

**ALGORITME HISAB GERHANA BULAN MENURUT  
RINTO ANUGRAHA DALAM BUKU *MEKANIKA BENDA***

***LANGIT***

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Tugas dan Melengkapi Syarat Guna  
Memperoleh Gelar Sarjana Program Strata 1 (S.1) dalam Ilmu  
Syariah dan Hukum

Dosen Pembimbing :  
Drs. H. Maksun, M.Ag  
Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M.Ag



Oleh :

**'Alamul Yaqin**

**NIM : 132611036**

**PROGRAM STUDI ILMU FALAK  
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
S E M A R A N G**

**2017**

Drs. H. Maksun, M. Ag  
Perum Indo Permai Blok A No.22  
Tambak Aji Ngaliyan Semarang.

**PERSETUJUAN PEMBIMBING**

Lamp : 4 (empat) eks.  
Hal : Naskah Skripsi  
An. Sdr. 'Alamul Yaqin

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 : 'Alamul Yaqin  
NIM : 132611036  
Judul : **Algoritme Hisab Gerhana Bulan Menurut Rinto Anugraha dalam Buku Mekanika Benda Langit**

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

Demikian harap menjadi maklum.

*Wassalamu'alaikum Wr.Wb*

Semarang, 17 Januari 2017

Pembimbing I,



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

Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag  
Bukit Bringin Lestari Blok C No. 131  
Wonosari Ngaliyan Semarang.

**PERSETUJUAN PEMBIMBING**

Lamp : 4 (empat) eks.  
Hal : Naskah Skripsi  
An. Sdr. 'Alamul Yaqin

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 : 'Alamul Yaqin  
NIM : 132611036  
Judul : **Algoritme Hisab Gerhana Bulan Menurut Rinto Anugraha  
dalam Buku Mekanika Benda Langit**

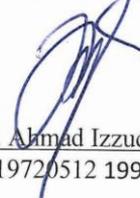
Dengan ini saya mohon kiranya skripsi saudara tersebut dapat segera dimunaqosahkan.

Demikian harap menjadi maklum.

*Wassalamu'alaikum Wr.Wb*

Semarang, 13 Januari 2017

**Pembimbing II**



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



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

Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus III Ngaliyan Telp/Fax. (02-4) 7601291 Semarang  
50185

PENGESAHAN

Nama : 'Alamul Yaqin  
NIM : 132611036  
Fakultas/Jurusan : Syari'ah dan Hukum/ Ilmu Falak  
Judul : **Algoritme Hisab Gerhana Bulan Menurut Rinto  
Anugraha dalam Buku Mekanika Benda Langit**

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

**26 Januari 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, 26 Januari 2017

Dewan Penguji,

Ketua Sidang,

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

Sekretaris Sidang

Drs. H. Maksun, M.Ag.  
NIP. 196805151993031002

Penguji I,

Dr. Rupi'i, M.Ag.

NIP. 197307021998031002



Penguji II,

Dr. Rokhmadi, M.Ag.

NIP. 196605181994031002

Pembimbing I,

Drs. H. Maksun, M.Ag.

NIP. 196805151993031002

Pembimbing II,

Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag.

NIP. 197205121999031003

## MOTTO

الشمس والقمر بحسبان

“Matahari dan Bulan (beredar) menurut perhitungan”.

(QS. Al-Rahman: 5)<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Departemen Agama Republik Indonesia, *Alquran Dan Terjemahnya*, (Semarang : CV.ALWAAH, th. 1993), hal. 531.

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi yang sangat sederhana ini penulis persembahkan untuk kedua orang tua penulis, Bapak H. Abdul Ghofur S.pdi dan Ibu Hj.Nailis Sa'adah yang tak henti-hentinya memberikan semangat dan dukungan kepada penulis, untuk adik penulis Muhammadiyah Syihab Adda, Ulya Fauziyah dan Muhammad al-Fatih serta saudara-saudara yang lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, dengan dukungan mereka baik dukungan moril ataupun materil maka penulis mampu untuk menyelesaikan studi ini.

Kepada Dosen Pembimbing Drs. H. Maksun, M. Ag.dan Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M.Ag yang selalu memberi nasihat dan arahan sehingga skripsi ini bisa diselesaikan. Semoga ilmu yang telah diberikan oleh ia-ia ini dapat penulis lakukan di dalam jenjang selanjutnya.

Kepada Murobbi Ruhii KH. Musthofa Imron S.Ag, KH. Arifin Fanani, KH. Hasan Fauzi, KH. Ahmadi Abdul Fatah Lc.

MA., KH. Ulil Nuha Arwani, KH. Ulil Albab Arwani, KH. Choirozad TA, KH. Ahmad Arwan, KH. Abdullah Khafidz yang selalu mendo'akan penulis, mengingatkan dan memberi ilmu agama kepada penulis yang selalu penulis harapkan aliran berkahnya.

Dan teman-teman “UNION” khususnya teman-teman satu atap di perumahan pasadena yang sama-sama berjuang mengerjakan skripsi bersama-sama. Tertawa bersama, belajar bersama, suka duka bersama sebuah kenangan yang tidak pernah akan penulis lupakan sepanjang hidup.

## DEKLARASI

Dengan kejujuran dan tanggung jawab, penulis menyatakan bahwa skripsi ini tidak berisi materi yang telah ditulis orang lain maupun diterbitkan orang lain ataupun berisi kekayaan intelektual orang lain kecuali informasi tersebut penulis jadikan sebagai rujukan dalam penulisan karya ilmiah ini.

