

**ANALISIS POLA GERHANA MATAHARI DITINJAU DARI
KRITERIA NILAI ARGUMEN LINTANG BULAN (F),
GAMMA (γ), DAN MAGNITUDO (μ)**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Tugas Dan Melengkapi Syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Program Strata S.1 Dalam Ilmu Syari'ah
dan Hukum



Oleh :

EHSAN HIDAYAT

NIM : 132 611 048

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

2017

Drs. H. Slamet Hambali, M.SI.
Jl. Candi Permata II/180
Semarang

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Lamp. : 4 (empat) eks.
Hal : Naskah Skripsi
An. Sdr. Ehsan Hidayat

Kepada Yth.
Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

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

Nama : Ehsan Hidayat

N I M : 132611048

Judul : Studi Analisis Pola Gerhana Matahari Ditinjau Dari Kriteria Nilai Argumen Lintang Bulan (F), Gamma (γ), dan Magnitudo (u)

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

Demikian harap menjadi maklum.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, 12 Mei 2017

Pembimbing I



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

Dra. Hj. Noor Rosyidah, M.SI.
Jl. Kampung Kebon Arum No. 73
Semarang

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Lamp. : 4 (empat) eks.
Hal : Naskah Skripsi
An. Sdr. Ehsan Hidayat

Kepada Yth.
Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

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

Nama : Ehsan Hidayat
N I M : 132611048
Judul : Studi Analisis Pola Gerhana Matahari Ditinjau Dari Kriteria Nilai Argumen Lintang Bulan (F), Gamma (γ), dan Magnitudo (u)

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

Demikian harap menjadi maklum.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, 12 Mei 2017

Pembimbing II



Dra. Hj. Noor Rosyidah, M.SI.
NIP. 19650909 199403 2 002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
FAKULTAS SYARI'AH DAN HUKUM

Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus III Ngaliyan Telp/Fax. (024) 7601291 Semarang 50185

PENGESAHAN

Nama : Ehsan Hidayat
N I M : 132611048
Fakultas/Jurusan : Syari'ah dan Hukum/Program Studi Ilmu Falak
Judul : ANALISIS POLA GERHANA MATAHARI DITINJAU
DARI KRITERIA NILAI ARGUMEN LINTANG BULAN
(F), GAMMA (y), DAN MAGNITUDO (u)

Telah dimunaqosahkan oleh Dewan Penguji Fakultas Syari'ah dan Hukum Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang dan dinyatakan lulus, pada tanggal:

30 Mei 2017

Dan dapat diterima sebagai kelengkapan ujian akhir dalam rangka menyelesaikan Studi Program Sarjana Strata 1 (S.1) tahun akademik 2016/2017 guna memperoleh gelar Sarjana dalam Ilmu Syari'ah dan Hukum.

Semarang, 30 Mei 2017

Dewan Penguji,
Ketua Sidang

Dr. H. Agus Nurhadi, M.A.
NIP. 196604071991031004

Sekretaris Sidang

Drs. H. Slamet Hambali, M.Si.
NIP. 195408051980031004



Penguji I

Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag.
NIP. 197205121999031003

Penguji II

Moh. Arifin, S.Ag., M.Hum.
NIP. 197110121997031002

Pembimbing I

Drs. H. Slamet Hambali, M.Si.
NIP. 195408051980031004

Pembimbing II

Drs. Hj. Noor Rosyidah, M.Si.
NIP. 196509091994032002

MOTTO

إِنَّ عِدَّةَ الشُّهُورِ عِنْدَ اللَّهِ اثْنَا عَشَرَ شَهْرًا فِي كِتَابِ اللَّهِ يَوْمَ
خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ مِنْهَا أَرْبَعَةٌ حُرُمٌ ...

“ Sesungguhnya jumlah bulan menurut Allah ialah dua belas bulan,
(sebagaimana ketetapan Allah pada waktu Dia menciptakan langit dan
bumi, di antaranya ada bulan haram...”
(QS. Al-Taubah: 36)¹

¹ Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an dan Tafsirnya*, Jilid IV, Jakarta :
Kementerian Agama RI, 2012, hlm. 110-111.

PERSEMBAHAN

Skripsi ini Saya persembahkan untuk :

Bapak dan Ibu tercinta

dan Bapak Warnoto dan Ibu Tanimah (almh)

Keluarga Besarku :

Mas Agus Subkhi, Mas Ahmad Khaeron, Mba Endang Suci Asih, Mba

Siti Khaeriyah, Mba Siti Nurul Hikmah, serta adik-adikku : Siti

Khumaeroh, Annisa Murni Asih.

Seluruh Guru penulis sejak penulis lahir

Semua Pegiat Ilmu Falak

Keluarga Besar UNION

DEKLARASI

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

Semarang, 15 Mei 2017

Deklarator,



Ehsan Hidayat
NIM. 132611048

ABSTRAK

Gerhana Matahari merupakan salah satu fenomena alam yang terjadi setiap tahun meski tidak di lokasi yang sama. Keadaan tersebut pernah menimbulkan pemikiran-pemikiran yang mengandung mitos tentang gerhana, misal mengaitkan dengan kematian orang. Namun demikian, kehadiran fenomena gerhana juga menjadi momen ibadah orang Islam, yaitu salat gerhana. Adapun untuk mengetahui adanya suatu gerhana harus melalui tiga langkah, yaitu argumen lintang bulan (F) merupakan informasi awal ada-tidaknya gerhana Matahari, yaitu apakah sudut Bulan di setiap *lunasi* berada di batas gerhana atau tidak. Nilai gamma (γ) digunakan sebagai penentu tipe gerhana, apakah sentral atau tidak dan juga sebagai penentu apakah tipe parsial atau cincin. Nilai magnitudo (u) digunakan sebagai ketentuan lanjut dari gerhana sentral, yaitu jika nilai $u < 0$, maka gerhana total. Jika $u > 0.0047$, maka gerhana annular dan jika u antara 0 dan $+0.0047$, bisa gerhana annular atau annular-total. Dengan demikian, gerhana Matahari yang terjadi setiap tahun tentunya mempunyai pola yang bisa dijadikan sarana prediksi di lain waktu.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pola gerhana Matahari jika ditinjau dari kriteria nilai argumen lintang bulan (F), gamma (γ), dan magnitudo (u) dan mengetahui akurasi kriteria tersebut dalam memberikan prediksi adanya gerhana Matahari. Penelitian ini termasuk jenis *library research*. Data primer yang digunakan penulis adalah Buku *Astronomical Algorithms* karya Jean Meeus. Adapun data sekundernya adalah wawancara dengan Rinto Anugraha dosen Fisika UGM, Yogyakarta dan pemilik buku mekanika benda langit yang algoritmanya mengadopsi dari Jean Meeus dan dokumen-dokumen yang berkaitan dengan gerhana Matahari. Proses analisis ini menggunakan *deskriptif analitis*, *statistic analitis*, serta *verifikatif analitis*.

Penelitian ini menghasilkan temuan berikut : *pertama*, karakter pola setiap komponen yang masuk dalam algoritma Jean Meeus terutama tentang kriteria argumen lintang bulan (F) yang mempunyai pola naik teratur dengan selisih rata-rata 30,67050 di setiap *lunasi*, sehingga rumus awal bisa ditransformasikan ke rumus baru . Gamma (γ) dan magnitudo (u) memberikan pola bergelombang dengan kontribusi sama di setiap nilai positif maupun negatif di 12 *new moon*, meski selisihnya tidak beraturan di setiap satu lunasi. Adapun secara umum pola gerhana Matahari yang terbentuk berdasarkan periode saros adalah hampir memberikan pola sama, baik jumlah setiap tahun maupun jenisnya dengan kata lain polanya tidak beraturan dikarenakan kontribusi gamma dan magnitudo tersebut tidak beraturan dalam hal selisih angka. *Kedua*, akurasi yang didapat dari algoritma Jean Meeus juga sudah tidak diragukan karena dalam beberapa periode saros memberikan hasil sama dengan data gerhana yang diberikan oleh NASA.

Keyword : pola gerhana Matahari, astronomical algorithms, argumen lintang bulan (F), gamma (γ), magnitudo (u), algoritma.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, dengan puja dan puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “*Analisis Pola Gerhana Matahari Ditinjau Dari Kriteria Nilai Argumen Lintang Bulan (F), Gamma (y), Dan Magnitudo (u)*” ini dengan lancar.

Salawat serta salam, semoga selalu Allah curahkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW beserta seluruh keluarga dan para sahabat yang senantiasa kita harapkan barokah syafa’atnya pada hari akhir.

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

1. Kedua orang tua dan segenap keluarga penulis, atas segala doa, perhatian, dukungan, dan curahan kasih sayangnya yang sangat besar sekali, sehingga penulis mempunyai semangat untuk menyelesaikan skripsi ini dengan lancar.
2. Drs. H. Slamet Hambali, M.S.I, selaku Pembimbing I, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan terbaiknya dan pengarahan dalam penyusunan skripsi ini dengan tulus ikhlas.
3. Drs. Hj. Noor Rosyidah, M.S.I, selaku Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dengan sabar dan tulus ikhlas untuk memberikan bimbingan, motivasi dan pengarahan dalam penyusunan penulisan skripsi ini.
4. Dr. Eng. Rinto Anugraha, M.SI., selaku dosen FMIPA UGM yang penulis minta informasinya pendapatnya terkait penelitian penulis.
5. Dekan Fakultas Syari’ah dan Hukum UIN Walisongo Semarang dan para Wakil Dekan yang telah memberikan izin kepada

penulis untuk menulis skripsi tersebut dan memberikan fasilitas untuk belajar dari awal hingga akhir.

6. Ahmad Syifaul Anam, S.HI., M.H., selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan dan didikan dengan tulus kepada penulis selama kuliah di UIN Walisongo.
7. Seluruh jajaran pengelola Program Studi Ilmu Falak, atas segala didikan, bantuan dan kerjasamanya yang tiada henti. Penghargaan yang setinggi-tinggi saya berikan kepada Drs. H. Maksun, M.Ag (Ketua Jurusan Ilmu Falak), Dra. Hj. Noor Rosyidah, MSI (Sekretaris Jurusan Ilmu Falak), Siti Rofiah, S.HI., M.H., M.H., M.SI., selaku staff jurusan Ilmu Falak.
8. Dosen-dosen dan pengajar Ilmu Falak Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, Drs. H. Slamet Hambali, M.SI., Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M. Ag., Ahmad Syifaul Anam, S.HI., M.H., Dr. Arif Budiman, M.Ag., semoga ilmu yang diajarkan berkah dan bermanfaat bagi penulis khususnya dan orang lain. Amin.
9. Seluruh guru penulis yang telah banyak memberikan ilmu dan pengetahuan serta didikan yang tak ternilai harganya.
10. Kementrian Agama RI yang telah memberikan beasiswa kepada penulis selama mengenyam pendidikan di Kampus UIN Walisongo Semarang.
11. Keluarga Besar Pondok Pondok Pesantren YPMI Al-Firdaus beserta seluruh pengurusnya khususnya kepada K.H. Ali Munir selaku pengasuh pondok yang selalu memberikan nasihat dan bimbingannya.
12. Keluarga Besar Ma'had Takhassus Simbang Kulon, khususnya kepada masyayikh dan asatidz yang telah mendidik dan mengajarkan ilmu dan akhlak kepada penulis, sehingga penulis dapat melanjutkan studi di Kampus UIN Walisongo Semarang ini.

13. Keluarga Besar Madrasah Aliyah Salafiyah Simbangkuoln, Buaran Pekalongan, terkhusus kepada Guru-Guru yang tidak hentinya memberikan pengarahan dan bimbingan kepada penulis.
14. Keluarga Besar UNION 2013 (Kohar, Syarif, Yaqin, Amra, Anis, Arham, Asih, Ina, Dina, Uyun, Fitri, Hafid, Halimah, Imam, Indras, Ovi, Lina, Farabi, Hasib, Enjam, Masruhan, Jumal, Jahid, Nila, Hayati, Nurlina, Halim, Udin, Rizal, Syifa, Unggul, Witriah, Yuan), kalian adalah keluarga penulis dan pengalaman bersama kalian takkan penulis lupakan.
15. Keluarga besar Prodi Ilmu Falak, CSS MoRA UIN Walisongo Semarang dan CSS Mora Nasional, kalian adalah orang hebat yang telah menjadi inspirator dan motivator penulis untuk menjadi orang yang lebih baik.
16. Keluarga besar Jam'iyatul Qurra' wal Huffadz (JQH) eL-Fasya eL-Febi's UIN Walisongo Semarang yang telah memberi wadah bagi penulis untuk belajar arti sebuah kepemimpinan, kekeluargaan, dan organisasi itu sendiri. Jika dikatakan pengalaman adalah guru terbaik, maka disinilah penulis menemukan guru-guru terbaik. Semoga salam semangat jam'iyah ini akan selalu berkumandang dan membawa berkah untuk masyarakat dan almamater. Amin.
17. Keluarga besar AMSI NUSANTARA (Asosiasi Mahasiswa Seni Islami Nusantara) : Seni Religius UIN Maliki Malang, JQH Al Mizan UIN SUKA Yogyakarta, HTQ IAIN SNJ Cirebon, UPTQ UIN Sunan Gunung Djati Bandung, HIQMA UIN Syarif Hidayatullah, HIQMA Raden Intan Lampung, UPTQ IAIN SMH Banten, IQMA UIN Sunan Ampel Surabaya, dan UKM yang belum tergabung. Semoga keluarga ini akan selalu menjadi wadah yang bermanfaat bagi pegiat-pegiatnya dan almamaternya. Amin.
18. Keluarga besar KKN UIN Walisongo ke-67 posko 34 desa Cerme yang luar biasa : Keke (Jakarta), Nai (Demak), Atina (Blora), Dewi, Naili (Pekalongan), Umul (Demak), Ima (Demak), Nisa

(Demak), Arif (Rembang), Mughits (Demak), Fuad (Purwodadi), dan pak kordes Haris (Grobogan), atas kenangan 45 hari tak terlupakan di pelosok Cerme.

19. Keluarga Besar Ikatan Alumni Madrasah Aliyah Simbang Kuoln (IKMAL eL-Simbany) yang selalu berjuang bersama mengharumkan nama baik dan menjaga tradisi mulia Almamater di tanah perantauan ini.
20. Dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang secara langsung maupun tidak langsung selalu memberi bantuan, dorongan dan do'a kepada penulis selama melaksanakan studi di UIN Walisongo dan nyantri di Pondok Pesantren YPMI Al-Firdaus.

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

Semarang, 08 Mei 2017

Penulis



Ehsan Hidayat

PEDOMAN TRANSLITERASI ARAB - LATIN²

A. Konsonan

ء = `	ز = z	ق = q
ب = b	س = s	ك = k
ت = t	ش = sy	ل = l
ث = ts	ص = sh	م = m
ج = j	ض = dl	ن = n
ح = h	ط = th	و = w
خ = kh	ظ = zh	ه = h
د = d	ع = `	ي = y
ذ = dz	غ = gh	
ر = r	ف = f	

B. Vokal

َ = a

ِ = i

² Tim Fakultas Syari'ah IAIN Walisongo Semarang, *Pedoman Penulisan Skripsi*, Semarang : Basscom Multimedia Grafika, 2012, hlm. 61 – 62.

ُ = u

C. Vokal Panjang

أ + َ = Ā

ي + ِ = Ī

و + ُ = Ū

D. Diftong

اِي = Ay

اَوْ = Aw

E. Syaddah (ّ)

Syaddah dilambangkan dengan konsonan ganda
misalnya الطَّبّ *al-thibb*

F. Kata Sandang (...ال)

Kata Sandang (...ال) ditulis dengan *al-....* misalnya
الصناعة = *al-Shina'ah*. Al- ditulis dengan huruf kecuali jika
terletak pada permulaan kalimat.

G. Ta' Marbutah (ة)

Setiap ta' Marbutah ditulis dengan "h" misal المعيسة
الطبيعية = *al-Ma'isyah al-thabi'iyah*

DAFTAR ISI

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

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	8
C. Tujuan Penelitian	8
D. Manfaat Penelitian	8
E. Tinjauan Pustaka	9
F. Metode Penelitian	11
G. Sistematika Penulisan	16

BAB II GAMBARAN UMUM GERHANA MATAHARI DAN KAJIAN UMUM POLA

A. Gerhana Matahari

1. Pengertian Gerhana	19
-----------------------------	----

2. Geometri dan Macam - macam Gerhana Matahari	23
3. Siklus Gerhana	28
4. Fakta Gerhana Matahari	33
5. Macam-macam Metode Prediksi Gerhana Matahari	38

B. Kajian Pola

1. Pola dalam Ilmu Matematika / Statistik	42
2. Pola Gerhana Matahari	50

BAB III ALGORITMA HISAB PERHITUNGAN PREDIKSI GERHANA MATAHARI

A. Kajian Astronomis Nilai Argumen Lintang Bulan (F), Gamma (y), dan Magnitudo (u)	57
B. Algoritma Hisab Perhitungan Prediksi Gerhana Matahari	65

BAB IV ANALISIS POLA GERHANA MATAHARI DITINJAU DARI KRITERIA NILAI ARGUMEN LINTANG BULAN (F), GAMMA (y), DAN MAGNITUDO (u)

A. Pola Gerhana Matahari Ditinjau Dari Kriteria Nilai Argumen Lintang Bulan (F), Gamma (y), dan Magnitudo (u)	81
B. Analisis Hasil Akurasi Kriteria Nilai Argumen Lintang Bulan (F), Gamma (y), dan Magnitudo (u)	

dalam memberikan prediksi terjadinya gerhana
Matahari 128

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan 153
B. Saran-Saran 154
C. Penutup..... 155

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Fenomena yang ditimbulkan Matahari merupakan salah satu bentuk kebesaran Allah SWT. Ia tercipta sebagai salah satu benda langit yang tidak hanya mampu menghasilkan cahaya, namun bisa menghasilkan sumber tenaga yang bermanfaat bagi kehidupan di alam semesta. Dengan sinarnya yang terang, ia dijadikan pedoman waktu bagi sekelompok makhluk, yaitu manusia yang berada di Bumi dengan memanfaatkan bayang-bayang yang ditimbulkan. Namun demikian, dengan sinarnya yang terang terkadang bisa terhalang oleh benda langit lain sehingga terjadi fenomena langit yang dikenal dengan istilah gerhana¹ dan dimanfaatkan manusia untuk beribadah kepada Sang Kuasa.

Gerhana sebagaimana diketahui ada dua macam, yaitu gerhana Matahari dan gerhana Bulan. Gerhana Matahari terjadi ketika komposisi benda langit adalah Matahari, Bulan dan Bumi berada pada satu garis lurus. Sedangkan gerhana Bulan terjadi ketika Matahari, Bumi dan Bulan berada pada satu garis lurus. Gerhana Matahari terjadi pada fase bulan baru (*new moon*),

¹ Gerhana yang disebut juga *eclipse* merupakan gejala alam yang terjadi karena sebuah benda langit tidak dapat terlihat disebabkan terhalang oleh benda langit lainnya. Baca bukunya Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta : Buana Pustaka, 2005, hlm. 23.

sedangkan gerhana Bulan terjadi pada fase bulan purnama (*full moon*). Namun keduanya tidak setiap bulan terjadi. Hal ini karena bidang orbit Bulan dalam mengitari Bumi tidak sejajar dengan bidang orbit Bumi dalam mengitari Matahari (*bidang ekliptika*), namun miring membentuk sudut sebesar 5 derajat.²

Gerhana Matahari yang menjadi penelitian penulis, merupakan salah satu bahasan ilmu falak yang dipelajari dalam Islam karena kaitannya dengan pelaksanaan ibadah umat muslim di dunia, yaitu salat gerhana, baik gerhana Bulan maupun Matahari.³ Dilihat dari penelitian-penelitian sebelumnya, kajian gerhana Matahari fokus pada algoritma secara penuh, yaitu membahas metode hisab gerhana.

Dari sini penulis mencoba meneliti fenomena gerhana Matahari melalui sudut pandang baru dengan tanpa menghilangkan tujuan awal, yaitu mengetahui adanya gerhana guna melaksanakan salat sunah gerhana. Yaitu mengkaji fenomena gerhana Matahari melalui pola. Namun demikian,

² Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, Yogyakarta : Jurusan FMIPA UGM, 2012, hlm. 126.

³ Salah satu ruang lingkup pembahasan ilmu falak adalah gerhana, selain ada arah kiblat, waktu-waktu salat, dan awal bulan. Kaitannya dengan pembahasan gerhana adalah menghitung waktu terjadinya kontak antara Matahari dan bulan, yaitu kapan bulan mulai menutupi Matahari dan lepas darinya pada gerhana Matahari. Lihat Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, Yogyakarta : Buana Pustaka, t.t, hlm. 2-3.

penulis dalam penelitian ini lebih fokus ke tahap awal yaitu mengetahui adanya gerhana secara umum.

Pola sendiri secara bahasa diartikan sebagai bentuk (struktur) yang tetap⁴. Secara istilah merupakan bentuk atau model (atau, lebih abstrak, suatu set peraturan) yang bisa dipakai untuk membuat atau untuk menghasilkan sesuatu atau bagian dari sesuatu, khususnya jika sesuatu yang ditimbulkan cukup mempunyai suatu yang sejenis untuk pola dasar yang dapat ditunjukkan atau terlihat, yang mana sesuatu itu dikatakan memamerkan pola.⁵ Dalam Ilmu Matematika, masalah pola⁶ sering dikaitkan dengan pembuatan rumus yang berguna untuk memudahkan mencari nilai N ketika perhitungan yang dicari berada di jarak sangat jauh dari titik awal perhitungan, sehingga

⁴ <http://kamusbahasaindonesia.org/pola/mirip>, diakses pada 30 Agustus 2016 jam 14:01 WIB. Bisa juga disebut dengan susunan bilangan dengan aturan tertentu (pola bilangan).

⁵ <https://id.wikipedia.org/wiki/Pola>, diakses pada 30 Agustus 2016 jam 14:04 WIB.

⁶ Pola bilangan sendiri memiliki arti suatu susunan bilangan yang memiliki bentuk teratur atau suatu bilangan yang tersusun dari beberapa bilangan lain yang membentuk suatu pola. Dan pola bilangan juga memiliki jenisnya atau macamnya. Contoh pola bilangan ganjil, pola bilangan ganjil yaitu pola bilangan yang terbentuk dari bilangan-bilangan ganjil. Sedangkan pengertian bilangan ganjil sendiri memiliki arti suatu bilangan asli yang tidak habis dibagi dua ataupun kelipatannya. Contoh 1, 3, 5, 7, dll. Rumus $U_n = 2n - 1$. Misal mengetahui berapa pola bilangan ganjil ke 10, maka $U_n = 2n - 1 = 2 \cdot 10 - 1 = 19$. <http://rumusrumus.com/macam-pola-bilangan/> diakses pada 30 Agustus 2016 Jam 14:27 WIB.

kalau dikaitkan dengan fenomena gerhana Matahari, maka tentunya menarik mengkaji gerhana melalui pola.

Ketertarikan penulis mengkaji fenomena gerhana Matahari melalui pola adalah sebagai berikut : *Pertama*, sebagaimana diketahui untuk mengetahui adanya fenomena gerhana, maka orang-orang harus menghitung dengan metode hisab yang sudah ada dan metode tersebut tidak hanya digunakan untuk mengetahui satu gerhana saja, melainkan semua gerhana. Salah satu metode hisab gerhana sebagaimana dijelaskan dalam buku *Astronomical Algorithms* karya Jean Meeus yang dalam penelitian ini menjadi rujukan utama penulis.⁷ *Kedua*, dalam satu tahun, fenomena gerhana Matahari pasti terjadi antara 2, 3, 4, dan 5 kali.⁸ Jumlah tersebut bukan suatu kebetulan karena mereka mengikuti suatu metode perhitungan yang ada, sehingga bila dihimpun dalam beberapa tahun tentunya mempunyai pola angka gerhana yang terbentuk. Dan *ketiga*, telah ada suatu perhitungan siklus tentang gerhana, yaitu siklus saros. Siklus yang bisa dijadikan langkah mudah untuk mengetahui adanya fenomena gerhana yang akan datang.

Salah satu fakta gerhana juga dijelaskan dalam buku Rinto Anugraha yang berjudul *Mekanika Benda Langit*, bahwa dalam

⁷ Jafar Shodiq, *Studi Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari Menurut Rinto Anugraha Dalam Buku Mekanika Benda Langit*, Skripsi Fakultas Syari'ah Dan Hukum UIN Walisongo, Semarang, 2015, hlm. 5-6.

⁸ Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 128-131.

setahun kalender, minimum terdapat 2 kali gerhana Matahari dan maksimum terdapat 5 kali gerhana Matahari. Dalam rentang 4000 tahun sejak -600 hingga 3400, secara perhitungan hanya terdapat 14 tahun yang memiliki 5 kali gerhana Matahari dalam setahun, yaitu tahun -568, -503, -438, -373, 1255, 1805, 1935, 2206, 2709, 2774, 2839, 2904, 3295, dan 3360. Dan kalau diamati ternyata distribusi tahunnya tidak beraturan : ada tiga kasus dari tahun -568 hingga -438 (rentang 130 tahun) dan tiga kasus dari tahun 2709 hingga 2839 (rentang 130 tahun), tetapi tidak terjadi sejak tahun -373 hingga 1255 (rentang lebih dari 1600 tahun). Untuk keempat belas tahun di atas, empat dari lima gerhana dalam setahun adalah tipe parsial atau P, sisa tipe gerhana adalah tipe cincin atau A (seperti pada tahun 1935) atau tipe total (seperti pada tahun 2774).⁹

Dari jumlah tersebut, setidaknya ada celah pertanyaan, kenapa dari jumlah ijtimak yang setiap tahunnya berjumlah 12 kali dapat terjadi gerhana Matahari sampai 2, 3, 4, dan 5 kali. Kenapa tidak lebih dari itu bahkan kurang? terlebih dengan adanya periode saros¹⁰. Maka semakin bertambah kuat bahwa alam semesta ini memiliki pola tersembunyi di balik fenomena

⁹ Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 128-131.

¹⁰ Periode saros adalah 18 tahun 11 hari lebih 1/3 hari adalah 223 kali bulan sinodis. Sehingga dengan sederhana orang bisa tahun setelah ada gerhana, maka 18 tahunan ke depan gerhana selanjutnya akan terjadi lagi dengan karakter yang hampir mirip. Baca Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis*, Semarang : PT. Pustaka Rizki Putra, 2012, hlm. 111.

gerhana Matahari. Dan tentunya kajian pola tersebut membuat penelitian mendalam yang mungkin selama ini belum dibahas.

Dalam buku *Astronomical Algorithms* yang menjadi pedoman banyak kalangan ilmu falak untuk mengetahui lebih dalam gerhana Matahari juga menjelaskan bahwa setidaknya ada beberapa faktor yang menjadi syarat penting terjadinya gerhana Matahari, baik gerhana Matahari parsial, total, cincin, atau pun hybrid. Dan syarat-syarat tersebut adalah ditinjau dari kriteria nilai argumen lintang bulan (F), γ (y), dan magnitudo (u). Ketiga faktor tersebut dipakai untuk menentukan batas terjadinya gerhana serta macam-macamnya.

Nilai argumen lintang bulan (F) digunakan sebagai informasi awal adanya gerhana Matahari. Jika hasil selisih F dengan 180° kurang dari $13^\circ.9$, maka pasti ada gerhana. Jika lebih dari $21^\circ.0$, maka tidak ada gerhana. Dan jika di antara $13^\circ.9 - 21^\circ.0$, maka bisa dipastikan ada gerhana bila hasil mutlak $\sin F < 0.36$. Kemudian nilai γ (y) digunakan sebagai penentu tipe gerhana, apakah sentral atau tidak. Juga sebagai penentu apakah tipe parsial atau cincin. Dan nilai magnitudo (u) digunakan sebagai ketentuan lanjut dari gerhana sentral. Jika nilai $u < 0$, maka gerhana total. Jika $u > 0.0047$, maka gerhana

annular. Jika u antara 0 dan +0.0047, bisa gerhana annular atau annular-total.¹¹

Dengan melihat uraian latar belakang di atas, maka penulis berpendapat bahwa kajian gerhana Matahari melalui pola merupakan kajian baru yang menarik untuk diteliti terutama memolakan komponen yang menjadi syarat adanya gerhana Matahari tersebut. Dikatakan menarik karena kajian gerhana Matahari tidak hanya dibahas melalui angka-angka yang panjang dan rumit, melainkan dilakukan dengan melihat karakter-karakter pola yang terbentuk. Di samping itu, peneliti juga mengetahui sampai berapa tahun periode gerhana itu bertahan dan mengetahui kenapa dalam setahun bisa terjadi gerhana Matahari minimal dua kali dan maksimal lima kali. Bahkan dari hasil analisis penelitian ini, penulis kemungkinan juga bisa membuat rumus sederhana untuk mengetahui ada-tidaknya gerhana Matahari setiap tahun. Dengan cukup mengetahui awal *new moon* di setiap tahun.

Maka dari itu peneliti dalam hal ini sangat tertarik untuk mengkaji pola alam semesta melalui fenomena gerhana Matahari dan memasukannya dalam penelitian yang berjudul “ *Analisis Pola Gerhana Matahari Ditinjau Dari Kriteria Nilai Argumen Lintang Bulan (F), Gamma (γ), dan Magnitudo (u)*”.

¹¹ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, Virginia: Willman Bell. Inc., 1991, hlm. 320.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pola gerhana Matahari yang terbentuk ditinjau dari kriteria nilai argumen lintang bulan (F), gamma (γ), dan magnitudo (u) ?
2. Bagaimana akurasi kriteria nilai argumen lintang bulan (F), gamma (γ), dan magnitudo (u) dalam memberikan prediksi terjadinya gerhana Matahari?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pola gerhana Matahari yang terbentuk ditinjau dari kriteria nilai argumen lintang bulan (F), gamma (γ), dan magnitudo (u).
2. Mengetahui akurasi kriteria nilai argumen lintang bulan (F), gamma (γ), dan magnitudo (u) dalam memberikan prediksi terjadinya gerhana Matahari.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Menambah khazanah keilmuan falak terutama menyangkut syarat-syarat terjadinya gerhana Matahari.
2. Mengetahui pola-pola yang terbentuk dari peristiwa gerhana Matahari.
3. Memberi manfaat secara teori dan aplikasi dalam mengetahui adanya gerhana Matahari.

4. Sebagai bahan rujukan bagi mahasiswa falak maupun umum untuk penelitian lebih lanjut.

E. Telaah Pustaka

Telaah pustaka atau penelusuran pustaka merupakan langkah pertama untuk mengumpulkan informasi yang relevan untuk penelitian. Penelusuran ini dilakukan untuk menghindari duplikasi pelaksanaan penelitian. Dengan penelusuran pustaka dapat diketahui penelitian yang pernah dilakukan dan tempat penelitian itu dilakukan.¹² Adapun untuk mengetahui orisinalitas penelitian ini maka diperlukan penelitian-penelitian terdahulu yang mempunyai fokus kajian yang sama agar dapat diketahui letak perbedaan antara peneliti-peneliti sebelumnya dengan rencana penelitian penulis.

Skripsi yang mempunyai fokus kajian sama yaitu hisab gerhana Matahari oleh Khotibul Umam yang berjudul “ *Metode Hisab Gerhana Matahari KH. Ahmad Ghozali dalam Kitab Irsyād al-Murīd.*”¹³ Dari skripsi ini diperoleh gambaran yang tidak jauh berbeda dari skripsi Sukarni hanya saja fokus kajiannya bertolak pada hisab gerhana Matahari sementara Sukarni berfokus pada gerhana Bulan. Keduanya menggunakan

¹² Banny Kurniawan, *Metodologi Penelitian*, Tangerang : Jelajah Nusa, cet I, 2012, hlm. 30.

¹³ Khotibul Umam, *Metode Hisab Gerhana Matahari KH. Ahmad Ghozali dalam Kitab Irsyād al-Murīd*, Skripsi Fakultas Syari’ah UIN Walisongo Semarang, 2014.

sumber atau obyek yang sama yaitu kitab *Irsyād al-Murīd* karangan Ahmad Ghozali. Meskipun skripsi tersebut sama-sama membahas gerhana Matahari seperti halnya penelitian sebelumnya, akan tetapi sudut kajian penulis sudah jelas berbeda, yaitu tentang pola gerhana Matahari.

Skripsi yang ditulis oleh Jafar Shodiq tentang “ *Studi Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari Menurut Rinto Anugraha Dalam Buku Mekanika Benda Langit* “. Seperti penelitian sebelumnya skripsi ini menjelaskan tentang algoritma perhitungan gerhana Matahari dalam buku Mekanika Benda Langit karya Rinto Anugraha yang dimulai dengan mencari elemen Bessel untuk gerhana yang akan diamati, kemudian menentukan waktu-waktu yang akan diamati pada saat gerhana sentral (total / cincin), selanjutnya menghitung lintang dan bujur geografis lokasi, altitude dan azimuth Matahari lokasi, lebar lintasan dan durasi gerhana total di lokasi. Perhitungan gerhana Matahari Rinto Anugraha dalam buku Mekanika Benda Langit tergolong dalam metode hisab hakiki kontemporer karena data-data yang digunakan berasal dari data-data astronomis yang aktual. Perhitungan gerhana Matahari yang terdapat dalam Mekanika Benda Langit dapat digolongkan sebagai perhitungan gerhana global (*geocentris*) karena proses perhitungannya tidak menggunakan data-data dari koordinat bujur maupun lintang lokal (*topocentris*). Justru perhitungannya bertujuan untuk

mengetahui koordinat bujur dan lintang yang terkena garis umbra.¹⁴

Dari beberapa penelitian yang telah ada, para peneliti tersebut membahas tentang metode hisab gerhana Matahari, meski penelitian hisab gerhana Matahari masih tergolong sedikit. Dan hasilnya juga sudah banyak yang cukup akurat, sehingga dalam hal ini penulis memulai mengkaji dalam sudut pandang yang jarang diteliti yaitu kajian tentang pola gerhana Matahari yang terbentuk dalam sekian tahun. Diharapkan dari penelitian ini bisa menambah khazanah keilmuan astronomi terutama mengetahui adanya pola-pola gerhana Matahari dan dapat memprediksi peristiwa gerhana Matahari pada tanggal, bulan, dan tahun tertentu.

F. Metode Penelitian

1. Jenis penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian *kualitatif*¹⁵ dengan menggabungkan metode *library research*. Karena

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

¹⁵ Analisis kualitatif pada dasarnya lebih menekankan pada proses deduktif dan induktif serta paada analisis terhadap dinamika antar fenomena yang diamati, dengan menggunakan logika ilmiah, lihat dalam Saifuddin Azwar, *Metode Penelitian*, Yogyakarta : Pustaka Pelajar, cet I, 1998, hlm. 5. Atau baca bukunya Juliansyah Nor, *Metodologi Penelitian*, Jakarta : Kencana. ed I, 2011, hlm. 33-34. Yang menjelaskan bahwa menurut denzin dan Lincoln

dalam penelitian ini penulis berorientasi pada kajian-kajian yang menjelaskan prediksi terjadinya gerhana Matahari dan fakta-faktanya.

2. Metode pengumpulan data
 - a. Subjek penelitian

Dalam penelitian ini peneliti menjadikan literature-literatur yang berkaitan dengan gerhana Matahari sebagai subjek utama, terutama literature yang memang telah dijadikan rujukan para ahli ilmu falak seperti buku karya Jean Mecus yang berjudul *Astronomical Algorithms* sebagai subjek utama. Kemudian tokoh-tokoh ahli falak yang dalam pelaksanaannya juga berkompeten dalam gerhana Matahari serta ilmu-ilmu lain yang berkaitan.

- b. Jenis dan sumber data

Berdasarkan pada sumber penelitian, data penelitian itu dapat digolongkan menjadi dua yaitu sumber data primer dan sekunder. Data primer dalam

(2009), kata kualitatif menyiratkan penekanan pada proses dan makna yang tidak dikaji secara ketat atau belum diukur dari sisi kuantitas, jumlah, intensitas, atau frekuensinya. Pendekatan kualitatif adalah suatu proses penelitian dan pemahaman yang berdasarkan pada metodologi yang menyelidiki suatu fenomena social dan masalah manusia. Pada pendekatan ini, peneliti menekankan pada sifat relitas yang erbangun secara sosial, hubungan erat antara peneliti dan subjek yang diteliti.

penelitian ini adalah buku Jean Meeus yang berjudul *Astronomical Algorithms* karena buku tersebut banyak dijadikan rujukan ahli ilmu falak di Indonesia. Sedangkan sumber data sekunder yang digunakan adalah data-data yang bersumber dari literature berupa buku, majalah, website, atau dokumen lain sebagai pelengkap data primer.

c. Metode pengumpulan data

Untuk mencari dan menemukan data-data yang diperlukan, maka penulis menggunakan beberapa metode dengan tujuan sumber datanya lebih bisa dipertanggungjawabkan, di antara metode yang dipakai peneliti adalah :

1) Dokumentasi

Pada tahap ini penulis mempelajari dokumen-dokumen yang berkenaan dengan peristiwa gerhana Matahari, baik dalam aspek macamnya, jenis periode, tempat, dan metodenya sebagai tambahan data primer. Dengan tujuan data yang dipaparkan semakin bagus, lengkap, dan bisa dipertanggungjawabkan.

Dokumentasi berasal dari asal kata “dokumen” yang artinya barang-barang tertulis di dalam melaksanakan metode dokumentasi. Penulis

bermaksud untuk memperoleh data secara langsung di tempat penelitian seperti buku-buku yang relevan, peraturan-peraturan, laporan kegiatan, foto-foto, film dokumenter, dan data yang relevan dengan penelitian.

2) Wawancara¹⁶

Penulis memakai wawancara sebagai metode pengumpulan data untuk menggali informasi tambahan dan mengetahui hal-hal dari responden yang lebih mendalam. Dalam skripsi ini wawancara dilakukan kepada Rinto Anugraha selaku pengarang buku *Mekanika Benda Langit*.

d. Analisis data

Pada metode penelitian kualitatif, data yang sudah banyak dikumpulkan secara terus menerus mengakibatkan variasi data dan kemungkinan bisa semakin bermacam-macam¹⁷. Oleh karena itu, data yang banyak dan kompleks tersebut memerlukan proses penyesuaian dengan kerangka kerja atau fokus masalah

¹⁶ Wawancara adalah proses Tanya jawab dalam penelitian yang berlangsung secara lisan antara dua orang atau lebih dengan bertatap muka secara langsung untuk mendengarkan informasi-informasi atau keterangan-keterangan. Cholid Narbuko, Abu Achmadi, Metodologi Penelitian, Jakarta : Bumi Aksara, 2010, hlm. 83.

¹⁷ Abuddin Nata, *Metodologi Studi Islam*, Jakarta : PT. Raja Grafindo Persda, 2006, hlm. 35.

tertentu, maka dengan ini penulis mengambil teknik analisis data *deskriptif analitis*¹⁸, yaitu yang menggambarkan sebuah pemahaman dalam hal mendeskripsikan kriteria-kriteria yang menjadi faktor utama terjadinya gerhana Matahari dalam suatu metode hisab agar tersusun secara rapih dan sistematis.

