyi

⁹ Qur'an in word

¹⁰ Setiyani, , “Perspektif Tokoh-Tokoh Ilmu Falak Tentang Fenomena Gerhana Bulan Penumbra dan Implikasinya Terhadap Pelaksanaan Salat Khusus” (Skripsi- Uin Walisongo, Semarang 2018)

¹¹ Murtafdo, Kholid fardan, *posisi matahari, bumi, bulan pada saat gerhana dalam perspektif geometri*, (Skripsi-UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta) 2011,

¹² Syaikh Imam Qurtubi, *Al Jami' Li ahkam...* 891

إِنَّ الشَّمْسَ وَ الْقَمَرَ آيَتَانِ مِنْ آيَاتِ اللَّهِ عَزَّ وَجَلَّ لَا يَحْسِفَانِ لِمَوْتِ أَحَدٍ وَلَا لِحَيَاتِهِ فَإِذَا رَأَيْتُمُوهُمَا فَارْجِعُوا إِلَى الصَّلَاةِ (رواه بخاري و مسلم من عائشة)

Artinya : Sesungguhnya Matahari dan Bulan adalah sebagian dari tanda-tanda (kekuasaan) Allah ‘azza wa jalla. Tiadalah terjadinya gerhana Matahari dan Bulan itu karena matinya seseorang dan juga bukan karena hidup atau kelahiran seseorang, maka apabila kamu melihatnya, segeralah kamu melaksanakan salat. (HR. Bukhari dan Muslim dari A’isyah)

Dalam hadist ini merupakan penjelasan dari fenomena alam seperti gerhana Bulan ataupun Matahari hanyalah tanda kebesaran Allah swt bukan sebagai tanda kematian atau lahirnya seseorang.

Ketika terjadi gerhana baik gerhana Matahari maupun gerhana Bulan Rasulullah menganjurkan umat islam untuk melakukan salat gerhana dan memperbanyak berdo'a hal ini berdasarkan sabda Rasulullah yang berbunyi:

فَإِذَا رَأَيْتُمُوهُمَا فَكَبِّرُوا وَادْعُوا اللَّهَ وَ صَلُّوا وَتَصَدَّقُوا (رواه بخاري و مسلم من عائش

Artinya: “apabila kamu melihat gerhana (gerhana Matahari atau gerhana Bulan) maka hendaklah kamu bertakbir, berdo’a kepada Allah, melaksanakan salat, dan bersedekah. (HR Bukhari dan muslim dai ‘Aisyah)”

Mengenai salat gerhana Bulan, ada beberapa ulama yang berbeda pendapat dalam menghukuminya. Pendapat pertama menyatakan bahwasanya hukum dari salat gerhana bulan adalah sunah mu'akad sama halnya dengan hukum salat gerhana Matahari, dan dilakukan secara berjama'ah. Kemudian pendapat inilah yang dipilih oleh Imam Syafi'i, Ahmad, Abu Daud dan Ibnu Hazm¹³.

Adapaun tata cara pelaksanaan salat gerhana yaitu salat gerhana dilaksanakan 2 rakaat dengan 4 kali ruku dan 4 kali sujud. Hal ini berdasarkan hadist Rasulullah saw yang berbunyi:

حَدَّثَنَا هِشَامٌ عَنْ أَبِيهِ، عَنْ عَائِشَةَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ، قَالَتْ: حَسَفَةَ الشَّمْسُ فِي عَهْدِ رَسُولِ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ فَقَامَ رَسُولُ اللَّهِ يُصَلِّي. فَأَطَالَ الْقِيَامَ جِدًّا. ثُمَّ رَكَعَ فَأَطَالَ الرُّكُوعَ جِدًّا. ثُمَّ رَفَعَ رَأْسَهُ فَأَطَالَ الْقِيَامَ جِدًّا. وَهُوَ دُونَ الْقِيَمِ 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 انْصَرَفَ رَسُولُ اللَّهِ وَقَدْ بَجَلَّتِ الشَّمْسُ فَخَطَبَ النَّاسَ فَحَمِدَ اللَّهَ وَأَفْنَى عَلَيْهِ ثُمَّ قَالَ: إِنَّ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ مِنْ آيَاتِ اللَّهِ. وَإِنَّهُمَا لَا يَخْسِفَانِ لَمَوْتِ أَحَدٍ وَلَا لِحَيَاتِهِ. فَإِذَا رَأَيْتُمَا هُمَا فَكَبِّرُوا. وَادْعُوا اللَّهَ وَصَلُّوا وَتَصَدَّقُوا.

[illegible]

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

¹⁶ Fahmi Fatawa. “Penerapan Model Contextual Teaching & Learning”, *Al-Murabbi*, No. 1 Vol.3 (Juli, 2016)

Ilmu astronomi merupakan ilmu yang diyakini ilmu tertua. Dibuktikan dengan adanya penemuan rasi-rasi bintang yang diyakini orang zaman dahulu dapat mempengaruhi nasib seseorang di Bumi, ini berarti orang-orang zaman dahulu sudah senang melakukan observasi atau pengamatan yang berkaitan dengan benda langit baik untuk keperluan hidup atau yang lainnya.

Namun seiring dengan berjalannya waktu ilmu astronomi semakin berkembang menjadi lebih kompleks, hal ini juga juga dilandasi dengan meningkatnya pemahaman atau pola pikir manusia pada saat itu, orang-orang tidak lagi hanya mengamati pengaruh pergerakan benda-benda langit untuk kehidupan di Bumi melainkan mulai melakukan observasi yang lebih kompleks.

Belum diketahui secara pasti kapan dan bangsa mana yang pertama mengenal astronomi, namun yang terkenal pertama kali adalah bangsa Mesopotamia sekitar tahun 3000 SM – 2000 SM. Meskipun begitu ilmu

astronomi bukan milik bangsa Mesopotamia saja, bangsa-bangsa lain pun melakukan hal yang serupa sesuai dengan tingkat pemahaman, penelitian dan logika masing-masing.