Setelah menggunakan analisis *deskriptif analitis* selanjutnya penulis menggunakan metode *statistic analysis*, yaitu teknik menganalisis data yang sudah ada dalam bentuk pola / diagram. Dengan teknik ini, penulis mengamati karakter pola yang terbentuk dari setiap komponen yang ada dalam algoritma prediksi terjadinya gerhana Matahari dan juga mengamati secara umum hasil gerhana yang ada.

Penulis juga menggunakan teknik *verifikatif analitis* sebagai metode untuk membuktikan akurasi dari kriteria nilai argumen lintang bulan, gamma, dan magnitude dalam memberikan hasil prediksi adanya gerhana Matahari melalui data gerhana Matahari dari NASA yang ditampilkan pada website resminya.

¹⁸ Suatu analisis data dengan menggambarkan suatu peristiwa atau suatu hal yang berkenaan dengan data yang diinginkan. Lihat Saifuddin Azwar, *Metodologi, ...* hlm. 5.

Alamat website tersebut adalah
www.eclipse.gsfc.nasa.gov/solar.html.

G. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini dibagi menjadi 5 bab yaitu :

BAB I merupakan pendahuluan yang berisi tentang uraian latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, telaah pustaka, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II merupakan landasan teori yang berisi tentang gambaran umum gerhana meliputi pengertian dan macam-macam gerhana, geometri gerhana Matahari, periodisasi gerhana, fakta-fakta tentang gerhana, kajian pola dalam ilmu Matematika. Dan macam-macam metode prediksi gerhana.

BAB III merupakan kumpulan data yang berkaitan dengan algoritma hisab perhitungan awal gerhana dan pola gerhana Matahari ditinjau dari kriteria nilai argumen lintang bulan (F), gamma (γ), dan magnitudo (u).

BAB IV berisi analisis pola gerhana Matahari jika ditinjau dari kriteria nilai lintang bulan (F), gamma (γ), dan magnitudo (u) dan analisis hasil akurasi kriteria nilai argumen lintang bulan (F), gamma (γ), dan magnitudo (u) dalam memberikan prediksi terjadinya gerhana Matahari.

BAB V merupakan bab terakhir dalam penelitian ini yang berisi kesimpulan, saran-saran dan penutup.

BAB II

GAMBARAN UMUM GERHANA MATAHARI DAN KAJIAN UMUM POLA

A. GERHANA MATAHARI

1. Pengertian Gerhana

Secara bahasa, istilah gerhana disebut dengan *kusūf* atau *khusūf* (bahasa arab). Kedua kata ini digunakan baik gerhana Matahari maupun gerhana Bulan. Hanya saja, kata *kusūf* lebih dikenal untuk penyebutan gerhana Matahari (*kusūf al-syams*) dan kata *khusūf* lebih dikenal untuk penyebutan gerhana Bulan (*khusūf al-qamar*).¹

Gerhana dalam bahasa Inggris disebut dengan *eclipse*. Kata ini juga digunakan secara umum untuk penyebutan dua gerhana, yaitu gerhana Bulan disebut dengan *eclipse of the moon* dan gerhana Matahari disebut *eclipse of the sun*. Kendati begitu, dalam praktiknya terdapat istilah *solar eclipse* untuk gerhana Matahari (*kusūf al-syams*) dan *lunar eclipse* untuk gerhana Bulan (*khusūf al-qamar*).²

Sedangkan dalam bahasa sehari-hari kita, kata gerhana digunakan untuk mendeskripsikan suatu keadaan yang berkaitan dengan kemerosotan atau kehilangan (secara total atau sebagian)

¹ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis*, Semarang : PT. Pustaka Rizki Putra, 2012, hlm. 105.

² A. Kadir, *Formula Baru Ilmu Falak*, Jakarta : AMZAH, 2012, hlm. 203.

kepopuleran, kekuasaan, atau kesuksesan seseorang, kelompok, atau Negara. Gerhana juga dapat dikonotasikan sebagai kesuraman sesaat (terprediksi, berulang atau tidak) dan masih diharapkan bisa berakhir.³

Definisi lain gerhana dari kamus besar bahasa Indonesia adalah berkurangnya ketampakan benda atau hilangnya benda dari pandangan sebagai akibat masuknya benda itu ke dalam bayangan yang dibentuk oleh benda lain.⁴ Dengan demikian, bisa disimpulkan bahwa secara bahasa gerhana tidak hanya berlaku untuk Bumi, Bulan, dan Matahari sebagaimana dalam hal ibadah umat Islam, melainkan sebuah bentuk terhalangnya cahaya dari sumbernya disebabkan oleh benda lain yang menutupi/memasukinya.

Gerhana ditinjau secara istilah, maka bisa dilihat dari beberapa definisi yang diberikan oleh ahli falak Indonesia melalui karya-karyanya. Di antaranya adalah karya Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah⁵ dalam kitabnya *Faīd al-Karīm al-Raūf*. gerhana adalah :

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

⁴ Dendy Sugondo, *Kamus Bahasa Indonesia*, Jakarta : Pusat Bahasa, 2008, hlm. 471.

⁵Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah merupakan tokoh falak Indonesia yang berasal dari sebuah kampung bernama lanbulan desa baturasang kecamatan tambelangan kabupaten sampangan. Lahir pada tanggal 7 Januari 1962 M. Dalam keilmuan falak, telah terhitung banyak karya kitab yang ia buat. Akan tetapi kitab-kitab tersebut (kitab Falak) hanya

خسوف القمر هو عبارة عن ذهاب ضوء القمر بتوسط الاعراض بينه وبين الشمس فيقع ظل الاعراض عليه فيحجب نورها عنه كلا او بعضا. وكسوف الشمس هو التغير الحادث بالشمس لامن ذاتها بل من توسط جرم القمر بينها وبين الاعراض.^٦

Muhyiddin Khazin melalui kamus falaknya juga mendefinisikan gerhana Bulan adalah sebagian atau seluruh piringan bulan memasuki kerucut bayangan inti Bumi (umbra). Oleh sebab itu, Bulan menjadi tampak gelap sebagian pada gerhana sebagian dan tampak gelap seluruhnya pada gerhana total. Dan gerhana Matahari adalah piringan Bulan menutupi piringan Matahari dilihat dari Bumi baik sebagian atau seluruhnya.⁷

Dari beberapa definisi secara bahasa dan istilah tersebut, maka bisa diambil kesimpulan bahwa kajian bahasa arablah yang paling mendekati dalam memberikan arti gerhana, yaitu *kusūf*⁸

di cetak untuk kalangan sendiri, yaitu sebagai bahan pembelajaran di Pondok Pesantren al-Mubarak, Lanbunan, Baturasang, Sampang, Madura. Kitab-kitab karya KH. Ghozali antara lain, yaitu : *At-Taqyidah al-Jaliyyah, Faiḍ al-Karīm, Bugyah al-Rafīq, Irsyād al-Murīd, Anfa' al-Waṣīlah, Šamarat al-Fikar* dan *Ad-Durr al-Anīq*. Skripsi Hanik Mardiyah, *Studi Analisis Hisab Gerhana Bulan Dalam Kitab Maslāk Al-Qasīd Ila 'Amāl Al-Rasīd Karya Kh. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah*, Skripsi Fakultas Syari'ah UIN Walisongo, Semarang, 2015, hlm. 52-57.

⁶ Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah, *Faiḍ al-Karim ar-Rauf*, Madura : Lafal, cet II, 1422 H, hlm. 28-31.

⁷ Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta : Buana Pustaka, 2005, hlm. 45-47.

⁸ Mahmud Yunus, *Kamus Arab – Indonesia*, Jakarta : PT. Hidakarya Agung, cet VIII, 1990, hlm. 375. Dalam kamus ini dijelaskan bahwa kata

yang berarti menutupi, dan *khusūf* yang berarti memasuki⁹. Kata *kusūf* yang berarti menutupi, menggambarkan bahwa adanya fenomena alam (dilihat dari Bumi) Bulan menutupi Matahari, sehingga terjadi gerhana Matahari. Dan *khusūf* berarti memasuki, menggambarkan fenomena alam yaitu Bulan memasuki bayangan Bumi, sehingga terjadi gerhana Bulan.

Maka jika dikaitkan dengan pengertian gerhana yang mempunyai nilai ibadah salat dalam umat muslim istilah *kusūf al-syams* menggambarkan Bulan menutupi Matahari baik sebagian maupun seluruhnya. Dan *khusūf al-qamar* menggambarkan Bulan memasuki bayangan Bumi, sehingga Bumi berada di antara Bulan dan Matahari yang dikenal dengan *oposisi* atau

dasar kasafa mempunyai dua arti pokok. *Pertama*: yang mengikuti wazan (*fa'ala-yaf'ilu-fa'lan*) yaitu *kasafa-yaksifu-kasfan* mempunyai arti menutup. Sebagai contoh *kasfu al-syai* artinya menutup sesuatu. *Kedua*: kata kasafa yang mengikuti wazan (*fa'ala-yaf'ilu-fu'ulan*) yaitu menjadi *kasafa-yaksifu-kusūfan*. Contoh *kusūf al-syams* mempunyai arti gerhana Matahari. Meski demikian, kata kasafa ini juga bisa digunakan untuk penyebutan gerhana bulan sebagaimana contoh *inkasafa al-qamar* yang artinya bulan gerhana. Dan ternyata kata dasar ini bisa berubah menjadi *kisfah-kisaf dan aksāf* yang artinya sekeping, sepotong sesuatu.

⁹*Khusūf* merupakan akar kata dari *kha-sa-fa*. Akar kata ini mempunyai dua masdar, yaitu *hasfan* dan *khusūfan*. Akar kata ini mengikuti wazan (*hasafa-yaksifu-hasfan/khusūfan*). Kata ini mempunyai beberapa arti di antaranya : lenyap, hilang, tenggelam, kekurangan, dan gerhana. kata khusuf ini juga identik digunakan untuk gerhana bulan sebagaimana kata *inkhasafa al-qamar* (gerhana bulan). Baca Mahmud Yunus, *Kamus*,...hlm. 116. Dan Ahmad Warson Munawwir, *Al-Munawwir Kamus Arab-Indonesia*, Surabaya : Pustaka Progressif, cet XIV, 1997, hlm. 339.

*istiwa*¹⁰.Oleh karena itu dalam ilmu astronomi, fenomena gerhana diartikan tertutupnya arah pandangan pengamat ke benda langit oleh benda langit lainnya yang lebih dekat dengan pengamat.¹¹

2. Geometri dan Macam - macam Gerhana Matahari

Gerhana Matahari akan terjadi pada saat ijtimak (*konjungsi*)¹², yaitu ketika Bulan dan Matahari berada di salah satu titik simpul atau di dekatnya. Dan pada posisi ini kedudukan Bulan berada di antara Bumi dan Matahari sehingga menutup cahaya Matahari. Walaupun Bulan lebih kecil, bayangannya mampu melindungi cahaya Matahari sepenuhnya karena Bulan dengan jarak rata-rata 384.400 km adalah lebih dekat kepada Bumi, berbanding Matahari yang mempunyai jarak rata-rata 149.680.000 km.¹³

¹⁰Suatu fenomena saat Matahari dan bulan sedang berhadap-hadapan, sehingga antara keduanya mempunyai selisih bujur astronomi sebesar 180⁰. Pada saat ini bulan berada pada phase purnama. Muhyiddin Khazin, *Kamus*,... hlm. 38.

¹¹ Ahmad Izzuddin, *Ilmu*, ... hlm. 105-106.

¹² *Ijtima'* yang artinya “kumpul” atau *iqtirān* artinya “bersama”, yaitu suatu keadaan alam yang menggambarkan posisi Matahari dan bulan berada pada satu bujur astronomi. Dalam astronomi dikenal dengan istilah *conjunction* (konjungsi). Para ahli astronomi/falak menggunakan ijtima' ini sebagai tanda bergantinya bulan qamariyah, sehingga ia disebut pula dengan new moon. Baca Muhyiddin Khazin, *Kamus*, ... hlm. 32.

¹³ Ahmad Izzuddin, *Ilmu*, ... hlm. 113.

Bidang *ellips*¹⁴ lintasan Bumi dengan bidang *ekliptika*¹⁵ membentuk sudut 0^0 karena kedua bidang ini berimpit. Sedangkan bidang lintasan Bulan dan bidang ekliptika tidak berimpit, melainkan berpotongan dan membentuk sudut rata-rata sebesar $5^0 8'$ yang bervariasi antara $4^0 27'$ dan $5^0 20'$. Adapun ekliptika sendiri membentuk sudut kira-kira $23^0 27'$ dengan ekuator langit. Hal kedua macam di atas ini menyebabkan gerhana Matahari tidak selalu terjadi apabila Matahari dan Bulan berkonjungsi, dan gerhana Bulan pun tidak selalu terjadi apabila keadaan Matahari dan bulan beroposisi.¹⁶

Dalam satu tahun kalender (1 Januari-31 Desember) gerhana Matahari dapat terjadi 2 sampai 5 kali, tetapi hanya tempat-tempat tertentu yang bisa menyaksikannya. Berbeda dengan gerhana Bulan yang bisa disaksikan oleh seluruh penduduk Bumi yang menghadap Bulan. Satu fenomena gerhana Matahari pun akan berbeda penampakannya jika dilihat dari berbagai tempat di permukaan Bumi. Hal ini karena variasi

¹⁴ Ellips adalah bentuk lingkaran yang tidak bundar, melainkan bulat seperti telur. Benda-benda langit beredar pada falaknya masing-masing dalam bentuk ellips, misalnya Bumi. Muhyiddin Khazin, *Kamus*, ... hlm. 23.

¹⁵ Lingkaran / bidang ekliptika adalah lingkaran perjalanan Matahari tahunan di bola langit, lingkaran ini berpotongan dengan equator pada titik aries (vernal equinox = titik musim semi) dan titik libra (autumnal equinox = titik musim gugur) dan membentuk sudut 23,4 derajat dengan equator. Baca Maskufa, *Ilmu Falak*, Jakarta : Gaung Persada Press, 2009, hlm. 62.

¹⁶ Watni Marpaung, *Pengantar Ilmu Falak*, Jakarta : Prenadamedia Grup, cet I, 2015, hlm. 88. Baca juga bukunya M. Yusuf Harun, *Pengantar Ilmu Falak*, Banda Aceh : Yayasan Pena, 2008, hlm. 96.

*lintang*¹⁷ dan *bujur*¹⁸ tempat yang berbeda dan Bulan yang menjadi penghalang ukurannya lebih kecil daripada Bumi yang lebih kecil daripada Matahari.¹⁹

Gerhana Matahari dapat dibagi menjadi tiga macam yaitu : *pertama*, gerhana Matahari total atau sempurna atau kully terjadi manakala antara posisi Bulan dengan Bumi pada jarak yang dekat (*perigee*, bahasa Yunani Peri : Dekat dan Go : Bumi)²⁰, sehingga bayangan kerucut (*umbra*) Bulan menjadi panjang dan dapat menyentuh permukaan Bumi, serta Bumi-Bulan-Matahari pada satu garis lurus.

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

¹⁷ Lintang adalah jarak busur diatas permukaan Bumi yang dihitung dari equator bola Bumi, dan dapat juga diartikan sebagai jarak busur antara zenith dan equator bola langit. Maskufa, *Ilmu*, ... hlm. 63.

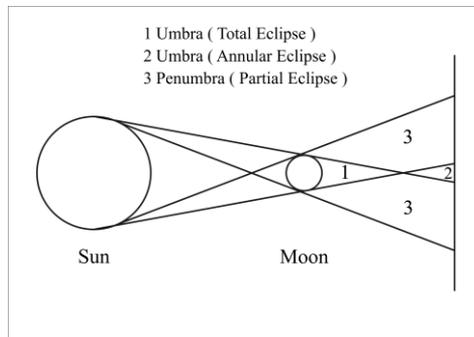
¹⁸ Bujur adalah jarak sudut dari meridian yang melalui tempat tersebut dengan meridian yang melalui titik acuan. *Ibid*, ... hlm. 64.

¹⁹ Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah, *Bughyah al-Rafīq*, Madura : Lafal, t.t., hlm. 36.

²⁰ Bayong Tjasyono, *Ilmu KeBumian dan Antariksa*, Bandung : PT Remaja Rosdakarya, 2013, hlm. 34.

Gerhana Matahari sebagian atau *ba'dily* terjadi manakala antara posisi Bulan dengan Bumi pada jarak yang dekat, sehingga bayangan kerucut (umbra) Bulan menjadi panjang dan dapat menyentuh permukaan Bumi, tetapi Bumi-Bulan-Matahari tidak tepat pada satu garis lurus.

Secara geometri, ketiga gerhana Matahari di atas bisa dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1 :Umbra and Penumbra.²¹

Pada dasarnya perhitungan gerhana Matahari adalah menghitung waktu, yaitu kapan atau jam berapa terjadi kontak gerhana Matahari. Adapun untuk gerhana Matahari sempurna atau total dan cincin akan terjadi empat kali kontak, yaitu : *Pertama*, ketika piringan Bulan mulai menyentuh piringan Matahari. Pada posisi inilah waktu mulai gerhana. *Kedua*, ketika

²¹ Oliver Montenbruck, dkk., *Astronomy On The Personal Computer*, Translated Dr. Storm Dunlop, Berlin : Spring-Verlag, 1999, hlm. 181.

seluruh piringan Bulan sudah menutupi piringan Matahari. Pada posisi inilah waktu mulai total. *Ketiga*, ketika piringan Bulan mulai menyentuh untuk keluar dari piringan Matahari. Pada posisi inilah waktu akhir total. Dan *keempat*, ketika seluruh piringan Bulan sudah keluar lagi dari piringan Matahari. Pada posisi inilah waktu gerhana berakhir.

Sedangkan pada gerhana Matahari sebagian hanya dua kali kontak, yaitu : *Pertama*, ketika piringan Bulan mulai menyentuh piringan Matahari. Pada posisi inilah waktu mulai gerhana. Dan *kedua*, ketika piringan Bulan sudah keluar lagi dari piringan Matahari. Pada posisi inilah waktu gerhana sebagian berakhir.²²

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

- a. Tipe P : tipe gerhana matahari parsial yaitu hanya sebagian dari kerucut umbra Bulan yang mengenai Bumi. Pengamat melihat (*region of visibility*) hanya dapat melihat sebuah gerhana parsial.
- b. Tipe T : tipe gerhana total yaitu gerhana sentral yang mana kerucut umbra mengenai Bumi. Pada gerhana sentral sumbu bayangan Bulan mengenai permukaan Bumi. Pada

²² Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, Yogyakarta : Buana Pustaka, t.t, hlm. 188-190.

jenis gerhana ini, dikenal istilah garis sentral (central line) yaitu garis yang menghubungkan pusat cakram Bulan ke pusat cakram Matahari.

- c. Tipe A : tipe gerhana cincin yaitu gerhana sentral yang mana perpanjangan kerucut umbra mengenai Bumi.
- d. Tipe A-T : tipe cincin –total (hybrid) yaitu gerhana sentral yang sebagian gerhana berupa gerhana total sedang sebagian lainnya berupa gerhana cincin.
- e. Tipe (T) : gerhana non-sentral total yaitu hanya sebagian dari kerucut umbra yang mengenai permukaan Bumi (yaitu di daerah kutub), tetapi sumbu kerucut umbra tidak mengenai permukaan Bumi, sehingga gerhana ini bukan gerhana sentral.
- f. Tipe (A) : gerhana non-sentral cincin yaitu hanya sebagian dari perpanjangan kerucut umbra yang mengenai (yaitu daerah kutub), tetapi sumbu kerucut umbra tidak mengenai permukaan Bumi.²³

3. Siklus Gerhana

Konsep prediksi adanya gerhana, baik gerhana Matahari maupun Bulan, ternyata sudah ada suatu observasi yang dilakukan orang-orang zaman dahulu. Melalui pengamatan-pengamatan yang rutin, mereka mendapatkan suatu penemuan yang bisa memprediksi waktu tentang adanya gerhana dan

²³ Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 126-127.

dikenal dengan istilah *siklus / periode*²⁴ gerhana. Adapun beberapa siklus gerhana yang ada diantaranya :

a. **Siklus Saros**

Siklus Saros adalah siklus gerhana yang memanfaatkan tiga periode siklus orbit Bulan, yaitu periode sinodis, periode anomalistik, dan periode drakonis. 223 periode sinodis ternyata sama dengan 239 periode anomalistik dan sama dengan 242 periode drakonis, yaitu kira-kira 18 tahun 11 bulan 8 jam / 1/3 hari. Pada periode ini gerhana yang muncul setiap satu siklus saros punya karakteristik yang sama, seperti jalur lintasanya, tetapi bukan daerah Bumi yang dilintasinya.²⁵

Karena lamanya satu siklus Saros tidak sama dengan jumlah hari penuh (ada ekstra 8 jam), satu-satunya perbedaan karakteristik dua gerhana yang terpisah sejauh satu siklus saros adalah lokasinya

²⁴ Siklus atau Daur merupakan pengulangan waktu, yaitu kelompok-kelompok waktu yang memiliki nilai yang sama. Muhyiddin Khazin, *Kamus*,... hlm. 20.

²⁵ Periode Sinodis adalah interval waktu dari fase bulan kembali ke bulan. Panjang bulan sinodis adalah 29,53059 hari = 29 hari 12 jam 44 menit. Periode anomalistic adalah interval waktu yang dibutuhkan bulan untuk bergerak dari perigee ke perigee lagi. Sedangkan panjang bulan anomalistic adalah 27,55455 hari = 27 hari 13 jam 19 menit. Dan periode drakonis adalah interval waktu yang dibutuhkan Bulan untuk bergerak dari satu node kembali ke node tersebut. Panjang Bulan drakonis adalah 27,21222 hari = 27 hari 05 jam 06 menit. Ahmad Izzuddin, *Ilmu*,... hlm. 111.

bergeser 8 jam ke Barat, yaitu sekitar 120 derajat ke Barat. Setelah tiga siklus Saros, barulah pergeserannya 360 derajat dan kembali ke lokasi geografis semula. Jadi setiap 3 siklus Saros (kurang lebih 54 tahun) akan terjadi gerhana Matahari di lokasi geografis yang kurang lebih sama.²⁶

Seperti yang disebutkan di atas, gerhana-gerhana yang dipisahkan oleh periode saros dikelompokkan menjadi sebuah seri saros. Sebuah seri saros tidak akan bertahan selamanya. Seri saros lahir dan mati dan beranggotakan sejumlah gerhana tertentu. Seri saros ini tidak bertahan selamanya karena satu periode saros itu lebih pendek $\frac{1}{2}$ hari dari 19 tahun gerhana. Akibatnya, setelah satu periode saros, titik node akan bergeser $0,5^0$ ke arah timur. Karenanya, setelah lewat sejumlah periode saros tertentu, jarak titik node sudah sedemikian jauh dari Matahari/Bulan sehingga tidak memungkinkan lagi terjadinya gerhana. Saat itu terjadi, seri saros yang

²⁶<http://www.infoastronomy.org/2016/05/nasa-rilis-jadwal-gerhana-matahari-dan-bulan-untuk-1000-tahun.html> diakses pada 22 Februari 2017 Jam 03.07 WIB.

bersangkutan akan mati, dan seri saros baru akan lahir.²⁷

b. Periode Inex

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

- (1) 6 Mei 1845 gerhana cincin, terlihat di laut arktik, titik turun bulan
- (2) 16 April 1874, gerhana total, terlihat di antartika, titik naik bulan
- (3) 29 Maret 1903, gerhana cincin, terlihat di Siberia, titik turun bulan, dst.²⁸

²⁷ Muh. Rasywan Syarif, *Fiqh Astronomi Gerhana Matahari*, Tesis, Semarang : Program Pasca Sarjana UIN Walisongo, 2012, hlm. 58-62.

²⁸ Mirip dengan siklus inex, yaitu siklus semester. Siklus ini sama dengan 6 lunasi, sekitar 177 hari atau 0,49 tahun. Pada siklus ini terjadi perubahan titik naik/turun bulan (node) dari satu gerhana ke gerhana berikutnya.

c. **Siklus Tritos**

Memiliki periode 135 lunasi atau 11 tahun di kurangi satu bulan. Pergeseran terhadap titik node cukup kecil, hanya sekitar 0,5 derajat setelah satu tritos. Sebagai contoh siklus tritos berikut ini :

- (1) 12 September 1931, parsial, belahan Bumi utara
- (2) 12 Agustus 1942, parsial, belahan Bumi selatan
- (3) 11 Juli 1953, parsial, belahan Bumi utara
- (4) 10 Juni 1964, parsial, belahan Bumi selatan
- (5) 11 Mei 1975, parsial, belahan Bumi utara
- (6) 9 April 1986, parsial, belahan Bumi selatan, dan seterusnya.²⁹

d. **Siklus Meton**³⁰

Siklus meton adalah sebesar 235 lunasi atau 19 tahun. Setelah 19 tahun, fase bulan akan terulang pada tanggal kalender yang hampir sama. Siklus meton adalah periodisitas yang baik untuk menentukan

²⁹ Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 131-132.

³⁰ Siklus Metonik menjadi salah satu aturan khusus dalam penanggalan Cina (lunar-solar calendar). Siklus Metonik ini bersesuaian dengan 235 lunasi Bulan (19 tahun). Di mana 19 tahun dalam penanggalan Cina terdiri dari 6939,61206 hari bersesuaian dengan 235 lunasi Bulan yang terdiri dari 6939,68865 hari. Dari kesesuaian tersebut diketahui bahwa setiap 19 tahun terdapat perbedaan sekitar 1 jam 48 menit sehingga akan terdapat pergeseran 1 hari dalam 248 tahun. Dalam penanggalan Cina, siklus Metonik juga menggambarkan perayaan imlek yang berulang pada tanggal hampir sama. Baca buku Hendro Setyanto, *Membaca Langit*, Jakarta : Al Ghuraba, 2008, hlm. 143-146.

dengan cepat fase bulan pada masa lalu atau masa depan. Sebagai contoh 190 tahun (10 siklus meton) setelah gerhana Matahari total pada fase bulan baru (new moon) 11 Juli 1991, maka akan didapatkan pula fase bulan baru pada 11 Juli 2181. Akan tetapi tidak ada gerhana Matahari pada tanggal yang disebutkan terakhir ini. karena itu siklus meton tidak terlalu berguna untuk memprediksi terjadinya gerhana. sebagai contoh, siklus berikut ini yang berisi lima gerhana.

- (1) 12 Agustus 1923, tidak ada gerhana
- (2) 12 Agustus 1942, parsial
- (3) 11 Agustus 1961, cincin
- (4) 10 Agustus 1980, cincin
- (5) 11 Agustus 1999, total
- (6) 11 Agustus 2018, parsial
- (7) 11 Agustus 2037, tidak ada gerhana³¹

4. Fakta Gerhana Matahari

Dalam satu tahun kalender (1 Januari hingga 31 Desember), gerhana Matahari maksimal bisa terjadi hingga 5 kali. Seperti yang terjadi pada tahun 1805, 1935, dan akan terjadi pada tahun 2206. Namun demikian dalam rentang 365 hari, bisa terjadi 5 kali gerhana Matahari, seperti dalam rentang antara 30 Juli 1916

³¹ Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 132.

hingga 29 Juli 1917, yaitu :30 Juli 1916 A, 24 Desember 1916 P, 23 Januari 1917 P, 19 Juni 1917 P, dan 19 Juli 1917 P.³²

Dalam rentang 4000 tahun sejak -600 hingga tahun 3400, secara perhitunga hanya terdapat 14 tahun yang memiliki 5 kali gerhana Matahari dalam setahun yaitu, tahun -568, -503, -438, -373, 1255, 1805, 1935, 2206, 2709, 2774, 2839, 2904, 3295 dan 3360. Catat bahwa distribusi tahunnya tidak beraturan : ada tiga kasus dari tahun -568, hingga -438 (rentang 130 tahun) dan tiga kasus dari tahun 2709 hingga 2839 (rentang 130 tahun) tetapi tidak terjadi sejak tahun -373 hingga 1255 (rentang lebih dari 1600 tahun). Untuk keempat belas tahun di atas, empat dari lima gerhana dalam setahun adalah tipe parsial atau P, sisa tipe gerhana adalah tipe cincin atau A (seperti pada tahun 1935) atau tipe total seperti pada tahun 2774.³³ Adapun dalam setahun gerhana juga bisa terjadi minimal sebanyak 2 kali. Kedua-duanya

³² Begitu juga dengan gerhana bulan, dalam setahunnya bisa terjadi sampai 5 kali. Sebagaimana dalam rentang 900 tahun antara tahun 1600, ada lima gerhana bulan setahun pada tahun-tahun berikut : 1676, 1694, 1749, 1879, 2132, 2262 dan 2400. Pada kasus tersebut kebanyakan 4 jenis gerhananya adalah gerhana bulan penumbra. Kedua gerhana tersebut (Matahari dan bulan) dalam setahun juga bisa terjadi hanya 2 kali. Sebagaimana pada tahun 1996 dan 2004 untuk gerhana Matahari yang keduanya bertipe parsial. Dan pada tahun 1966 dan 2016 untuk gerhana bulan yang keduanya bertipe gerhana bulan penumbra. Baca Rinto Anugraha, *Mekanika,...* hlm. 128.

³³ *Ibid*, hlm. 129.

dapat berupa gerhana Matahari parsial, sebagaimana pada tahun 1996 dan 2004.³⁴

Jika digabungkan antara gerhana Matahari dan Bulan, maka jumlah minimum gerhana dalam setahun adalah 4 buah³⁵ dan maksimum 7 buah. Dan 7 buah ini terjadi dalam 4 kemungkinan sebagai berikut :

5 gerhana Matahari + 2 gerhana Bulan, seperti pada tahun 1935,2206

4 gerhana Matahari + 3 gerhana Bulan, seperti pada tahun 1982³⁶, 2094

3 gerhana Matahari + 4 gerhana Bulan, seperti pada tahun 1973, 2038

2 gerhana Matahari + 5 gerhana Bulan, seperti pada tahun 1879, 2132

Seluruh gerhana Matahari dalam satu tahun dapat berupa tipe P, sebagai contoh pada tahun 1996 (dua gerhana), tahun 2018 (tiga gerhana) dan tahun 2000 (empat gerhana). Pada tahun-tahun tersebut tidak ada gerhana total atau cincin.

³⁴ *Ibid*, hlm. 130.

³⁵ Contoh gerhana 4 kali dalam setahun adalah tahun 1995 yang terdiri atas dua gerhana Matahari dan dua gerhana bulan, yaitu :15 April (gerhana bulan parsial), 29 April (gerhana Matahari cincin), 8 Oktober (gerhana bulan penumbra), 24 Oktober (gerhana Matahari total).

³⁶ 9 Januari gerhana Bulan total, 25 Januari gerhana Matahari parsial, 21 Juni gerhana Matahari parsial, 6 Juli gerhana Bulan total, 20 Juli gerhana Matahari parsial, 15 Desember gerhana Matahari parsial, dan 30 Desember gerhana Bulan total.

Dalam setahun maksimum terdapat dua kali gerhana Matahari total. Contohnya pada tahun 2057. Tidak mungkin terdapat tiga gerhana Matahari total dalam setahun, bahkan jika kita masukan gerhana dengan tipe A-T dan (T).

Sementara itu untuk gerhana Matahari cincin, bisa terdapat dua kali dalam setahun, sebagai contoh pada tahun 1951 dan 1973. Jumlah maksimum gerhana Matahari cincin yang murni dalam setahun adalah dua kali. Gerhana cincin yang murni, yaitu jika tipe A-T (cincin-total) tidak dimasukkan. Namun jika tipe A-T dimasukkan, jumlah maksimum gerhana Matahari cincin (yaitu tipe A dan A-T) dalam setahun ada tiga kali. Untuk kasus tiga kali ini, bisa terdapat satu cincin dan dua cincin-total, atau dua cincin dan satu cincin-total. Antara tahun 2000 hingga tahun 1700, terdapat 10 buah tahun yang berisi tiga gerhana cincin ini dalam setahun, yaitu tahun -1944, -484, -400, -139, 1144, 1228, 1339, 1405, 1489, dan tahun 1966.³⁷

Dua gerhana Matahari yang terjadi berturut-turut tidak pernah kedua-duanya berupa fase total, namun demikian dimungkinkan terdapat dua gerhana total dalam rentang kurang dari setengah tahun, tetapi salah satunya berupa gerhana bertipe A-T. Contohnya adalah: 17 April 1912, tipe A-T dan 10 Oktober 1912, tipe T.³⁸ Akan tetapi dua gerhana sentral yang berturut-

³⁷ Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 130-131.

³⁸ *Ibid.*

turut dapat berupa total kedua-duanya, tetapi dipisahkan oleh gerhana parsial, sebagai contoh, gerhana total 11 Agustus 1999 dan 21 Juni 2001, dipisahkan oleh empat gerhana parsial pada tahun 2000.

Dua gerhana Matahari yang terjadi berturut-turut bisa berupa kedua-duanya bertipe A-T, sebagai contoh gerhana 23 Desember 1908 dan 17 Juni 1909, 3 Oktober 1986 dan 29 Maret 1987. Antara tahun -599 hingga tahun 3400 atau rentang 4000 tahun atau 40 abad, terdapat 9439 gerhana Matahari, sehingga rata-rata sekitar 237 gerhana per abad. Selama 40 abad tersebut, tipe gerhana adalah sebagai berikut : 3344 gerhana parsial, 3071 gerhana cincin, 2058 gerhana total, 493 gerhana cincin-total, 58 gerhana cincin non-sentral, dan 19 gerhana total non-sentral. Namun demikian, distribusinya setiap abad tidak seragam. Sebagai contoh antara tahun 1701 – 1800 terdapat 251 gerhana, sedangkan antara tahun 2001 – 2100 hanya terdapat 224 gerhana.

Pada dua fase Bulan baru yang berturutan dapat terjadi gerhana Matahari. Hampir seluruh kasus, kedua gerhana tersebut bertipe parsial, yang tampak dari belahan Bumi yang berbeda, sebagai contoh : 21 Juni 1982, belahan Bumi selatan (Selatan Atlantik, Afrika Selatan) dan 20 Juni 1982, belahan Bumi utara (Laut Arktik, Negara-negara Skandinavia). Sangat jarang terjadi, satu dari kedua gerhana berturutan pada dua fase Bulan baru yang

berturutan adalah gerhana parsial. Dalam rentang tahun -599 hingga 3400, hanya terjadi 5 kali.³⁹

5. Macam-macam Metode Prediksi Gerhana Matahari

a. Nūr Al-Anwār

Menghitung kemungkinan terjadinya gerhana Matahari dalam kitab *Nur al-Anwār* didasarkan pada Jadwal *Lima'rifati Imkān al-Khusūf wa al-Kusūf fi al-Sinnīn al-'Arabiyyah*.⁴⁰ Metode penentuannya adalah sebagai berikut⁴¹:

- Identifikasi angka tahun majmūah dan angka tahun mabsūtah. dari data tahun yang hendak di cari.
- Carilah data tahun majmūah dari Jadwal *Lima'rifati Imkān al-Khusūf wa al-Kusūf fi al-Sinnīn al-'Arabiyyah* yang ada pada kolom *Harakah al-Majmūah* berdasarkan pada tahun majmūah yang didapatkan dari hasil identifikasi pada langkah pertama.
- Carilah data tahun *mabsūtah*. dari Jadwal *Lima'rifati Imkān al-Khusūf wa al-Kusūf fi al-Sinnīn al-'Arabiyyah* yang ada pada kolom *Harakah al-*

³⁹ Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 132.

⁴⁰ Noor Ahmad SS, *Jadwal Falak Nūr al-Anwār*, Kudus: Tasywiq al-Tullab Salafiyah, tt, hlm. 88

⁴¹ Skripsi Zaenudin Nurjaman, *Sistem Hisab Gerhana Bulan Analisis Pendapat KH. Noor Ahmad SS dalam Kitab Nūr al-Anwār*, Semarang : IAIN Walisongo, 2012, hlm. 67

Mabsūṭah. berdasarkan pada tahun *mabsūṭah*. yang didapatkan dari hasil identifikasi pada langkah pertama.

- Carilah data Bulan dari Jadwal *Lima'rifati Imkān al-Khusūf wa al-Kusūf fi al-Sinnīn al-'Arabiyyah* yang ada pada kolom *Harakah al-Syuhūr fi al-Istiqbāl*.
- Jumlahkan data tahun *majmūah*, *mabsūṭah*. dan data Bulan tersebut. Gerhana Bulan berdasarkan kitab *Nūr al-Anwār* akan terjadi jika hasil penjumlahan ketiganya ada diantara nilai-nilai yang ada pada tabel berikut ini :

Batas Kemungkinan Terjadinya Gerhana	
Derajat H	$0^0-06^0 / 174^0-180^0$
	$180^0-186^0 / 354^0 - 360^0$

Tabel 1 : interval kemungkinan terjadi gerhana⁴²

Di samping penentuan waktu gerhana, kitab *Nūr al-Anwār* juga menjelaskan mengenai tata cara menentukan jenis gerhana. Penentuan jenis gerhana didasarkan pada perbandingan *Ardh al-Qamar al-Mar'i*, adapun untuk mengetahui nilai *Ardh al-Qamar al-Mar'i* adalah sebagai berikut :

⁴² Noor Ahmad SS, *Risālah Falak Nūr al-Anwār*,Kudus : Tasyiq al-Tullab Salafiyah, tt. hlm. 50.

		0	‘	“
A	Ikhtilaful Ardhi al-Janubi		13	57
B	Ardhul al-Qamar as-Syimaali		14	52
C	Ardhul al-Qamar Mar'I as-Syimaali		0	55

Tabel 2 :Keterangan : Dijumlah apabila arahnya sama/cocok. Kurangkan dari bilangan yang besar apabila arahnya berlawanan.Adapun arah C mengikuti arah B.

Sehingga gerhana Matahari bisa diprediksi dengan aturan sebagai berikut :

- Total = bila C Nol / tidak ada kelebihan
- Sebagian = bila C maksimal 31 menit
- Diragukan = bila C minimal 35 menit

b. Irsyād Al-Murīd

Dalam kasus gerhana Matahari, kitab *Irsyād al-Murīd* juga menjelaskan batas-batas yang bisa memungkinkan terjadinya gerhana melalui ketentuan-ketentuan berikut :

Ditinjau dari kontribusi nilai F (*Khossah al-Ardh*), maka fenomena gerhana Matahari akan terjadi manakala nilai F-nya di antara 0-20, 160-200, atau 340-360. Apabila nilai yang diberikan tidak termasuk dalam batas tersebut, maka fenomena gerhana Matahari tidak akan terjadi. Ketentuan lain juga diberikan melalui nilai *gamma* (γ), yaitu apabila nilai mutlaknya lebih dari $U+1,54332$, maka gerhana tidak terjadi.

Adapun ketika fenomena gerhana itu mungkin terjadi, maka langkah selanjutnya harus menghitung *khossoh al-syams, al-qamar*, koreksi-koreksi, dan seterusnya sebagaimana dalam perhitungan gerhana Bulan.

Dalam penentuan jenis gerhana, kitab *Irsyād al-murīd* juga menjelaskan bahwa apabila nilai mutlak *gamma* (y) terletak di antara $0,9972 - 1,54332+U$, maka gerhana Matahari adalah sebagian.

Apabila nilai U lebih kecil dari 0, maka gerhana Matahari adalah total, jika lebih besar dari 0,0047, maka gerhana Matahari adalah cincin. Dan apabila terletak di antara $0 - 0,0047$, maka gerhana Matahari adalah cincin-total.⁴³

c. Ephemeris

Terjadinya gerhana Matahari dapat ditentukan dengan data-data *semi diameter*⁴⁴ Matahari, *semi diameter bulan*, *horizontal parallax*⁴⁵ (hp_1), dan *apparent latitude bulan* (A_{1b}) dari almanac ephemeris yang telah diinterpolasi sebagai berikut :⁴⁶

⁴³ Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah, *Irsyād al- Murīd*, Madura: Lafal, 2005, hlm. 185-187.

⁴⁴ Dalam bahasa arab disebut dengan *Quthur* yang artinya panjang garis tengah suatu lingkaran, atau jarak antara satu tepi suatu lingkaran sampai di tepi hadapannya. Muhyiddin Khazin, *Kamus*,... hlm. 69

⁴⁵ Atau bisa disebut *ikhtilāf al-mandzar* artinya “beda lihat”, yaitu beda lihat terhadap suatu benda langit lain bila dilihat dari titik pusat Bumi dengan dilihat dari permukaan Bumi. *Ibid*, hlm. 32.

⁴⁶ A Kadir, *Formula*, ... hlm. 218.

Dalam keterangan *Apparent latitude bulan*, dijelaskan kriteria terjadinya gerhana Matahari, yaitu sebagai berikut :

- Jika $A1_b < 1$ derajat 24 menit 36 detik = akan terjadi gerhana
- 1 derajat 34 menit 46 detik = tak mungkin terjadi gerhana
- < 1 derajat 24 menit 36 detik, < 1 derajat 34 menit 46 detik = mungkin terjadi gerhana.

B. KAJIAN POLA

1. Pola dalam Ilmu Matematika / Statistik

Pola secara bahasa artinya bentuk (struktur) yang tetap⁴⁷. Dan secara istilah merupakan bentuk atau model (atau, lebih abstrak, suatu set peraturan) yang bisa dipakai untuk membuat atau untuk menghasilkan sesuatu atau bagian dari sesuatu, khususnya jika sesuatu yang ditimbulkan cukup mempunyai suatu yang sejenis untuk pola dasar yang dapat ditunjukkan atau terlihat, yang mana sesuatu itu dikatakan memamerkan pola.⁴⁸ Dalam Ilmu Matematika masalah pola⁴⁹

⁴⁷<http://kamusbahasaindonesia.org/pola/mirip>, diakses pada 30 Agustus 2016 jam 14:01 WIB. Bisa juga disebut dengan susunan bilangan dengan aturan tertentu (pola bilangan).

⁴⁸<https://id.wikipedia.org/wiki/Pola>, diakses pada 30 Agustus 2016 jam 14:04 WIB.

⁴⁹ Pola bilangan sendiri memiliki arti suatu susunan bilangan yang memiliki bentuk teratur atau suatu bilangan yang tersusun dari beberapa bilangan lain yang membentuk suatu pola. Dan pola bilangan juga memiliki jenisnya atau macamnya. Contoh pola bilangan ganjil, pola bilangan ganjil

sering dikaitkan dengan pembuatan rumus yang berguna untuk memudahkan mencari nilai N ketika perhitungan yang dicari berada di jarak sangat jauh dari titik awal perhitungan.

Materi pola dalam ilmu Matematika dipakai pada materi bilangan, terutama bilangan genap maupun bilangan ganjil. Sebagai contoh pola bilangan genap berikut :

Perhatikan jumlah 5 bilangan genap berikut :2, 4, 6, 8, 10.

2 disebut suku pertama

4 disebut suku ke-2

6 disebut suku ke-3

8 disebut suku ke-4

10 disebut suku ke-5

Ternyata suku-suku tersebut di atas mengikuti pola tertentu. Perhatikan polanya:

$$\text{Suku ke-1} = 2 = 2.(1)$$

$$\text{Suku ke-2} = 4 = 2.(2)$$

$$\text{Suku ke-3} = 6 = 2.(3)$$

$$\text{Suku ke-4} = 8 = 2.(4)$$

$$\text{Suku ke-5} = 10 = 2.(5)$$

yaitu pola bilangan yang terbentuk dari bilangan-bilangan ganjil. Sedangkan pengertian bilangan ganjil sendiri memiliki arti suatu bilangan asli yang tidak habis dibagi dua ataupun kelipatannya. Contoh 1, 3, 5, 7, dll. Rumus $U_n = 2n - 1$. Misal mengetahui berapa pola bilangan ganjil ke 10, maka $U_n = 2n - 1 = 2.10 - 1 = 19$. <http://rumusrumus.com/macam-pola-bilangan/> diakses pada 30 Agustus 2016 Jam 14:27 WIB.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pola jumlah 5 bilangan tersebut adalah $2.k$, dimana $k \in \{1,2,3,4,5\}$.⁵⁰

Bilangan sendiri yang merupakan unsur suatu pola, adakalanya berbentuk barisan aritmatika maupun barisan geometri. Barisan aritmatika merupakan suatu bilangan yang mempunyai perubahan bilangan tersebut menurut aturan tertentu, di mana dua bilangan yang berurutan memiliki selisih yang tetap.

Barisan aritmatika adalah suatu barisan dengan satu bilangan tertentu yang bisa ditambahkan pada suku ke berapa pun untuk mendapatkan suku berikutnya. Dengan demikian $U_1, U_2, U_3, \dots, U_n, \dots$ merupakan barisan aritmatika dengan selisih (beda) antar suku sama, (*common difference*) yaitu b , maka : $U_{n+1} = U_n + b$ (bilangan real b bisa berupa positif, negative, atau nol).⁵¹

Adapun barisan geometri⁵² merupakan barisan yang mempunyai perbandingan yang tetap antara dua suku yang berurutan disebut barisan geometri atau barisan ukur. Sehingga apabila suatu suku dikalikan dengan angka yang sama maka

⁵⁰ Afidah Khairunnisa, *Matematika Dasar*, Jakarta : Rajawali Press, 2014, hlm. 180-181.

⁵¹ Afidah Khairunnisa, *Matematika*, ... hlm. 183.

⁵² Euclides (325-265 SM) disebut sebagai “ bapak geometri” karena menemukan teori bilangan dan geometri. Subjek-subjek yang dibahas adalah bentuk-bentuk, teorema pythagoras, persamaan dalam aljabar, lingkaran tangent, geometri ruang, dll. Baca Afidah Khairunnisa, *Matematika*, ... hlm. xii.

didapatlah suku berikutnya. Dengan demikian untuk rasio yang sama r , suku-suku dalam barisan $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n, \dots$ memenuhi:

$$r \cdot a_n = a_{n+1}, \text{ untuk } n = 1, 2, 3, 4, \dots$$

Nilai r dapat berupa positif atau negative. Untuk a_1 ditulis sebagai a . sehingga rasio didapat dari:

$$r = a_2/a_1 = a_3/a_2 = a_{n+1}/a_n$$

Sebagai contoh :

Petak	1	2	3	4	5	...	n	...	64
Beras (butir)	1	2	4	8	16	

Tabel 3 :Perhatikan bahwa barisan $1, 2, 4, 8, 16, \dots$ mempunyai perbandingan yang tetap antara 2 suku yang berurutan.

Perbandingan yang tetap itu disebut rasio dan dilambangkan dengan r . pada barisan pada contoh di atas $r = 2$.⁵³

Kedua barisan ini pada akhirnya mempunyai fungsi untuk menentukan nilai pada urutan ke sekian (bilangan ke n). Sebagaimana contoh berikut :

a. Barisan Aritmatika

Barisan aritmatika yang juga disebut barisan hitung menggunakan notasi sebagai berikut:

$$b = \text{beda yang sama} = U_2 - U_1 = U_3 - U_2 = \dots = U_n - U_{n-1}$$

$$a = \text{suku pertama} = U_1 = f(1)$$

n = banyaknya suku

⁵³ Afidah Khairunnisa, *Matematika*, ... hlm. 190-191.

$$U_n = \text{suku ke-}n = f(n)$$

Dengan notasi tersebut, bentuk barisan aritmatika secara umum sebagai berikut:

$$\text{Nilai } U_n = a, a+b, a+2b, a+3b, a+4b, a+5b, \dots$$

$$\text{Nilai } n = 1, \quad 2, \quad 3, \quad 4, \quad 5, \quad 6, \dots$$

Perhatikan bahwa b memiliki koefesien 1 di suku ke dua. Koefesien ini selalu bertambah 1 setiap kita berpindah ke suku berikutnya. Karenanya koefesien dari b di tiap suku 1 angka lebih rendah dari pada suku tersebut. Misalnya:

$$\text{Suku ke-5} = a+4b$$

$$\text{Suku ke-8} = a+7b$$

$$\text{Suku ke-}n = a+(n-1)b$$

Hal ini menuntun ke rumus suku ke- n :

$$U_n = a+(n-1)b^{54}$$

b. Barisan Geometri

Berikut ini istilah khusus yang digunakan dalam barisan geometri:

$$r = \text{rasio yang sama} = a_2/a_1 = a_3/a_2 = a_n/a_{n-1}$$

$$a = \text{suku pertama} = a_1 = f(1)$$

$$n = \text{angka suku}$$

$$a_n = \text{suku ke-}n = f(n)$$

Dengan notasi tersebut barisan geometri dapat ditulis sebagai: $u_1, u_2, u_3, \dots, u_{n-1}, u_n$. Di mana:

⁵⁴ Afidah Khairunnisa, *Matematika*, ... hlm. 184-185.

Nilai U_n	a	ar	ar^2	ar^3	ar^4	ar^5
Nilai n	1	2	3	4	5	6

Tabel 4 :Perhatikan bahwa pangkat dari r pada suku ke dua adalah 1. Pangkat tersebut meningkat 1 setiap kita berlanjut ke suku berikutnya. Hal ini membawa kita ke suatu rumusan

$$\text{untuk suku umum: } U_n = a \cdot r^{n-1} \text{.}^{55}$$

Secara umum dalam penentuan suku-suku suatu barisan, salah satu caranya adalah dengan memerhatikan selisih antara dua suku yang berurutan. Bila pada satu tingkat pengerjaan belum diperoleh selisih tetap, maka pengerjaan dilakukan pada tingkat berikutnya sampai diperoleh selisih tetap.

Suatu barisan disebut berderajat satu (linier) bila selisih tetap diperoleh dalam satu tingkat pengerjaan, dan disebut berderajat dua bila selisih tetap diperoleh dalam dua tingkat pengerjaan dst. Sebagaimana contoh :3,7,11,15,19,...disebut barisan berderajat satu (linier). 5,8,13,20,29,...disebut barisan berderajat dua. Dan 2,5,18,45,90,...disebut barisan berderajat tiga.

Untuk menentukan rumus suku ke n masing-masing barisan itu dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a) Barisan linier (berderajat satu)

$$\text{Bentuk umum } U_n = an + b$$

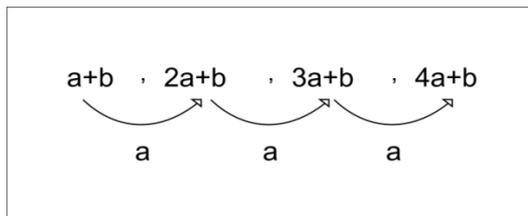
⁵⁵Afidah Khairunnisa, *Matematika*, ...hlm. 192

$$\text{Jadi: } u_1 = a + b$$

$$u_2 = 2a + b$$

$$u_3 = 3a + b$$

$$u_4 = 4a + b \text{ dan seterusnya}$$



Rumus suku ke n barisan 3,7,11,15,... dapat ditentukan dengan cara :

$$(1) a = 4$$

$$(2) a+b = 3 - b = -1$$

$$\text{sehingga } u_n = 4n - 1$$

b) Barisan berderajat dua

$$\text{Bentuk umu: } U_n = an^2 + bn + c$$

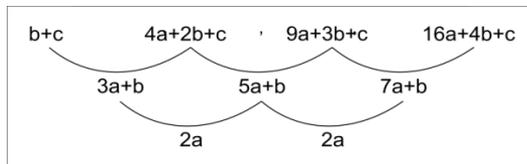
Dengan demikian:

$$U_1 = a+b+c$$

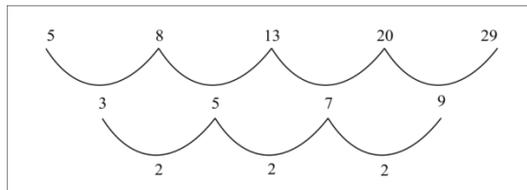
$$U_2 = 4a+2b+c$$

$$U_3 = 9a+3b+c$$

$$U_4 = 16a+4b+c \text{ dan seterusnya}$$



Rumus umum untuk barisan 5,8,13,20,29, ... dapat ditentukan dengan cara:



$$(1) \quad 2a = 2 \rightarrow a = 1$$

$$(2) \quad 3a + b = 3 \rightarrow b = 0$$

$$(3) \quad a + b + c = 5 \rightarrow c = 4$$

$$\text{Sehingga } U_n = n^2 + 4$$

c) Barisan berderajat tiga

$$\text{Bentuk umum: } U_n = an^3 + bn^2 + cn + d$$

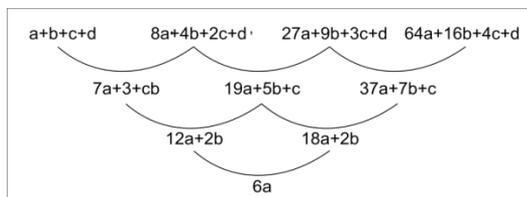
Dengan demikian:

$$U_1 = a + b + c + d$$

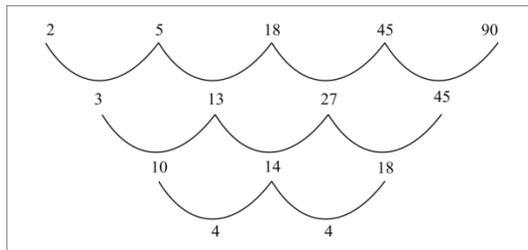
$$U_2 = 8a + 4b + 2c + d$$

$$U_3 = 27a + 9b + 3c + d$$

$$U_4 = 64a + 16b + 4c + d \text{ dan seterusnya.}$$



Rumus umum suku ke n barisan 2,5,18,45,90, ... dapat ditentukan dengan cara:



- (1) $6a = 4 \rightarrow a = 2/3$
- (2) $12a + 2b = 10 \rightarrow b = 1$
- (3) $7a + 3b + c = 3 \rightarrow c = -14/3$
- (4) $A + b + c + d = 2 \rightarrow d = 5$

Sehingga rumus suku ke n adalah:

$$\begin{aligned} U_n &= 2/3n^3 + n^2 - 14/3n + 5 \\ &= 1/3 (n^3 + 3n^2 - 14n + 15)^{56} \end{aligned}$$

2. Pola Gerhana Matahari

Alam ini tercipta dengan suatu kesetimbangan dan kesimetrian, sebagaimana dijelaskan dalam Al-Qur'an Surat al-Infithar [82]:7.

الَّذِي خَلَقَكَ فَسَوَّاكَ فَعَدَلَكَ ﴿٧﴾

Artinya : Yang telah menciptakanmu lalu menyempurnakan kejadianmu dan menjadikan (susunan tubuh)mu seimbang.⁵⁷

⁵⁶ Afidah Khaerunnisa, *Matematika*,... hlm. 203-206.

Kesetimbangan yang digambarkan oleh alam, tidak hanya terjadi pada manusia⁵⁸, melainkan juga pada langit / alam di sekeliling manusia.⁵⁹ Dari bentuk yang tampak menarik dan bisa memberi inspirasi tersebut dapat menarik perhatian para ahli Fisika, Kimia, dan Matematik⁶⁰ dalam mempelajari alam semesta ini, tidak terkecuali fenomena alam (gerhana Matahari).

Fenomena gerhana Matahari yang juga hasil dari perpaduan gerak-gerak benda langit, terutama gerak Bulan mengelilingi Bumi dalam bentuk elips atau gerak Bumi mengelilingi Matahari dalam bentuk elips merupakan kejadian alam yang memberi isyarat kepada manusia untuk terus

⁵⁷ Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an dan Tafsirnya*, Jilid X, Jakarta : PT. Sinergi Pustaka Indonesia, 2012, hlm. 576. Melalui ayat tersebut, Allah kembali mengingatkan manusia atas segala kemurahan-Nya, dengan menyebutkan penciptaan-Nya pada diri manusia. Allah telah menjadikan tubuh manusia seimbang, berdiri tegak. Allah juga menciptakan anggota tubuh manusia bekerja dengan teratur, harmonis, dan seimbang.

⁵⁸ Digambarkan melalui tubuh manusia yang memiliki bagian tubuh kiri dan bagian kanan tampak setimbang. Dua mata manusia ada di kanan dan di kiri pada jarak yang sama dari garis yang tengah. Baca Agus Purwanto, *Ayat-Ayat Semesta : Sisi-sisi Al-Qur'an yang Terlupakan*, Bandung : Mizan, cet ke-1, 2008, hlm. 392.

⁵⁹ Alam di sekeliling kita sering menampakkan diri dalam bentuknya yang simetri. Perhatikan dengan seksama aneka bunga dan dedaunan di kebun dan taman-taman bunga, juga serangga-serangga seperti semut, lebah, dan kupu-kupu yang mengerumuninya. Di sanalah bisa didapatkan bahwa bentuk dan pola warna sangat serasi, dan simetri. Karenanya dari bentuk tersebut banyak ditiru manusia untuk membuat barang-barang keseharian ataupun barang hiasan rumah. *Ibid.*

⁶⁰ Agus Purwanto, *Ayat, ...* hlm. 393.

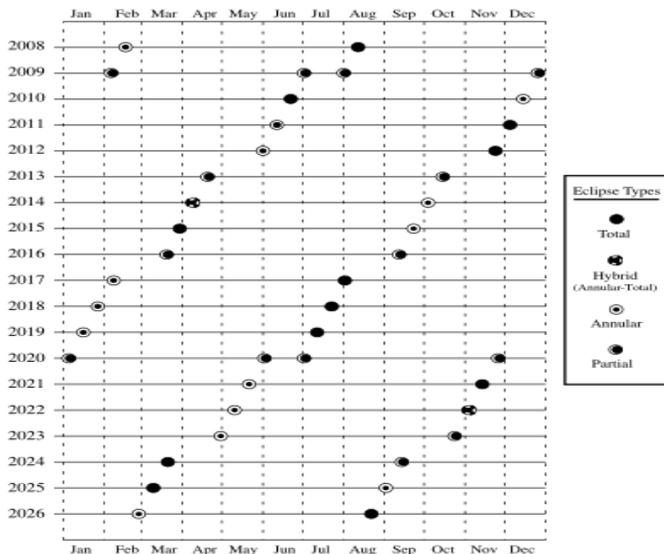
mengamati alam semesta tersebut guna menambah kemajuan ilmu pengetahuan.⁶¹

Lintasan elips sebagaimana lintasan planet-planet di tata surya tersebut hanya mempunyai satu simetri, yaitu simetri rotasi 180 derajat terhadap sumbu yang tegak lurus elips dan melalui titik pusat. Hal ini berbeda dengan seandainya bidang orbit Bulan / Bumi berbentuk lingkaran, maka akan memiliki simetri tak terhingga karena lingkaran simetri terhadap rotasi berapapun. Dengan demikian, derajat kesimterian lingkaran lebih tinggi dari pada *elips*.⁶²

Berdasarkan fakta gerhana, bahwa dalam satu tahun kalender fenomena gerhana Matahari bisa terjadi minimal 2 dan maksimal 5 kali dapat dikumpulkan dalam beberapa tahun, dalam hal ini tentunya terdapat pola yang terbentuk oleh fenomena gerhana Matahari tersebut. Berikut pola fenomena gerhana Matahari dalam masa 18 tahun.

⁶¹ Matahari yang merupakan pusat peredaran planet-planet, termasuk di dalamnya adalah bumi, sedangkan bulan adalah menge-lilingi bumi yang kemudian bersama-sama bumi berputar mengelilingi matahari. Sedangkan matahari hanyalah berputar mengelilingi sumbunya saja. Gambaran seperti ini dikenal dengan istilah teori Heliosentris. Slamet Hambali, *Astronomi Islam dan Teori Heliosentris Nicolaus Copernicus*, Jurnal Al-Ahkam, IAIN Walisongo Semarang, hlm. 288.

⁶² Agus Purwanto, *Ayat, ...* hlm. 394.



Gambar 2 : Pola fenomena gerhana Matahari dari tahun 2008 - 2026.⁶³

Dari gambar di atas, dapat diketahui bahwa gerhana Matahari selalu terjadi setiap tahun dengan jenisnya masing-masing. Dari 18 (2008-2026) tahun kalender, terdapat 42 gerhana Matahari. Sebanyak 16 tahun fenomena gerhana Matahari terjadi 2 kali, yaitu pada tahun 2008, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, dan 2026. Sedangkan hanya 2 tahun fenomena gerhana Matahari

⁶³ Mark Littmann, Fred Espenak, Ken Willcox, *Totality Eclipses Of The Sun*, New York : OXFORD University Press, 2008, hlm. 15.

terjadi 4 kali, yaaitu pada tahun 2009 dan 2020. Dari jenisnya, terdapat 12 jenis gerhana Matahari total, 14 gerhana Parsial, 14 gerhana Cinci, dan 2 gerhana Hybrid.

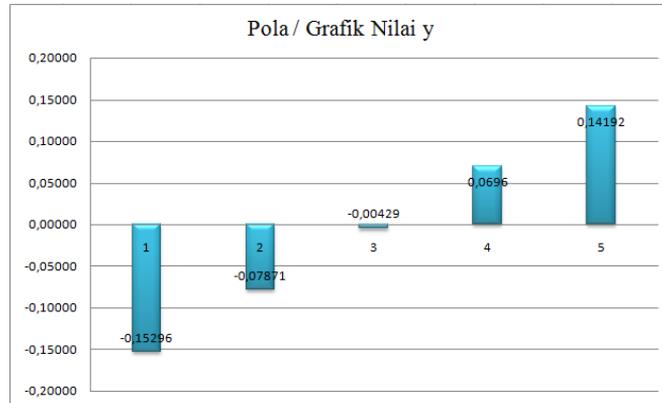
Dalam buku *Element of Solar Eclipses* karya Jean Meeus juga menjelaskan kontribusi nilai y , yaitu perubahan nilai y setelah satu periode saros. Nilai y akan berubah lebih besar ketika Bumi dalam masa-masa *aphelion* (Juni-Juli) ketimbang pada masa *perihelion* (Desember-Januari). Ilustrasi tersebut sebagaimana berikut :⁶⁴

Thn	Bln	Tgl	Nilai y	Thn	Bln	Tgl	Nilai y
1955	Juni	20	-0,15296	1956	Desember	2	1,09212
1973	Juni	30	-0,07871	1974	Desember	13	1,07957
1991	Juli	11	-0,00429	1992	Desember	24	1,07089
2009	Juli	22	0,06960	2011	Januari	4	1,06248
2027	Agustus	2	0,14192	2029	Januari	14	1,05514

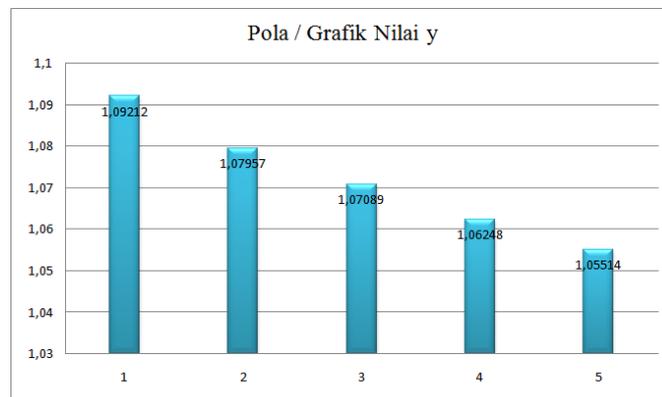
Tabel 5 : nilai-nilai y setelah satu periode saros.

Dari nilai-nilai y tersebut, secara pola akan digambarkan sebagai berikut :

⁶⁴ Jean Meeus, *Elements Of Solar Eclipses*, Virginia : Willmann-Bell, Inc., 1989, hlm. 6.



Gambar 3 : pola perubahan nilai y pada masa aphelion.



Gambar 4 : pola perubahan nilai y pada masa perihelion.

BAB III
ALGORITMA HISAB PERHITUNGAN
PREDIKSI GERHANA MATAHARI

A. KAJIAN ASTRONOMIS NILAI ARGUMEN LINTANG BULAN (F), GAMMA (γ), DAN MAGNITUDO (u).

Dalam perhitungan prediksi gerhana Matahari, terdapat beberapa istilah astronomi yang beragam. Dan untuk memudahkan pemahaman dalam alur perhitungan tersebut, penulis mendeskripsikannya melalui bahasa yang runtut dan juga menggunakan alur *flowchart*.¹

Jean Meeus² dalam bukunya *Astronomical Algorithms* menjelaskan tentang algoritma prediksi adanya gerhana Matahari.

¹ Pengertian Flowchart (Bagan Alir) adalah bagan (*chart*) yang menunjukkan alir (*flow*) di dalam program atau prosedur sistem secara logika. Bagan alir (*flowchart*) digunakan terutama untuk alat bantu komunikasi dan untuk dokumentasi. Baca lebih lanjut pada link berikut : <http://fahmilatiefmunir.blogspot.co.id/2016/01/pengertian-jenis-jenis-fungsi-dan.html> diakses pada 01 April 2017 jam 11.43 WIB.

² Jean Meeus merupakan ilmuwan astronomi berkebangsaan Belgia yang lahir pada tanggal 12 Desember 1928 dengan spesialisasi pada bidang mekanika benda langit. Jean Meeus menempuh studi Matematika di University of Leuven Belgia dan meraih gelar Licentiate pada tahun 1953. Setelah menamatkan studinya beliau bekerja sebagai seorang meteorologist di Bandara Brussel sampai akhirnya akhirnya pensiun pada tahun 1993. Ketertarikannya ialah pada bidang bola langit dan matematika astronomi.

Banyak karya yang telah dihasilkan dari tangan beliau terkait bidang astronomi, diantaranya Canon of Solar Eclipses sebagai co-author (1966), *Astronomical Formulae for Calculators* (1979), *Astronomical Formulae for*

Dalam algoritma tersebut ada beberapa istilah astronomis / ilmu falak yang memiliki peran besar untuk bisa memprediksi adanya gerhana Matahari, terutama yang berkaitan dengan argumen lintang bulan (*argumen of moon's latitude*) yang disimbolkan dengan F , γ yang disimbolkan dengan y , dan *magnitudo* yang disimbolkan dengan u .

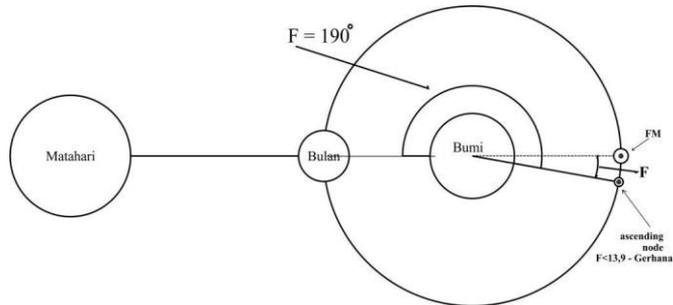
Pertama, argumen lintang bulan (F) merupakan gambaran pergerakan Bulan dalam mengelilingi Bumi yang pada setiap satu lunasi nilai F akan meningkat sebesar $30^\circ.6705$.³ Dari pergerakan satu lunasi tersebut, adakalanya Bulan masih berada di bawah

Calculators II (1988), *Astronomical formulas for microcalculators* (1988), co-author of *Canon of Lunar Eclipses* (1979), co-author of *Canon of Solar Eclipses* (1983), *Elements of Solar Eclipse 1951-2200* (1989), *Transits* (1989), *Astronomical Algorithms* (1991), *Astronomical Algorithms 2nd Edition* (1998), *Astronomical Tables of the Sun, Moon, and Planets* (1983), *Mathematical Astronomy Morsels* (1997), *More Mathematical Astronomy Morsels* (2002), *Mathematical Astronomy Morsels III* (2004), co-author of *Five Millenium Canon of Solar Eclipses -1999 to +3000* (2006), *Mathematical Astronomy Morsels IV* (2007), dan *Mathematical Astronomy Morsels V* (2009).

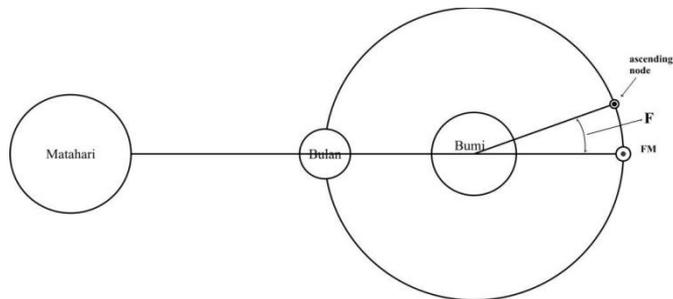
Atas dedikasi dan kontribusi Jean Meeus pada bidang Astronomi pada tahun 1986 beliau memenangkan sebuah penghargaan bergengsi pada bidang Astronomi yaitu *Amateur Achievement Award* yang diselenggarakan oleh Komunitas Astronomi Pasifik (*Astronomical Society of the Pasific*). Sebagai penghargaan atas jasanya dalam bidang Astronomi pada tahun 1981 IAU (*Interational Astronomical Union*) memeberikan nama sebuah asteroid dengan nama beliau yaitu Asteroid 2213 Meeus. Baca Jafar Shodiq, *Studi Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari Menurut Rinto Anugraha Dalam Buku Mekanika Benda Langit*, Skripsi Fakultas Syari'ah Dan Hukum UIN Walisongo, Semarang, 2015, hlm. 60.

³ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, Virginia: Willman Bell. Inc., 1991, hlm. 350.

titik node atau sudah melewati titik node sebagaimana penjelasan gambar berikut :



Gambar 5 : ilustrasi posisi F ketika satu lunasi sudah berada di atas ascending node.⁴

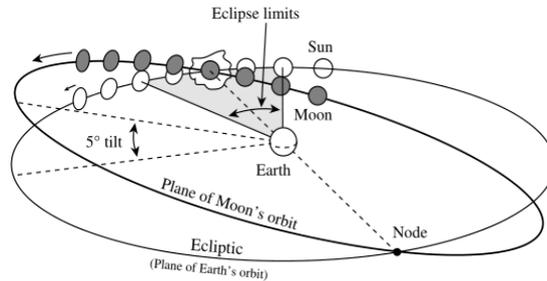


Gambar 6 : ilustrasi posisi F ketika satu lunasi masih berada di atas ascending node.⁵

⁴ Wawancara dengan Rinto Anugraha di kantor Jurusan Fisika FMIPA UGM pada tanggal 28 Desember 2016 jam 15.30 WIB.

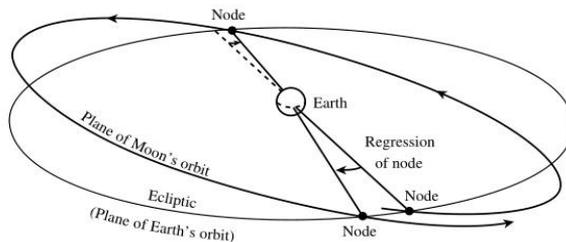
⁵ *Ibid.*

Dalam buku Mark Littmann juga menjelaskan beberapa gambar yang berkaitan dengan batas-batas gerhana serta ilustrasi pergerakan dari satu node dengan node setelahnya. Sebagaimana ilustrasi gambar berikut :



The paths of the Sun and Moon illustrate why eclipses occur only when the Sun is near the intersection (node) where the Moon crosses the ecliptic. The plane of the Moon's orbit is tilted approximately 5° to the ecliptic plane.

Gambar 7 : Batas-batas terjadinya gerhana.⁶



Each time the Moon completes an orbit around the Earth, it crosses the Earth's orbit at a point west of the previous node. Each year the nodes regress 19.4° , making a complete revolution in 18.61 years.

Gambar 8 : Ilustrasi pergerakan dari node ke node.⁷

⁶ Mark Littmann, Fred Espenak, Ken Willcox, *Totality Eclipses Of The Sun*, New York : OXFORD University Press, 2008, hlm. 13.

Gerhana Matahari akan terjadi apabila selisih antara F dengan kelipatan 180° ($0^\circ/360^\circ$) kurang dari $13^\circ.9$. Apabila selisihnya lebih besar dari 21° , maka tidak ada gerhana dan apabila terletak di antara $13^\circ.9 - 21^\circ$, maka gerhana belum bisa dipastikan. Dan kasus tersebut harus diselidiki lebih lanjut dengan memakai aturan berikut: Tidak ada gerhana jika $|\sin F| > 0.36$.⁸

Batas-batas terjadinya gerhana Matahari juga dijelaskan dengan versi berbeda oleh Ja'far Shodiq dalam skripsinya yang berjudul *Studi Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari Menurut Rinto Anugraha Dalam Buku Mekanika Benda Langit*, yaitu gerhana Matahari akan terjadi jika nilai F di antara $0^\circ - 13^\circ 54'$, $166^\circ 6' - 193^\circ 54'$, atau $346^\circ 6' - 360^\circ$. Dan apabila nilai F antara $14^\circ - 21^\circ$, $159^\circ - 165^\circ$, $194^\circ - 201^\circ$, atau $339^\circ - 345^\circ$ ini bisa terjadi gerhana bisa juga tidak terjadi gerhana.⁹ Artinya sama yaitu, $0^\circ - 13^\circ 54'$ akan mempunyai nilai selisih dengan kelipatan 180 di bawah $13^\circ.9$, contoh apabila nilai $F = 12^\circ$, maka nilai harganya 12 itu sendiri, yaitu $12 - 0 = 12$. Begitu juga dengan kemungkinan di antara $14^\circ - 21^\circ$, $159^\circ - 165^\circ$, $194^\circ - 201^\circ$, atau

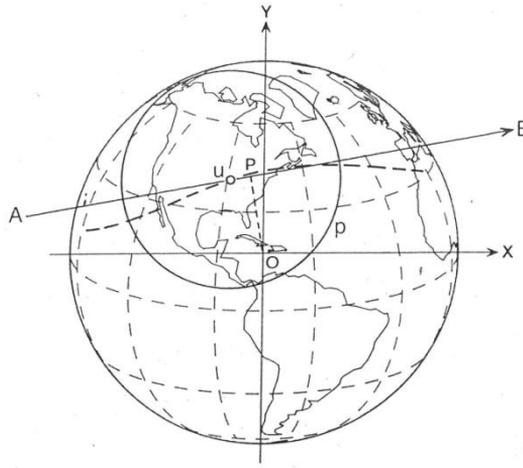
⁷ Setiap waktu Bulan melingkapi orbitnya di sekitar Bumi. Ia melewati orbit Bumi di titik barat dari node sebelumnya. Setiap tahun node tersebut mundur sebanyak $19,4^\circ$, dan akan membuat revolusi sempurna dalam waktu 18,61 tahun. *Ibid.* hlm. 16.

⁸ Jean Meeus, *Astronomical*, ... hlm. 350.

⁹ Jafar Shodiq, *Studi*, ... hlm. 63.

$339^{\circ} - 345^{\circ}$. Artinya apabila nilai F 199° , maka selisih dengan 180° adalah 19° , dst.

Kedua, γ (y) merupakan jarak minimum dari sumbu kerucut bayangan Bulan ke pusat Bumi, dalam satuan radius khatulistiwa. Jarak ini positif atau negatif, tergantung pada apakah sumbu kerucut bayangan melewati utara atau selatan dari pusat Bumi.¹⁰ Nilai γ tersebut memberikan informasi lanjut tentang jenis gerhana sentral ataupun non-sentral.¹¹



Gambar 9 : Bumi dilihat dari Matahari selama fenomena gerhana Matahari cincin 10 Mei 1994.

¹⁰ Muh Rasywan Syarif, *Fikih Astronomi Gerhana Matahari*, Sinopsis Tesis, Semarang : IAIN Walisongo, 2012, hlm. 22.

¹¹ Keterangan lebih lanjut dijelaskan pada algoritma setelahnya.

Gambar tersebut menjelaskan tentang bidang fundamental¹² fenomena gerhana Matahari Cincin 10 Mei 1994, terutama berkaitan dengan nilai γ (γ). Bidang tersebut melalui pusat Bumi dan tegak lurus dengan poros kerucut bayangan Bulan. Pusat dari bayangan Bulan dalam bidang fundamental tersebut bergerak dari A ke B.

O merupakan pusat cakram Bumi. Dalam bidang fundamental, koordinat dari pusat Bulan ditunjukkan oleh (X, Y) . OP merupakan jarak minimal γ (γ) dari pusat poros bayangan Bulan ke pusat Bumi. Ketika pusat bayangan Bulan bergerak dari A ke B, permukaan Bumi sedang berotasi dari barat (kiri) ke timur (kanan). Akibatnya, jalan kecil dari garis tengah di permukaan Bumi tidak bertepatan/serupa sebagaimana posisi garis AB, melainkan digambarkan oleh garis patah-patah.¹³

Dan *ketiga* adalah magnitudo. Dalam kasus gerhana Matahari, magnitudo disimbolkan dengan u . Kuantitas u merupakan jari-jari kerucut umbra Bulan di bidang dasar dalam satuan radius ekuator Bumi. (Bidang dasar adalah sebuah bidang yang melalui pusat Bumi dan tegak lurus terhadap sumbu

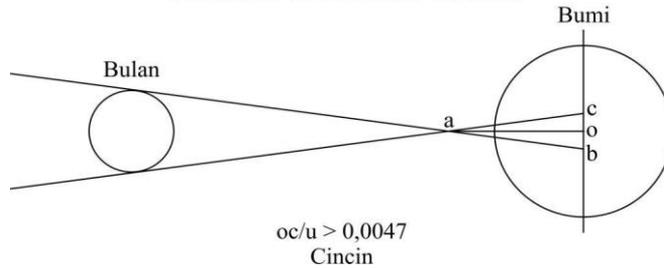
¹² Bidang fundamental adalah bidang datar dua dimensi XY dengan pusat di O yang berada di pusat bumi. Sumbu Z adalah sumbu yang menghubungkan pusat Matahari, pusat Bulan saat terjadi konjungsi.

¹³ Jean Meeus, *Element Of Solar Eclipses*, Virginia : Willman-Bell, Inc., 1989, hlm. 8.

bayangan Bulan). Jari-jari kerucut penumbra pada bidang dasar ini adalah $u + 0.5461$.¹⁴

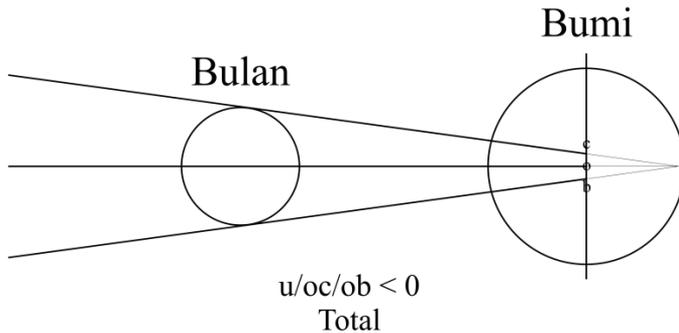
Berikut gambar ilustrasi magnitudo dalam kaitannya dengan gerhana Matahari.