Seperti halnya di Babilonia pada tahun 1800 SM perkembangan ilmu astronomi mulai terlihat. Para ilmuwan di Babilonia sudah membuat penanggalan sederhana, mengamati terjadinya gerhana, pergerakan Matahari dan Bulan dsb.¹⁷

Hal serupa juga terjadi di Cina, kegiatan astronomi dimulai pada tahun 1130 SM. Kegiatan astronomi ini berkembang dengan baik di Cina karena dukungan yang baik pula dari para kaisar. Kala itu para astronom di china mulai melakukan penelitian atau observasi fenomena gerhana dan lainnya. Dari sini dapat kita simpulkan bahwasannya gerhana Bulan merupakan objek observasi yang sudah dilakukan sejak dahulu kala.

Dalam astronomi gerhana Bulan dikenal dengan '*eclipse*' yang berasal dari bahasa Yunani yaitu *ekleipsis*, yang berarti peninggalan atau pelainan. Gerhana merupakan kejadian astronomi yang berlaku apabila satu objek astronomi bergerak kedalam bayang-bayang objek astronomi yang lain. Gerhana bulan mungkin terjadi ketika bulan memasuki fase purnama atau *full moon* dimana Bumi berada diantara Bulan dan Matahari, kemudian posisi Matahari, Bumi dan Bulan berada pada bujur astronomis yang sama dimana mengakibatkan bayang-bayang Bumi jatuh pada Bulan.¹⁸

¹⁷ Anton Ramdan. *Islam dan Astronomi* (Jakarta: Bee Media 2012)15

¹⁸ Ayudiah Pitaloka, *Bumi dan Tata Surya* (Jakarta: PT. Gading Prima 2011). 13

Berdasarkan posisi Bulan saat memasuki daerah bayangan Bumi, gerhana Bulan dibagi menjadi beberapa macam sebagai berikut:

Pada gerhana Bulan ini, Bulan berada di wilayah bayang-bayang umbra Bumi. Sehingga seluruh piringan Bulan tertutup oleh piringan Bumi seluruhnya.²⁴ Akan tetapi meskipun Bulan berada di wilayah umbra Bumi, Bulan masih dapat memantulkan cahaya yang disebabkan oleh refraksi atmosfer Bumi.

Gerhana Bulan parsial terjadi disebabkan oleh Bulan, Bumi dan Matahari tidak berada dalam satu garis lurus, melainkan hanya sebagian piringan Bulan saja yang memasuki daerah umbra Bumi dan sebagian lainnya berada di wilayah penumbra.

²⁴ Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak*...232

Yaitu titik yang tidak dilalui Bulan ketika bergerak dari selatan ekliptika.

Yaitu titik yang dilalui bulan ketika bergerak dari utara ekliptika menuju ke selatan ekliptika.²⁶



Gambar 2. Titik simpul naik dan Titik simpul Turun.

Periode dimana selama matahari dekat dengan titik simpul dinamakan dengan musim gerhana dan setiap tahun ada 2 musim gerhana. Musim gerhana ini berjalrak 6 bulan yang dikarenakn bergersernya titik simpul

²⁶ Sub Direktorat Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat Kementrian Agama Republik Indonesia, *Ilmu Falak Praktik*, (Jakarta, 2013).

²⁷ <https://i1.wp.com/gerhana.langitselatan.com/wp-content/uploads/2015/02/orbit-bulan.jpg>
diakses pada 30 Maret 2019, 13:42 Wib.

Gerhana bulan yang dipisahkan dengan periode saros mempunyai karakteristik yang sangat mirip dan dikelompokkan dalam satu keluarga yang dinamakan seri saris. Adapun karakteristiknya antara lain:

- Gerhana yang dipisahkan oleh 233 bulan sinodis akan mempunyai karakteristik yang sama. hal ini disebabkan bulan sinodis sama dengan kurang lebih 19 tahun gerhana dimana kedua nya hanya terpaut 11 jam, artinya pada

selang periode saros bulan akan kembali ke fase yang sama dan titik simpul yang sama juga.

Dampak dari periode saros ini adalah panjang hari memiliki pecahan sebesar $\frac{1}{3}$ hari atau setara dengan 8 jam. Sehingga pada saat gerhana berikutnya yang suda terpisah oleh satu periode saros, bumi telah berputar selama $\frac{1}{3}$ hari. Karena itu, lintasan gerhana akan bergeser 120° ke arah barat. Uniknya tiap 3 periode saros (54 tahun 34 hari) gerhana dapat diamati di geografi yang sama. namun seri saros ini tidak bertahan lama, karena periode saros lebih pendek $\frac{1}{2}$ hari dari 19 tahun gerhana. Akibatnya titik simpul sartu periode saros akan bergeser 05° sehingga jarak simpul sudah demikian jauh dari matahari ataupun bulan dan tidak memungkinkan lagi terjadinya gerhana.²⁸

Seri saros gerhana bulan akan dimuali atau lahir ketika bulan purnama dengan jarak bulan sebesar 16.5° disebelah timur titik simpul. Ketika saros terjadi maka gerhana bulan yang terjadi sebagai berikut:

1. Gerhana purnama yang terjadi adalah penumbra (semu) yang akan diikuti gerhana bulan penumbra yang kainnya dengan jumlah sekitar 7-15 gerhana penumbra. Dari gerhana bulan penumbra ke gerhana bulan penumbra lainnya magnitudo Bulan akan semakin besar sedikit demi sedikit. Hal ini disebabkan satu periode saros lebih pendek dari 19 tahun gerhana, ini mengakibatkan setelah satu periode saros titik simpul akan

²⁸ Sub Direktorat Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat Kementerian Agama Republik Indonesia, *Ilmu Falak Praktik* (Jakarta, 2013) 113

Jean Meeus merupakan ahli meteorologi Belgia dan astronom amatir dengan spesialisasi mekanika langit, astronomi bola, dan astronomi matematika. Jean meecus menempuh pendidikannya di Universitas Leuven, Belgia dengan konsentrasi ilmu matematika.³⁰

E. Algoritma Jean Meeus

Perkembangan ini dapat dikatakan sangat bermanfaat dalam membantu menentukan waktu-waktu ibadah bagi umat Islam, termasuk

³¹ <http://eprints.walisongo.ac.id/5767/4/BAB%20III.pdf> diakses pada 26 Maret 2019, 10:54 Wib

2. Bulan quarter pertama = 0,25

3. Bulan purnama = 0,5.

Jika sudah ditambahkan maka langkah selanjutnya adalah nilai T atau Julian day Centuries adalah .waktu dalam abad Julian sejak tahun (*epoch*) 2000.0, nilai T dapat diperoleh dengan rumus berikut:

3. $T = k/1236.85$

Kemudian langkah selanjutnya adalah menghitung nilai F atau argument lintang bulan yaitu dengan rumus berikut :

4. $F = \text{Modulo}(160,7108 + 390,67050274 * k - 0,0016341 * T * T; 360)$

Disini nilai F akan memberi informasi atau penentu pertama tentang terjadi tidaknya gerhana Bulan. Jika selisih F berbeda dari kelipatan terdekat yaitu 180 derajat yaitu kurang dari 13.9 derajat maka dapat diprediksi bahwasannya akan terjadi gerhana, namun jika perbedaannya atau selisihnya lebih besar dari 21 derajat maka diprediksi tidak akan terjadi gerhana.³²

Perlu diketahui jika nilai F mendekati 0 derajat atau 360 derajat maka gerhana terjadi didekat titik naik bulan (ascending node), sedangkan jika nilai F mendekati 180 derajat maka gerhana diprediksi akan terjadi didekat titik turun Bulan (descending node).

Setelah nilai F diketahui, langkah berikutnya adalah menghitung nilai E dengan rumus :

5. $E = 1 - 0,002516 \cdot T - 0,0000074 \cdot T \cdot T$

Setelah nilai E ditemukan maka langkah selanjutnya adalah menghitung anomali rata-rata matahari dengan rumus:

6. (M)= Modulo (2,5534 + 29,10535669*k_0,0000218*T*T:360)

Setelah menemukan nilai rata-rata anomali Matahari langkah selanjutnya adalah menghitung nilai rata-rata anomali Bulan yaitu lama rata-rata satu kali Bulan mengitari Bumi dengan rumus berikut:

7. $(M') = \text{Modulo} (201,5643 + 385,81693528 * k + 0,0107438 ** T * T : 360)$

Ketika sudah ditemukan nilai anomaly rata-rata bulan (M') maka langkah selanjutnya adalah menghitung bujur naik Bulan (Ω) dengan rumus berikut:

8. $\Omega = \text{Modulo}(124,7746 - 1,56375580 * k + 0,0020691 * T * T; 360)$

setelah mendapatkan nilai omega langkah selanjutnya adalah menghitung F1 dengan rumus berikut:

9. $F1 = F - 0,02665 * \sin(\Omega)$

Hasil dari perhitungan F1 dikonversikan kedalam satuan derajat, setelah mendapatkan nilai F1 langkah selanjutnya adalah menghitung nilai A1 *apparent latitude* dengan rumus sebagai berikut:

10. $A1 = 299,77 + 0.107408 * k - 0,009173 * T * T$

Setelah menemukan nilai A1 langkah selanjutnya adalah menghitung JDE yang belum terkoreksi dengan rumus :

11. $JDE = 2451550.09765 + 29,530588853 * k + 0,0001337 * T * T$

Setelah menemukan nilai JDE belum terkoreksi langkah selanjutnya adalah menghitung nilai koreksi JDE dengan rumus berikut:

$$12. 10000 * \text{Koreksi JDE} = -4065 * \sin(M') + 1727 * E * \sin(2 * M') - 97 * \sin(2 * F1) + 73 * E * \sin(M' - M) - 50 * E * \sin(M' + M) - 23 * \sin(M' - 2 * F1) + 21 * E * \sin(2 * M) + 12 * \sin(M' + 2 * F1) + 6 * E * \sin(2 * M' + M) - 4 * \sin(3 * M') - 3 * E * \sin(2 * F1) + 3 * \sin(A1) - 2 * E * \sin(M - 2 * F1) - 2 * E * \sin(M - 2 * F1)^2 * E * \sin(2 * M' - M) - 2 * \sin(\text{Omega})$$

Untuk menghitung JD pada gerhanan Bulan dengan rumus berikut:

Setelah JD diketahui langkah selanjutnya adalah menghitung P dengan rumus berikut:

$$15. 10000 * P = 2070 * E * \sin(M) + 24 * E * \sin(2 * m) - 392 * \sin(M') + 116 * \sin(2 * M') - 73 * E * \sin(M' + M) + 67 * E * \sin(M' - M) + 118 * \sin(2 * F1)$$

Setelah nilai P diketahui langkah selanjutnya adalah menghitung nilai Q dengan rumus berikut:

$$16. 10000 * Q = 52207 - 48 * E * \cos(M) + 20 * E * \cos(2 * M) - 3299 * \cos(M') - 60 * E * \cos(M' + M) + 41 * E * \cos(M' - M)$$

Setelah diketahui nilai Q langkah selanjutnya adalah menghitung nilai W cari pengertian w di algoritma jean mecus) dengan rumus berikut:

17. $W = \text{Abs}(\text{Cos}(F1))$

Setelah mengetahui nilai W langkah selanjutnya adalah menghitung nilai Gamma dengan rumus berikut :

$$18. \text{Gamma} = (P * \cos(F1) + Q * \sin(F1)) * (1 - 0,0048 * W)$$

Setelah mengetahui nilai Gamma langkah selanjutnya adalah menghitung nilai u dengan rumus berikut:

$$19.10000 * U = 59 + 46 * E * \cos(M) - 182 * \cos(M') + 4 * \cos(2 * M') - 5 * E \cos(M + M')$$

Setelah mengetahui nilai U langkah selanjutnya adalah menghitung radius penumbra dengan rumus berikut:

20. Radius Penumbra = 1,2848 + u

Setelah diketahui nilai Radius Penumbra langkah selanjutnya adalah menghitung Radius Umbranya dengan rumus berikut:

21. Radius Umbra = $0,7403 - u$

Setelah diketahui nilai Radius Umbra langkah selnautnya adalah menghitung nilai Magnitude gerhana penumbra dengan rumus berikut:

22. Magnitude gerhana penumbra = $1,5573 - u - \text{Abs}(\text{Gamma})/0,545$

Setelah nilai Magnitude gerhana penumbra diketahui langkah selanjutnya adalah menghitung nilai Magnitude gerhana Umbra dengan rumus berikut:

23. Magnitude gerhana umbra = $(1,0128 - u - \text{Abs}(\text{Gamma}))/0,545$

Setelah menemukan nilai Magnitudo gerhana Umbra langkah selanjutnya adalah menentukan nilai PU dengan rumus berikut:

24. $P_u = 1,0128 - u$

Setelah ditemukan nilai U langkah selanjutnya adalah menentukan nilai T1 dengan rumus berikut:

25. $T1 = 0,4678 - u$

Setelah menemukan nilai T1 langkah selanjutnya adalah nilai H dengan rumus berikut:

26. $H = 1,5573 + u$

Setelah mengetahui nilai H langkah selanjutnya adalah menghitung nilai n dengan rumus sebagai berikut:

27. $n = 0,5448 + 0,0400 * \text{Cos}(M')$

Setelah nilai n diketahui langkah selanjutnya adalah menghitung nilai semi durasi fase penumbra dengan rumus :

28. Semi Durasi Fase Penumbra = $(60/n) * \text{SQRT}(H*H - \text{Gamma}*\text{Gamma})$

Setelah menemukan nilai semi durasi fase penumbra langkah selanjutnya adalah menghitung nilai semi durasi fase parsial umbra dengan rumus berikut:

29. Semi Durasi Fase Parsial Umbra = $(60/n) \cdot \text{SQRT}(P_u \cdot P_u - \text{Gamma} \cdot \text{Gamma})$

34. Gerhana Maksimum =

Setelah menemukan waktu gerhana maksimum langkah selanjutnya adalah menghitung waktu akhir fase total (U3) dengan rumus berikut:

35. Akhir fase total (U3) = waktu gerhana maksimum + 24.83 menit

Setelah mengetahui waktu akhir fase total langkah selanjutnya adalah menghitung akhir fase umbra (U4) dengan rumus berikut:

36. Akhir fase umbra = waktu gerhana maksimum + 105.8 menit

Kemudian langkah terakhir setelah menemukan nilai akhir fase umbra adalah menghitung nilai akhir fase penumbra dengan rumus berikut:

37. Akhir fase penumbra (P2) = waktu gerhana maksimum + 176.66 menit

F. Perhitungan gerhana Bulan Algoritma Jean Meeus manual

1. Menghitung perkiraan tahun terjadinya gerhana Bulan

$$\text{perkiraan tahun} = \text{tahun} + \text{bulan yang telah lewat} / 12 + \text{tanggal} / 365$$

perkiraan nilai k = (perkiraan tahun -2000)* 12,3685

2. $T = k/1236.85$

3. $F = \text{Modulo}(160,7108 + 390,67050274 * k - 0,0016341 * T * T : 360)$

4. $E = 1 - 0,002516 \cdot T - 0,0000074 \cdot T \cdot T$

5. (M)= Modulo (2,5534 + 29,10535669*k 0,0000218*T*T:360)

6. $(M') = \text{Modulo} (201,5643 + 385,81693528 * k + 0,0107438 ** T * T : 360)$

7. $\text{Omega} = \text{Modulo}(124,7746 - 1,56375580 * k + 0,0020691 * T * T; 360)$

8. $F1 = F - 0,02665 * \sin(\Omega)$

9. $A1 = 299,77 + 0.107408 \cdot k - 0,009173 \cdot T \cdot T$
10. $JDE = 2451550,09765 + 29,530588853 \cdot k + 0,0001337 \cdot T \cdot T$
11. $10000 \cdot \text{Koreksi JDE} = -4065 \cdot \sin(M') + 1727 \cdot E \cdot \sin(2 \cdot M') - 97 \cdot \sin(2 \cdot F1) + 73 \cdot E \cdot \sin(M' - M) - 50 \cdot E \cdot \sin(M' + M) - 23 \cdot \sin(M' - 2 \cdot F1) + 21 \cdot E \cdot \sin(2 \cdot M) + 12 \cdot \sin(M' + 2 \cdot F1) + 6 \cdot E \cdot \sin(2 \cdot M' + M) - 4 \cdot \sin(3 \cdot M') - 3 \cdot E \cdot \sin(2 \cdot F1) + 3 \cdot \sin(A1) - 2 \cdot E \cdot \sin(M - 2 \cdot F1) - 2 \cdot E \cdot \sin(M - 2 \cdot F1)^2 \cdot E \cdot \sin(2 \cdot M' - M) - 2 \cdot \sin(\Omega)$
12. JDE belum terkoreksi + koreksi JDE
13. JD saat gerhana maksimum = JDE terkoreksi – Delta T
14. $10000 \cdot P = 2070 \cdot E \cdot \sin(M) + 24 \cdot E \cdot \sin(2 \cdot m) - 392 \cdot \sin(M') + 116 \cdot \sin(2 \cdot M') - 73 \cdot E \cdot \sin(M' + M) + 67 \cdot E \cdot \sin(M' - M) + 118 \cdot \sin(2 \cdot F1)$
15. $10000 \cdot Q = 52207 - 48 \cdot E \cdot \cos(M) + 20 \cdot E \cdot \cos(2 \cdot M) - 3299 \cdot \cos(M') - 60 \cdot E \cdot \cos(M' + M) + 41 \cdot E \cdot \cos(M' - M)$
16. $W = \text{Abs}(\cos(F1))$
17. $\text{Gamma} = (P \cdot \cos(F1) + Q \cdot \sin(F1)) \cdot (1 - 0,0048 \cdot W)$
18. $10000 \cdot U = 59 + 46 \cdot E \cdot \cos(M) - 182 \cdot \cos(M') + 4 \cdot \cos(2 \cdot M') - 5 \cdot E \cdot \cos(M + M')$
19. Radius Penumbra = $1,2848 + u$
20. Radius Umbra = $0,7403 - u$
21. Magnitude gerhana penumbra = $1,5573 - u - \text{Abs}(\text{Gamma})/0,545$
22. Magnitude gerhana umbra = $(1,0128 - u - \text{Abs}(\text{Gamma}))/0,545$
23. $Pu = 1,0128 - u$
24. $T1 = 0,4678 - u$