Gerhana Matahari Cincin



Gambar 10 : ilustrasi u pada kasus gerhana Matahari cincin.

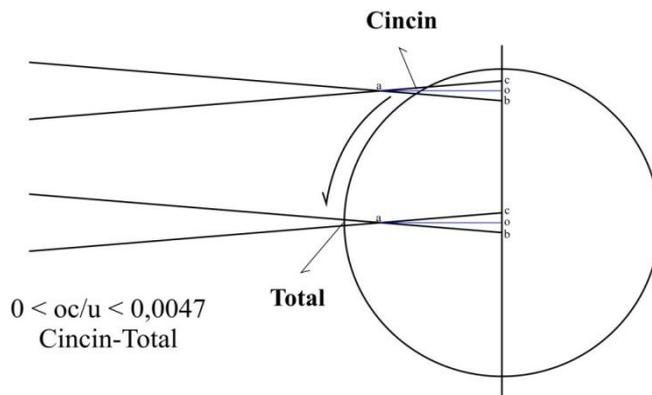
Gerhana Matahari Total



Gambar 11 : ilustrasi u pada kasus gerhana Matahari total.

¹⁴ Jean Meeus, *Astronomical*,... hlm. 292.

Gerhana Matahari Hybrid (Cincin-Total)



Gambar 12 : ilustrasi pada kasus gerhana Matahari cincin-total.

Dari ketiga gambar di atas, secara umum dijelaskan bahwa kuantitas u merupakan jari-jari kerucut umbra Bulan di bidang dasar dalam satuan radius ekuator Bumi, sehingga jika dilihat dari gambar 6, maka nilai u digambarkan oleh oc/ob . Adapun nilai oc/ob ini bisa negatif jika kerucut umbra Bulan belum ada. Dan bernilai positif jika kerucut umbra Bulan sudah ada.¹⁵

B. ALGORITMA HISAB PERHITUNGAN PREDIKSI GERHANA MATAHARI

Dalam perhitungan gerhana Matahari terdapat beberapa istilah yang beragam, sehingga untuk memudahkan pemahaman

¹⁵ Wawancara dengan Rinto Anugraha di kantor Jurusan Fisika FMIPA UGM pada tanggal 28 Desember 2016 jam 15.30 WIB.

dalam alur perhitungan tersebut. Penulis mendeskripsikannya melalui dua metode. Pertama, melalui alur seperti deskriptif dan kedua melalui alur *flowchart*.

Dengan demikian, langkah-langkah untuk menentukan adanya gerhana Matahari dalam buku *Astronomical Algorithms* adalah sebagai berikut :

1. Mencari nilai perkiraan tahun¹⁶

Nilai perkiraan tahun adalah nilai yang didapat dari rumus pendekatan “ tahun “ yang digunakan dengan mengkonversi tanggal dan bulan ke dalam satuan tahun. Dengan ketentuan untuk mengkonversi tanggal ke tahun dibagi dengan 365 (jumlah hari dalam setahun), bulan dibagi 12 (jumlah bulan dalam setahun), dan tahun itu sendiri. Nilai ini digunakan untuk mencari perkiraan nilai k.

Rumus :¹⁷

$$\text{Perkiraan Tahun} = \text{tahun} + \frac{\text{bulan yang lewat}}{12} + \frac{\text{tanggal}}{365}$$

¹⁶ Rinto Anugraha, *Seminar dan Observasi Gerhana Bulan Total 10 Desember 2011*, Semarang : Masjid Agung Jawa Tengah, hlm. 7.

¹⁷ Rumus ini tidak secara jelas ada di algoritma Jean Meeus, sehingga penulis mengutip rumus ini pada makalah yang disampaikan oleh Dr. Eng. Rinto Anugraha, M.Si., dalam acara seminar dan observasi gerhana bulan total 10 Desember 2011 di Masjid Agung Jawa Tengah. Rinto Anugraha, *Seminar dan Observasi Gerhana Bulan Total 10 Desember 2011*, Semarang : Masjid Agung Jawa Tengah, hlm. 7.

2. Mencari perkiraan nilai k

Rumus perkiraan nilai untuk k dinyatakan sebagai berikut:

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

di mana *tahun* harus dinyatakan dengan angka desimal, misalnya 1987.25 untuk akhir Maret 1987 (karena ini adalah 0.25 tahun dihitung sejak awal tahun 1987). Tanda \cong berarti "kira-kira sama dengan".¹⁸

3. Menentukan nilai k ¹⁹

k merupakan informasi tentang keadaan-keadaan Bulan. Bulan baru (new moon) diinformasikan dengan membulatkan nilai k . Menambah 0,25 untuk perempat pertama. Menambah 0,5 untuk fase bulan purnama (full moon). Dan menambah 0,75 untuk fase perempat terakhir.

Dalam penentuan adanya gerhana nilai k bilangan bulat untuk gerhana Matahari dan nilai k bilangan bulat + 0,5 untuk gerhana Bulan. Sehingga karena disini dalam penentuan adanya gerhana Matahari, maka nilai k yang digunakan adalah hasil dari pembulatannya.

¹⁸ Jean Meeus, *Astronomical*, ... hlm. 320.

¹⁹ Nilai $k = 0$ berkorelasi dengan Bulan Baru pada tanggal 6 Januari 2000. Nilai-nilai negatif untuk k memberikan fase-fase Bulan sebelum tahun 2000. Sebagai Contoh : +479.00 dan -2793.00 berkorelasi dengan Bulan Baru, +479.25 dan -2792.75 berkorelasi dengan Perempat Pertama, +479.50 dan -2792.50 berkorelasi dengan Bulan Purnama serta +479.75 dan -2792.25 berkorelasi dengan Perempat terakhir. Baca Jean Meeus, *Astronomical*, ... hlm. 319-320.

4. Menentukan nilai T

T merupakan nilai penting dalam menentukan adanya gerhana Matahari. Dari semua alur disini, ada 5 komponen yang secara langsung melibatkannya.²⁰

Rumus :²¹

$$T = k / 1236,85$$

5. Menghitung JDE / Julian Ephemeris Days

JDE (Julian Day Ephemeris) didefinisikan sebagai banyaknya hari yang telah dilalui sejak hari senin tanggal 1 Januari tahun 4713 SM (sebelum masehi) pada pertengahan hari atau pukul 12:00:00 UT (Universal Time) atau GMT. Perlu diingat, tahun 4713 SM tersebut sama dengan tahun - 4713.

- JD 0 = 1 Januari - 4713 pukul 12:00:00 UT = 1,5 Januari - 4713 (karena pukul 12 menunjukkan 0,5 hari)
- JD 0,5 = 2 Januari - 4713 pukul 00:00:00 UT
- JD 1 = 2,5 Januari - 4713 dan seterusnya
- 4 Oktober 1582 M = JD 2299159,5
- 15 Oktober 1582 M = JD 2299160,5 Jika

JD berkaitan dengan waktu yang dihitung menurut Dynamical Time (TD, bukan DT) atau Ephemeris Time,

²⁰ 5 komponen tersebut adalah : M, M', F, Û, dan E.

²¹ Jean Meeus, *Astronomical*,... hlm. 320.

biasanya digunakan istilah Ephemeris Day (JDE, bukan JED). Sebagai contoh :

- 17 Agustus 1945 UT = JD 2431684,5
- 27 September 1974 TD = JDE 2442317,5

Pemahaman terhadap Julian Day sangat penting, karena Julian Day menjadi syarat untuk menghitung posisi Bulan, Matahari dan planet-planet yang selanjutnya dipakai untuk menentukan Bulan baru, waktu salat, dan lain-lain. Julian Day juga menjadi dasar untuk menentukan fenomena alam seperti menentukan kemiringan orbit rotasi Bumi, kapan terjadinya *ekuinox*²² dan *solstice*²³, dan sebagainya. Sementara untuk gerhana Matahari JDE berhubungan dengan waktu dari gerhana maksimum (ketika sumbu kerucut bayangan umbra Bulan berada paling dekat dengan pusat Bumi.²⁴

²² Dalam perjalanan semu matahari, matahari memotong ekuator langit untuk melintas dari belahan selatan bumi ke belahan utara. Perpotongan itu terjadi pada titik yang disebut sebagai vernal *equinox* (titik ktidal musim semi). Kata *Equinox* diambil dari bahasa latin *aequus* yang berarti sama dan *nox* yang berarti malam, karena saat matahari berada di titik tersebut malam dan siang sama panjangnya. Baca Muhammad Rasyid Rida, dkk., *Hisab Bulan Kamariyah: Tinjauan Syar'I Tentang Penetapan Awal Ramadhan, Syawal, dan Zulhijah*, Yogyakarta : Suara Muhammadiyah, 2013, hlm. 73-75.

²³ Solstice merupakan salah satu titik yang dilalui matahari sepanjang perjalanan semunya di lingkaran ekliptika. Ada dua solstice, yaitu summer (northem) solstice yang merupakan matahari berada pada titik paling utara. Dan winter (shouthem) solstice yang artinya matahari berada di titik terjauh di belahan selatan bumi. *Ibid.*

²⁴ Jafar Shodiq, *Studi, ...* hlm. 77-78.

Rumus :²⁵

$$\text{JDE} = 2451550.09765 + 29.530\ 588\ 853\ k + 0.000\ 1337\ T^2 - 0.000\ 000\ 150\ T^3 + 0.000\ 000\ 000\ 73\ T^4$$

6. Menghitung M

M adalah rata-rata anomali Matahari (*sun's mean anomaly*) pada waktu JDE. Hasil M adalah satuan derajat, dan harus dirubah menjadi satuan radian maka caranya harus dirubah menjadi bilangan derajat antara $0^0 - 360^0$ kemudian baru dirubah ke radian : $= M \times \pi/180$ Jika hasil M negatif, semisal -8234,262544 derajat, untuk merubah menjadi radian caranya adalah cari kelipatan 360 (positif) yang mendekati nilai M dan lebih besar, yaitu 8280. $8280 - 8234,262544 = 45,73745559$ derajat $= 45,73745559 \times \pi/180 = 0,798269192$ radians.²⁶

Rumus :²⁷

$$M = 2.5534 + 29.105\ 356\ 69\ k - 0.000\ 0218\ T^2 - 0.000\ 000\ 11\ T^3$$

7. Menghitung M'

M' adalah rata-rata anomali Bulan (*moon's mean anomaly*). Jika hasil derajat M' negatif, maka caranya seperti di atas, begitu juga untuk perhitungan-perhitungan selanjutnya.

²⁵ Jean Meeus, *Astronomical*,... hlm. 319.

²⁶ Jafar Shodiq, *Studi*,... hlm. 62.

²⁷ Jean Meeus, *Astronomical*,... hlm. 320.

Rumus :²⁸

$$M' = 201.5643 + 385.816\ 935\ 28\ k + 0.010\ 7438\ T^2 + 0.000\ 012\ 39\ T^3 - 0.000\ 000\ 058\ T^4$$

8. Menghitung F

F adalah argumen lintang bulan (argumen of moon latitude). Nilai F sebagai informasi awal adanya gerhana. Apabila selisih antara F dengan kelipatan 180 derajat harus kurang dari $13^{\circ}.9$. Apabila selisihnya lebih besar dari 21° , maka tidak ada gerhana. dan apabila terletak di antara $13^{\circ}.9$ dan 21° , maka gerhana belum bisa dipastikan pada tahap ini dan kasus harus diselidiki lebih lanjut. Penyelidikan lebih lanjut dapat memakai aturan berikut: Tidak ada gerhana jika $|\sin F| > 0.36$.²⁹

Setelah satu lunasi nilai F akan meningkat sebesar $30^{\circ}.6705$. Dan jika F mendekati 0° atau 360° , gerhana terjadi di dekat titik naik Bulan (*ascending node*). Jika F nilainya dekat 180° , gerhana terjadi di dekat titik turun orbit Bulan (*descending node*).³⁰

Rumus :³¹

²⁸ *Ibid.*

²⁹ Gerhana. Jadi nilai F pasti terjadi gerhana jika nilai F antara $0^{\circ} - 13^{\circ} 54'$, $166^{\circ} 6' - 193^{\circ} 54'$, atau $346^{\circ} 6' - 360^{\circ}$. Dan apabila nilai F antara $14^{\circ} - 21^{\circ}$, $159^{\circ} - 165^{\circ}$, $194^{\circ} - 201^{\circ}$, atau $339^{\circ} - 345^{\circ}$ ini bisa terjadi gerhana bisa juga tidak terjadi gerhana.

³⁰ Jean Meeus, *Astronomical*,... hlm. 350.

³¹ *Ibid.* hlm. 320.

$$F = 160.7108 + 390.670\ 502\ 74\ k - 0.001\ 6341\ T^2 - 0.000\ 002\ 27\ T^3 - 0.000\ 000\ 011\ T^4$$

9. Menghitung Omega ($\dot{\Omega}$)

Disebut juga dengan bujur titik daki³² (*ascending node*) peredaran Bulan.

Rumus :³³

$$(\Omega) = 124.7746 - 1.563\ 755\ 80\ k + 0.002\ 0691\ T^2 + 0.000\ 002\ 15\ T^3$$

10. Menghitung E

E adalah eksentrisitas orbit Bumi mengitari Matahari³⁴ yang dikoreksi dengan T.

Rumus :³⁵

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

11. Menghitung F1

Rumus :³⁶

$$F1 = F - 0.02665\ \text{Sin } \dot{\Omega}$$

12. Menghitung A_1 ³⁷

Argumen (komponen) sebagai pengaruh planet-planet (*Planetary Argumens*):

Rumus :

³² Jean Meeus, *Astronomical Algorithms, terj*,... hlm. 118 dan 160.

³³ Jean Meeus, *Astronomical*,... hlm. 320.

³⁴ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms, terj*,... hlm. 250.

³⁵ Jean meeus, *Astronomical*,... hlm. 250.

³⁶ Jean meeus, *astronomical*,... hlm. 350.

³⁷ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms, terj*,... hlm. 262.

$$A_1 = 229^0.77 + 0^0.107408 k - 0,009 173 T^2$$

13. Menghitung P ³⁸

Rumus :

$$P = +0.2070 \times E \times \sin M + 0.0024 \times E \sin 2M - 0.0392 \sin M' + 0.0116 \sin 2M' + 0.0073 \times E \sin (M' + M) + 0.0067 \times E \sin (M' - M) + 0.0118 \sin 2F_1$$

14. Menghitung Q ³⁹

Rumus :

$$Q = +5.2207 - 0.0048 \times E \times \cos M + 0.0020 \cos 2M + 0.3299 \cos M' - 0.0060 \times E \cos (M' + M) + 0.0041 \times E \cos (M' - M)$$

15. Menghitung w ⁴⁰

Rumus :

$$w = | \cos F_1 |$$

16. Menghitung gamma ($\tilde{\alpha}$)

Gamma ($\tilde{\alpha}$) merupakan jarak minimum dari sumbu kerucut bayangan Bulan ke pusat Bumi, dalam satuan radius khatulistiwa Bumi. Jarak ini positif atau negative, tergantung pada apakah sumbu kerucut bayangan lewat Utara atau Selatan dari pusat Bumi.⁴¹

³⁸ Jean meeus, astronomical,... hlm. 351.

³⁹ *Ibid.*

⁴⁰ *Ibid.*

⁴¹ Muh. Rasywan Syarif, *Fiqh*,... hlm. 22.

Dalam perhitungan ini, γ sebagai informasi lanjut setelah nilai argumen lintang bulan (*argumen of moon's latitude*). Apabila nilai γ terletak di antara 0,9972 dan -0,9972, maka gerhana Matahari adalah sentral. Dan apabila nilai mutlak γ terletak di antara 0,9972 dan $1,5433 + u$, maka gerhana Matahari tidak sentral. Dalam kebanyakan kasus, hal itu adalah gerhana parsial. Namun, ketika nilai $|\tilde{\alpha}|$ terletak antara 0.9972 dan 1.0260, bagian kerucut umbra mungkin menyentuh permukaan Bumi (di daerah kutub), sementara sumbu kerucut tidak menyentuh Bumi. Sedangkan gerhana annular atau total non-sentral terjadi ketika $0.9972 < |\tilde{\alpha}| < 0.9972 + |u|$. Dan apabila nilai $|\tilde{\alpha}|$ lebih besar dari $1,5433 + u$, maka tidak ada gerhana Matahari.⁴²

Rumus :⁴³

$$\tilde{\alpha} = (p \cos F_1 + Q \sin F_1) \times (1 - 0.0048 w)$$

17. Menghitung magnitudo (u)

Dalam kasus gerhana Matahari, magnitudo disimbolkan dengan u . Kuantitas u merupakan jari-jari kerucut umbra Bulan di bidang dasar dalam satuan radius ekuator Bumi. (Bidang dasar adalah sebuah bidang yang melalui pusat Bumi dan tegak lurus terhadap sumbu

⁴² Jean Meeus, *Astronomical*,... hlm. 351.

⁴³ *Ibid.*

bayangan Bulan). Jari-jari kerucut penumbra pada bidang dasar ini adalah $u + 0.5461$.

Nilai magnitudo juga menjadi penentu dalam menentukan jenis gerhana pada gerhana sentral. Adapun aturannya adalah :

- Jika $u < 0$, maka gerhana total
- Jika $u > 0.0047$, maka gerhana annular
- Jika u antara 0 dan $+0.0047$, bisa gerhana annular atau annular-total.

Dalam kasus terakhir ini, ambiguitas dapat dihapuskan sebagai berikut :

$$\text{Hitung: } \hat{u} = 0.00464 \sqrt{1 - \hat{a}^2} > 0$$

Kemudian, jika $u < \hat{u}$, gerhana annular-total; jika tidak maka gerhana annular.⁴⁴

Rumus :⁴⁵

$$u = 0.0059 + 0.0046 E \cos M - 0.0182 \cos M' + 0.0004 \cos 2M' - 0.0005 \cos (M + M')$$

Dari langkah-langkah di atas, maka bisa disimpulkan bahwa ada peran penting yang diberikan oleh nilai argumen lintang bulan, gamma, dan magnitudo. Ketiga nilai ini tidak bisa dipisahkan satu sama lain karena diketahui nilai argumen lintang bulan memberikan

⁴⁴ Jean Meeus, *Astronomical*,... hlm. 352.

⁴⁵ *Ibid.* hlm. 351.

informasi awal adanya gerhana Matahari atau tidak, kemudian disusul dengan informasi yang diberikan oleh γ sebagai salah satu penentu jenis gerhana. Dan sebagai informasi lanjut diberikan oleh nilai magnitudo yang berperan penting dalam menyelesaikan kasus gerhana sentral.

Pada kasus gerhana Matahari parsial, besarnya magnitudo dicapai pada titik permukaan Bumi akan berada paling dekat dengan sumbu bayangan. Magnitudo gerhana pada titik tersebut:⁴⁶

$$\frac{1.5433 + u - |\tilde{a}|}{0.5461 + 2u}$$

Adapun untuk mengetahui waktu maksimum gerhana Matahari adalah dengan menambahkan JDE⁴⁷ dengan koreksi-koreksi sebagai berikut :⁴⁸

$$\begin{array}{rcl} -0,4075 & \times & \sin M' \\ +0,1721 & \times E & M \\ +0,0161 & & 2M' \\ -0,0097 & & 2F_1 \\ +0,0073 & \times E & M' - M \end{array}$$

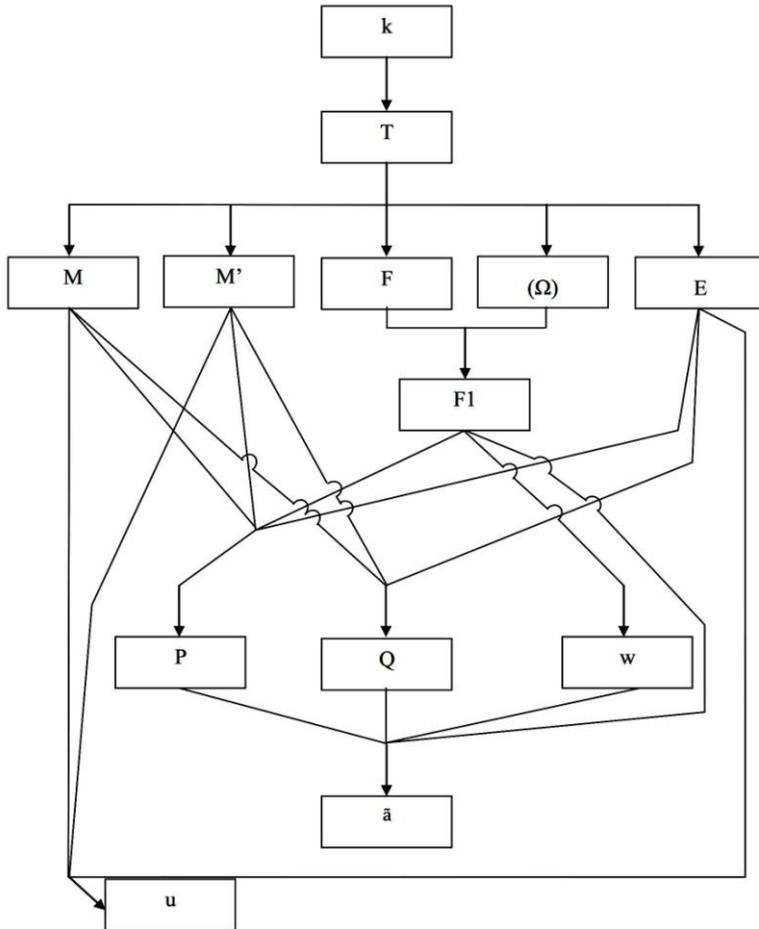
⁴⁶ Jean Meeus, *Astronomical*,... hlm. 352.

⁴⁷ JDE akhir ini dapat diubah menjadi tanggal kalender biasa dengan cara metode yang dijelaskan dalam Bab 7. Hasilnya dapat dinyatakan dalam Waktu dinamis.

⁴⁸ Jean Meeus, *Astronomical*,... hlm. 350.

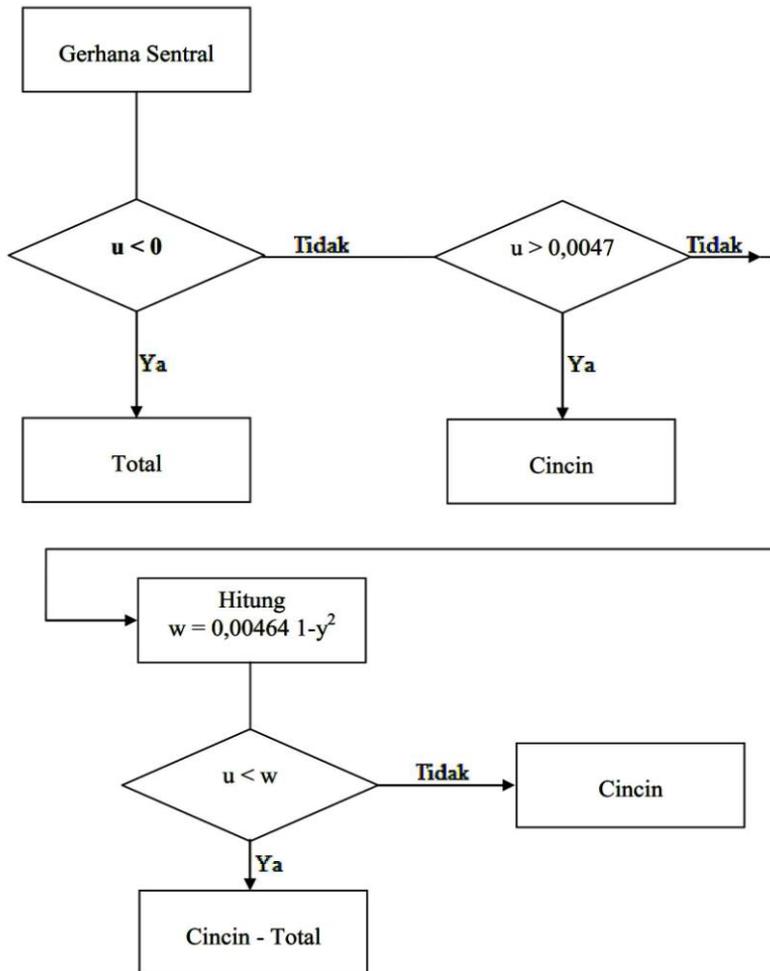
-0,0050	x E	$M' + M$
-0,0023		$M' - 2F_1$
+0,0021	x E	$2M$
+0,0012		$M' + 2F_1$
+0,0006	x E	$2M' + M$
-0,0004		$3M'$
-0,0003	x E	$M + 2F_1$
+0,0003		A_1
-0,0002	x E	$M - 2F_1$
-0,0002	x E	$2M' - M$
-0,0002		Ω

Dari alur algoritma di atas, alur flowchartnya sebagaimana berikut :⁴⁹



⁴⁹ Alur flowchart ini bertujuan untuk memudahkan dalam memahami alur algoritma prediksi gerhana Matahari yang didapatkan dari hasil wawancara dengan Rinto Anugraha di kantor Jurusan Fisika FMIPA UGM pada tanggal 28 Desember 2016 jam 15.30 WIB.

Ketika proses perhitungan sampai pada gerhana sentral, maka alur flowchartnya sebagai berikut :



BAB IV
ANALISIS POLA GERHANA MATAHARI DITINJAU DARI
KRITERIA NILAI ARGUMEN LINTANG BULAN (F),
GAMMA (γ), DAN MAGNITUDO (u)

A. Analisis Pola Gerhana Matahari Ditinjau Dari Kriteria Nilai Argumen Lintang Bulan (F), Gamma (γ), Dan Magnitudo (u)

Berdasarkan algoritma yang diuraikan oleh Jean Meeus dalam bukunya “*Astronomical Algorithms*” yang menjelaskan tentang gerhana Matahari, dikatakan bahwa gerhana Matahari bisa ditentukan dengan melihat informasi awal dari *argumen lintang bulan* atau disimbolkan dengan F. Kriteria F tersebut menjelaskan bahwa gerhana Matahari akan terjadi apabila hasil selisih F dengan kelipatan 180^0 terdekat¹ kurang dari $13^{\circ}.9$. Apabila selisihnya lebih besar dari 21° , maka tidak ada gerhana dan apabila terletak di antara $13^{\circ}.9$ dan 21° , maka gerhana belum bisa dipastikan, sehingga harus diselidiki lebih lanjut dengan mengikuti aturan $|\sin F| > 0,36$.²

Gamma yang disimbolkan dengan γ memiliki peran dalam menentukan gerhana sentral dan non-sentral. Apabila γ terletak di

¹ Kelipatan terdekat dengan 180^0 adalah 0^0 atau 360^0 . Dan apabila F dekat dengan 0^0 atau 360^0 , maka gerhana terjadi di dekat titik naik bulan (*moon's ascending node*). Adapun jika dekat dengan 180^0 , maka gerhana terjadi di dekat titik turun bulan (*moon's descending node*). Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, Virginia: Willman Bell. Inc., 1991, hlm. 350.

² Apabila hasil mutlak $\sin F$ lebih besar dari 0,36, maka tidak ada gerhana dan sebaliknya. *Ibid.*

antara 0,9972 dan -0,9972, maka gerhana Matahari adalah sentral. Apabila terletak di antara 0,9972 dan $1,5433 + u$, maka gerhana Matahari adalah non-sentral. Dan apabila $|\gamma|$ lebih besar dari $1,5433 + u$, maka tidak ada gerhana Matahari.³ Adapun dalam kasus gerhana sentral, dijelaskan lebih lanjut oleh *magnitudo* yang disimbolkan dengan kuantitas u . Kriteria untuk gerhana sentral sendiri adalah apabila $u < 0$, maka gerhana Matahari adalah total. Apabila $u > 0.0047$, maka gerhana Matahari adalah annular (cincin) dan apabila u di antara 0 dan $+0.0047$, bisa gerhana annular atau annular-total, sehingga dalam kasus tersebut harus diselidiki dengan memakai aturan sebagai berikut :

$$\text{Hitung: } \omega = 0.00464 \sqrt{1 - \gamma^2} > 0$$

- Jika $u < \omega$, maka gerhana Matahari annular-total. Dan jika tidak, maka gerhana Matahari annular saja.⁴

Oleh karena itu, pola gerhana Matahari yang terbentuk tidak bisa dilepaskan dari kriteria-kriteria yang telah disebutkan, sehingga untuk lebih mudah memahami pola gerhana Matahari, maka alangkah baiknya memahami dari pola kriteria nilai argumen lintang bulan, gamma, dan magnitudo tersebut. Berikut uraian pola dari ketiga kriteria tersebut :

³ *Ibid.* hlm. 351.

⁴ *Ibid.* hlm. 352.

1. Analisis Pola Argumen Lintang Bulan (F)

Sebagaimana dijelaskan bahwa Argumen Lintang Bulan (F) merupakan informasi awal diketahuinya gerhana Matahari. Dengan ketentuan-ketentuan yang telah disebutkan, maka Argumen Lintang Bulan (F) tersebut dengan mengikuti rumus dihasilkan data dan pola sebagai berikut :

Rumus :⁵

$$F = 160.7108 + 390.670\ 502\ 74\ k - 0.001\ 6341\ T^2 - 0.000\ 002\ 27\ T^3 - 0.000\ 000\ 011\ T^4$$

Dengan menghitung F selama satu tahun, maka data dan pola yang dihasilkan adalah :

Tabel Nilai Argumen Lintang Bulan (F)⁶

Nilai k	Hasil F	Nilai k	Hasil F
0	160,71080	6	344,73382
1	191,38130	7	15,40432
2	222,05181	8	46,07482
3	252,72231	9	76,74532
4	283,39281	10	107,41583

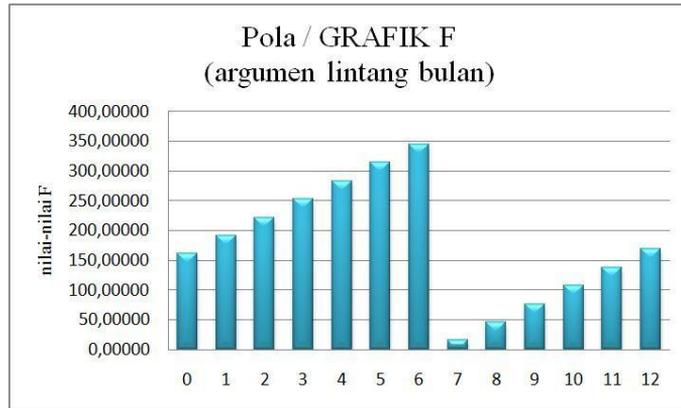
⁵ *Ibid.* hlm. 320.

⁶ Hasil data-data yang ada di dalam tabel merupakan hasil yang didapatkan dari rumus asal melalui program excel yang dibuat oleh Rinto Anugraha. Dan program tersebut sebagaimana ada di lampiran.

5	314,06331	11	138,08633
		12	168,75683

Tabel 6 : Data F selama 13 *New Moon*.⁷

Pola Nilai Argumen Lintang Bulan (F)

Gambar 13 : Pola / Grafik Nilai F dalam 13 *New Moon*.

Pola F di atas menggambarkan pola naik di setiap *new moon*, terkecuali untuk *new moon* ke-7 yang memberikan pola turun dar sebelumnya. Hal ini dikarenakan nilai F yang sebenarnya berada di atas 360 derajat, sehingga harus dikurangi 360 derajat.⁸

⁷ Penulis mengambil jumlah 13 *new moon* dikarenakan dalam satu tahun kalender Masehi bisa terjadi ijtima' sebanyak 13 kali.

⁸ Dalam ilmu hisab, satuan ukur yang dipakai untuk menyatakan besarnya sudut adalah derajat dengan symbol ($^{\circ}$), menit dengan symbol ($'$), dan detik dengan symbol ($''$). Pada lingkaran ukuran sudut satu derajat (1°) merupakan besar sudut yang diliputi oleh busur lingkaran sebesar $1/360$ kali

Perlu diperhatikan bahwa kontribusi selisih⁹ yang dihasilkan oleh F di setiap *new moon* memberikan angka selisih rata-rata sama, yaitu sebesar $30^{\circ}.6705$. Angka selisih ini juga dijelaskan oleh Jean Meeus yang menyatakan bahwa setiap satu lunasi F akan bertambah sebesar $30^{\circ}.6705$.¹⁰

Adapun nilai F di atas masih berdasarkan rumus awal, sedangkan dalam penentuan adanya gerhana Matahari, maka yang dicari adalah selisih F dengan 180 atau kelipatannya. Dengan demikian, tabel dan pola nilai F tersebut berdasarkan ketentuan adanya gerhana Matahari adalah sebagai berikut :

**Tabel Selisih Nilai Argumen Lintang Bulan (F)
dengan Kelipatan 180⁰ Terdekat.**

Nilai k	Selisih F			Minimal
	Hasil F	Abs(F-180)	360-F	
0	160,71080	19,28920	199,28920	19,28920

keliling lingkaran. Sedangkan satu menit busur ($1'$) didefinisikan $1/60$ derajat dan satu detik busur didefinisikan $1/3600$ derajat atau $1/60$ menit busur. Sehingga karena nilai yang melebihi 360 derajat akan dikurangi dengan besar busur satu lingkaran tersebut. Hal ini sebagai cara untuk memudahkan dalam perhitungan. Baca Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1 : Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat Seluruh Dunia*, Semarang : Program Pascasarjana IAIN Walisongo, 2011, hlm. 7-8.

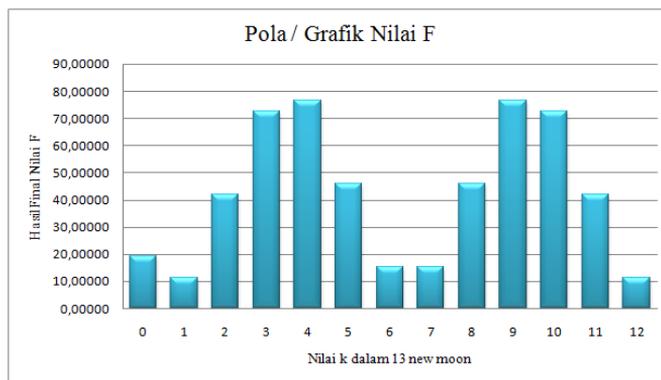
⁹ Berdasarkan tabel nilai F tersebut, kontribusi selisihnya bisa dilihat pada lampiran.

¹⁰ Jean Meeus, *Astronomical*,... hlm. 350.

1	191,38130	11,38130	168,61870	11,38130
2	222,05181	42,05181	137,94819	42,05181
3	252,72231	72,72231	107,27769	72,72231
4	283,39281	103,39281	76,60719	76,60719
5	314,06331	134,06331	45,93669	45,93669
6	344,73382	164,73382	15,26618	15,26618
7	15,40432	164,59568	344,59568	15,40432
8	46,07482	133,92518	313,92518	46,07482
9	76,74532	103,25468	283,25468	76,74532
10	107,41583	72,58417	252,58417	72,58417
11	138,08633	41,91367	221,91367	41,91367
12	168,75683	19,28920	199,28920	11,24317

Tabel 7 : Hasil F setelah mengalami pengurangan dengan kelipatan 180.¹¹

Pola Akhir Nilai Argumen Lintang Bulan (F)



¹¹ Format pengurangan F meliputi : hasil awal, abs (F-180), 360-F, dan minimal tersebut dihasilkan saat wawancara dengan Rinto Anugraha di kantor Jurusan Fisika FMIPA UGM pada tanggal 28 Desember 2016 jam 15.30 WIB.

Gambar 14 : Pola F setelah mengalami pengurangan dengan kelipatan 180^0 .

Dari tabel dan pola di atas, maka secara kriteria nilai argumen lintang bulan,¹² bisa disimpulkan bahwa dalam 13 kali *new moon* kemungkinan gerhana Matahari terjadi sebanyak 5 kali, yaitu pada nilai k ke 0, 1, 6, 7, dan 12. Artinya pada tahun tersebut gerhana Matahari mencapai jumlah maksimal, yaitu 5 kali dalam setahun.

Dari sini pula, salah satu fakta jumlah minimal-maksimal gerhana Matahari bisa diidentifikasi melalui hasil yang diberikan oleh pola nilai F tersebut. Namun demikian, untuk pembahasan jumlah minimal-maksimal gerhana Matahari akan dipaparkan pada poin selanjutnya.¹³

¹² Kriteria F tersebut menjelaskan bahwa gerhana Matahari akan terjadi apabila hasil selisih F dengan 180 atau kelipatannya kurang dari $13^{\circ}.9$. Apabila selisihnya lebih besar dari 21° , maka tidak ada gerhana. dan apabila terletak di antara $13^{\circ}.9$ dan 21° , maka gerhana belum bisa dipastikan, sehingga harus diselidiki lebih lanjut dengan mengikuti aturan $|\text{Sin } F| > 0,36$. Jean Meeus, *Astronomical, ...* hlm. 350.

¹³ Penjelasan lengkap untuk kriteria nilai argumen lintang bulan (F) masuk dalam pembahasan analisis akurasi nilai argumen lintang bulan (F) pada poin B angka 1 di bawah.

Setelah mengetahui pola F yang menggambarkan kenaikan dan memiliki angka selisih sama, maka secara aritmatika untuk mendapatkan F tersebut bisa dilakukan tanpa mengikuti rumus awal, namun dengan mengikuti rumus aritmatika.

$$\text{Rumus umum } U_n = a + (n-1)b^{14}$$

Dan kalau diterapkan dalam pencarian nilai F di atas, maka rumusnya menjadi :

$F_n = a + (n-0)b.$ ¹⁵ Sehingga untuk mencari nilai F ke-10 adalah :

$$\begin{aligned} F_{10} &= 160,71080 + (10) 30,67050 \\ &= 160,71080 + 306,7050 \\ &= 467,41583 / 107,41583^{16} \end{aligned}$$

Karena dari rumus awal F juga melibatkan k dan T, maka penulis juga memaparkan sedikit tentang kedua komponen tersebut ditinjau dari data dan polanya.

¹⁴ Afidah Khairunnisa, *Matematika Dasar*, Jakarta : Rajawali Press, 2014, hlm. 184-185.

¹⁵ Untuk rumus F ini berbeda dengan kaidah umum yang memakai $U_n = a + (n-1)b$. Hal ini dikarenakan dari angka penyusun terdiri atas 1, 2, 3, 4, 5,..., sehingga angka 1 dijadikan patokan. Adapun untuk F sendiri disusun oleh nilai k yang diawali dengan 0, 1, 2, 3, 4,..., sehingga angka 0 yang dijadikan patokan dalam pembuatan rumus tersebut.

¹⁶ Karena hasil lebih dari 360 derajat, maka untuk mendapatkannya adalah mengurangi dengan 360 tersebut.

a. k

k merupakan simbol yang digunakan untuk menggambarkan keadaan fase-fase bulan, di antaranya adalah *new moon* yang digunakan untuk penentuan adanya suatu gerhana.¹⁷ Fenomena *new moon* atau bulan baru terjadi setiap bulan pada suatu tahun dalam sistem kalender Hijriyah.¹⁸ Adapun jumlah bulan berdasarkan kalender Hijriyah adalah sebanyak 12 bulan. Sebagaimana yang dijelaskan Firman Allah surat at-Taubah [9] : 36.