25. $H = 1,5573 + u$

26. $n = 0,5448 + 0,0400 * \text{Cos}(M')$

27. Semi Durasi Fase Penumbra = $(60/n) * \text{SQRT}(H * H - \text{Gamma} * \text{Gamma})$

28. Semi Durasi Fase Parsial Umbra = $(60/n) \cdot \text{SQRT}(P_u \cdot P_u - \text{Gamma} \cdot \text{Gamma})$

29. Semi durasi fase total umbra = $(60/n) * \text{SQRT}(T1 * T1 - \text{Gamma} * \text{Gamma})$

30. Awal Fase Penumbra (P1) = waktu jd – 176.66 menit

31. $U1 = \text{waktu jd} - 105.8 \text{ menit}$

32. Awal fase Total (U2) = waktu jd – 24.83 menit

33. Gerhana Maksimum =

34. Akhir fase total (U3) = waktu gerhana maksimum + 24.83 menit

35. Akhir fase umbra = waktu gerhana maksimum + 105.8 menit

36. Akhir fase penumbra (P2) = waktu gerhana maksimum + 176.66 menit

Dari langkah-langkah perhitungan diatas hasilnya sebgai berikut:

1. Menghitung gerhana Bulan sebagian tanggal 17 Juli 2019

$$\text{perkiraan tahun} = \text{tahun} + \text{bulan yang telah lewat} / 12 + \text{tanggal} / 365$$

$$=2019+6/12+17/365$$

$$= 2019.546$$

2. perkiraan nilai $k = (\text{perkiraan tahun} - 2000) * 12,3685$

$$=(2019.546-2000)*12.3685$$

$$=241.7618171$$

3. $k=241.0+0.5=241.5$

4. $T = k / 1236.85 = 0.19524073$

$$5. \quad F = \text{Modulo}(160,7108 + 390,67050274 * k - 0,0016341 * T * T; 360) \\ = 187.6371494$$

6. $F-180 = 7.637149411$ (F kurang dari 13.9 maka diperkirakan akan terjadi gerhana Bulan)

7. $E = 1 - 0,002516 \cdot T - 0,0000074 \cdot T \cdot T = 0,9995088459$

8. (M)= Modulo (2,5534 + 29,10535669*k_0,0000218*T:T:360)
=191.4970398

9. $(M') = \text{Modulo} (201,5643 + 385,81693528*k + 0,0107438**T*T : 360)=136.3545797$

10. Omega = Modulo (124,7746-1,56375580*k + 0,0020691*T*T:360)
=82.87770631

$$11. F1 = F - 0,02665 * \sin(\Omega)$$

$$12. A1 = 299,77 + 0.107408 \cdot k - 0,009173 \cdot T \cdot T$$
$$= 325.7086823$$

$$13. \text{JDE} = 2451550,09765 + 29,530588853 * k + 0,0001337 * T * T$$

$$= 2458681.735$$

$$14. 10000 * \text{Koreksi JDE} = -4065 * \sin(M') + 1727 * E * \sin(2 * M') - 97 * \sin(2 * F1) + 73 * E * \sin(M' - M) - 50 * E * \sin(M' + M) - 23 * \sin(M' - 2 * F1) + 21 * E * \sin(2 * M) + 12 * \sin(M' + 2 * F1) + 6 * E * \sin(2 * M' + M) - 4 * \sin(3 * M') - 3 * E * \sin(2 * F1) + 3 * \sin(A1) - 2 * E * \sin(M - 2 * F1) - 2 * E *$$

$$\sin(M - 2F_1) \cdot 2 \cdot E \cdot \sin(2M' - M) - 2 \sin(\Omega) \text{Koreksi JDE} = 0.3376$$

15. JDE belum terkoreksi + koreksi JDE = 2458681.397

16. JD saat gerhana maksimum = JDE terkoreksi – Delta T := 2458681.396

$$17. 10000 * P = 2070 * E * \sin(M) + 24 * E * \sin(2 * m) - 392 * \sin(M') + 116 * \sin(2 * M') - 73 * E * \sin(M' + M) + 67 * E * \sin(M' - M) + 118 * \sin(2 * F1) P = -0.00774$$

$$18. 10000 * Q = 52207 - 48 * E * \cos(M) + 20 * E * \cos(2 * M) - 3299 * \cos(M') - 60 * E * \cos(M' + M) + 41 * E * \cos(M' - M) Q = 5.463$$

19. $W = \text{Abs}(\text{Cos}(F1)) = 0.991$

20. $\text{Gamma} = (P \cdot \cos(F1) + Q \cdot \sin(F1)) \cdot (1 - 0,0048 \cdot W) = -0.643$

$$21.10000 * U = 59 + 46 * E * \cos(M) - 182 * \cos(M') + 4 * \cos(2 * M') - 5 * E \cos(M + M') U = 0.01416$$

22. Radius Penumbra = $1,2848 + u = 01.298$

23. Radius Umbra = 0,7403 – u=0.726

24. Magnitude gerhana penumbra = $1,5573 - u - \text{Abs}(\text{Gamma})/0,545$
= 1.702

25. Magnitude gerhana umbra = $(1,0128 - u - \text{Abs}(\text{Gamma}))/0,545 = 0.651$

26. $P_u = 1,0128 - u = 0.998$

27. $T1 = 0,4678 - u = 0.45364$

28. $H = 1,5573 + u$

H= 1.57146

29. $n = 0,5448 + 0,0400 * \text{Cos}(M') = 0.5168$

30. Semi Durasi Fase Penumbra = $(60/n) \cdot \text{SQRT}(H \cdot H - \text{Gamma} \cdot \text{Gamma})$ Fase Penumbra = 166.4413

31. Semi Durasi Fase Parsial Umbra = $(60/n) \cdot \text{SQRT}(P_u \cdot P_u - \text{Gamma} \cdot \text{Gamma})$ Fase parsial umbra = 88.62258

32. Semi durasi fase total umbra = $(60/n) \cdot \text{SQRT}(T1 \cdot T1 - \text{Gamma} \cdot \text{Gamma}) = 53.031$

33. Awal Fase Penumbra (P1) = waktu jd – 176.66 menit
= 1°44'26"

34. $U1 = \text{waktu jd} - 105.8 \text{ menit}$
 $= 3^{\circ} 2' 13''$

35. Awal fase Total (U2) = waktu jd – 24.83 menit
= 3° 37' 49"

36. Gerhana Maksimum = $4^{\circ} 30' 51''$

37. Akhir fase total (U3) = waktu gerhana maksimum + 24.83 menit
 $= 5^{\circ} 23' 53''$

38. Akhir fase umbra = waktu gerhana maksimum + 105.8 menit
 $= 5^{\circ} 59' 28''$

39. Akhir fase penumbra (P2) = waktu gerhana maksimum + 176.66 menit
 $= 7^{\circ}17'16''$

BAB III

A. Software Matlab

Kata software berasal dari bahasa Inggris yang biasa digunakan untuk menyebut perangkat lunak dalam komputer. Software atau biasa disebut dengan perangkat lunak adalah sebuah instruksi langsung komputer untuk melakukan sebuah pekerjaan.¹