¹⁷ Baik gerhana Matahari maupun gerhana Bulan.

¹⁸ Kalender / penanggalan Hijriyah merupakan penanggalan yang didasarkan atas peredaran bulan mengelilingi bumi. Penanggalan ini didasarkan pada perhitungan. Satu kali edar lamanya 29 hari 12 jam 44 menit 2,5 detik. Kalender ini memiliki jumlah 12 bulan dengan umur bulan ada yang 30 hari dan adapula yang 29 hari, yaitu untuk bulan-bulan ganjil berumur 30, sedangkan bulan-bulan genap berumur 29 hari, kecuali pada bulan ke-12 (Dzulhijjah) bisa berumur 30 hari ketika tahun tersebut adalah kabisat.

Kalender Hijriyah memiliki 30 siklus yang 11 tahun merupakan tahun kabisat (355 hari) dan 19 tahun basitah (354 hari). Adapun tahun-tahun kabisatnya adalah urutan ke 2,5,7,10,13,15,18,21,24,26, dan 29. Baca buku Ahmad Izzuddin, *Sistem Penanggalan*, Semarang : CV. Karya Abadi Jaya, 2015, hlm. 66-67.

إِنَّ عِدَّةَ الشُّهُورِ عِنْدَ اللَّهِ اثْنَا عَشَرَ شَهْرًا فِي كِتَابِ
 اللَّهِ يَوْمَ خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ مِنْهَا أَرْبَعَةٌ
 حُرْمٌ ^{وَرَبَّاعٌ} ...

Artinya : Sesungguhnya jumlah bulan menurut Allah ialah dua belas bulan, (sebagaimana) dalam ketetapan Allah pada waktu Dia menciptakan langit dan bumi, di antaranya ada bulan haram... (QS. al-Taubah : 36)¹⁹

Dalam penentuan prediksi adanya gerhana, nilai k harus bernilai bulat. Nilai ini dihasilkan dari pembulatan nilai k jika digunakan untuk penentuan gerhana Matahari, sedangkan dalam penentuan gerhana Bulan, nilai k yang digunakan adalah hasil pembulatan ditambah dengan 0,5.²⁰ Karena dalam penelitian penulis adalah tentang gerhana Matahari,

¹⁹ Ayat ini menerangkan bahwa Allah telah menetapkan jumlah bulan itu dua belas, semenjak Dia menciptakan langit dan bumi. Yang dimaksud dengan bulan di sini ialah bulan Qamariyah karena dengan perhitungan Qamariyah itulah Allah menetapkan waktu untuk mengerjakan ibadah fardu dan ibadah yang sunat dan beberapa ketentuan lain. Dari dua belas bulan tersebut, terdapat empat bulan yang ditetapkan sebagai bulan haram yaitu bulan Zulkaidah, Zulhijjah, Muharram, dan Rajab. Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an dan Tafsirnya*, Jilid IV, Jakarta : Kementerian Agama RI, 2012, hlm. 110-111.

²⁰ Baca Jean Meeus, *Astronomical*, ... hlm. 319-320.

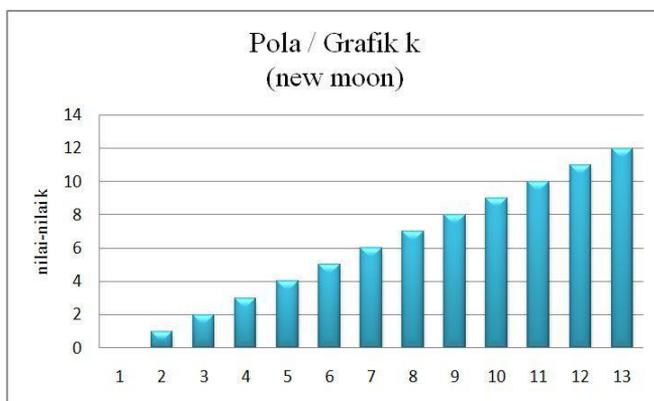
maka nilai k yang digunakan pada tabel-tabel dan pola-polanya adalah hasil pembulatan nilai k .

Berikut tabel dan pola yang digambarkan oleh nilai k dalam kurun waktu satu tahun dengan mengambil jumlah *new moon* 13 kali.²¹

Tabel Nilai *New Moon* (k) dalam 13 *New Moon*

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Nilai k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Pola 13 *New Moon* (k)



Gambar 15 : Pola / Grafik Nilai 13 k (*New Moon*).

Nilai k 0 pada pola diatas menggambarkan keadaan awal *new moon* 6 Januari 2000.²² Dan nilai

²¹ Jumlah 13 *new moon* tersebut selanjutnya akan digunakan di setiap tabel dan pola masing-masing komponen.

k tersebut dijadikan epoch perhitungan pada algoritma Jean Meeus, sehingga jika digunakan untuk mendeteksi adanya gerhana sebelum tahun 2000, maka nilai k bernilai negatif dan sebaliknya bernilai positif jika setelah tahun 2000.²³

Meskipun dalam penentuan gerhana nilai k yang digunakan ada dua macam, yaitu pembulatan nilai k untuk gerhana Matahari dan pembulatan nilai k ditambah 0,5 untuk gerhana Bulan. Namun, disini penulis terfokus pada nilai pembulatan k, yaitu untuk mendeteksi adanya gerhana Matahari.

Dari tabel dan pola di atas, nilai k 0, 1, 2, 3, dst, menggambarkan rentang waktu antara *new moon* di setiap bulan di suatu tahun Hijriyah. Dalam perhitungan yang ada, nilai k juga bisa bernilai 0 ke atas (0,1,2,3,4, dst) dan 0 ke bawah (0,-1,-2,-3,-4, dst).²⁴

²² Jean Meeus, *Astronomical*,... hlm. 319.

²³ Nilai negatif k diberikan oleh fase bulan sebelum tahun 2000. Sebagai contoh :

- 479.00 dan -2793.00 bersesuaian dengan bulan baru
- 479.25 dan -2793.25 bersesuaian dengan kuartal pertama
- 479.50 dan -2793.50 bersesuaian dengan bulan purnama
- 479.75 dan -2793.75 bersesuaian dengan kuartal akhir.

Ibid, hlm. 320.

²⁴ Karena nilai k 0 bertepatan dengan 6 Januari 2000, maka apabila mencari / menghitung nilai k pada tahun sebelum 2000, nilai k akan bernilai negatif. Bisa dicontohkan angka tahun -1990.25, maka dengan mengikuti

Adapun pola yang dihasilkan sudah tentu teratur dengan hasil selisih tetap 1. Hal ini karena nilai k yang diambil adalah *new moon* tiap bulan, sehingga secara runtut pola yang ada adalah teratur.

b. T

Dengan mengikuti rumus di bawah ini, maka didapat data dan pola T sebagai berikut :

Rumus :²⁵

$$T = k / 1236,85$$

Tabel Nilai T

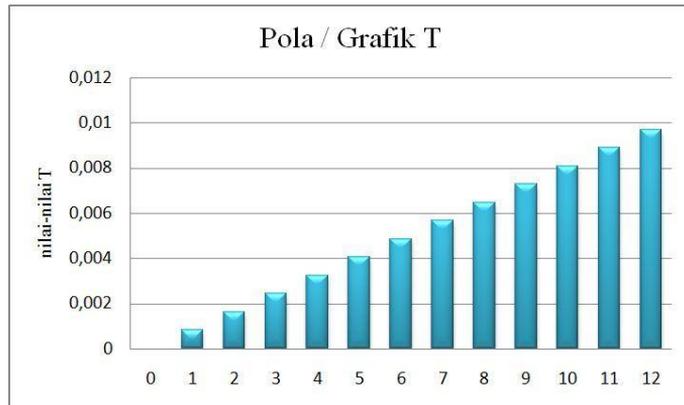
Nilai k	T = k/1236,85	Nilai k	T = k/1236,85
0	0,0000000000	6	0,0048510329
1	0,0008085055	7	0,0056595383
2	0,0016170110	8	0,0064680438
3	0,0024255164	9	0,0072765493
4	0,0032340219	10	0,0080850548
5	0,0040425274	11	0,0088935603
		12	0,0097020657

Tabel 8 : Data hasil perhitungan nilai T.

rumus $k = (\text{tahun} - 2000) \times 12,3685$. Hasilnya adalah -49,353. Karena nilai k harus bulat, maka nilai pembulatan dari hasil tersebut nilai k adalah -49.

²⁵ Jean Meeus, *Astronomical, ...* hlm. 320.

Pola Nilai T



Gambar 16 : Pola / Grafik Nilai T dalam 13 *New Moon*.

Dilihat dari pola T di atas, maka bisa dilihat bahwa semakin ke depan nilai T mengalami kenaikan. Artinya nilai T pada awal epoch *new moon* tahun 2000 yang bernilai 0 akan bertambah besar.

Adapun kenaikan yang dihasilkan oleh T adalah teratur dengan selisih tetap sebesar 0,0008085055,²⁶ sehingga jika dikaji secara aritmatika bisa disimpulkan bahwa nilai T

²⁶ Melalui pengurangan dari nilai T pada k ke-1 dengan k ke-0 akan diperoleh hasil pengurangan sebagai berikut : 0,0008085055 - 0,0000000000 = 0,0008085055.

merupakan bilangan berderajat satu karena mempunyai selisih sama pada satu tingkatan.²⁷

Sebagaimana contoh $Tk_2 - Tk_1$ akan mempunyai selisih 0,0008085055 yang merupakan hasil pengurangan dari 0,0008085055 - 0,0000000000. Begitu juga pada Tk_{12} dan Tk_{11} ²⁸ akan memberikan angka selisih sama, yaitu : $0,0088935603 - 0,0080850548 = 0,0008085055$.

Dari hasil tersebut, maka nilai T dalam algoritma Jean Meeus bisa disederhanakan jika dilihat dari kontribusi selisihnya. Dengan syarat²⁹ nilai k harus diketahui terlebih dahulu. Adapun rumus yang bisa digunakan adalah teori perbandingan³⁰ dan aritmatik.³¹

²⁷ Afidah Khaerunnisa, *Matematika*,... hlm. 203-206.

²⁸ Dengan mengartikan untuk hasil T pada nilai k 12 adalah Tk_{12} . Dan dengan keterangan yang sama untuk simbol Tk_1 , Tk_2 , dan Tk_{11} .

²⁹ Syarat didefinisikan sebagai segala sesuatu yang perlu atau harus ada, segala sesuatu yang perlu untuk menyampaikan suatu maksud. Baca Departemen Pendidikan Nasional, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Jakarta : Balai Pustaka, ed III, 2005, hlm. 1114-1115.

³⁰ Teori perbandingan digunakan dalam ilmu Matematika yang secara sederhana menjelaskan bahwa rasio yang dihasilkan ruas kiri dan kanan mempunyai nilai sama, sehingga dalam istilah lain juga dikenal dengan *Proporsi* yang artinya adalah suatu persamaan yang melibatkan rasio pada kedua ruasnya. Suatu proporsi misalnya dinyatakan dalam bentuk $a:b = c:d$ atau $a/b = c/d$. I Putu Wisna Ariawan, *Geometri Bidang*, Yogyakarta : Graha Ilmu, 2014, hlm. 40.

Teori perbandingan yang bisa diterapkan adalah sebagai berikut : Apabila diketahui nilai T pada k2 adalah 0,0016170110, maka tentukan nilai T pada k 10. Maka dengan rumus umum teori perbandingan adalah : $x_1/x_2 = n_1/n_2$, sehingga suku k ke-2 adalah 2 dan nilai T nya adalah = 0,0016170110. Dan nilai suku k ke-10 adalah 10. maka pencarian nilai T pada suku ke-10 adalah :

$$\begin{aligned} k_2/k_{10} &= T_2/T_{10} \\ 2/10 &= 0,0016170110/T_{10} \\ T_{10} &= 10 \times 0,0016170110 / 2 \\ &= 0,0080850548 \end{aligned}$$

Dalam teori aritmatika, terdapat beberapa komponen yang membentuknya, di antaranya : b adalah beda yang sama ($U_2 - U_1 = U_3 - U_2 = U_n - U_{n-1}$), a adalah suku pertama (U_1), n adalah banyaknya suku, dan U_n adalah suku ke- $n = f(n)$. Hal ini menuntun ke rumus suku ke- n :

³¹ Karena dari 13 nilai T yang dihasilkan menganut barisan aritmatika, yaitu suatu barisan yang memiliki beda antar suku sama. Dengan demikian, satu bilangan tertentu yang bisa ditambahkan pada suku ke berapa pun untuk mendapatkan suku berikutnya. Dan $U_1, U_2, U_3, \dots, U_n, \dots$ merupakan barisan aritmatika dengan selisih (beda) antar suku sama, (*common difference*) yaitu b , maka : $U_{n+1} = U_n + b$ (bilangan real b bisa berupa positif, negative, atau nol). Baca Afidah Khairunnisa, *Matematika*, ...hlm. 183.

$$U_n = a+(n-1)b^{32}$$

Dan kalau diterapkan dalam pencarian nilai T di atas, maka rumusnya menjadi : $T_n = a + (n-0)b$.³³

Sehingga untuk mencari nilai T ke-10 adalah :

$$\begin{aligned} T_{10} &= 0,0000000000 + (10)0,0008085055 \\ &= 0,0080850548 \end{aligned}$$

Dari sini penulis menyimpulkan bahwa pola argumen lintang bulan memiliki bentuk yang teratur, yaitu mengalami kenaikan angka di setiap *new moon*. Dan angka kenaikan yang dihasilkan rata-rata sama sebesar $30^{\circ}.6705$ tidak bisa dilepaskan oleh pola yang dibentuk k dan T. Karena keduanya juga memberikan pola yang teratur dengan kenaikan tetap masing-masing, sehingga k, T, dan F bisa diaritmatikaan dengan rumus baru.

2. Analisis Pola Gamma (γ)

Gamma (γ) merupakan jarak minimum dari sumbu kerucut bayangan Bulan ke pusat Bumi, dalam satuan radius khatulistiwa Bumi. Jarak ini bernilai positif atau negatif, tergantung pada apakah sumbu

³² Afidah Khairunnisa, *Matematika*, ... hlm. 184-185.

³³ Untuk rumus T ini berbeda dengan kaidah umum yang memakai $U_n = a+(n-1)b$. Hal ini dikarenakan angka n pertama adalah 0, yaitu pada $k=0$.

kerucut bayangan lewat Utara atau Selatan dari pusat Bumi.³⁴

Nilai gamma tersebut juga berperan dalam penentuan jenis gerhana, yaitu dengan ketentuan apabila γ :

- Terletak di antara 0,9972 dan -0,9972, maka gerhana Matahari sentral
- Terletak di antara 0,9972 dan $1,5433 + u$, maka gerhana Matahari tidak sentral
- Nilai $|\gamma|$ terletak di antara 0,9972 dan 1.0260, maka bagian kerucut umbra mungkin menyentuh permukaan Bumi (di daerah kutub), namun sumbu kerucut tidak menyentuh Bumi
- $0,9972 < |\gamma| < 0,9972 + |u|$, maka gerhana annular atau total non-sentral. Dan
- $|\gamma|$ lebih besar dari $1,5433 + u$, maka tidak ada gerhana Matahari.³⁵

Adapun dengan mengikuti rumus di bawah ini, maka didapat data dan pola gamma sebagai berikut :

Rumus :³⁶

$$\gamma = (p \cos F1 + Q \sin F1) \times (1 - 0.0048 w)$$

³⁴ Muh. Rasywan Syarif, *Fiqh Astronomi Gerhana Matahari*, Tesis, Semarang : Program Pasca Sarjana UIN Walisongo, 2012, hlm. 22.

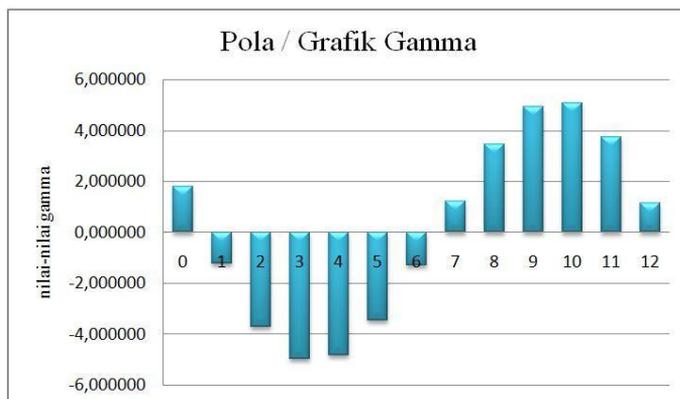
³⁵ Jean Meeus, *Astronomical*,... hlm. 351.

³⁶ *Ibid.*

Tabel Nilai Gamma (y)

Nilai k	Hasil y	Nilai k	Hasil y
0	1,795572	6	-1,282187
1	-1,223229	7	1,217935
2	-3,717990	8	3,470692
3	-4,989915	9	4,923556
4	-4,841771	10	5,088911
5	-3,469126	11	3,738638
		12	1,135013

Tabel 9 : Data Nilai Gamma (y).

Pola / Grafik Nilai Gamma (y)

Gambar 17 : Pola / Grafik Nilai Gamma (y).

Dari tabel dan pola gamma (γ) di atas, bisa diketahui bahwa pola yang terbentuk adalah bergelombang, yaitu beberapa nilai gamma di awal new moon bernilai positif diikuti pada new moon kedua memberikan angka negatif, dan seterusnya. Beberapa nilai gamma di atas memberikan hasil positif dan negatif.

Kemudian ditinjau dari kriteria gamma, maka dari 13 new moon yang memenuhi adalah new moon ke-7 dan ke-12 dengan nilai gamma (γ) 1,217935 (pada k7), dan 1,135013 (pada k12). Namun demikian, dengan pola tersebut ternyata tidak memberikan pola selisih yang sama, sehingga nilai gamma (γ) bukan merupakan bilangan aritmatika maupun geometri karena selisih dan rasio yang berbeda.³⁷

Adapun karena untuk mengetahui nilai gamma juga dipengaruhi oleh beberapa komponen lain, seperti k, T, M, M', F, Ω , E, F1, P, Q, dan w, maka penulis juga memaparkan karakter pola dari komponen tersebut.

³⁷ Penjelasan kontribusi selisih dan rasio tercantum dalam lampiran-lampiran.

a. M

M adalah rata-rata anomali Matahari (*sun's mean anomaly*) pada waktu JDE. Hasil M adalah satuan derajat.³⁸ Dengan mengikuti rumus di bawah ini, maka didapat data dan pola sebagai berikut :

Rumus :³⁹

$$M = 2.5534 + 29.105\ 356\ 69\ k - 0.000\ 0218\ T^2 - 0.000\ 000\ 11\ T^3$$

Tabel Nilai Rata-rata Anomali Matahari (M)

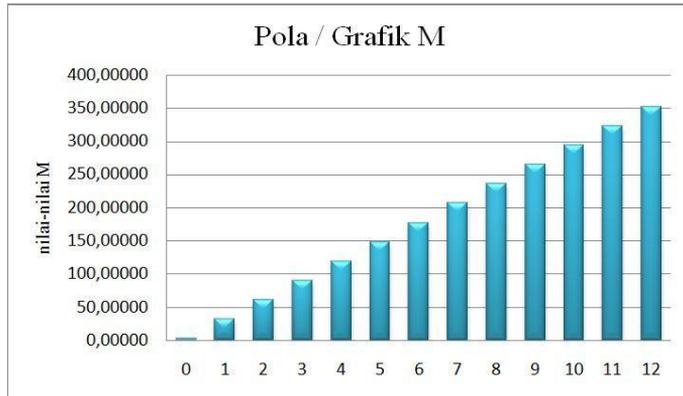
Nilai k	Hasil M	Nilai k	Hasil M
0	2,55340	6	177,18554
1	31,65876	7	206,29090
2	60,76411	8	235,39625
3	89,86947	9	264,50161
4	118,97483	10	293,60697
5	148,08018	11	322,71232
		12	351,81768

Tabel 10 : Data M selama 13 *New Moon*.

³⁸ Jafar Shodiq, *Studi Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari Menurut Rinto Anugraha Dalam Buku Mekanika Benda Langit*, Skripsi Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo, Semarang, 2015, hlm. 62.

³⁹ Jean Meeus, *Astronomical*, ... hlm. 320.

Pola Rata-rata Anomali Matahari (M)



Gambar 18 : Pola / Grafik Nilai M dalam 13 *New Moon*.

Pola yang ditunjukkan oleh nilai M memiliki karakter yang sama dengan pola yang digambarkan oleh T, yaitu mengalami kenaikan dari awal new moon 6 Januari 2000 yang teratur dengan menghasilkan selisih rata-rata tetap sebesar 29,10535. Dengan demikian, M bisa digunakan teori aritmatika karena pola yang dihasilkan merupakan jenis bilangan berderajat satu⁴⁰ yang mempunyai selisih rata-rata 29,10536.⁴¹

⁴⁰ Afidah Khaerunnisa, *Matematika*,... hlm. 203-206.

⁴¹ Kontribusi selisih tercantum dalam lampiran.

Sehingga teori aritmatika yang diterapkan adalah sebagai berikut :

$$\text{Rumus umum } U_n = a + (n-1)b^{42}$$

Dan kalau diterapkan dalam pencarian nilai M di atas, maka rumusnya menjadi : $M_n = a + (n-0)b$.⁴³

Sehingga untuk mencari nilai M ke-10 adalah :

$$\begin{aligned} M_{10} &= 2,55340 + (10) 29,10536 \\ &= 2,55340 + 291,0536 \\ &= 293,60697 \end{aligned}$$

b. M'

M' adalah rata-rata anomali Bulan (*moon's mean anomaly*).⁴⁴ Dengan mengikuti rumus di bawah ini, maka didapat data dan pola sebagai berikut :

Rumus :⁴⁵

$$\begin{aligned} M' &= 201.5643 + 385.816\ 935\ 28\ k + 0.010 \\ &\quad 7438\ T^2 + 0.000\ 012\ 39\ T^3 - 0.000\ 000 \\ &\quad 058\ T^4 \end{aligned}$$

⁴² Afidah Khairunnisa, *Matematika*, ... hlm. 184-185.

⁴³ Untuk rumus T ini berbeda dengan kaidah umum yang memakai $U_n = a + (n-1)b$. Hal ini dikarenakan angka n pertama adalah 0, yaitu pada $k=0$.

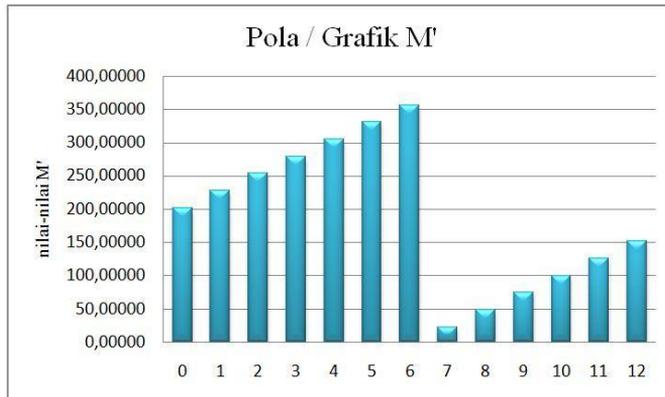
⁴⁴ Jafar Shodiq, *Studi*, ... hlm. 43.

⁴⁵ Jean Meeus, *Astronomical*, ... hlm. 320.

Tabel Nilai Rata-rata Anomali Bulan (M')

Nilai k	Hasil M'	Nilai k	Hasil M'
0	201,56430	6	356,46591
1	227,38124	7	22,28285
2	253,19817	8	48,09978
3	279,01511	9	73,91672
4	304,83204	10	99,73365
5	330,64898	11	125,55059
		12	151,36752

Tabel 11 : Data nilai M' (Anomali rata-rata Bulan).

Pola / Grafik Nilai Rata-rata Anomali Bulan (M')Gambar 19 : Pola / Grafik Nilai M' dalam 13 *New Moon*.

Pola M' di atas memberikan hasil yang berbeda dengan pola yang dihasilkan oleh M dan hampir sama dengan karakter pola F . Namun demikian, dilihat dari kontribusi selisih yang dihasilkan adalah sama, yaitu, 25,81694.⁴⁶ Dan selisih ini dihasilkan oleh M' dalam satu tingkatan yang mengartikan juga bahwa nilai M' merupakan bilangan berderajat satu.

Dari nilai M' tersebut juga terdapat catatan bahwa apabila hasil selisih menunjukkan negatif, maka ditambah dengan 360 sebagai bentuk penyempurnaan sudut dalam satu lingkaran.⁴⁷ Dengan demikian, nilai M' juga merupakan pola bilangan berderajat satu dan bisa diberlakukan teori aritmatika. Adapun teori aritmatikanya adalah sebagai berikut :

$$\text{Rumus umum } U_n = a + (n-1)b^{48}$$

Dan kalau diterapkan dalam pencarian nilai M' di atas, maka rumusnya menjadi : $M'_n = a +$

⁴⁶ Kontribusi selisih tercantum dalam lampiran.

⁴⁷ Dikarenakan nilai derajatnya lebih besar dari 1 lingkaran, maka nilai tersebut dikurangi dengan 360 derajat. Hal ini karena nilai busur satu lingkaran sama dengan 360 derajat. Baca Slamet Hambali, *Ilmu, ...* hlm. 7-8.

⁴⁸ Afidah Khairunnisa, *Matematika, ...* hlm. 184-185.

$(n-0)b$.⁴⁹ Sehingga untuk mencari nilai M' ke-10 adalah :

$$\begin{aligned} M'_{10} &= 201,56430 + (10) 25,81694 \\ &= 201,56430 + 258,1694 \\ &= 459,73365 / 99,73365^{50} \end{aligned}$$

c. Ω

Disebut juga dengan bujur titik daki⁵¹ (*ascending node*) peredaran Bulan. Dengan mengikuti rumus di bawah ini, maka didapat data dan pola sebagai berikut :

Rumus :⁵²

$$\Omega = 124.7746 - 1.563\ 755\ 80\ k + 0.002\ 0691\ T^2 + 0.000\ 002\ 15\ T^3$$

Tabel Nilai Omega (Ω)

Nilai k	Hasil Omega	Nilai k	Hasil Omega
0	124,77460	6	115,39207
1	123,21084	7	113,82831
2	121,64709	8	112,26455
3	120,08333	9	110,70080

⁴⁹ Untuk rumus T ini berbeda dengan kaidah umum yang memakai $U_n = a+(n-1)b$. Hal ini dikarenakan angka n pertama adalah 0, yaitu pada $k=0$.

⁵⁰ Hasil ini dikarenakan hasil awal bernilai lebih dari 360, sehingga hasil tersebut dikurangi 360 dan hasilnya adalah 99,73365.

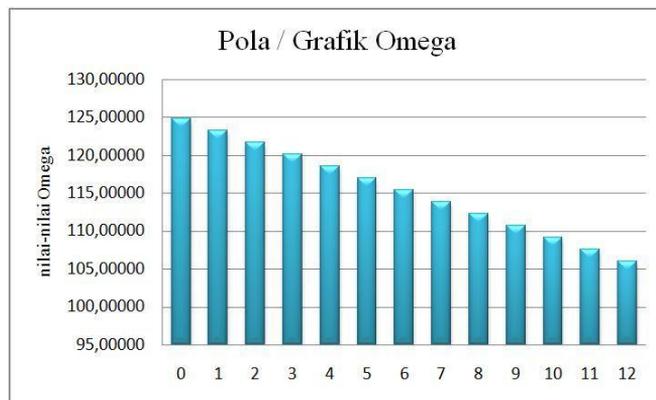
⁵¹ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms, terj, ...* hlm. 118 dan 160.

⁵² Jean Meeus, *Astronomical, ...* hlm. 320.

4	118,51958	10	109,13704
5	116,95582	11	107,57329
		12	106,00953

Tabel 12 : Data Ω Selama 13 *New Moon*.

Pola Nilai Omega (Ω)



Gambar 20 : Pola / Grafik Nilai Omega (Ω)
dalam 13 *New Moon*.

Nilai Omega (Ω) tersebut secara pola yang diberikan dalam kurun waktu 13 *new moon* menggambarkan pola turun dari titik awal *new moon* pada nilai k 0 (*new moon* 6 Januari 2000).

Dari pola turun tersebut angka selisih mutlak yang dihasilkan adalah sama, yaitu 1,56376. Selisih ini dihasilkan oleh Omega satu dengan setelahnya

maupun sebelumnya. Dengan demikian, nilai Omega juga merupakan pola bilangan berderajat satu dan bisa diberlakukan teori aritmatika. Adapun teori aritmatikanya adalah sebagai berikut :

$$\text{Rumus umum } U_n = a+(n-1)b.^{53}$$

Dan kalau diterapkan dalam pencarian nilai Ω di atas, maka rumusnya menjadi :

$\Omega_n = a - (n-0)b.^{54}$ Sehingga untuk mencari nilai Ω ke-10 adalah :

$$\begin{aligned}\Omega_{10} &= 124,77460 - (10) 1,56376 \\ &= 124,77460 - 15,637558 \\ &= 109,13704\end{aligned}$$

d. E

E adalah eksentrisitas orbit Bumi mengitari Matahari⁵⁵ yang dikoreksi dengan T. Dengan mengikuti rumus di bawah ini, maka didapat data dan pola sebagai berikut :

Rumus :⁵⁶

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

⁵³ Afidah Khairunnisa, *Matematika*, ... hlm. 184-185.

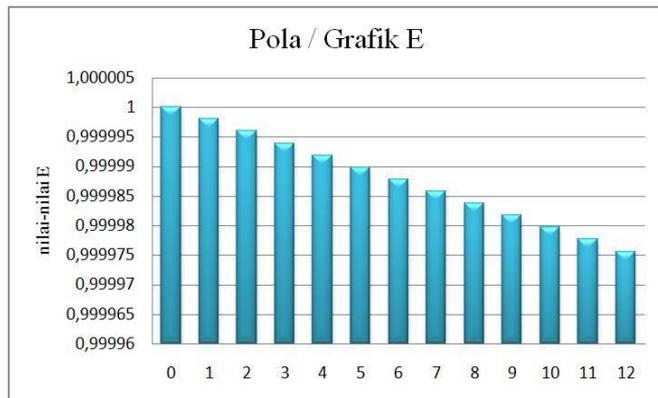
⁵⁴ Untuk rumus Ω ini berbeda dengan kaidah umum yang memakai $U_n = a+(n-1)b$. Hal ini dikarenakan angka n pertama adalah 0, yaitu pada k=0. Dan polanya adalah turun, sehingga suku ke-2 harus lebih kecil dari suku ke-1.

⁵⁵ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms, terj*, ... hlm. 250.

⁵⁶ Jean meeus, *Astronomical*, ... hlm. 250.

Tabel Nilai Eksentrisitas (E)

Nilai k	Hasil E	Nilai k	Hasil E
0	1	6	0,999987795
1	0,999997966	7	0,99998576
2	0,999995932	8	0,999983726
3	0,999993897	9	0,999981692
4	0,999991863	10	0,999979658
5	0,999989829	11	0,999977623
		12	0,999975589

Tabel 13 : Data nilai E selama 13 *New Moon*.**Pola Nilai E Eksentrisitas (E)**Gambar 21 : Pola / Grafik Nilai E dalam 13 *New Moon*.

Nilai E tersebut secara pola yang diberikan dalam kurun waktu 13 *new moon* menggambarkan pola turun yang teratur dari titik awal *new moon* pada nilai k 0 (*new moon* 6 Januari 2000). Dan pola yang terbentuk adalah sama dengan karakter pola yang digambarkan oleh Omega (Ω).

Pada nilai E juga memberikan angka selisih mutlak yang sama, yaitu 0,000002034. Dan selisih ini dihasilkan oleh E satu dengan setelahnya maupun sebelumnya.

Dengan demikian, nilai E juga merupakan pola bilangan berderajat satu dan bisa diberlakukan teori aritmatika. Adapun teori aritmatikanya adalah sebagai berikut :

$$\text{Rumus umum } U_n = a+(n-1)b^{57}$$

Dan kalau diterapkan dalam pencarian nilai E di atas, maka rumusnya menjadi : $E_n = a - (n-0)b$.⁵⁸ Sehingga untuk mencari nilai E ke-10 adalah :

$$\begin{aligned} E_{10} &= 1 - (10) 0,000002034 \\ &= 1 - 0,00002034 \\ &= 0,999979658 \end{aligned}$$

⁵⁷ Afidah Khairunnisa, *Matematika*, ...hlm. 184-185.

⁵⁸ Untuk rumus E ini berbeda dengan kaidah umum yang memakai $U_n = a+(n-1)b$. Hal ini dikarenakan angka n pertama adalah 0, yaitu pada k=0. Dan polanya adalah turun, sehingga suku ke-2 harus lebih kecil dari suku ke-1.

e. F1

Dengan mengikuti rumus di bawah ini, maka didapat data dan pola sebagai berikut :

Rumus :⁵⁹

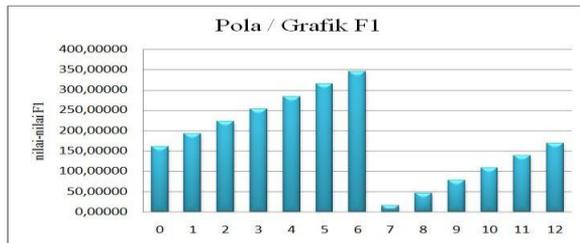
$$F1 = F - 0^0.02665 \text{ Sin } \Omega$$

Tabel Nilai F1

Nilai k	Hasil F1	Nilai k	Hasil F1
0	160,68891	6	344,70974
1	191,35901	7	15,37994
2	222,02912	8	46,05016
3	252,69925	9	76,72040
4	283,36939	10	107,39065
5	314,03956	11	138,06092
		12	168,73122

Tabel 14 : Data nilai F1 selama 13 *New Moon*.

Pola Nilai F1



⁵⁹ Jean meeus, *Astronomical*,... hlm. 250.

Gambar 22 : Pola / Grafik Nilai F1 dalam 13 *New Moon*.

Pola yang diberikan oleh nilai F1 hampir sama dengan pola yang digambarkan oleh F itu sendiri, yaitu pola naik turun di kisaran angka 360 derajat. Hanya saja untuk hasil selisih F1 tersebut secara langsung satu tingkatan tidak memberikan angka yang sama, melainkan berbeda.

Artinya F1 bukan bilangan berderajat satu melainkan berderajat dua. Hal tersebut dikarenakan selisih satu tingkatan berbeda, seperti selisih suku ke-2 dan ke-1 adalah 30,67010, namun tidak dengan selisih antara suku ke-7 dan ke-6 yang memberikan angka selisih 30,67018.

Namun demikian, selisih sama didapatkan F1 pada dua tingkatan, yaitu sebesar 0,00002, sehingga bilangan F1 tersebut merupakan jenis bilangan berderajat dua⁶⁰ dan bisa diberlakukan teori aritmatika.

$$\text{Bentuk umum: } Un = an^2 + bn + c$$

⁶⁰ Bilangan yang apabila hasil selisih tetap diperoleh dalam dua tingkatan. Afidah Khairunnisa, *Matematika*, ... hlm. 192.

Rumus umum untuk barisan 160,68891 - 191,35901 - 222,02912 - 252,69925 - 283,36939 - 314,03956 - , ... dapat ditentukan dengan cara :

- 1) $2a = 0,00002 \rightarrow a = 0,00001$
- 2) $3a + b = 30,67010 \rightarrow b = 30,67010 - 0,00003 = 30,67007$
- 3) $a+b+c = 160,68891 \rightarrow c = 160,68891 - 30,67008 = 130,01883$

Sehingga secara aritmatik untuk mencari nilai F_1 pada urutan ke sekian dengan mengikuti rumus :
 $U_n = an^2 + bn + c$ ⁶¹

f. P

Dengan mengikuti rumus di bawah ini, maka didapat data dan pola sebagai berikut :

Rumus :⁶²

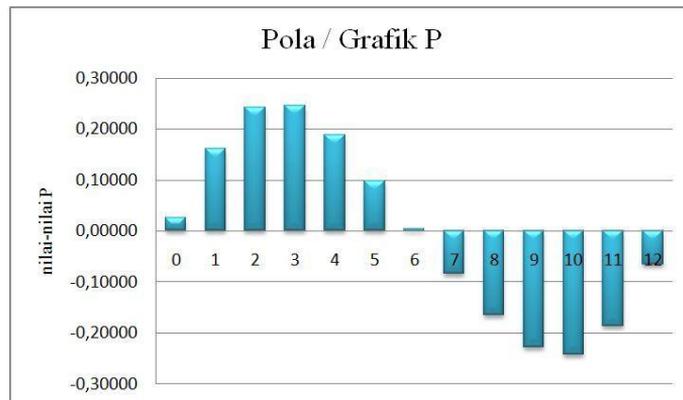
$$P = +0.2070 \times E \times \sin M + 0.0024 \times E \sin 2M - 0.0392 \sin M' + 0.0116 \sin 2M' + 0.0073 \times E \sin (M' + M) + 0.0067 \times E \sin (M' - M) + 0.0118 \sin 2F_1$$

⁶¹ Dari rumus aritmatik tersebut, nilai yang dihasilkan untuk mencari F_1 ke-10 adalah 76,72053. Dan hasil ini sedikit berbeda dengan F_1 dengan mengikuti rumus asal yang bernilai 76,72040 atau berbeda 0,00013.

⁶² Jean Meeus, *Astronomical*, ... hlm. 351.

Tabel Nilai P

Nilai k	Hasil P	Nilai k	Hasil P
0	0,02521	6	0,00419
1	0,16110	7	-0,08453
2	0,24217	8	-0,16604
3	0,24664	9	-0,22788
4	0,18781	10	-0,24307
5	0,09810	11	-0,18764
		12	-0,06523

Tabel 15 : Data Nilai P Selama 13 *New Moon*.**Pola Nilai P**Gambar 23 : Pola / Grafik Nilai P dalam 13 *New Moon*.

Pola yang diberikan oleh nilai P berbeda dengan pola komponen-komponen sebelumnya, yaitu pola ini berbentuk gelombang yang secara sederhana 7 *new moon*, nilai P positif dan 6 *new moon* nilai P negatif dan hampir sama dengan karakter pola gamma itu sendiri.

Jika ditinjau dari pola bilangannya, maka bilangan P tersebut tidak memenuhi bilangan berderajat satu, dua, ataupun tiga. Terlebih juga bukan merupakan bilangan geometri, sehingga secara mudah, bilangan tidak bisa dibuat rumus aritmatika.⁶³

Dan menurut penulis, pola P tersebut tidak teratur dalam kontribusi selisihnya karena rumus yang digunakan memuat perhitungan trigonometri, yaitu Sin.

g. Q

Dengan mengikuti rumus di bawah ini, maka didapat data dan pola sebagai berikut :

Rumus :⁶⁴

$$Q = +5.2207 - 0.0048 \times E \times \cos M + 0.0020 \cos 2M + 0.3299 \cos M' - 0.0060$$

⁶³ Kontribusi selisih tercantum dalam lampiran.

⁶⁴ Jean Meeus, *Astronomical*, ... hlm. 351.