Dalam dunia komputer software diartikan sebagai kumpulan instruksi yang digunakan untuk menjalankan suatu perintah, seperti memberikan informasi tentang hardware, menentukan fungsi hardware dan menjalankan system. Kemudian agar komputer dapat melakukan pembacaan, mengingat, menghitung, menyortir dan menghasilkan output berupa informasi di monitor atau cetakan, komputer harus dapat membaca dan memasukkan program kedalam memori utamanya, dimana program merupakan instruksi dalam bahasa komputer yang dirancang untuk tujuan tertentu sehingga dari hasil inputan dalam bahasa komputer tersebut akan menghasilkan output yang kita inginkan.²

Untuk dapat menjalankan suatu perintah dalam komputer, haruslah dirancang suatu logika yang diolah melalui perangkat lunak disebut dengan program. Dalam komputer peran software ini adalah mengatur sedemikian

¹ Atti Herliana. “ Sistem Informasi Monitoring Pengembangan Software Pada Tahap Development Berbasis Web” *Jurnal Informatika*, No. 1 Vol. 3 (April, 2016). 43

² Siti Tatmainul Qulub, *Ilmu Falak dari Sejarah Ke Teori dan Aplikasi* (Depok: Rajawali Pers, 2017), 299

Matlab telah berkembang menjadi environment pemrograman yang canggih dan berisi fungsi-fungsi built-in untuk melakukan tugas pengolahan sinyal, aljabar linier, dan kalkulasi matematis lainnya. Matlab juga berisi toolbox yang berisi fungsi-fungsi tambahan untuk aplikasi khusus. Matlab bersifat extensible artinya seseorang dapat merubah atau menulis fungsi baru untuk ditambahkan di library jika fungsi-fungsi built-in yang tersedia tidak dapat melakukan tugas tertentu.

Matlab merupakan software yang dikembangkan oleh Mathworks, Inc dan merupakan software yang paling efisien untuk perhitungan numerik berbasis matriks.⁴

Proses pemrograman Matlab dilakukan di Command Window. Disini kita dapat melakukan perintah dengan variabel-variabel yang akan kita gunakan untuk menghitung.⁵ Command window merupakan jendela pertama kali dibuka setiap kita menjalankan operasi matlab. Command window merupakan tempat yang digunakan untuk menjalankan fungsi,

⁵ Kasiman Peranginangin, *Pengenalan Matlab*. Yogyakarta : Penerbit Andi, 2006. 13.

mendeklarasikan variabel, menjalakan proses-proses, serta melihat isi variable.⁶

Selain command window terdapat beberapa window lainnya dalam maltab yaitu:

1. Current Directory

Window current directory merupakan window yang menampilkan isi dari direktori kerja saat kita menggunakan matlab. Kita dapat mengganti direktori ini sesuai dengan tempat direktori yang kita inginkan. Default dari alamat direktori ini berada pada folder works tempat program files matlab berada.

2. Command History

Pada window ini berfungsi untuk menyimpan perintah-perintah apa saja yang pernah kita lakukan atau kerjakan pada sebelum-sebelumnya.

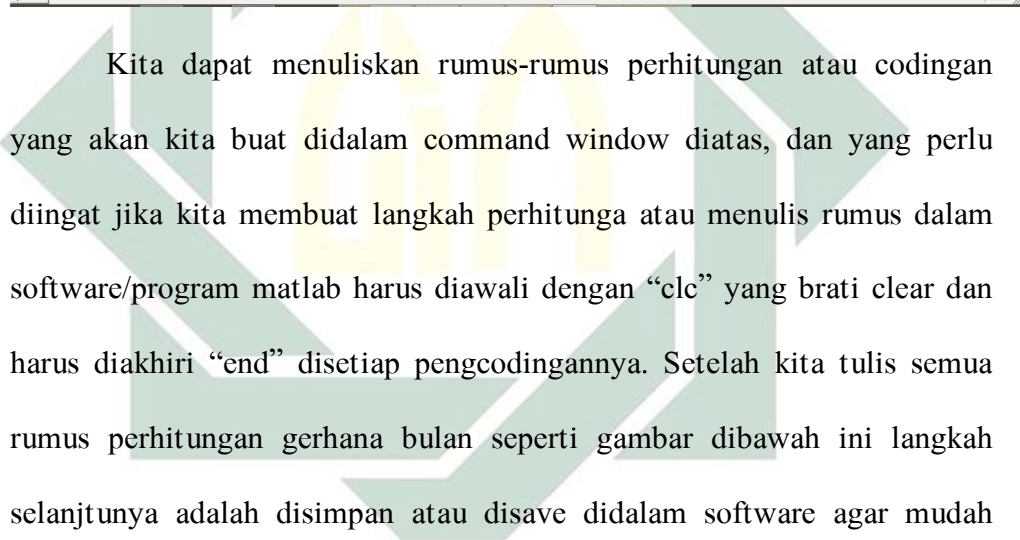
3. Workspace

Workspace ini berfungsi untuk menampilkan seluruh variabel-variabel yang sedang aktif pada saat matlab dijalankan.

B. Perhitungan gerhana Bulan dengan Algoritma Jean Meeus dengan *software* Matlab

Dalam sebuah perhitungan akurasi merupakan suatu hal yang sangat penting. Oleh karena itu saat ini semua perhitungan sangat bergantung

⁶ Budi Cahyono. “Penggunaan Software Matrix Laboratory (Matlab) Dalam Pembelajaran Aljabar Linier”, *Phenomenon*, Vol. 1, No. 1, (Juli, 2013). 51.