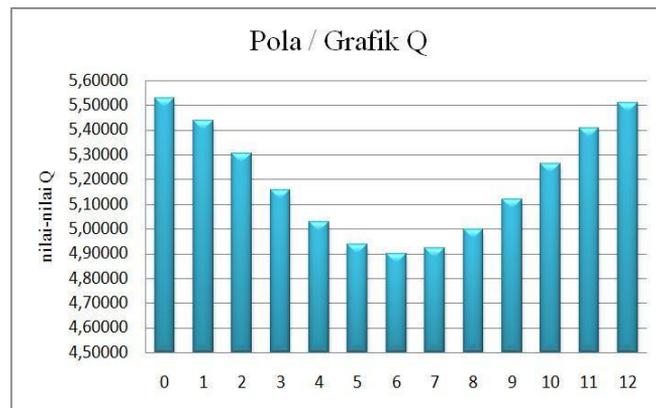
$$x E \cos (M' + M) + 0.0041 x E \cos (M' - M)$$

Tabel Nilai Q

Nilai k	Hasil Q	Nilai k	Hasil Q
0	5,526306	6	4,900075
1	5,438087	7	4,920834
2	5,304503	8	4,996930
3	5,157020	9	5,118194
4	5,026807	10	5,264202
5	4,936892	11	5,405125
		12	5,508387

Tabel 16 : Data Nilai Q selama 13 *New Moon*.

Pola Nilai Q



Gambar 24 : Pola / Grafik Nilai Q dalam 13 *New Moon*.

Pola yang diberikan oleh nilai Q berbeda dengan pola elemen-elemen sebelumnya, yaitu pola ini seperti cermin cekung yang berpusat di nilai k 6. Dengan keadaan awal *new moon* pada nilai k = 0 adalah ujung cermin.

Namun demikian, nilai Q tersebut juga bukan merupakan bilangan aritmatika yang mempunyai nilai selisih tetap. Dan juga bukan merupakan bilangan geometri karena rasio yang dihasilkan tidak sama.

h. w

Dengan mengikuti rumus di bawah ini, maka didapat data dan pola sebagai berikut :

Rumus :⁶⁵

$$w = | \cos F_1 |$$

Tabel Nilai w

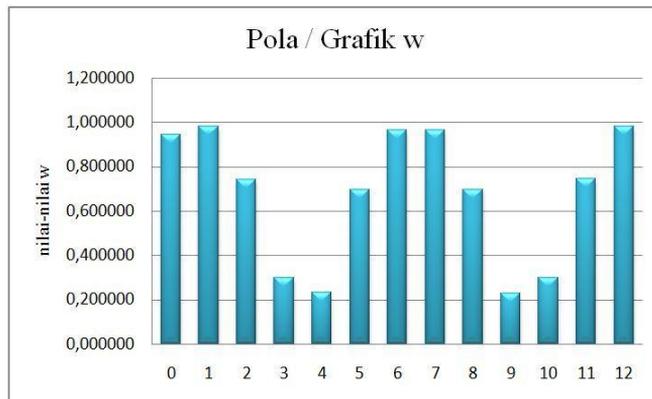
Nilai k	Hasil w	Nilai k	Hasil w
0	0,943737	6	0,964602

⁶⁵ Jean Meeus, *Astronomical*, ... hlm. 351.

1	0,980412	7	0,964188
2	0,742805	8	0,694028
3	0,297387	9	0,229703
4	0,231228	10	0,298885
5	0,695155	11	0,743856
		12	0,980721

Tabel 17 : Data Nilai w

Pola Nilai w



Gambar 25 : Pola / Grafik Nilai w dalam 13 *New Moon*.

Pola yang diberikan oleh nilai w secara nyata berbentuk seperti gelombang dengan angka di kisaran 1,000000. Dan jika dilihat dari kontribusi selisih, maka nilai yang dihasilkan bukan merupakan

selisih yang tetap, sehingga untuk w tersebut bukan merupakan bilangan aritmatik maupun geometri karena rasio yang dihasilkan tidak sama.⁶⁶

Dengan demikian, bisa disimpulkan bahwa pola bergelombang dan tidak beraturan dalam selisih angka oleh γ (y) karena dipengaruhi komponen-komponen yang membentuknya. Dan dari seluruh komponen tersebut memberikan karakter pola yang tidak sama.

3. Analisis Pola Magnitudo (u)

Magnitudo merupakan jari-jari kerucut umbra Bulan di bidang dasar dalam satuan radius ekuator Bumi. (Bidang dasar adalah sebuah bidang yang melalui pusat Bumi dan tegak lurus terhadap sumbu bayangan Bulan).⁶⁷ Dan magnitudo juga menjadi salah satu kriteria dalam penentuan jenis gerhana Matahari.

Adapun kriteria yang dipakai magnitudo adalah sebagai berikut :

- Jika $u < 0$, maka gerhana total
- Jika $u > 0.0047$, maka gerhana annular
- Jika u antara 0 dan $+0.0047$, bisa gerhana annular atau annular-total.

⁶⁶ Kontribusi selisih tercantum dalam lampiran.

⁶⁷ Jean Meeus, *Astronomical*, ... hlm. 292.

Dalam kasus terakhir ini, ambiguitas dapat dihapuskan sebagai berikut :

$$\text{Hitung: } \omega = 0.00464 \sqrt{1 - \gamma^2} > 0$$

Kemudian, jika $u < \omega$, gerhana annular-total; jika tidak maka gerhana annular.⁶⁸

Dengan mengikuti rumus di bawah ini, maka didapat data dan pola sebagai berikut :

Rumus :

$$u = 0.0059 + 0.0046 E \cos M - 0.0182 \cos M' + 0.0004 \cos 2M' - 0.0005 \cos (M + M')$$

Tabel Nilai Magnitudo (u)

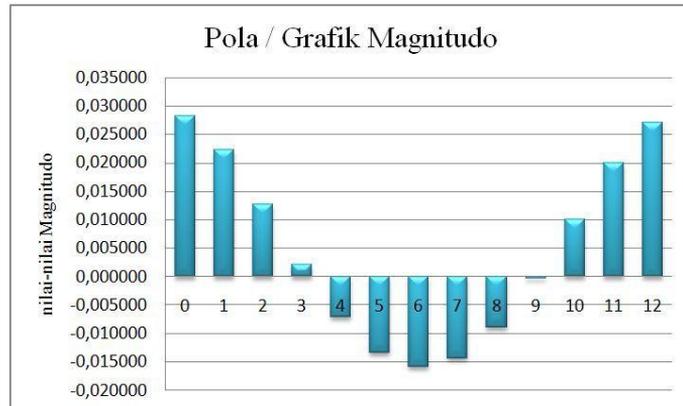
Nilai k	Hasil u	Nilai k	Hasil u
0	0,028170	6	-0,015966
1	0,022201	7	-0,014449
2	0,012727	8	-0,009027
3	0,002184	9	-0,000386
4	-0,007083	10	0,010024
5	-0,013420	11	0,019997
		12	0,027044

Tabel 18 : Data Nilai Magnitudo (u) selama 13 *New*

Moon.

⁶⁸ *Ibid.* hlm. 352.

Pola / Grafik Nilai Magnitudo (u)



Gambar 26 : Pola / Grafik Nilai u dalam 13 *New Moon*.

Dari tabel dan pola magnitudo di atas, dihasilkan pola yang membentuk seperti gelombang, yaitu naik-turun di setiap tingkatan. Dan karakter pola magnitudo tersebut hampir sama dengan pola yang dihasilkan oleh gamma di atas.

Namun demikian, pola bilangan yang terbentuk tidak memenuhi kriteria bilangan aritmatika maupun bilangan geometri yang mempunyai selisih tetap atau rasio tetap.⁶⁹

⁶⁹ Kontribusi selisih tercantum dalam lampiran.

Jika dikaji menurut kriteria, maka dari 13 magnitudo di atas yang memenuhi adalah sebagai berikut :

- Memenuhi kriteria $u < 0$ adalah di 6 new moon, yaitu k4, k5, k6, k7, k8, dan k9.
- Memenuhi kriteria $u > 0.0047$ adalah di 6 new moon, yaitu k0, k1, k2, k10, k11, dan k12.
- Dan memenuhi kriteria u antara 0 dan $+0.0047$ adalah di 1 new moon, yaitu k3.

Dengan kata lain, bahwa dari 13 *new moon* di atas memenuhi kriteria yang ditetapkan untuk magnitudo tersebut. Namun demikian, berdasarkan hasil akhir penentuan adanya gerhana Matahari yang masuk hanya 4 yaitu : k1 0,022201, k6 -0,015966, k7 -0,014449, dan k12 0,027044. Dan pada tahun tersebut secara kriteria terjadi 4 gerhana Matahari dengan jenis parsial.⁷⁰ Dari kasus tersebut bisa diartikan bahwa magnitudo memberi ketentuan setelah melewati ketentuan gamma terlebih dahulu.

Nilai magnitudo juga dipengaruhi oleh beberapa komponen, di antaranya k, T, M, M', dan E (Eksentrisitas). Dan ketiga karakter polanya

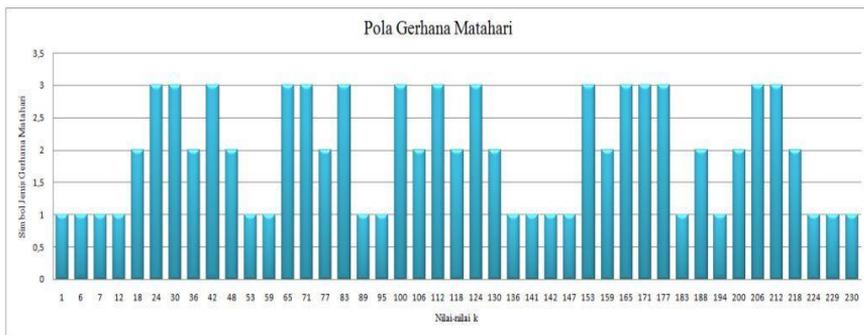
⁷⁰ <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEdecade/SEdecade1991.html> diakses pada 28 April 2017 jam 9.28 WIB.

sebagaimana dijelaskan dalam analisis nilai gamma (γ), sehingga dengan kesimpulan sama bahwa pola yang ditunjukkan oleh magnitudo tidak beraturan dalam selisih angka karena dari rumus magnitudo tersebut sudah menggunakan fungsi trigonometri, yaitu \cos .

4. Analisis Pola Gerhana Matahari

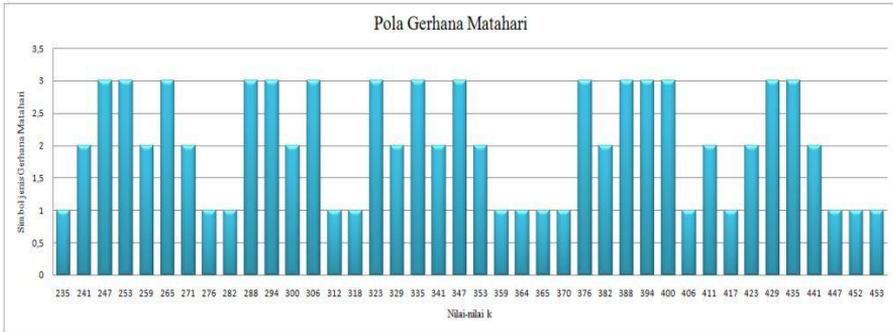
Dengan melihat pola-pola yang diberikan oleh kriteria nilai argumen lintang bulan (F), gamma (γ), dan magnitudo (u). Maka didapat pola gerhana Matahari sebagai berikut :

Bentuk Pola Gerhana Matahari dari tahun 2000-2018 (1 Periode Saros)



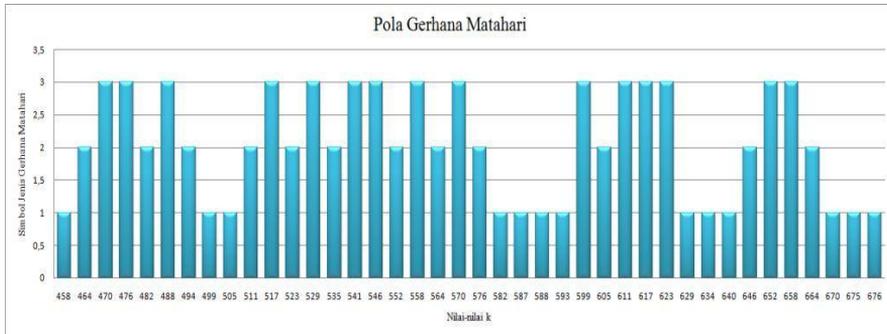
Gambar 27 : Pola Gerhana Matahari dari tahun 2000-2018.

Bentuk Pola Gerhana Matahari dari tahun 2019-2036 (1 Periode Saros)



Gambar 28 : Pola Gerhana Matahari dari tahun 2019-2036.

Bentuk Pola Gerhana Matahari dari tahun 2036-2054 (1 Periode Saros)



Gambar 29 : Pola Gerhana Matahari dari tahun 2036-2054.⁷¹

⁷¹ Setiap 3 siklus Saros (kurang lebih 54 tahun) akan terjadi gerhana Matahari di lokasi geografis yang kurang lebih sama. Hal ini karena setelah tiga saros pergeserannya sudah di 360 derajat dan kembali ke lokasi geografis semula. <http://www.infoastronomy.org/2016/05/nasa-rilis-jadwal-gerhana-matahari-dan-bulan-untuk-1000-tahun.html> diakses pada 22 Februari 2017 Jam 03.07 WIB.

Pola di atas, menggambarkan hasil prediksi gerhana Matahari. Dengan jenis gerhana Matahari parsial digambarkan oleh angka 1, gerhana matahari total oleh angka 2, dan gerhana Matahari cincin oleh angka 3. Dan pada jalur garis x menggambarkan *new moon* (k) yang mengalami terjadinya gerhana Matahari.

Gambar 27 menjelaskan pola gerhana Matahari dari tahun 2000-2018. Di dalamnya terdapat 45 gerhana Matahari, dengan jumlah gerhana Matahari parsial sebanyak 19 buah, gerhana Matahari total sebanyak 11 kali, dan gerhana Matahari cincin sebanyak 15.⁷²

Gambar 28 memberikan hasil gerhana Matahari dari tahun 2019-2036. Dan jumlah gerhana Matahari yang dihasilkan sebanyak 40 gerhana Matahari. Dengan 14 gerhana parsial, 11 gerhana total, dan 15 gerhana cincin. Adapun gambar 29 memberikan hasil gerhana Matahari dari tahun 2037-2054 yang di dalamnya terdapat 40 gerhana Matahari. Dengan gerhana Matahari parsial sebanyak 13, gerhana Matahari total sebanyak 12, dan gerhana Matahari cincin sebanyak 15.

Pola di atas menarik untuk diperhatikan karena secara sederhana ketiga gambar tersebut sama-sama

⁷² Pola ini dihasilkan dari data algoritma Jean Meeus melalui program yang dibuat oleh Rinto Anugraha.

memberikan jumlah 15 gerhana Matahari cincin. Gambar 27 dan 28 memberikan jumlah gerhana Matahari total sama sebanyak 11 gerhana. Dan jumlah gerhana pada gambar 28 dan 29 sama yaitu sebanyak 40 gerhana Matahari.

Hanya saja menurut penulis seandainya periode saros yang menyatakan bahwa gerhana yang muncul setiap satu siklus saros punya karakteristik yang sama, seperti jalur lintasannya, tetapi bukan daerah Bumi yang dilintasinya. Dan waktu saros tersebut adalah kira-kira 18 tahun 11 bulan 8 jam / 1/3 hari.⁷³

Maka seharusnya pola yang terbentuk adalah sama antara gambar 27, 28, dan 29 terutama antara gambar 28 dan 29. Namun demikian, dari hasil yang ada memang belum semuanya sama. Oleh karena itu, penulis menjelaskan poin-poin perbedaan tersebut sebagai berikut :

⁷³ Periode Sinodis adalah interval waktu dari frase bulan kembali ke bulan. Panjang bulan sinodis adalah 29,53059 hari = 29 hari 12 jam 44 menit. Periode anomalistic adalah interval waktu yang dibutuhkan bulan untuk bergerak dari perigee ke perigee lagi. Sedangkan panjang bulan anomalistic adalah 27,55455 hari = 27 hari 13 jam 19 menit. Dan periode drakonis adalah interval waktu yang dibutuhkan Bulan untuk bergerak dari satu node kembali ke node tersebut. Panjang Bulan drakonis adalah 27,21222 hari = 27 hari 05 jam 06 menit. Ahmad Izzuddin, *Ilmu*,... hlm. 111.

Perbandingan pola gerhana Matahari gambar 28 dan gambar 29									
Nilai k		Jenis		Nilai F		Gamma		Magnitudo	
288	511	C	T	353,816	353,337	-0,395	-0,449	0,001	-0,001
312	535	P	T	9,908	9,429	1,042	1,003	-0,010	-0,011
318	541	P	C	193,931	193,452	-1,064	-1,010	0,016	0,017
411	634	T	P	166,287	165,809	0,977	1,016	-0,011	-0,012

Tabel 19 : Data perbedaan pola gerhana Matahari antara gambar 28 dan 29.

Dilihat dari kriteria nilai argumen lintang bulan, maka semuanya tidak ada masalah. Hal ini karena ke empat F memiliki hasil yang sama yaitu memenuhi batas-batas gerhana, yaitu dibawah $13^{\circ}.9$, terkecuali pada *new moon* ke 634 yang nilai argumen lintang bulannya sudah berada di angka 14,191 (lebih dari $13^{\circ}.9$).

Nilai k		Argument Lintang Bulan	
288	511	6,184	6,663
312	535	9,908	9,429
318	541	13,931	13,452
411	634	13,713	14,191

Tabel 20 : Data Perbandingan Nilai Argumen Lintang Bulan (F).

Adapun dari kriteria gamma yang menentukan jenis, maka gamma pada *new moon* ke 288 bernilai -0,395 dan memenuhi kriteria di antara 0,9972 dan -0,9972, sehingga gerhana tersebut adalah sentral. Karena jenis sentral maka masuk pada kriteria magnitudo. Pada *new moon* tersebut nilai magnitudonya adalah 0,001, sehingga masuk dalam kriteria antara 0 dan +0.0047, bisa gerhana annular atau annular-total. Namun untuk *new moon* 511 gamma bernilai -0,449, sehingga sama dengan yang awal. Adapun nilai magnitudonya adalah -0,001, sehingga masuk kriteria total, dan seterusnya untuk perbedaan yang lain.

Nilai New Moon (k)		Gamma (y)	
288	511	-0,395	-0,449
312	535	1,042	1,003
318	541	-1,064	-1,010
411	634	0,977	1,016

Tabel 21 : Data perbandingan nilai Gamma.

B. Analisis Hasil Akurasi Kriteria Nilai Argumen Lintang Bulan (F), Gamma (y), dan Magnitudo (u) dalam memberikan prediksi terjadinya gerhana Matahari.

1. Analisis Kriteria Nilai Argumen Lintang Bulan (F) terhadap Jumlah Minimal-Maksimal Gerhana Matahari

Sebagaimana fakta gerhana Matahari, bahwa dalam satu tahun kalender (1 Januari hingga 31 Desember), gerhana bisa terjadi 2 sampai 5 kali. Misalnya untuk gerhana yang terjadi dua kali terjadi pada tahun 1996 dan 2004. Dan yang 5 kali terjadi pada tahun 1805, 1935, dan 2206.⁷⁴

Sehingga bisa dikatakan bahwa fenomena gerhana Matahari setiap tahunnya terjadi di kisaran angka 2, 3, 4, dan 5 kali yang bisa dilihat dari permukaan Bumi. Seperti yang dicontohkan gerhana Matahari terjadi 3 kali pada tahun 2018 dan terjadi 4 kali pada tahun 2000.⁷⁵

Namun demikian, jumlah gerhana di atas merupakan tinjauan dari kalender Masehi yang konsep perhitungannya didasarkan atas peredaran semu Matahari pada ekliptika sepanjang tahun. Kalender yang mempunyai 12 bulan dengan umur hari tiap tahunnya berkisar antara 365 hari dan 366 hari.⁷⁶

⁷⁴ Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, Yogyakarta : FMIPA UGM, 2012, hlm. 128.

⁷⁵ *Ibid*, hlm. 130-131.

⁷⁶ Baca buku Ahmad Izzuddin, *Sistem*, ... hlm. 76-77.

Adapun fenomena gerhana Matahari termasuk fenomena alam yang terjadi pada salah satu fase bulan⁷⁷ yaitu fase *new moon*. Dan ini merupakan salah satu kajian dalam kalender Hijriyah karena prinsip dasarnya bersumber dari pergerakan Bulan mengelilingi Bumi.⁷⁸

Karena umur dari kalender Masehi berjumlah 365 hari dan 366 hari, sedangkan pada kalender Hijriyah berumur 354 hari atau 355 hari⁷⁹, maka keduanya mempunyai selisih kurang lebih 11 hari⁸⁰ dalam setahun, sehingga bisa memungkinkan dalam satu tahun kalender Masehi bisa terjadi *new moon* sebanyak 13 kali.

⁷⁷ Dalam perjalanannya mengelilingi Bumi, Bulan mempunyai 4 fase utama, yaitu bulan baru (*new moon*), kuartal pertama (*first quarter*), bulan purnama (*full moon*), dan kuartal ketiga atau terakhir (*third quarter* atau *last quarter*). *Ibid.* hlm. 9.

⁷⁸ Kalender / penanggalan Hijriyah merupakan penanggalan yang didasarkan atas peredaran bulan mengelilingi bumi. Penanggalan ini didasarkan pada perhitungan. Satu kali edar lamanya 29 hari 12 jam 44 menit 2,5 detik. Kalender ini memiliki jumlah 12 bulan dengan umur bulan ada yang 30 hari dan adapula yang 29 hari, yaitu untuk bulan-bulan ganjil berumur 30, sedangkan bulan-bulan genap berumur 29 hari, kecuali pada bulan ke-12 (*Dzulhijjah*) bisa berumur 30 hari ketika tahun tersebut adalah kabisat.

Kalender Hijriyah memiliki 30 siklus yang 11 tahun merupakan tahun kabisat (355 hari) dan 19 tahun basitah (354 hari). Adapun tahun-tahun kabisatnya adalah urutan ke 2,5,7,10,13,15,18,21,24,26, dan 29. *Ibid.* hlm. 66-67.

⁷⁹ Dalam kalender Masehi, jumlah 365 hari dipakai ketika tahun tersebut adalah basitah dan 366 hari ketika tahun kabisat. Begitu juga 354 hari dalam kalender Hijriyah untuk tahun basitah dan 355 hari untuk tahun kabisat.

⁸⁰ Watni Marpaung, *Pengantar Ilmu Falak*, Jakarta : Prenadamedia Group, cet I, 2015, hlm. 81.

Dari sini penulis menemukan keterangan baru terkait jumlah minimal-maksimal terjadinya gerhana Matahari jika berdasarkan umur hari dalam kalender Hijriyah yang mana Rinto Anugraha melalui buku Mekanika Benda Langit menulis bahwa jumlah minimal-maksimal gerhana Matahari dalam satu tahun adalah 2 dan 5 kali.⁸¹ Namun tidak dengan apa yang diperoleh dari kalender Hijriyah.

Penulis mengkaji melalui salah satu kriteria awal terjadinya gerhana Matahari, yaitu batas-batas yang diberikan oleh nilai argumen lintang bulan (F). Dari kriteria F, maka pola F yang diterapkan berdasarkan jumlah *new moon* dalam tahun Hijriyah. Adapun hasil tabel dan pola dengan melewati kriteria adanya gerhana Matahari sebagai berikut :

Tabel Nilai Argumen Lintang Bulan (F)

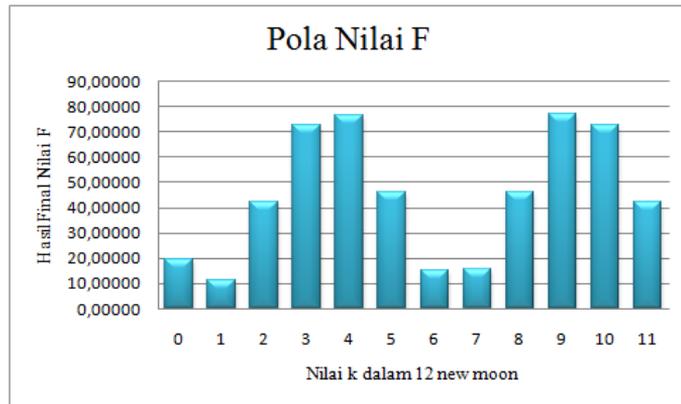
Nilai k	Selisih F			Minimal
	Hasil F	Abs(F-180)	360-F	
0	160,71080	19,28920	199,28920	19,28920
1	191,38130	11,38130	168,61870	11,38130
2	222,05181	42,05181	137,94819	42,05181

⁸¹ Rinto Anugraha, *Mekanika, ...* hlm. 128.

3	252,72231	72,72231	107,27769	72,72231
4	283,39281	103,39281	76,60719	76,60719
5	314,06331	134,06331	45,93669	45,93669
6	344,73382	164,73382	15,26618	15,26618
7	15,40432	164,59568	344,59568	15,40432
8	46,07482	133,92518	313,92518	46,07482
9	76,74532	103,25468	283,25468	76,74532
10	107,41583	72,58417	252,58417	72,58417
11	138,08633	41,91367	221,91367	41,91367

Tabel 22 : Data Akhir Argumen Lintang Bulan (F)

Pola Nilai Argumen Lintang Bulan (F)



Gambar 30 : Ilustrasi pola F selama satu tahun, setelah nilai F dirumuskan dalam kriteria batas gerhana.

Dari pola F tersebut, maka bisa dilihat pada *new moon* ke berapa akan terjadi gerhana Matahari. Dan itu dilihat dari batas-batas yang diberlakukan untuk kriteria argumen lintang bulan (F) tersebut. Dari 12 *new moon* di atas, terdapat 4 kemungkinan gerhana Matahari, yaitu pada *new moon* ke 1, 2, 6, dan 7. Kalau itu dibulankan, maka terjadi pada bulan Muharram, Shafar, Rajab, dan Sya'ban.⁸²

Dari sini fakta baru tentang gerhana juga bisa diketahui bahwa berdasarkan hitungan tahun Islam (Tahun Hijriyah) fenomena gerhana Matahari minimal terjadi 2 kali dan maksimal 4 kali. Hal ini dikarenakan pola F yang memberi keteraturan tiap lunasi, sehingga dengan mengetahui awal *new moon* pada suatu tahun, maka bisa mengetahui jumlah gerhana Matahari yang kemungkinan terjadi. Baik berjumlah 2, 3, atau 4 kali. Dan awal *new moon* suatu tahun juga adakalanya tidak terjadi dan adakalanya awal *new moon* tersebut ada gerhana Matahari.

Hasil F pada tabel di atas juga menyatakan bentuknya adalah decimal dan berada di kisaran 360, sehingga ketika nilai F lebih dari 360 tersebut ia akan kembali pada kisaran 360. Dengan ini juga, penulis mendeskripsikan interval nilai-

⁸² Berdasarkan urutan bulan dalam penanggalan Hijriyah.

nilai F yang menyatakan jumlah gerhana di antara 2, 3, dan 4 serta batas peralihan.

Sehingga jumlah gerhana Matahari tiap tahun bisa didefinisikan dengan interval sebagai berikut :

Interval Derajat Batas 2 Gerana Matahari

No	Interval Alb	Pola Selisih	Pola New Moon
1	21-32	11	6.12
2	48-62	14	5.11
3	79-93	14	4.10
4	109-124	15	3.9
5	140-154	14	2.8
6	171-181	10	1.7
7	201-212	11	6.12
8	228-242	14	5.11
9	259-273	14	4.10
10	289-304	15	3.9
11	320-334	14	2.8
12	351-1	10	1.7

Tabel 23 : Data Interval Nilai Argumen Lintang Bulan (F) yang memberi batas terjadinya 2 gerhana Matahari setiap tahun.

Interval Derajat Batas 3 Gerana Matahari

No	Interval Alb	Pola Selisih	Pola New Moon
1	2-5	3	1.7.12
2	17-20	3	1.6.12
3	33-36	3	6.11.12
4	44-47	3	5.6.11
5	63-66	3	5.10.11
6	75-78	3	4.5.10
7	94-97	3	4.9.10
8	105-108	3	3.4.9
9	125-128	3	3.8.9
10	136-139	3	2.3.8
11	155-159	4	2.7.8
12	167-170	3	1.2.7
13	182-185	3	1.7.12
14	197-200	3	1.6.12
15	213-216	3	6.11.12
16	224-227	3	5.6.11
17	243-246	3	5.10.11
18	255-258	3	4.5.10
19	274-277	3	4.9.10

20	285-288	3	3.4.9
21	305-308	3	3.8.9
22	316-319	3	2.3.8
23	335-339	4	2.7.8
24	347-350	3	1.2.7

Tabel 24 : Data Interval Nilai Argumen Lintang Bulan (F) yang memberi batas terjadinya 3 gerhana Matahari setiap tahun.

Interval Derajat Batas 4 Gerhana Matahari

No	Interval Alb	Pola Selisih	Pola New Moon
1	6-16	10	1.6.7.12
2	37-43	6	5.6.11.12
3	67-74	7	4.5.10.11
4	98-104	6	3.4.9.10
5	129-135	6	2.3.8.9
6	160-166	6	1.2.7.8
7	186-196	10	1.6.7.12
8	217-223	6	5.6.11.12
9	247-254	7	4.5.10.11
10	278-284	6	3.4.9.10
11	309-315	6	2.3.8.9
12	340-346	6	1.2.7.8

Tabel 25 : Data Interval Nilai Argumen Lintang Bulan (F) yang memberi batas terjadinya 4 gerhana Matahari setiap tahun.

Berdasarkan keterangan 3 tabel di atas, maka dapat disimpulkan bahwa kontribusi argumen lintang bulan mempunyai keunikan, yaitu memberikan batas interval terjadinya jumlah gerhana Matahari dengan pola selisih dan pola *new moon* yang simetris. Sebagaimana yang dicontohkan pada tabel “ a “ tentang interval 2 gerhana yang memberikan pola selisih 11, 14, 14, 15, 14, 10, 11, 14, 14, 15, 14, dan 10.

Dan akhirnya kita tahu bahwa jumlah gerhana Matahari dalam satu tahun kalender bisa terdeteksi melalui informasi awal dari kriteria terjadinya gerhana Matahari, yaitu ditinjau dari nilai argumen lintang bulan (F), sehingga dengan mengetahui nilai F pada awal *new moon*, maka akan terbaca berapa kali gerhana akan terjadi dalam tahun tersebut. Sebagaimana contoh tahun 2000. Pada tahun ini nilai F awal *new moon* adalah 160,71080 sehingga berdasarkan tabel di atas, maka pada tahun 2000 bisa terjadi gerhana Matahari 4 kali dengan pola *new moon* ke 1, 6, 7, dan 12. Dan secara perhitungan benar adanya gerhana Matahari 4 kali, yaitu pada nilai k 1, 6, 7, dan 12.⁸³

⁸³ Berdasarkan data di web NASA, peristiwa gerhana Matahari pada tahun 2000 terjadi sebanyak 4 kali dan semuanya adalah parsial, yaitu tanggal 5 Februari, 1 Juli, 31 Juli, dan 5 Desember. Baca lebih lengkap di <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEdecade/SEdecade1991.html> diakses pada 28 April 2017 jam 9.28 WIB.

Dari tabel di atas, kita peroleh batas interval terjadinya gerhana Matahari 2, 3, dan 4 kali. Dan karena dalam derajat tersebut terdapat satuan menit dan detik, maka tentunya ada batas peralihan yang memisahkan batas jumlah masing-masing. Dan di bawah ini adalah batas peralihan yang diperoleh :

Tabel dan Pola Peralihan 2 gerhana – 3 gerhana

No	Batas ALB	Derajat	Menit	Detik	Batas ALB
1	1	1	37	29	2
2	32	32	17	43	33
3	62	62	57	57	63
4	93	93	38	11	94
5	124	124	18	25	125
6	154	154	58	38	155
7	181	181	37	29	182
8	212	212	17	43	213
9	242	242	57	57	243
10	273	273	38	11	274
11	304	304	18	25	305
12	334	334	58	38	335

Tabel 26 : Batas nilai peralihan Argumen Lintang

Bulan (F) yang memberi batas terjadinya 2 ke 3 gerhana Matahari.

Tabel dan Pola Peralihan 3 gerhana – 4 gerhana

No	Batas ALB	Derajat	Menit	Detik	Batas ALB
1	5	5	38	52	6
2	36	36	19	6	37
3	66	66	59	20	67
4	97	97	39	34	98
5	128	128	19	47	129
6	159	159	0	1	160
7	185	185	38	52	186
8	216	216	19	6	217
9	246	246	59	20	247
10	277	277	39	34	278
11	308	308	19	47	309
12	339	339	0	1	340

Tabel 27 : Batas nilai peralihan Argumen Lintang Bulan (F) yang memberi batas terjadinya 3 ke 4 gerhana Matahari.

Tabel dan Pola Peralihan 4 gerhana – 3 gerhana

No	Batas ALB	Derajat	Menit	Detik	Batas ALB
1	16	16	58	35	17
2	43	43	37	26	44

3	74	74	17	40	75
4	104	104	57	53	105
5	135	135	38	7	136
6	166	166	18	21	167
7	196	196	58	35	197
8	223	223	37	26	224
9	254	254	17	40	255
10	284	284	57	53	285
11	315	315	38	7	316
12	346	346	18	21	347

Tabel 28 : Batas nilai peralihan Argumen Lintang Bulan (F) yang memberi batas terjadinya 4 ke 3 gerhana Matahari.

Tabel dan Pola Peralihan 3 gerhana – 2 gerhana

No	Batas ALB	Derajat	Menit	Detik	Batas ALB
1	20	20	59	58	21
2	47	47	38	49	48
3	78	78	19	2	79
4	108	108	59	16	109
5	139	139	39	30	140
6	170	170	19	44	171
7	200	200	59	58	201

8	227	227	38	49	228
9	258	258	19	2	259
10	288	288	59	16	289
11	319	319	39	30	320
12	350	350	19	44	351

Tabel 29 : Batas nilai peralihan Argumen Lintang Bulan (F) yang memberi batas terjadinya 3 ke 2 gerhana Matahari.

Dari tabel peralihan di atas, penjelasannya adalah bahwa data yang ada merupakan batas terjadinya gerhana matahari dari 2 kali ke 3 kali, 3 kali ke 4 kali, dari 4 kali ke 3 kali, dan dari 3 kali ke 2 kali. Artinya dari batas peralihan tersebut adalah gerhana Matahari pada nilai derajat F tertentu memberikan jumlah awal (misal 2 gerhana) dan karena ada satuan menit dan detik dalam derajat tersebut, maka pada derajat, menit, dan detik tertentu juga menyatakan berpindah dari jumlah awal.

Sebagai contoh ketika argumen lintang bulan bernilai 1 derajat maka gerhana matahari terjadi dua kali, ketika bernilai 2 maka terjadi gerhana matahari 3 kali. Dan nilai 1 derajat 37 menit 29 detik masih menyatakan jumlah gerhana 2 kali, tapi kalau sudah 1 derajat 37 menit 30 detik, maka

sudah menyatakan jumlah gerhana 3 kali. Dan seterusnya bisa dilihat dalam lampiran.

Dan hasil F tersebut juga bisa membuktikan data sejarah gerhana, misalnya gerhana Matahari pada masa Nabi terjadi pada bulan Dzulqo'dah 10 Hijriyah. Maka harus dikonversi untuk mendapatkan nilai F , karena di dapat dari nilai k dan T nya.

1 Muharram 10 Hijriyah bertepatan dengan Selasa Kliwon, 9 April 631 M. Dan pada 9 April 631 didapat nilai k bulat sebesar -16929 dengan hasil Argumen Lintang Bulan (F) sebesar 59,46378. Artinya dengan melihat batas interval gerhana tabel 23, diketahui bahwa pada tahun 10 Hijriyah gerhana Matahari terjadi sebanyak 2 dengan pola *new moon* ke 5 dan 11 (Jumadil Awal dan Dzulqo'dah). Begitu juga apabila meneliti fakta gerhana yang menyatakan jumlah 5 kali dalam seathun.

2. Analisis Akurasi Hasil Pola Gerhana Matahari dalam Satu Periode Saros.

Untuk mengetahui nilai akurasi pola gerhana Matahari ditinjau dari kriteria nilai argument lintang bulan, γ , dan magnitude penulis mengujinya dengan data-data NASA. Hal ini karena NASA menjadi rujukan dunia dalam penelitian-penelitian mengenai luar angkasa dan benda-benda langit. Dan NASA (National Aeronautics and Space

Administrator) merupakan lembaga antariksa milik Amerika Serikat.

Khusus bidang gerhana, okultasi, dan transit planet NASA menyediakan website tersendiri yaitu eclipse.nasa.gov. di website tersebut pengguna dapat mengeksplorasi gerhana lebih mendalam karena data-data yang disajikan cukup lengkap.⁸⁴

**Tabel Pola Gerhana Matahari dari tahun 2000-2018
(satu periode saros/ 18 tahun) berdasarkan hasil
penelitian**

Pola Gerhana Matahari dari tahun 2000-2018 (1 Periode Saros)							
No	Tahun	Jenis	k	F awal	F akhir	Y	u
1	2000	Parsial	1	191,38 13	11,38 13	1,22 32	0,02 22
		Parsial	6	344,73 38	15,26 62	1,28 22	0,01 60
		Parsial	7	15,404 3	15,40 43	1,21 79	0,01 44
		Parsial	12	168,75 68	11,24 32	1,13 50	0,02 70
2	2001	Total	18	352,77 98	7,220 2	0,56 98	0,00 93
		Cinci	24	176,80	3,197	0,40	0,01

⁸⁴ Jafar Shodiq, *Studi, ...* hlm. 84.

		n		29	1	89	33
3	2002	Cincin	30	0,8259	0,8259	0,2010	0,0054
		Total	36	184,8489	4,8489	-0,3022	-0,0021
4	2003	Cincin	42	8,8719	8,8719	0,9957	0,0183
		Total	48	192,8949	12,8949	-0,9647	-0,0088
5	2004	Parsial	53	346,2474	13,7526	1,1335	0,0166
		Parsial	59	170,2705	9,7295	1,0360	0,0021
6	2005	Cincin ⁸⁵	65	354,2935	5,7065	-0,3474	0,0024
		Cincin	71	178,3165	1,6835	0,3309	0,0166
7	2006	Total	77	2,3395	2,3395	0,3850	-0,0090
		Cincin	83	186,3625	6,3625	-0,4065	0,0234
8	2007	Parsial	89	10,3855	10,3855	1,0736	-0,0098
		Parsial	95	194,4086	14,4086	-1,1252	0,0164
9	200	Cincin	10	347,76	12,23	-	0,01

⁸⁵ Data NASA menampilkan Jenis Hybrid.