Kita dapat menuliskan rumus-rumus perhitungan atau codingan yang akan kita buat didalam command window diatas, dan yang perlu diingat jika kita membuat langkah perhitunga atau menulis rumus dalam software/program matlab harus diawali dengan “clc” yang brati clear dan harus diakhiri “end” disetiap pengcodingannya. Setelah kita tulis semua rumus perhitungan gerhana bulan seperti gambar dibawah ini langkah selanjtunya adalah disimpan atau disave didalam software agar mudah nanti menjalankannya. Seperti berikut ini penulisan bahasa pemrograman dari Matlab

```

1 - clear all;
2 - clc;
3 - format long;
4 - %tahun = 2011;
5 - %bulan = 11;
6 - %tanggal = 10;
7 - tahun=input('masukkan tahun ');
8 - bulan=input('masukkan bulan yang telah lewat ');
9 - tanggal=input('masukkan tanggal ');
10 - perkiraantahun=tahun+bulan/12+tanggal/365; %% no 1
11 - disp(sprintf('perkiraan tahun=%10.8f\n',perkiraan tahun));
12 - k_awal=(perkiraan tahun-2000)*12.3685; %% no 2
13 - k = floor(k_awal)+0.5; %% no 3
14 - T=k/1236.85; %% no 4
15 - F=mod(160.7108+390.67050274*k-0.0016341*T*T, 360); %% no 5
16
17 - %% no 6
18 - for i=180:360
19 -     temp = F-i;
20 -     if temp < 180
21 -         break
22 -     end
23 - end
24 - temp
25 - if temp <= 13.9 || temp > 166.1
26 -     disp('terjadi gerhana');
27 - else
28 -     disp('tidak terjadi gerhana');
29 - end
30
31 - E=1-0.002516*T-0.0000074*T*T; %% no 7
32
33 - M = mod(2.5534 + 29.10535669*k - 0.0000218*T*T,360); %% no 8

```

Gambar: penulisan rumus (coding) dalam program Matlab

- Setelah rumus yang kita tulis selesai langkah selanjutnya adalah menyimpan file rumus didalam software matlab agar kita mudah kapan saja bisa menjaankan dan mengedit codingannya.

C. Contoh perhitungan gerhana Bulan dengan Software Matlab

```
clear all;
```

```
clc;
```

```
format long;
```

tahun = 2019;

```

bulan = 6;

tanggal = 17;

tahun=input('masukkan tahun ');

bulan=input('masukkan bulan yang telah lewat ');

tanggal=input('masukkan tanggal ');

perkiraantahun=tahun+bulan/12+tanggal/365;%%% no 1

disp(sprintf('perkiraan tahun=%10.8fn',perkiraantahun));

k_awal=(perkiraantahun-2000)*12.3685;

k = floor(k_awal)+0.5;

T=k/1236.85;%%% no 4

F=mod(160.7108+390.67050274*k-0.0016341*T*T, 360);

for i=180:360

temp = F-i;

if temp<= 180

break

end

end

temp

if temp<= 13.9 & temp> 166.1

disp('terjadi gerhana');

else

disp('tidak terjadi gerhana');

end

```



```

u=(59+46*E*cosd(M)-182*cosd(M1)+4*cosd(2*M1)-
5*E*cosd(M+M1))/10000;%%% no 21

radpen=1.2848+u;%%% no 22

radum=0.7403-u; %%% no 23

mradpen=(1.5573+u-abs(G))/0.545; %%% no 24

mradum=(1.0128-u-abs(G))/0.545; %%% no 25

Pu=1.0128-u; %%% no 26

T1=0.4678-u; %%% no 27

H=1.5573+u; %%% no 28

N=0.5458+(0.04*(cosd(M1))); %%% no 29

sfpenum=(60/N)*sqrt(abs(H*H-G*G)); %%% no 30

sfpum=(60/N)*sqrt(abs(Pu*Pu-G*G)); %%%no 31

sftum=(60/N)*sqrt(abs(T1*T1-G*G)); %%% no 32

%P1=datetime(tahun,bulan,tanggal,jam,menit,detik)-minutes(sfpenum);

[Gm_y, Gm_m, Gm_d, Gm_t] = konversi(JD);

[P1_y, P1_m,P1_d, P1_t] = konversi((JD*24*60 - sfpenum)/(24*60));

[U1_y, U1_m,U1_d, U1_t] =konversi((JD*24*60-sfpum)/(24*60));

[U2_y, U2_m,U2_d, U2_t]=konversi((JD*24*60-sftum)/(24*60));

[U3_y, U3_m,U3_d, U3_t]=konversi((JD*24*60+sftum)/(24*60));

[U4_y, U4_m,U4_d, U4_t]=konversi((JD*24*60+sfpum)/(24*60));

[P2_y, P2_m,P2_d, P2_t]=konversi((JD*24*60+sfpenum)/(24*60));

disp(sprintf('perkiraan nilai JDE bulan belum terkoreksi=%10.5fn',JDE));

disp(sprintf('perkiraan nilai JDE terkoreksi=%10.5fn',JDEk));