	8	n	0	11	89	0,95	13
		Total	10	171,78	8,215	0,83	-
			6	41	9	15	0,00
1	200	Cinci	11	355,80	4,192	-	0,02
0	9	n	2	71	9	0,28	59
		Total	11	179,83	0,169	0,06	-
			8	01	9	95	0,01
1	201	Cinci	12		3,853	0,40	0,02
1	0	n	4	3,8531	1	10	86
		Total	13	187,87	7,876	-	-
			0	61	1	89	0,01
1	201	Parsia	13	11,899	11,89	1,06	0,01
2	1	l	6	2	92	36	74
		Parsia	14	165,25	14,74	1,21	0,01
		l	1	17	83	17	00
		Parsia	14	195,92	15,92	-	0,00
		l	2	22	22	23	16
		Parsia	14	349,27	10,72	-	-
		l	7	47	53	34	0,00
1	201	Cinci	15	173,29	6,702	0,48	0,02
3	2	n	3	77	3	22	04
		Total	15	357,32	2,679	-	-
			9	07	3	20	0,00
1	201	Cinci	16	181,34	1,343	-	0,01
4	3	n	5	37	7	05	76
		Cinci	17	5,3667	5,366	0,32	0,00

		n ⁸⁶	1		7	73	02
1 5	201 4	Cinci n	17 7	189,38 98	9,389 8	1,00 04	0,00 44
		Parsia l	18 3	13,412 8	13,41 28	1,09 05	0,01 50
1 6	201 5	Total	18 8	166,76 53	13,23 47	0,94 42	- 0,01 01
		Parsia l	19 4	350,78 83	9,211 7	- 1,09 82	0,02 23
1 7	201 6	Total	20 0	174,81 13	5,188 7	0,26 01	- 0,00 73
		Cinci n	20 6	358,83 43	1,165 7	- 0,33 25	0,01 18
1 8	201 7	Cinci n	21 2	182,85 73	2,857 3	- 0,45 98	0,00 63
		Total	21 8	6,8803	6,880 3	0,43 64	- 0,00 41
1 9	201 8	Parsia l	22 4	190,90 34	10,90 34	- 1,21 14	0,02 23
		Parsia l	22 9	344,25 59	15,74 41	- 1,35 40	- 0,01 59
		Parsia l	23 0	14,926 4	14,92 64	1,14 88	- 0,01 44

⁸⁶ Data NASA menampilkan jenis Hybrid.

19 buah, gerhana Matahari total sebanyak 11 kali, dan gerhana Matahari cincin sebanyak 15.

**Tabel Verifikasi Pola Gerhana Matahari dari tahun
2000-2018
(satu periode saros/ 18 tahun) berdasarkan data
NASA⁸⁸**

Pola Gerhana Matahari dari tahun 2000-2018 (1 Periode Saros)					
No	Tahun	Jenis	k	Y	u
1	2000	Parsial	1	-1,2233	0,5792
		Parsial	6	-1,2821	0,4768
		Parsial	7	1,2167	0,6030
		Parsial	12	1,1366	0,7228
2	2001	Total	18	-0,5701	1,0495
		Annular	24	0,4089	0,9681
3	2002	Annular	30	0,1993	0,9962
		Total	36	-0,3020	1,0244
4	2003	Annular	42	0,9960	0,9384
		Total	48	-0,9638	1,0379
5	2004	Parsial	53	-1,1334	0,7357
		Parsial	59	1,0346	0,9273
6	2005	Hybrid	65	-0,3473	1,0074
		Annular	71	0,3306	0,9576
7	2006	Total	77	0,3843	1,0515
		Annular	83	-0,4062	0,9352
8	2007	Parsial	89	1,0729	0,8739

⁸⁸ <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEgoogle/SEgoogle2001.html> diakses pada 27 April 2017 jam 17.04 WIB.

		Parsial	95	-1,1256	0,7492
9	2008	Annular	100	-0,9570	0,9650
		Total	106	0,8307	1,0394
10	2009	Annular	112	-0,2820	0,9282
		Total	118	0,0698	1,0799
11	2010	Annular	124	0,4002	0,9190
		Total	130	-0,6788	1,0580
12	2011	Parsial	136	1,0628	0,8572
		Parsial	141	1,2129	0,6013
		Parsial	142	-1,4919	0,0966
		Parsial	147	-1,0535	0,9048
13	2012	Annular	153	0,4828	0,9439
		Total	159	-0,3719	1,0500
14	2013	Annular	165	-0,2694	0,9544
		Hybrid	171	0,3272	1,0159
15	2014	Annular	177	-1,0000	0,9868
		Parsial	183	1,0908	0,8114
16	2015	Total	188	0,9454	1,0445
		Parsial	194	-1,1004	0,7875
17	2016	Total	200	0,2609	1,0450
		Annular	206	-0,3330	0,9736
18	2017	Annular	212	-0,4578	0,9922
		Total	218	0,4367	1,0306
19	2018	Parsial	224	-1,2117	0,5986
		Parsial	229	-1,3541	0,3367
		Parsial	230	1,1478	0,7361

Tabel 31 : Data Gerhana Matahari dari tahun 2000-2018 versi NASA.⁸⁹

Dari 2 tabel pola gerhana Matahari di atas, maka bisa disimpulkan bahwa antara tabel hasil penelitian dan data yang ditampilkan oleh NASA adalah sama dalam jenis gerhana, namun terdapat perbedaan pada nilai gamma dan magnitudo dengan perbedaan terbesar adalah 0,0022 dan terkecil adalah 0,0001. Begitu juga untuk magnitudo perbedaan terkecil sebesar 0,0950 dan terbesar sebesar 1,0956. Adapun untuk keterangan argumen lintang bulan di data NASA penulis tidak menemukan. Dan untuk hasil perbandingan antara gamma dan magnitudo bisa dilihat pada lamipran.

Dari sini penulis berpendapat bahwa algoritma yang dijelaskan dalam buku Jean Meeus berjudul *Astronomical Algorithms* memang tepat untuk dijadikan rujukan dalam mengetahui adanya gerhana Matahari, terutama untuk media penelitian sejarah sebagaimana yang penulis uraikan di atas.

Hal ini karena jika algoritma tersebut digunakan untuk mencari waktu mendetail, maka akan terkendala di δ_T . Dari keterangan yang ada, rumus yang digunakan untuk

⁸⁹ Data-data gerhana Matahari Parsial diperoleh melalui web NASA, yaitu : <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEdecade/SEdecade1991.html> diakses pada 28 April 2017 jam 9.28 WIB.

delta_T tersebut hanya dari tahun 1900 sampai tahun setelah 2150⁹⁰, sehingga bila digunakan untuk mengetahui pada tahun sebelum 1900 tidak ada output hasil.

⁹⁰ Jafar Shodiq, *Studi, ...* hlm. 83.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Melalui pembahasan dan analisis penulis dalam judul *Analisis Pola Gerhana Matahari Ditinjau Dari Kriteria Nilai Argumen Lintang Bulan (F), Gamma (y), Dan Magnitudo (u)*, penulis menyimpulkan beberapa poin sebagai jawaban dari pokok permasalahan, yaitu :

1. Melalui tiga kriteria yang digunakan untuk memprediksi adanya gerhana Matahari, didapat pola yang mempunyai karakter masing-masing. *Kriteria Pertama* : Argumen Lintang Bulan (F) memberikan pola naik yang teratur dengan memiliki selisih tetap di setiap ijtimak (*new moon*) sebesar 30,67050 dan pola teratur tersebut tidak terlepas dari dua komponen yang membangunya, yaitu k dan T yang keduanya juga memberikan karakter pola sama dengan selisih rata-rata 1 dan 0,0008085055. *Kriteria Kedua* : Gamma (y) yang sudah menerapkan rumus trigonometri memberikan pola bergelombang yang meskipun dalam selisih angka tidak sama, namun memberikan kontribusi nilai positif dan negatif yang sama secara berurutan selama 12 ijtimak (*new moon*). Adapun *Kriteria Ketiga* : Magnitudo (u) juga memberikan hasil yang sama dengan kriteria kedua. Oleh karena itu, Pola Gerhana Matahari yang terbentuk juga

dipengaruhi oleh semua komponen yang membangunnya, sehingga karena dari ketiga kriteria di atas memberikan karakter yang tidak sama, maka pola gerhana Matahari juga memberikan pola yang tidak beraturan. Namun demikian, dari beberapa komponen yang memiliki pola dapat dimanfaatkan untuk menghitungnya melalui rumus baru yang lebih sederhana.

2. Hasil akurasi yang diberikan oleh kriteria nilai argumen lintang bulan (F), γ , dan magnitudo (u) dalam memberikan prediksi terjadinya gerhana Matahari berdasarkan algoritma Jean Meeus sudah tidak diragukan lagi dalam hal akurasinya. Hal ini karena selama contoh 18 tahun (2000-2018) fenomena gerhana Matahari yang diberikan sama dengan data milik NASA. Kriteria tersebut juga bisa digunakan untuk meneliti data-data sejarah yang berkaitan dengan fenomena gerhana Matahari.

B. Saran-Saran

1. Hendaknya para pakar ilmu falak lebih banyak lagi membahas tentang gerhana Matahari seperti halnya membahas urusan penetapan awal bulan kamariyah, waktu shalat dan lain-lain. Hal ini arena ketika terjadi gerhana Matahari juga terdapat unsur-unsur ibadah, misalnya melaksanakan shalat gerhana, memperbanyak do'a,

memperbanyak takbir dan memperbanyak shadaqah, meskipun gerhana Bulan itu sendiri jarang terjadi.

2. Hendaknya para pakar ilmu falak harus berani meneliti dari sudut pandang lain, yang sekiranya hasil akhir akan kembali kepada kemaslahatan ilmu falak itu sendiri.
3. Hendaknya ada rumus baru untuk mengetahui ΔT pada tahun sebelum 1900 guna mengetahui waktu gerhana pada masa lampau.

C. Penutup

Alhamdulillahirabbil'alamin, puja dan puji syukur penulis ucapkan kepada Allah Yang Maha Kuasa karena dengan kuasanya pembuatan skripsi ini dapat selesai dengan lancar. Meskipun demikian, penulis juga menyadari bahwa masih banyak terdapat kesalahan dan kekeliruan yang mungkin ada dalam skripsi ini, baik terkait penulisan maupun isi. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk tambahan ilmu yang akan penulis terapkan di lain waktu. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca umumnya.

DAFTAR PUSTAKA

A. Buku

Ahmad SS, Noor, *Jadwal Falak Nūr al-Anwār*, Kudus: Tasywiq al-Tullab Salafiyah, t.t.

_____, *Risālah Falak Nūr al-Anwār*, Kudus : Tasywiq al-Tullab Salafiyah, t.t.

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

_____, *Seminar dan Observasi Gerhana Bulan Total 10 Desember 2011*, Semarang : Masjid Agung Jawa Tengah.

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

Departemen Pendidikan Nasional, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Jakarta : Balai Pustaka, ed III, 2005.

Ghozali Muhammad Fathullah, Ahmad, *Irsyād al- Murīd*, Madura: Lafal, 2005.

_____, *Bughyah al-Rafīq*, Madura : Lafal, t.t.

_____, *Faīḍ al-Karīm al-Raūf*, Madura : Lafal, cet II, 1422 H.

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

- Hajar Al Asqalani, Ibnu, *Fath al-Bāri*, Jilid VI, Jakarta : Pustaka Azzam, cet II, 2008.
- Hambali, Slamet, *Ilmu Falak 1 : Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat Seluruh Dunia*, Semarang : Program Pascasarjana IAIN Walisongo, 2011.
- Izzuddin, Ahmad, *Ilmu Falak Praktis*, Semarang : PT. Pustaka Rizki Putra, 2012.
- _____, *Sistem Penanggalan*, Semarang : CV. Karya Abadi Jaya, 2015.
- Kadir, A, *Formula Baru Ilmu Falak*, Jakarta : AMZAH, 2012.
- Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an dan Tafsirnya*, Jilid IV, Jakarta : Kementerian Agama RI, 2012.
- _____, *Al-Qur'an dan Tafsirnya*, Jilid X, Jakarta : PT. Sinergi Pustaka Indonesia, 2012.
- Khairunnisa, Afidah, *Matematika Dasar*, Jakarta : Rajawali Press, 2014.
- Khazin, Muhyiddin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, Yogyakarta : Buana Pustaka, t.t.
- _____, *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta : Buana Pustaka, 2005.
- Kurniawan, Banny, *Metodologi Penelitian*, Tangerang : Jelajah Nusa, cet I, 2012.
- Littmann, Mark, dkk., *Totality Eclipses Of The Sun*, New York : OXFORD University Press, 2008.

- Marpaung, Watni, *Pengantar Ilmu Falak*, Jakarta : Prenadamedia Group, cet I, 2015.
- Maskufa, *Ilmu Falaq*, Jakarta : Gaung Persada Press, 2009.
- Meeus, Jean, *Astronomical Algorithms*, Virginia: Willman Bell. Inc., 1991.
- _____, *Element Of Solar Eclipses*, Virginia : Willman-Bell, Inc., 1989.
- Montenbruck, Oliver, dkk., *Astronomy On The Personal Computer*, Translated Dr. Storm Dunlop, Berlin : Spring-Verlag, 1999.
- Narbuko, Cholid, *Abu Achmadi, Metodologi Penelitian*, Jakarta : Bumi Aksara, 2010.
- Nata, Abuddin, *Metodologi Studi Islam*, Jakarta : PT. Raja Grafindo Persda, 2006.
- Nor, Juliansyah, *Metodologi Penelitian*, Jakarta : Kencana, ed I, 2011.
- Purwanto, Agus, *Ayat-Ayat Semesta : Sisi-sisi Al-Qur'an yang Terlupakan*, Bandung : Mizan, cet I, 2008.
- Rasyid Rida, Muhammad, dkk., *Hisab Bulan Kamariyah: Tinjauan Syar'i Tentang Penetapan Awal Ramadhan, Syawal, dan Zulhijah*, Yogyakarta : Suara Muhammadiyah, 2013.
- Setyanto, Hendro, *Membaca Langit*, Jakarta : Al Ghuraba, 2008.

- Sugondo, Dendy, *Kamus Bahasa Indonesia*, Jakarta : Pusat Bahasa, 2008.
- Tjasyono, Bayong, *Ilmu KeBumian dan Antariksa*, Bandung : PT Remaja Rosdakarya, 2013.
- Jaelany, Zubair Umar, *al-Khulāshah al-Wafīyyah*, Surakarta: Melati, 1935.
- Munawwir, A.W., *Al-Munawwir : Kamus Arab-Indonesia*, Surabaya : Pustaka Progressif, cet XIV, 1997.
- Wisna Ariawan, I Putu, *Geometri Bidang*, Yogyakarta : Graha Ilmu, 2014.
- Yunus, Mahmud, *Kamus Arab – Indonesia*, Jakarta : PT. Hidakarya Agung, cet VIII, 1990.
- Yusuf Harun, M, *Pengantar Ilmu Falak*, Banda Aceh : Yayasan Pena, 2008.

B. Jurnal, Skripsi dan Tesis

- Hambali, Slamet, *Astronomi Islam dan Teori Heliosentris Nicolaus Copernicus*, Jurnal Al-Ahkam, IAIN Walisongo Semarang, 2013.
- Umam, Khotibul, *Metode Hisab Gerhana Matahari KH. Ahmad Ghozali dalam Kitab Irsyād al-Murīd*, Skripsi Fakultas Syari'ah UIN Walisongo Semarang, 2014.
- Shodiq, Jafar, *Studi Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari Menurut Rinto Anugraha Dalam Buku Mekanika*

Benda Langit, Skripsi Fakultas Syari'ah dan Hukum
UIN Walisongo, Semarang, 2015.

Rasywan Syarif, Muh, *Fikih Astronomi Gerhana Matahari*,
Sinopsis Tesis, Semarang : IAIN Walisongo, 2012.

C. Wawancara

Dr. Eng. Rinto Anugraha, M.Si di kantor Jurusan Fisika FMIPA
UGM pada tanggal 28 Desember 2016 jam 14.30
WIB.

Dr. Eng. Rinto Anugraha, M.Si di kantor Jurusan Fisika FMIPA
UGM pada tanggal 28 Desember 2016 jam 15.00
WIB.

Dr. Eng. Rinto Anugraha, M.Si di kantor Jurusan Fisika FMIPA
UGM pada tanggal 28 Desember 2016 jam 15.30
WIB.

D. Internet

<https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEdecade/SEdecade1991.html>

diakses pada 28 April 2017 jam 9.28 WIB.

<https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEgoogle/SEgoogle2001.html>

diakses pada 27 April 2017 jam 17.04 WIB.

<http://fahmilatiefmunir.blogspot.co.id/2016/01/pengertian-jenis-jenis-fungsi-dan.html> diakses pada 01 April 2017 jam 11.43 WIB.

<http://kamusbahasaindonesia.org/pola/mirip>, diakses pada 30 Agustus 2016 jam 14:01 WIB.

<http://rumusrumus.com/macam-pola-bilangan/> diakses pada 30 Agustus 2016 Jam 14:27 WIB.

<http://www.infoastronomy.org/2016/05/nasa-rilis-jadwal-gerhana-matahari-dan-bulan-untuk-1000-tahun.html> diakses pada 22 Februari 2017 Jam 03.07 WIB.

Daftar Riwayat Hidup

Nama : Ehsan Hidayat
Tempat tanggal lahir : Pekalongan, 20 Oktober 1994
Nama orang tua : Warnoto, Tanimah
Alamat asal : Desa Sidomulyo RT/RW 08/02, Kecamatan Kesesi, Kabupaten Pekalongan
Alamat sekarang : Kontrakan Mahasiswa Jl. Candi Baka RT 05 RW 08 Perumahan Pasadena Kec. Ngaliyan Semarang
Email : ehsan.hidayat@gmail.com
No HP : 0857 4240 1480

Jenjang pendidikan

A. Formal

1. SD N 02 Sidomulyo (2001-2007)
2. MTs N Kesesi (2007-2010)
3. MA Salafiyah Simbangkulon (2010-2013)
4. UIN Walisongo Semarang (2013-2017)

B. Non Formal

1. Ma'had Takhassus Simbangkulon (2010-2013)
2. NANO English Course Pare (2015)
3. PP YPMI Al-Firdaus Ngaliyan (2013-2016)

Pengalaman organisasi

1. Pengurus P3M (Pengabdian, Pemberdayaan, dan Pengembangan Masyarakat) CSSMoRA UIN Walisongo (2015-2016)
2. Ketua IKMAL eL-Simbany (Orda Pekalongan) (2015-2016)
3. Ketua JQH eL-Fasya UIN Walisongo (2015-2016)
4. Sekretaris AMSI (Asosiasi Mahasiswa Seni Islami) NUSANTARA

Semarang, 09 Mei 2017



Ehsan Hidayat

NIM : 132611048

Program Excel Sebagai Alat Bantu Analisis Pola

	A	B	C	D	E	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1																		
2	No	NILAI K	PARSIAL	TOTAL	CINCIN	T	E	F	FRDN	M	M RDN	M'	M' RDN	O	ORDN	F1	F1 RDN	A1
3	1	0	0	0	0	0,0000000000	1	160,71080	2,804933	2,55340	0,044565	201,56430	3,517961	124,77460	2,177728	160,68891	2,804551	299,77000
4	2	1	1	0	0	0,0008085055	0,999997966	191,38130	3,340234	31,65876	0,552550	227,38124	3,968551	123,21084	2,150435	191,35901	3,339845	299,87741
5	3	2	0	0	0	0,0016170110	0,999995932	222,05181	3,875535	60,76411	1,060534	253,19817	4,419142	121,64709	2,123142	222,02912	3,875139	299,98482
6	4	3	0	0	0	0,0024255164	0,999993897	252,72231	4,410836	89,86947	1,568518	279,01511	4,869732	120,08333	2,095850	252,69925	4,410434	300,09222
7	5	4	0	0	0	0,0032340219	0,999991863	283,39281	4,946138	118,97483	2,076502	304,83204	5,320323	118,51958	2,068557	283,36939	4,945729	300,19963
8	6	5	0	0	0	0,0040425274	0,999989829	314,06331	5,481439	148,08018	2,584487	330,64898	5,770913	116,95582	2,041264	314,03956	5,481024	300,30704
9	7	6	1	0	0	0,0048510329	0,999987795	344,73382	6,016740	177,18554	3,092471	356,46591	6,221504	115,39207	2,013971	344,70974	6,016320	300,41445
10	8	7	1	0	0	0,0056595383	0,99998576	15,40432	0,268856	206,29090	3,600455	22,28285	0,388909	113,82831	1,986679	15,37994	0,268431	300,52186
11	9	8	0	0	0	0,0064680438	0,999983726	46,07482	0,804157	235,39625	4,108440	48,09978	0,839500	112,26455	1,959386	46,05016	0,803727	300,62926
12	10	9	0	0	0	0,0072765493	0,999981692	76,74532	1,339459	264,50161	4,616424	73,91672	1,290090	110,70080	1,932093	76,72040	1,339023	300,73667
13	11	10	0	0	0	0,0080850548	0,999979658	107,41583	1,874760	293,60697	5,124408	99,73365	1,740681	109,13704	1,904801	107,39065	1,874320	300,84408
14	12	11	0	0	0	0,0088935603	0,999977623	138,08633	2,410061	322,71232	5,632393	125,55059	2,191271	107,57329	1,877508	138,06092	2,409618	300,95149
15	13	12	1	0	0	0,0097020657	0,999975589	168,75683	2,945362	351,81768	6,140377	151,36752	2,641862	106,00953	1,850215	168,73122	2,944915	301,05890

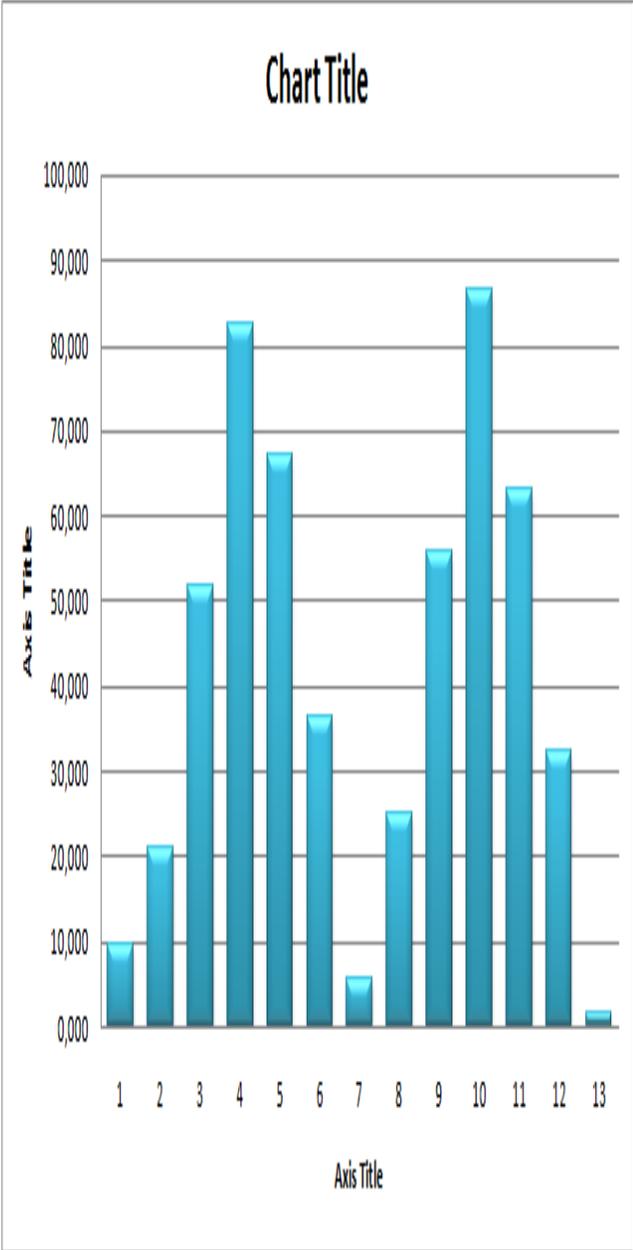
	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI
1														
2	A1	A1 RDN	P	P RDN	Q	Q RDN	W	GAMMA	U	CEK JENIS GERHANA	CEK GM	ABS GMA	0,9972+ABS(U)	1.5433 + u
3	299,77000	5,231973	0,02521	0,000440	5,526306	0,096452	0,943737	1,795572	0,028170	CEK GERHANA MATAHARI	YA	1,795571977	1,025369819	1,571469819
4	299,87741	5,233848	0,16110	0,002812	5,438087	0,094913	0,980412	-1,223229	0,022201	CEK GERHANA MATAHARI	YA	1,223228834	1,019400843	1,565500843
5	299,98482	5,235723	0,24217	0,004227	5,304503	0,092581	0,742805	-3,717990	0,012727	CEK GERHANA MATAHARI	YA	3,717990343	1,00992735	1,55602735
6	300,09222	5,237597	0,24664	0,004305	5,157020	0,090007	0,297387	-4,989915	0,002184	CEK GERHANA MATAHARI	YA	4,989915482	0,999384278	1,545484278
7	300,19963	5,239472	0,18781	0,003278	5,026807	0,087734	0,231228	-4,841771	-0,007083	CEK GERHANA MATAHARI	YA	4,841771206	1,004283388	1,536216612
8	300,30704	5,241347	0,09810	0,001712	4,936892	0,086165	0,695155	-3,469126	-0,013420	CEK GERHANA MATAHARI	YA	3,469125713	1,010619984	1,529880016
9	300,41445	5,243221	0,00419	0,000073	4,900075	0,085522	0,964602	-1,282187	-0,015966	CEK GERHANA MATAHARI	YA	1,282187106	1,013165896	1,527334104
10	300,52186	5,245096	-0,08453	-0,001475	4,920834	0,085885	0,964188	1,217935	-0,014449	CEK GERHANA MATAHARI	YA	1,217934954	1,011649185	1,528850815
11	300,62926	5,246970	-0,16604	-0,002898	4,996930	0,087213	0,694028	3,470692	-0,009027	CEK GERHANA MATAHARI	YA	3,470691881	1,006226774	1,534273226
12	300,73667	5,248845	-0,22788	-0,003977	5,118194	0,089329	0,229703	4,923556	-0,000386	CEK GERHANA MATAHARI	YA	4,923556377	0,997586318	1,542913682
13	300,84408	5,250720	-0,24307	-0,004242	5,264202	0,091878	0,298885	5,088911	0,010024	CEK GERHANA MATAHARI	YA	5,088910503	1,007224291	1,553324291
14	300,95149	5,252594	-0,18764	-0,003275	5,405125	0,094337	0,743856	3,738638	0,019997	CEK GERHANA MATAHARI	YA	3,738638042	1,017196852	1,563296852
15	301,05890	5,254469	-0,06523	-0,001139	5,508387	0,096139	0,980721	1,135013	0,027044	CEK GERHANA MATAHARI	YA	1,135012662	1,024243992	1,570343992

AJ	AK	AL	AM	AN
----	----	----	----	----

Tipe Gerhana (S/T/S /TA)	Tipe Gerhana (T/C/P)	
TIDAK ADA GERHANA MATAHARI	TIDAK ADA GERHANA MATAHARI	0
GERHANA TIDAK SENTRAL	PARSIAL	1
TIDAK ADA GERHANA MATAHARI	TIDAK ADA GERHANA MATAHARI	0
TIDAK ADA GERHANA MATAHARI	TIDAK ADA GERHANA MATAHARI	0
TIDAK ADA GERHANA MATAHARI	TIDAK ADA GERHANA MATAHARI	0
TIDAK ADA GERHANA MATAHARI	TIDAK ADA GERHANA MATAHARI	0
GERHANA TIDAK SENTRAL	PARSIAL	1
GERHANA TIDAK SENTRAL	PARSIAL	1
TIDAK ADA GERHANA MATAHARI	TIDAK ADA GERHANA MATAHARI	0
TIDAK ADA GERHANA MATAHARI	TIDAK ADA GERHANA MATAHARI	0
TIDAK ADA GERHANA MATAHARI	TIDAK ADA GERHANA MATAHARI	0
TIDAK ADA GERHANA MATAHARI	TIDAK ADA GERHANA MATAHARI	0
GERHANA TIDAK SENTRAL	PARSIAL	1

Program Excel Sebagai Alat Bantu Analisis Jumlah Minimal-Maksimal Gerhana Matahari Melalui Nilai Argumen Lintang Bulan (F)

	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
1		350,3288889	350	19	44	INPUT														
2	No	Nilai ALB	Selisih Tetap	Hasil F		F	Abs (F-180)	360-F	Min											
3	1	350,3288889	30,67050273	350,3288889		350,329	170,3288889	9,671	9,671											
4	2	380,9993916		20,99939162		20,999	159,0006084	339,001	20,999											
5	3	411,6698943		51,66989435		51,670	128,3301057	308,330	51,670											
6	4	442,3403971		82,34039708		82,340	97,65960292	277,660	82,340											
7	5	473,0108998		113,0108998		113,011	66,98910019	246,989	66,989											
8	6	503,6814025		143,6814025		143,681	36,31859746	216,319	36,319											
9	7	534,3519053		174,3519053		174,352	5,648094731	185,648	5,648											
10	8	565,022408		205,022408		205,022	25,022408	154,978	25,022											
11	9	595,6929107		235,6929107		235,693	55,69291073	124,307	55,693											
12	10	626,3634135		266,3634135		266,363	86,36341346	93,637	86,363											
13	11	657,0339162		297,0339162		297,034	117,0339162	62,966	62,966											
14	12	687,7044189		327,7044189		327,704	147,7044189	32,296	32,296											
15	13	718,3749216		358,3749216		358,375	178,3749216	1,625	1,625											
16									OUTPUT											
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				



Pola Nilai Argumen Lintang Bulan (F)

Report Gerhana Matahari Parsial 15 Februari 2018 NASA

Partial Solar Eclipse of 2018 Feb 15

Geocentric Conjunction = 20:15:02.2 UT J.D. = 2458165.343776
 Greatest Eclipse = 20:51:18.6 UT J.D. = 2458165.368965

Eclipse Magnitude = 0.5986 Gamma = -1.2117

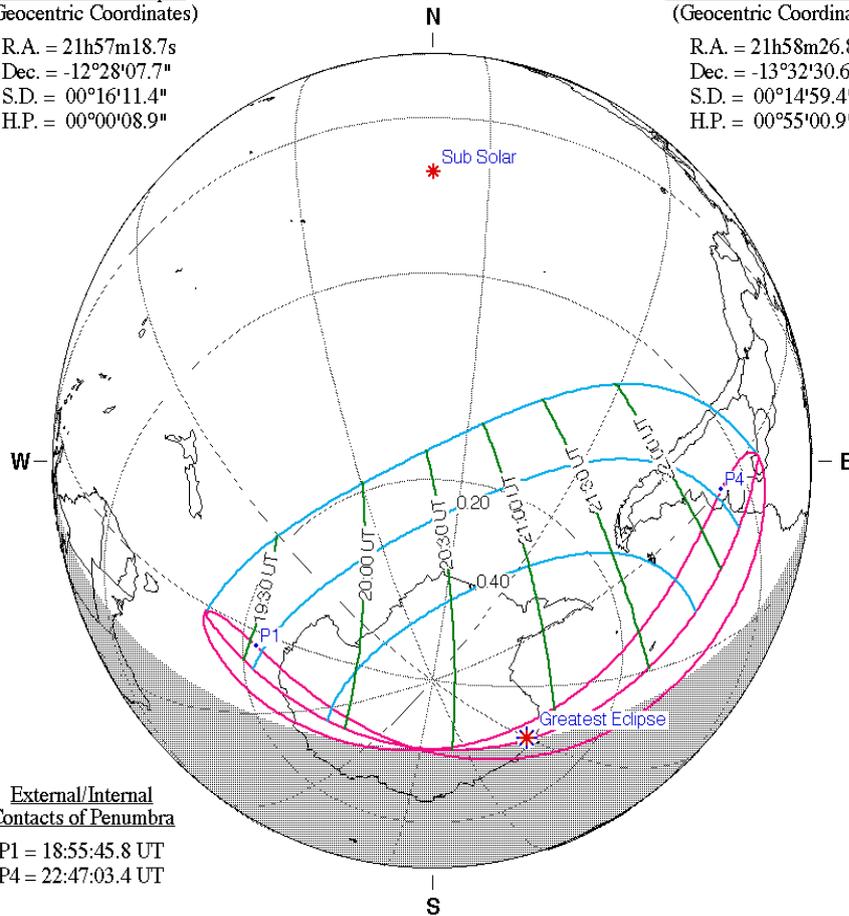
Saros Series = 150 Member = 17 of 71

Sun at Greatest Eclipse
 (Geocentric Coordinates)

R.A. = 21h57m18.7s
 Dec. = -12°28'07.7"
 S.D. = 00°16'11.4"
 H.P. = 00°00'08.9"

Moon at Greatest Eclipse
 (Geocentric Coordinates)

R.A. = 21h58m26.8s
 Dec. = -13°32'30.6"
 S.D. = 00°14'59.4"
 H.P. = 00°55'00.9"



External/Internal
 Contacts of Penumbra

P1 = 18:55:45.8 UT
 P4 = 22:47:03.4 UT

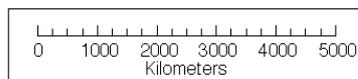
Ephemeris & Constants

Eph. = Newcomb/ILE
 $\Delta T = 74.8$ s
 $k1 = 0.2724880$
 $k2 = 0.2722810$
 $\Delta b = 0.0''$ $\Delta l = 0.0''$

Geocentric Libration
 (Optical + Physical)

$l = -3.95^\circ$
 $b = 1.41^\circ$
 $c = -21.58^\circ$

Brown Lun. No. = 1177



F. Espenak, NASA's GSFC - Fri, Jul 2,
sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclipse.html

Report Gerhana Matahari Annular 14 Desember 2001 NASA

Annular Solar Eclipse of 2001 Dec 14

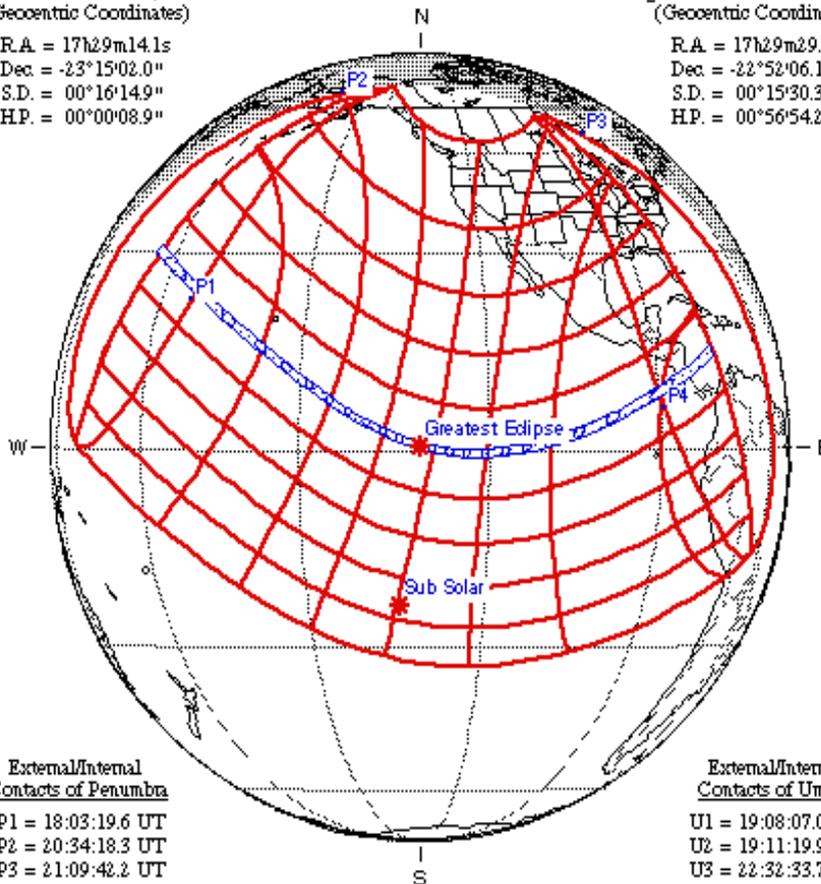
Geocentric Conjunction = 20:44:52.8 UT J.D. = 2452258.364500
 Greatest Eclipse = 20:51:55.6 UT J.D. = 2452258.369393
 Eclipse Magnitude = 0.96812 Gamma = 0.40863
 Saros Series = 132 Member = 45 of 71

Sun at Greatest Eclipse
 (Geocentric Coordinates)

R.A. = 17h29m14.1s
 Dec. = -23°15'02.0"
 S.D. = 00°16'14.9"
 H.P. = 00°00'08.9"

Moon at Greatest Eclipse
 (Geocentric Coordinates)

R.A. = 17h29m29.4s
 Dec. = -22°52'06.1"
 S.D. = 00°15'30.3"
 H.P. = 00°56'54.2"



External/Internal
 Contacts of Penumbra

P1 = 18:03:19.6 UT
 P2 = 20:34:18.3 UT
 P3 = 21:09:42.2 UT
 P4 = 23:40:41.4 UT

External/Internal
 Contacts of Umbra

U1 = 19:08:07.0 UT
 U2 = 19:11:19.9 UT
 U3 = 22:32:33.7 UT
 U4 = 22:35:52.6 UT

Local Circumstances at Greatest Eclipse

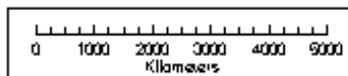
Lat = 00°37.3'N Sun Alt = 65.9°
 Long. = 130°42.2'W Sun Azm. = 188.0°
 Path Width = 125.5 km Duration = 03m52.9s

Ephemeris & Constants

Eph. = Newcomb/LE
 $\Delta T = 65.3$ s
 $k_1 = 0.2724880$
 $k_2 = 0.2722810$
 $\Delta b = -0.6''$ $\Delta l = 0.0''$

Geocentric Libration
 (Optical + Physical)

$l = 5.03^\circ$
 $b = -0.46^\circ$
 $c = 1.49^\circ$
 Brown Lun. No. = 977



F. Espenak, NASA/GSFC - Thu, 1999 May 27

Report Gerhana Matahari Total 21 Agustus 2017 NASA

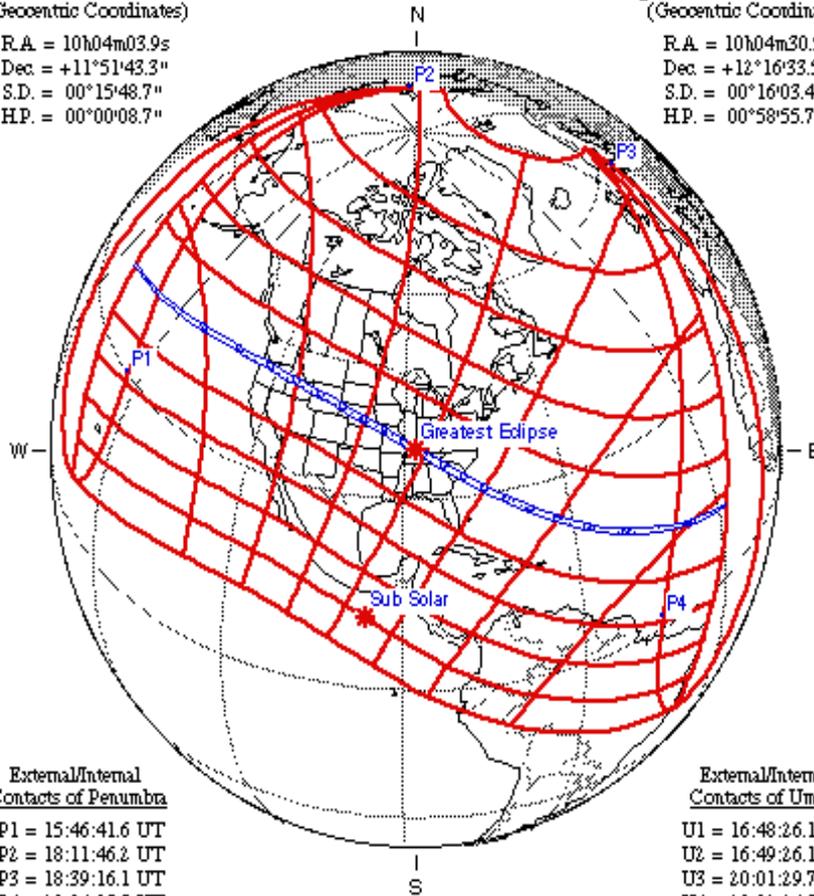
Total Solar Eclipse of 2017 Aug 21

Geocentric Conjunction = 18:13:04.5 UT J.D. = 2457987.259080
 Greatest Eclipse = 18:25:22.0 UT J.D. = 2457987.267615
 Eclipse Magnitude = 1.03058 Gamma = 0.43668

Saros Series = 145 Member = 22 of 77

Sun at Greatest Eclipse
 (Geocentric Coordinates)
 R.A. = 10h04m03.9s
 Dec = +11°51'43.3"
 S.D. = 00°15'48.7"
 H.P. = 00°00'08.7"

Moon at Greatest Eclipse
 (Geocentric Coordinates)
 R.A. = 10h04m30.5s
 Dec = +12°16'33.5"
 S.D. = 00°16'03.4"
 H.P. = 00°58'55.7"



External/Internal
 Contacts of Penumbra

P1 = 15:46:41.6 UT
 P2 = 18:11:46.2 UT
 P3 = 18:39:16.1 UT
 P4 = 21:04:13.5 UT

External/Internal
 Contacts of Umbra

U1 = 16:48:26.1 UT
 U2 = 16:49:26.1 UT
 U3 = 20:01:29.7 UT
 U4 = 20:02:24.5 UT

Local Circumstances at Greatest Eclipse

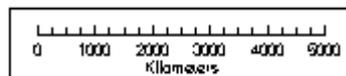
Lat = 36°57.9'N Sun Alt = 63.9°
 Long = 087°38.0'W Sun Azm = 197.9°
 Path Width = 114.7 km Duration = 02m40.1s

Ephemeris & Constants

Eph. = Newcomb/LE
 $\Delta T = 80.8 \text{ s}$
 $k1 = 0.2724880$
 $k2 = 0.2722810$
 $\Delta b = -0.6'' \quad \Delta l = 0.0''$

Geocentric Libration
 (Optical + Physical)

$l = 4.63^\circ$
 $b = -0.59^\circ$
 $c = 21.90^\circ$
 Brown Lun. No. = 1171



F. Espenak, NASA/GSFC - Thu, 1999 May 27

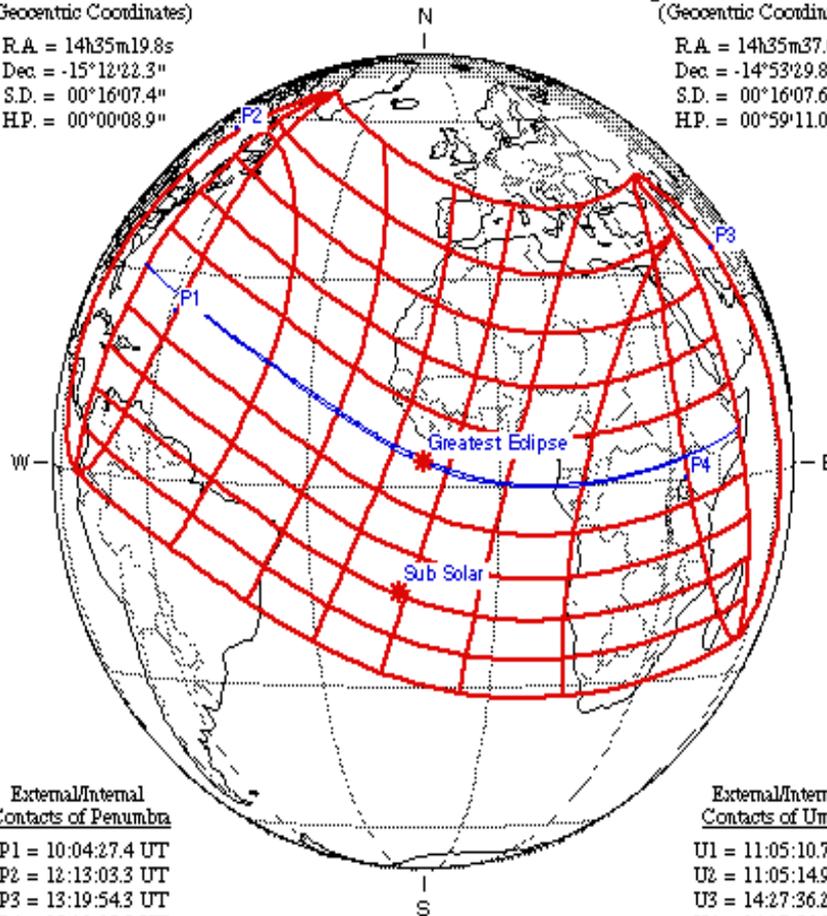
Report Gerhana Matahari Hybrid 3 November 2013

Hybrid Solar Eclipse of 2013 Nov 03

Geocentric Conjunction = 12:38:40.3 UT J.D. = 2456600.026855
 Greatest Eclipse = 12:46:22.2 UT J.D. = 2456600.032202
 Eclipse Magnitude = 1.01588 Gamma = 0.32717
 Saros Series = 143 Member = 23 of 72

Sun at Greatest Eclipse
 (Geocentric Coordinates)
 R.A. = 14h35m19.8s
 Dec. = -15°12'22.3"
 S.D. = 00°16'07.4"
 H.P. = 00°00'08.9"

Moon at Greatest Eclipse
 (Geocentric Coordinates)
 R.A. = 14h35m37.0s
 Dec. = -14°53'29.8"
 S.D. = 00°16'07.6"
 H.P. = 00°59'11.0"



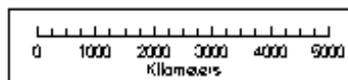
External/Internal
 Contacts of Penumbra
 P1 = 10:04:27.4 UT
 P2 = 12:13:03.3 UT
 P3 = 13:19:54.3 UT
 P4 = 15:28:15.3 UT

External/Internal
 Contacts of Umbra
 U1 = 11:05:10.7 UT
 U2 = 11:05:14.9 UT
 U3 = 14:27:36.2 UT
 U4 = 14:27:36.9 UT

Ephemeris & Constants
 Eph. = NewcombJLE
 $\Delta T = 76.6$ s
 $k_1 = 0.2724880$
 $k_2 = 0.2722810$
 $\Delta b = -0.6''$ $\Delta l = 0.0''$

Local Circumstances at Greatest Eclipse
 Lat = 03°29.5'N Sun Alt = 70.9°
 Long. = 011°40.1'W Sun Azm. = 192.0°
 Path Width = 57.5 km Duration = 01m39.6s

Geocentric Libration
 (Optical + Physical)
 $l = -4.22^\circ$
 $b = -0.39^\circ$
 $c = 19.55^\circ$
 Brown Lun. No. = 1124



F. Espenak, NASA/GSFC - Thu, 1999 May 27

Pola Selisih dan Rasio

TABEL 1
Kontribusi selisih antar F

Nilai k	Hasil F	Pola Selisih	
0	160,71080	30,67050	
1	191,38130		30,67050
2	222,05181	30,67050	
3	252,72231		30,67050
4	283,39281	30,67050	
5	314,06331		30,67050
6	344,73382	30,67050	
7	15,40432		30,67050
8	46,07482	30,67050	
9	76,74532		30,67050
10	107,41583	30,67050	
11	138,08633		30,67050
12	168,75683		

TABEL 2
Kontribusi selisih antar gamma (y)

Nilai k	Hasil y	Pola Selisih	
0	1,795572	3,018801	
1	-1,223229		2,494762
2	-3,717990	1,271925	
3	-4,989915		0,148144
4	-4,841771	1,372645	
5	-3,469126		2,186939
6	-1,282187	2,500122	
7	1,217935		2,252757
8	3,470692	1,452864	
9	4,923556		0,165354
10	5,088911	1,350272	
11	3,738638		2,603625
12	1,135013		

Kontribusi Rasio

Nilai k	Hasil y	Pola Rasio	
0	1,795572	-0,681247	
1	-1,223229		3,039489
2	-3,717990	1,342100	

3	-4,989915		0,970311
4	-4,841771	0,716499	
5	-3,469126		0,369599
6	-1,282187	-0,949889	
7	1,217935		2,849653
8	3,470692	1,418609	
9	4,923556		1,033584
10	5,088911	0,734664	
11	3,738638		0,303590
12	1,135013		

TABEL 3
Kontribusi selisih antar M

Nilai k	Hasil M	Pola Selisih	
0	2,55340	29,10536	
1	31,65876		29,10536
2	60,76411	29,10536	
3	89,86947		29,10536
4	118,97483	29,10536	
5	148,08018		29,10536
6	177,18554	29,10536	
7	206,29090		29,10536
8	235,39625	29,10536	
9	264,50161		29,10536
10	293,60697	29,10536	
11	322,71232		29,10536
12	351,81768		

TABEL 4
Kontribusi selisih antar M'

Nilai k	Hasil M'	Pola Selisih	
0	201,56430	25,81694	
1	227,38124		25,81694
2	253,19817	25,81694	
3	279,01511		25,81694
4	304,83204	25,81694	
5	330,64898		25,81694
6	356,46591	25,81694	
7	22,28285		25,81694
8	48,09978	25,81694	
9	73,91672		25,81694
10	99,73365	25,81694	
11	125,55059		25,81694
12	356,46591		

TABEL 5
Kontribusi Selisih antar P

Nilai k	Hasil P	Pola Selisih	
0	0,02521	0,13590	
1	0,16110		0,08107
2	0,24217	0,00447	
3	0,24664		0,05883
4	0,18781	0,08971	
5	0,09810		0,09391
6	0,00419	0,08872	
7	-0,08453		0,08151
8	-0,16604	0,06185	
9	-0,22788		0,01519
10	-0,24307	0,05544	
11	-0,18764		0,12240
12	-0,06523		

TABEL 6
Kontribusi selisih antar w

Nilai k	Hasil w	Pola Selisih	
0	0,943737	0,036675	
1	0,980412		0,237608
2	0,742805	0,445417	
3	0,297387		0,066159
4	0,231228	0,463927	
5	0,695155		0,269447
6	0,964602	0,000414	
7	0,964188		0,270160
8	0,694028	0,464325	
9	0,229703		0,069182
10	0,298885	0,444971	
11	0,743856		0,236865
12	0,980721		

TABEL 7
Kontribusi Selisih Antar Magnitudo

Nilai k	Hasil u	Pola Selisih	
0	0,028170	0,005969	
1	0,022201		0,009473
2	0,012727	0,010543	
3	0,002184		0,009268
4	-0,007083	0,006337	
5	-0,013420		0,002546

6	-0,015966		
7	-0,014449	0,001517	
8	-0,009027		0,005422
9	-0,000386	0,008640	
10	0,010024		0,010411
11	0,019997	0,009973	
12	0,027044		0,007047

TABEL 8
Kontribusi Selisih Antar Q

Nilai k	Hasil Q	Pola Selisih	
0	5,526306	0,088218	
1	5,438087		0,133585
2	5,304503	0,147483	
3	5,157020		0,130213
4	5,026807	0,089915	
5	4,936892		0,036817
6	4,900075	0,020759	
7	4,920834		0,076096
8	4,996930	0,121264	
9	5,118194		0,146009
10	5,264202	0,140923	
11	5,405125		0,103262
12	5,508387		

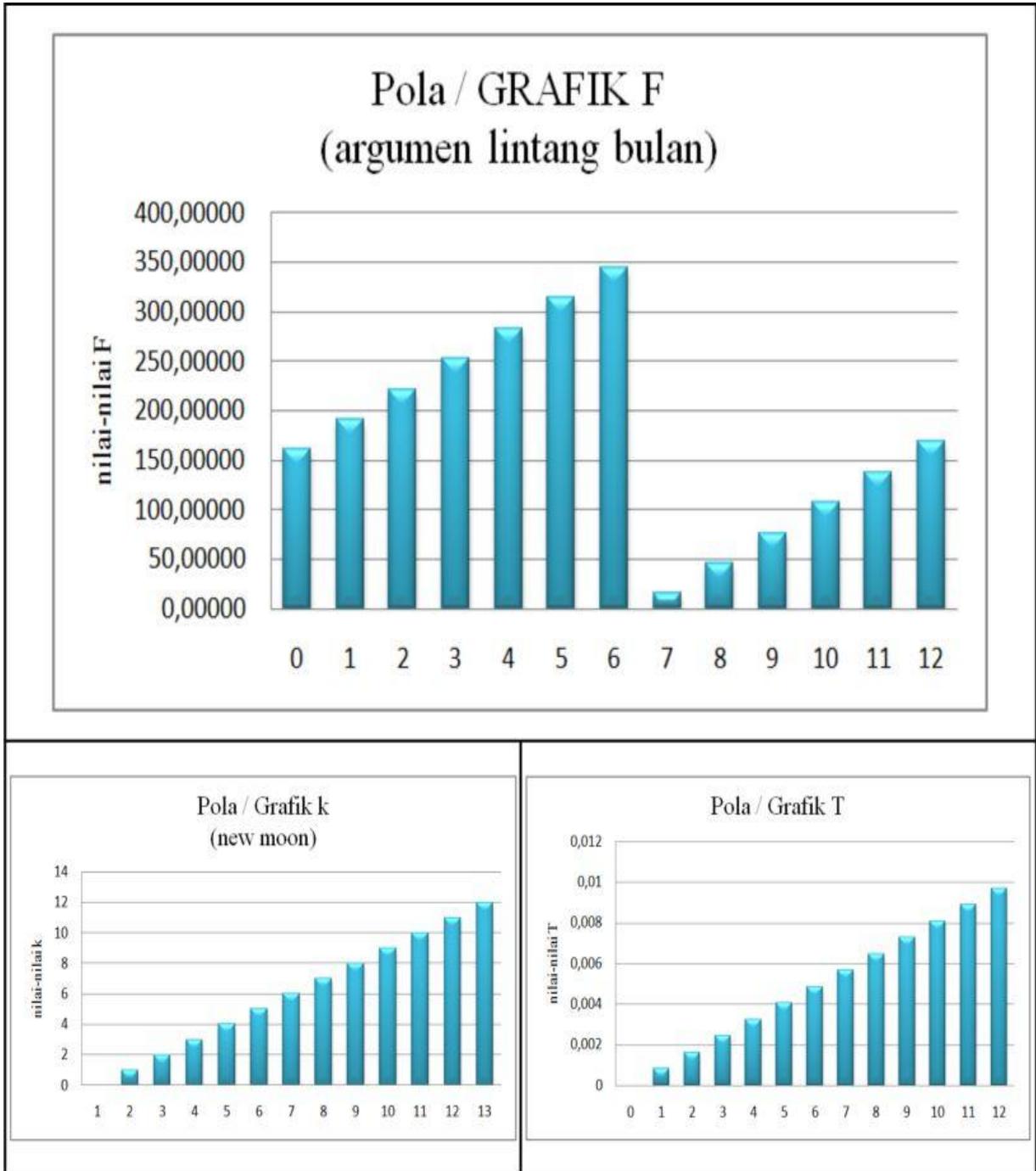
TABEL 9
Kalender Masehi dan Kalender Hijriyah

No	Nama Bulan	Umur Hari	Kabisat	Basithah
1	Januari	31	31	31
2	Februari	28/29	60	59
3	Maret	31	91	90
4	April	30	121	120
5	Mei	31	152	151
6	Juni	30	182	181
7	Juli	31	213	212
8	Agustus	31	244	243
9	September	30	274	273
10	Oktober	31	305	304
11	November	30	335	334
12	Desember	31	366	365

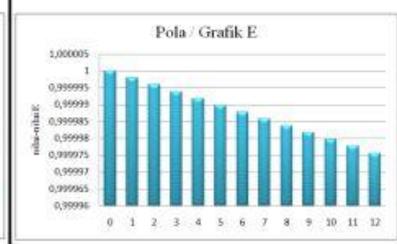
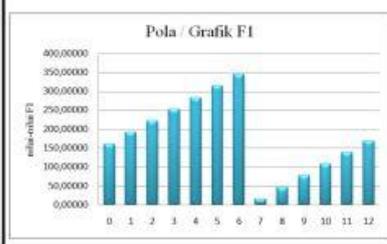
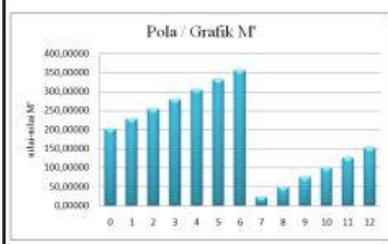
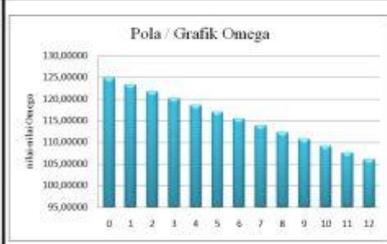
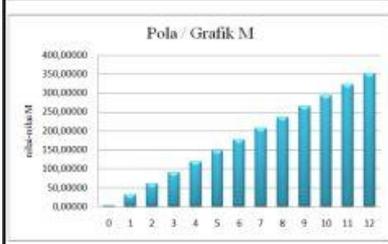
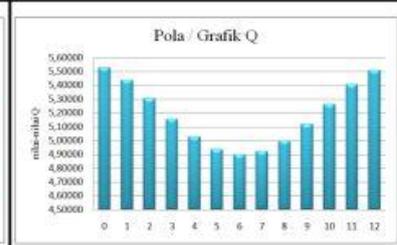
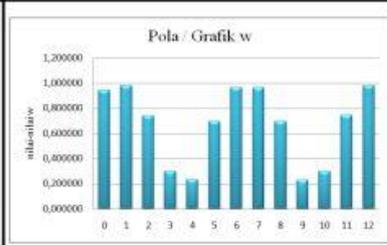
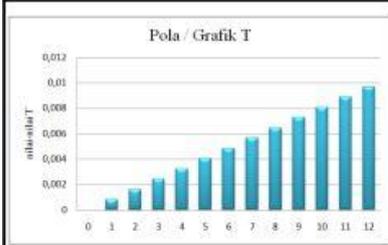
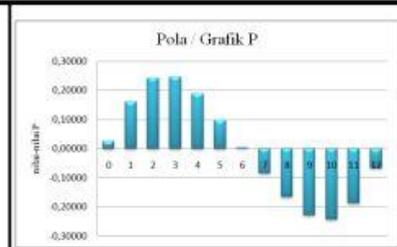
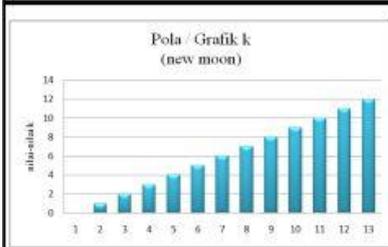
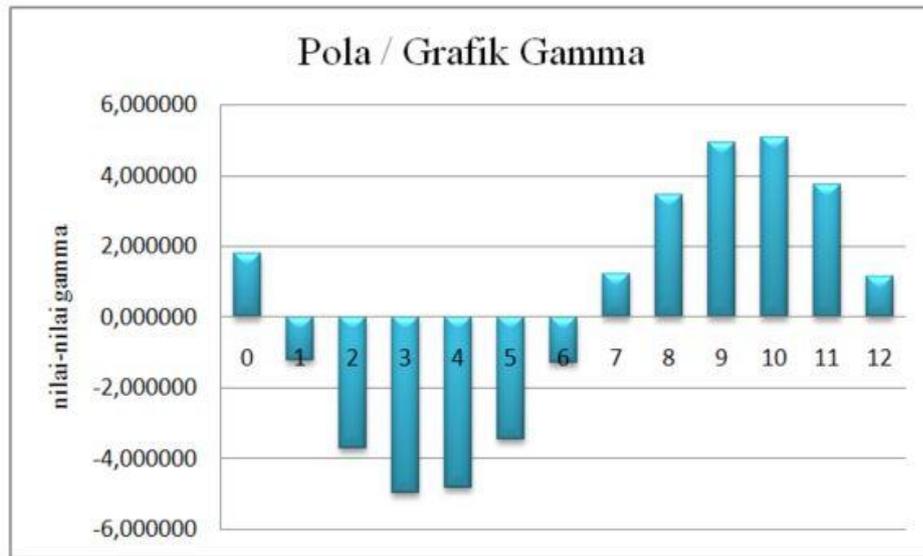
No	Nama Bulan	Umur Hari	Kabisat	Basithah
1	Muharram	30	30	30
2	Shafar	29	59	59
3	Rabiul awal	30	89	89
4	Rabiul akhir	29	118	118
5	Jumadil awal	30	148	148
6	Jumadil akhir	29	177	177
7	Rajab	30	207	207
8	Sya'ban	29	236	236
9	Ramadhan	30	266	266
10	Syawal	29	295	295
11	Dzulq'dah	30	325	325
12	Dzulhijjah	29/30	355	354

Lampiran 4

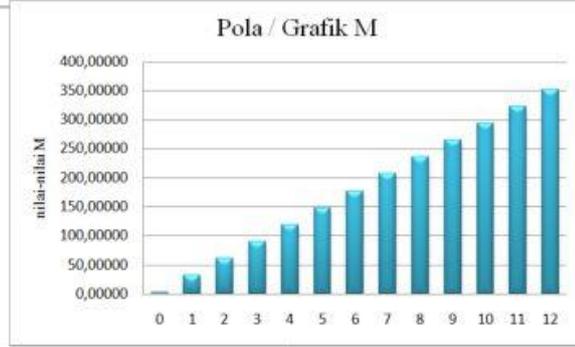
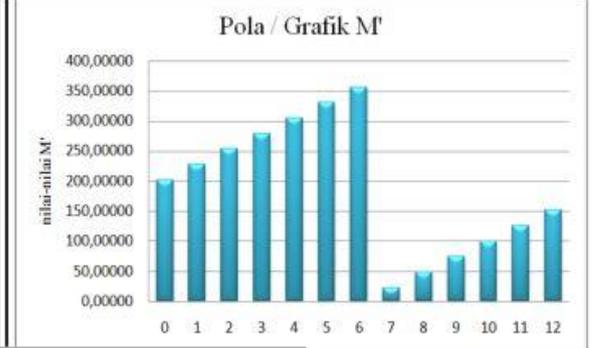
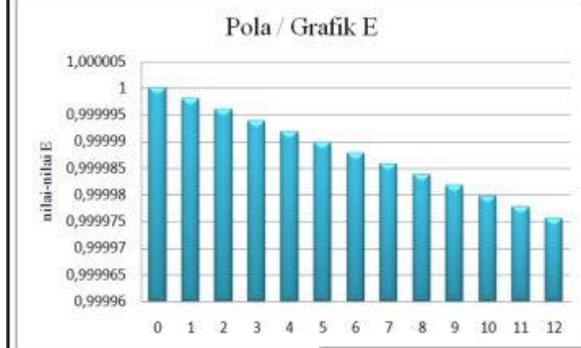
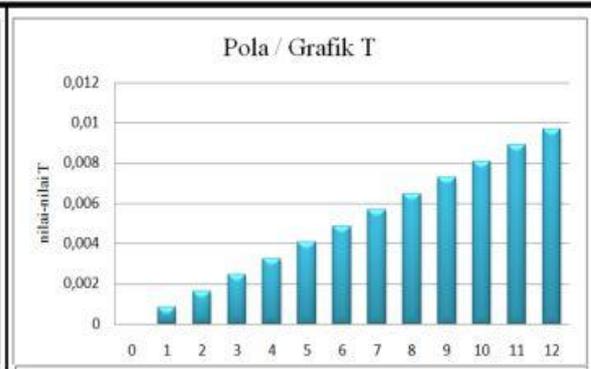
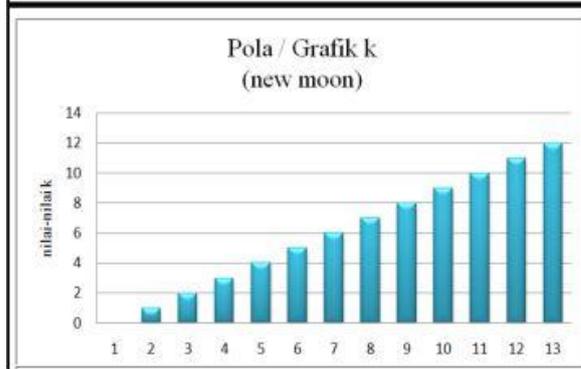
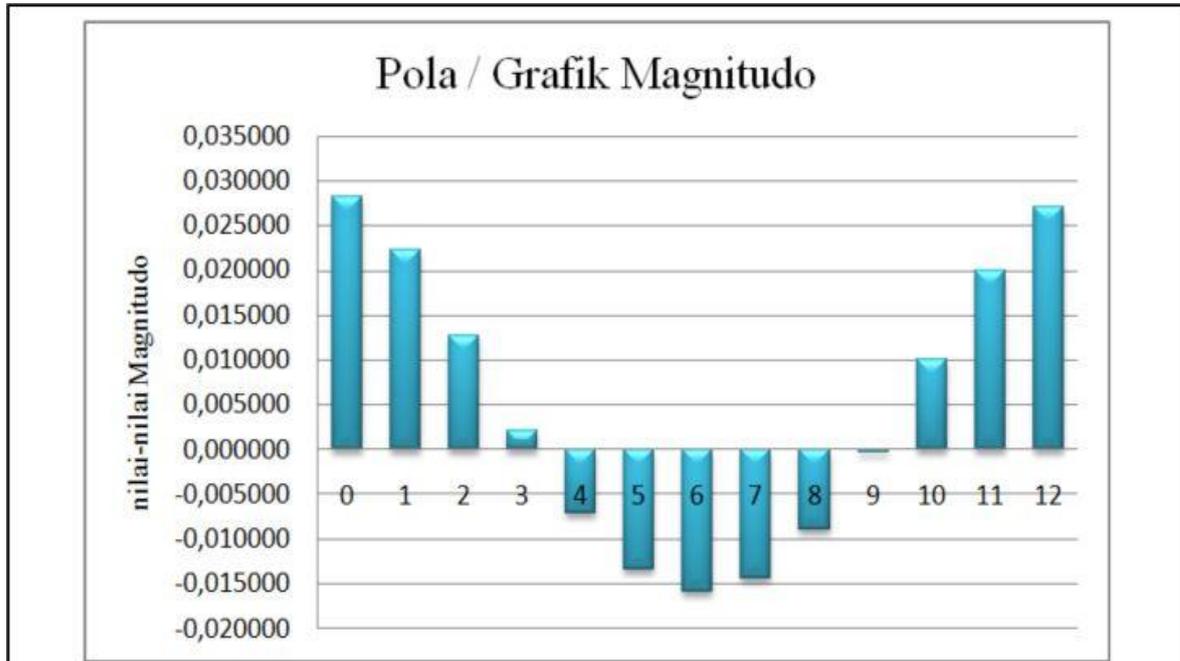
Pola F dan Komponennya



Pola Gamma dan Komponennya



Pola Magnitudo dan Komponennya



TRANSFORMASI RUMUS BARU

No	Nama Komponen	Rumus Awal	Rumus Baru
1	F	$160.7108 + 390.670\ 502\ 74\ k - 0.001\ 6341\ T^2 - 0.000\ 002\ 27\ T^3 - 0.000\ 000\ 011\ T^4$	$a + (n-0)b$
2	T	$k / 1236,85$	$k_1 / k_n = T_1 / T_n$ $a + (n-0)b$
3	M	$2.5534 + 29.105\ 356\ 69\ k - 0.000\ 0218\ T^2 - 0.000\ 000\ 11\ T^3$	$a + (n-0)b$
4	M'	$201.5643 + 385.816\ 935\ 28\ k + 0.010\ 7438\ T^2 + 0.000\ 012\ 39\ T^3 - 0.000\ 000\ 058\ T^4$	$a + (n-0)b$
5	O	$124.7746 - 1.563\ 755\ 80\ k + 0.002\ 0691\ T^2 + 0.000\ 002\ 15\ T^3$	$a - (n-0)b$
6	E	$1 - 0.002\ 516\ T - 0.000\ 0074\ T^2$	$a - (n-0)b$
7	F1	$F - 0^0.02665\ \text{Sin } \Omega$	$an^2 + bn + c$

CONTOH APLIKASI RUMUS

1. Mencari Nilai F Pada k (New Moon) Ke 10.

Dengan berpatokan nilai F pada k ke 0 adalah 160,71080, maka dengan rumus $F_n = a + (n-0)b$, diperoleh hasil :

$$F_n = a + (n-0)b$$

$$\begin{aligned} F_{10} &= 160,71080 + (10) 30,67050 \\ &= 160,71080 + 306,7050 \\ &= 467,41583 / 107,41583 \end{aligned}$$

2. Mencari Nilai T Pada k (New Moon) Ke 10.

Dengan berpatokan nilai T pada k ke 0 adalah 0,0000000000, maka dengan rumus $T_n = a + (n-0)b$, diperoleh hasil :

$$T_n = a + (n-0)b$$

$$\begin{aligned} T_{10} &= 0,0000000000 + (10)0,0008085055 \\ &= 0,0080850548 \end{aligned}$$

3. Mencari Nilai M Pada k (New Moon) Ke 10.

Dengan berpatokan nilai T pada k ke 0 adalah 2,55340, maka dengan rumus $M_n = a + (n-0)b$, diperoleh hasil :

$$M_n = a + (n-0)b$$

$$M_{10} = 2,55340 + (10) 29,10536$$

$$= 2,55340 + 291,0536$$

$$= 293,60697$$

4. Mencari Nilai M' Pada k (*New Moon*) Ke 10.

Dengan berpatokan nilai T pada k ke 0 adalah 201,56430, maka dengan rumus $M'_n = a + (n-0)b$, diperoleh hasil :

$$M'_n = a + (n-0)b$$

$$M'_{10} = 201,56430 + (10) 25,81694$$

$$= 201,56430 + 258,1694$$

$$= 459,73365 / 99,73365$$

5. Mencari Nilai Omega Pada k (*New Moon*) Ke 10.

Dengan berpatokan nilai T pada k ke 0 adalah 124,77460, maka dengan rumus $\Omega_n = a + (n-0)b$, diperoleh hasil :

$$\Omega_n = a + (n-0)b$$

$$\Omega_{10} = 124,77460 - (10) 1,56376$$

$$= 124,77460 - 15,637558$$

$$= 109,13704$$

6. Mencari Nilai E Pada k (*New Moon*) Ke 10.

Dengan berpatokan nilai T pada k ke 0 adalah 1, maka dengan rumus $E_n = a + (n-0)b$, diperoleh hasil :

$$E_n = a + (n-0)b$$

$$E_{10} = 1 - (10) 0,000002034$$

$$= 1 - 0,00002034 = 0,999979658$$

Lampiran 6

Hasil wawancara

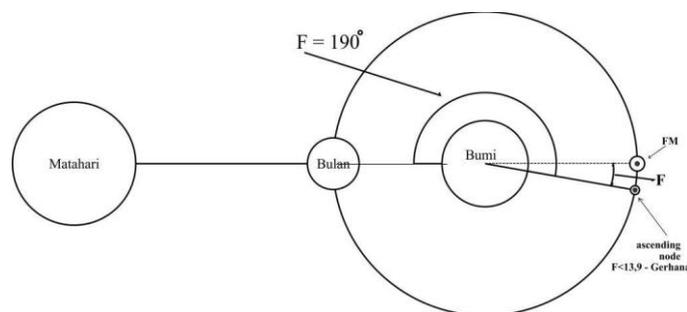
Narasumber : Dr. Eng. Rinto Anugraha, M.Si.
Pewawancara : Ehsan Hidayat
Lokasi : Kantor Jurusan Fisika FMIPA UGM Yogyakarta
Tanggal : 28 Desember 2016
Tujuan : Konsultasi tentang syarat-syarat terjadinya gerhana Matahari dan kajian astronomisnya.

Tanya : Bagaimana penjelasan kriteria Argumen lintang bulan (F) ?

Jawab : F adalah argumen lintang bulan itu bukan lintang bulan sebagaimana koordinat, melainkan sudut. Dan untuk mengetahui selisih F, maka harus memakai 3 kolom, dan dari tiga ini dipilih nilai minimal F nya. Sehingga dari sini ketahuan nilai k ke berapa yang memenuhi kriteria nilai F.

Tanya : Bagaimana gambaran astronomis dari F itu sendiri pak?

Jawab : Artinya Dari pergerakan satu lunasi tersebut, adakalanya bulan masih berada di bawah titik node atau sudah melewati titik node sebagaimana penjelasan gambar berikut :

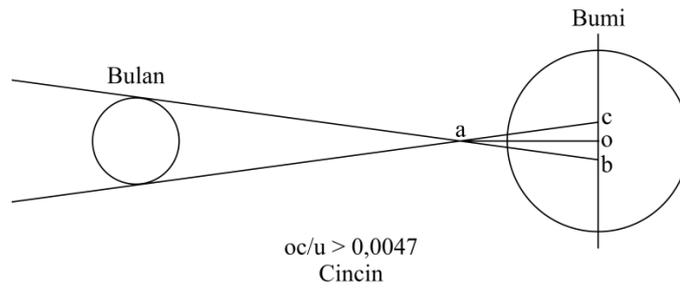


Gambar 5 : ilustrasi posisi F ketika satu lunasi sudah berada di atas ascending node.

Tanya : Bagaimana gambaran astronomis dari magnitudo (u) pak?

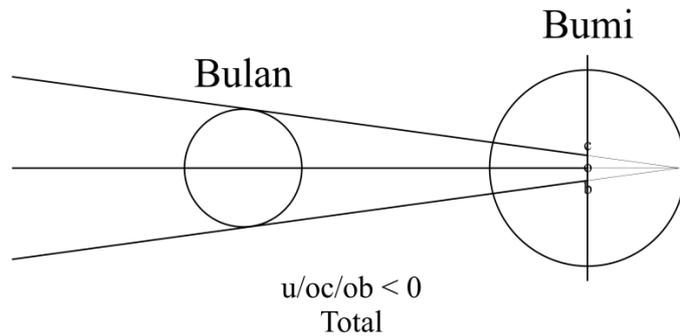
Jawab : Berikut gambar ilustrasi magnitudo dalam kaitannya dengan gerhana Matahari.

Gerhana Matahari Cincin



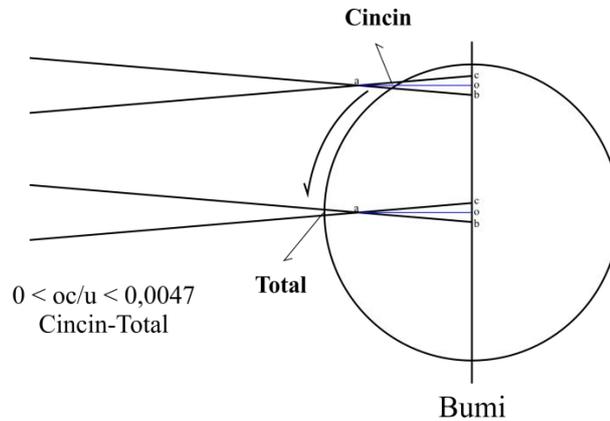
Gambar 10 : ilustrasi u pada kasus gerhana Matahari cincin.

Gerhana Matahari Total



Gambar 11 : ilustrasi u pada kasus gerhana Matahari total.

Gerhana Matahari Hybrid (Cincin-Total)



Gambar 12 : ilustrasi u pada kasus gerhana Matahari cincin-total.

Artinya secara umum dijelaskan bahwa kuantitas u merupakan jari-jari kerucut umbra Bulan di bidang dasar dalam satuan radius ekuator Bumi, sehingga jika dilihat dari gambar 6, maka nilai u digambarkan oleh oc/ob . Adapun nilai oc/ob ini bisa negatif jika kerucut umbra bulan belum ada. Dan bernilai positif jika kerucut umbra bulan sudah ada.

Tanya : Bagaimana masukan bapak tentang judul skripsi saya tentang pola gerhana matahari ini?

Jawab : Nanti bisa tau pola-pola gerhana yang terbentuk, semisal gerhana parsial 4 kali berturut-turut.

Tanya : Bagaimana memahami algoritma Jean Meeus tentang gerhana Matahari secara mudah pak?

Jawab : Secara sederhana bisa digambarkan dengan flowchart

Tanya : k yang dipakai yang bulat saja atau pecahan juga?

Jawab : Karena ini untuk perhitungan gerhana Matahari, maka cukup k yang bulat saja yang digunakan.

Tanya : Apakah ada tambahan penjelasan pak tentang algoritma Jean Meeus yang ada dalam program excel bapak?

Jawab : Pada poin P itu bukan satuan derajat, tapi P akan menentukan gamma. Dan gamma itu sebetulnya seberapa jarak terkecil antara bayangan bulan ke pusat bumi. Satuan jari-jari bumi. Maka dari itu gamma tidak ada hubungan dengan satuan derajat.

Tanya : Oh iya pak, kira-kira ada karya buku lagi tidak yang bapak punya?

Jawab : Sebenarnya pingin sekalian melengkapi buku mekanika benda langi ini. tapi masalahnya waktunya kurang nemu, dan kalau bikin dari nol susah melainkan dari cicilan tulisan tulisan yang saya buat.

Tanya : Bapak misal kaami konsultasi ke depan lewat email tidak apa?

Jawab : Boleh-boleh, atau bisa di kampus UIN juga tidak apa soalnya saya kemungkinan ngajar di pasca.

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Dr. Riwo Amugraha
Alamat : Krajan RT 003/003 No 70 Candang Cabur Sleman
Tempat/Tanggal Lahir : Jabarda, 27 September 1974
Jabatan : Dosen UGM
No. Hp : 085878394054
Email : riwo@ugm.ac.id

Menyatakan bahwa

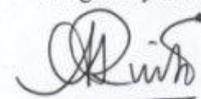
Nama : EHSAN HIDAYAT
NIM : 132611048
Tempat/Tanggal Lahir : PEKALONGAN, 28 OKTOBER 1994
Universitas : UIN WALISONGO SEMARANG
Fakultas/Jurusan : SYARIAH DAN HUKUM/ILMU FALAK
Judul skripsi

**STUDI ANALISIS POLA GERHANA MATAHARI DITINJAU DARI
KRITERIA NILAI ARGUMENT LINTANG BULAN (F), GAMMA (γ), DAN
MAGNITUDE (u)**

Benar-benar telah melakukan wawancara dengan kami
pada...28 Desember...2016...pukul...15.30 - 17.00 WIB.....

Demikian surat pernyataan ini kami buat dengan sebenar-benarnya untuk dapat
digunakan sebagaimana mestinya.

.....
Yang Menyatakan



Dr. Riwo Amugraha