```


perhitungan

| | | | |
|------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| TANGGAL | <input type="text" value="17"/> | | |
| BULAN | <input type="text" value="6"/> | | |
| TAHUN | <input type="text" value="2019"/> | | |
| | | <input type="button" value="PROSES"/> | <input type="button" value="RESET"/> |
| Hasil | <input type="text" value="Gerhana"/> | Akhir Total | <input type="text" value="5:23:53"/> |
| Awal Penumbra | <input type="text" value="1:44:26"/> | Akhir Umbra | <input type="text" value="5:59:28"/> |
| Awal Umbra | <input type="text" value="3:2:13"/> | Akhir Penumbra | <input type="text" value="7:17:16"/> |
| Awal Total | <input type="text" value="3:37:49"/> | | |
| Gerhana Maksimum | <input type="text" value="4:30:51"/> | | |




```
clear all;

clc;

format long;

%tahun = 2011;

%bulan = 11;

%tanggal = 10;

tahun=input('masukkan tahun ');

bulan=input('masukkan bulan yang telah lewat ');

tanggal=input('masukkan tanggal ');

perkiraantahun=tahun+bulan/12+tanggal/365;%%% no 1

disp(sprintf('perkiraan tahun=%10.8f\n',perkiraantahun));

k_awal=(perkiraantahun-2000)*12.3685;%%% no 2

k = floor(k_awal)+0.5;%%% no 3

T=k/1236.85;%%% no 4

F=mod(160.7108+390.67050274*k-0.0016341*T*T, 360);%%% no 5

%%% no 6

for i=180:360

    temp = F-i;

    if temp < 180

        break

    end

end

temp
```

```

if temp = 13.9 temp = 166.1

disp('terjadi gerhana');

else

disp('tidak terjadi gerhana');

end

E=1-0.002516*T-0.0000074*T*T; %% no 7

M = mod(2.5534 + 29.10535669*k - 0.0000218*T*T,360); %% no 8

M1=mod(201.5643+385.81693528*k+0.0107438*T*T,360); %% no 9

O2=mod(124.7746-1.56375580*k+0.0020691*T*T,360); %% no 10

F1=F-(0.02665*sind(O2));%%no 11

A1=299.77+0.107408*k-0.009173*T*T;%% no 12

JDE=2451550.09765+29.530588853*k+0.0001337*T*T;%% no 13

JDEk((((-1)*4065*sind(M1))+1727*E*sind(M)+161*sind(2*M1)-

97*sind(2*F1)...

+73*E*sind(M1-M)-50*E*sind(M1+M)-23*sind(M1-

2*F1)+21*E*sind(2*M)...

+12*sind(M1+2*F1)+6*E*sind(2*M1+M)-4*sind(3*M1)-

3*E*sind(M+2*F1)...

+3*sind(A1)-2*E*sind(M-2*F1)-2*E*sind(2*M1-M)-2*sind(O2))/10000;

JDEkb=JDE+JDEk; %% no 15

JD=(JDEkb*24*3600-68)/(24*3600);%% no 16

P=(2070*E*sind(M)+24*E*sind(2*M)-392*sind(M1)+116*sind(2*M1)-

73*E*sind(M1+M)+67*E*sind(M1-M)+118*sind(2*F1))/10000;%% no 17

```


5. F= Modulo (160,7108 + 390,67050274*k - 0,0016341*T*T;360)=187.6371494

6. $F-180 = 7.637149411$ (F kurang dari 13.9 maka diperkirakan akan terjadi gerhana Bulan)

7. $E = 1 - 0,002516 * T - 0,0000074 * T * T = 0.9995088459$

8. (M)= Modulo (2,5534 + 29,10535669*k - 0,0000218*T*T:360)=191.4970398

9. (M') = Modulo (201,5643 + 385,81693528*k + 0,0107438**T*T : 360)=136.3545797

10. Omega = Modulo (124,7746-1,56375580*k + 0,0020691*T*T:360)=82.87770631

$$11. F1 = F - 0,02665 * \sin(\Omega)$$

$$=187.6114972$$

$$12. A_1 = 299,77 + 0.107408 \cdot k - 0,009173 \cdot T \cdot T$$

$$= 325.7086823$$

13. $JDE = 2451550,09765 + 29,530588853 * k + 0,0001337 * T * T$
 $= 2458681.735$

$$14. 10000 * \text{Koreksi JDE} = -4065 * \sin(M') + 1727 * E * \sin(2 * M') \\ - 97 * \sin(2 * F1) + 73 * E * \sin(M' - M) - 50 * E * \sin(M' + M) - \\ 23 * \sin(M' - 2 * F1) + 21 * E * \sin(2 * M) + 12 * \sin(M' + 2 * F1) + \\ 6 * E * \sin(2 * M' + M) - 4 * \sin(3 * M') - 3 * E * \sin(2 * F1) + 3 * \\ \sin(A1) - 2 * E * \sin(M - 2 * F1) - 2 * E * \sin(M - 2 * F1) 2 * E * \\ \sin(2 * M' - M) - 2 * \sin(\text{Omega}) \text{ Koreksi JDE} = -0.3376$$

15. JDE belum terkoreksi + koreksi JDE = 2458681.397

$$16. \text{JD saat gerhana maksimum} = \text{JDE terkoreksi} - \text{Delta T}$$

$$= 2458681.396$$

$$17. 10000 * P = 2070 * E * \sin(M) + 24 * E * \sin(2 * m) - 392 * \sin(M') + 116 * \sin(2 * M') - 73 * E * \sin(M' + M) + 67 * E * \sin(M' - M) + 118 * \sin(2 * F1) \quad P = -0.00774$$

$$18.10000 * Q = 52207 - 48 * E * \cos(M) + 20 * E * \cos(2 * M) - 3299 * \cos(M') - 60 * E * \cos(M' + M) + 41 * E * \cos(M' - M)$$

Q=5.463

19. $W = \text{Abs}(\text{Cos}(F1)) = 0.991$

20. $\text{Gamma} = (P \cdot \cos(F1) + Q \cdot \sin(F1)) \cdot (1 - 0,0048 \cdot W) = -0.643$

$$21. 10000 * U = 59 + 46 * E * \cos(M) - 182 * \cos(M') + 4 * \cos(2 * M') - 5 * E \cos(M + M')$$
$$U = 0.01416$$

22. Radius Penumbra = $1,2848 + u = 01.298$

23. Radius Umbra = 0,7403 – u=0.726

$$24. \text{ Magnitude gerhana penumbra} = 1,5573 - u - \text{Abs}(\text{Gamma})/0,545$$

$$= 1.702$$

25. Magnitude gerhana umbra = $(1,0128 - u - \text{Abs}(\text{Gamma})/0,545$
 $= 0.651$

176.66 menit

1. Akurasi antara perhitungan gerhana bulan menggunakan matlab dengan perhitungan manual

1. Dengan program Matlab

2. Dengan hitungan Manual

$$=1^{\circ}44'26''$$
$$= 3^{\circ} 2' 13''$$
$$= 3^{\circ} 37' 49''$$

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. 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..
2. Secara garis besar dapat disimpulkan bahwa Akurasi Perhitungan Gerhana Bulan menurut Jean Meeus menggunakan software Matlab ini terdapat beberapa langkah antara lain:
 - a. Pengumpulan data;
 - b. Analisa data untuk perhitungan gerhana Bulan dalam *software* Matlab;
 - c. Penginputan data;
 - d. Peng-*codingan*;
 - e. Eksekusi dan evaluasi.
3. Berdasarkan perbandingan perhitungan diatas, perhitungan gerhana Bulan algoritma Jean Meeus menggunakan software Matlab memiliki akurasi yang memadai.

B. Saran

1. Penggunaan *software* Matlab memerlukan memori yang cukup besar sehingga diperlukan laptop/pc/komputer dengan spesifikasi tinggi atau minimal core i3;