Semarang 11 Januari 2017  
Deklarator



Alamul Yaqin  
NIM. 132611036

## ABSTRAK

Algoritme hisab gerhana Bulan dalam buku *Mekanika Benda Langit* karya dari Rinto Anugraha bersumber dari buku algoritme hisab gerhana Bulan Jean Meeus, tetapi terdapat beberapa perbedaan yaitu terdapat pemotongan rumus dan Rinto Anugraha menggunakan rumus delta T dari rumus *polynomial* delta T NASA, penulis tertarik untuk meneliti Algoritme hisab gerhana Bulan menurut Rinto Anugraha dalam buku *Mekanika Benda Langit* dan tingkat akurasi Algoritme hisab gerhana Bulan tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui algoritme hisab gerhana Bulan dalam buku *Mekanika Benda Langit* dan mengetahui tingkat akurasi hisab tersebut dengan melakukan analisis dengan data-data hisab gerhana Jean Meeus dalam *Astronomical Algorithms* serta data-data dalam buku *Canon of Lunar Eclipse 1500 B.C-A.D 3000* karya Bao-Lin Liu, Alan D.Fiala dan NASA.

Penelitian ini termasuk jenis *library research*. Data primer yang digunakan adalah buku *Mekanika Benda Langit* dan wawancara langsung dengan pengarang buku yaitu Rinto Anugraha. Data sekunder berupa dokumen-dokumen yang berhubungan dengan gerhana Bulan. Proses analisis menggunakan analisis deskriptif.

Penelitian ini menghasilkan dua temuan: *Pertama*, Algoritme hisab gerhana Bulan dalam buku *Mekanika Benda Langit* tergolong sebagai hisab *ḥakīkī kontemporer*, hal ini bisa dilihat dari data-data astronomis yang digunakan menggunakan data yang terbaru dan memakai Algoritme yang mutakhir. Algoritme hisab gerhana Bulan ini berdasarkan Algoritme Jean Meeus dalam buku *Astronomical Algorithms*. Dalam buku tersebut menggunakan *Julian day* serta menganut *epoch* baru tahun 2000, selain itu Jean Meeus dalam buku *Astronomical Algorithms* menggunakan aturan Danjon. Ada beberapa perbedaan yaitu koreksi-koreksi yang dibuang pada rumus T pangkat 3 dan 4 dalam

langkah hisab JDE (*Julian Day Ephemeris*), anomali rata-rata matahari ( $M$ ), anomali rata-rata Bulan ( $M'$ ), argumen lintang Bulan ( $F$ ), bujur titik naik Bulan omega ( $\Omega$ ), pemotongan tersebut karena algoritme hisab gerhana Bulan Rinto untuk tahun 1900-2200 dan rumus delta T menggunakan data *polynomial* NASA. Kedua, Algoritme hisab gerhana Bulan ini memiliki tingkat akurasi yang baik sebab selisih hasil hisabnya mempunyai selisih rata-rata terkecil +00:00:00,2 dan rata-rata terbesar +00:00:00,6 dengan data hisab gerhana Bulan Jean Meeus, serta mempunyai selisih rata-rata terkecil -00:00:20 dan rata-rata terbesar -00:03:36 dengan data gerhana Bulan dalam buku *Canon of Lunar Eclipse 1500 B.C-A.D 3000* karya Bao-Lin Liu, Alan D.Fiala, dengan NASA memiliki selisih rata-rata terkecil -00:00:08,1 dan rata-rata terbesar -00:01:02,83. Algoritme hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha perlu pengembangan yaitu penambahan untuk menghitung cakupan wilayah dan keadaan suatu tempat saat terjadi gerhana Bulan seperti yang dilakukan oleh NASA serta langkah untuk pengklasifikasian tipe gerhana Bulan.

*Keyword* : Gerhana Bulan, *Mekanika Benda Langit*, NASA, *Canon of Lunar Eclipse 1500 B.C-A.D 3000*.

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah, Tuhan Semesta Alam yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, dengan taufik dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Algoritme Hisab Gerhana Bulan Menurut Rinto Anugraha dalam Buku *Mekanika Benda Langit*” ini dengan baik. Shalawat dan salam, semoga senantiasa 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. Drs. H. Maksun, M.Ag., selaku Pembimbing I dan Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M.Ag., selaku Pembimbing II yang telah

meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dengan sabar dan tulus ikhlas untuk memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan skripsi ini.

2. Dr. Eng. Rinto Anugraha, M.Si. yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk wawancara dan berbagi pengetahuannya tentang buku *Mekanika Benda Langit*.
3. 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.
4. Kementerian Agama RI yang telah memberikan beasiswa kepada penulis selama mengenyam pendidikan di UIN Walisongo Semarang.
5. Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo Semarang dan Wakil-wakil Dekan yang telah memberikan izin kepada penulis untuk menulis skripsi tersebut dan memberikan fasilitas untuk belajar dari awal hingga akhir.

6. Seluruh jajaran pengelola Jurusan Ilmu Falak, atas segala didikan, bantuan dan kerjasamanya yang tiada henti. Penghargaan yang setinggi-tinggi saya berikan kepada Drs. H. Maksun, M. Ag, (Ketua Prodi Ilmu Falak), Ibu Siti Rofi'ah, S.HI., M.H., M.H., M.SI., selaku staff jurusan Ilmu Falak.
7. Dosen-dosen dan pengajar Ilmu Falak Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, Drs. H. Slamet Hambali, M.SI., Dr. H. Ahmad Izzuddin, M. Ag., Ahmad Syifaul Anam S.HI., M.H., Dr. Rupi'i Amri, M. Ag., Dr. KH. Muhammad Arja Imroni, M. Ag., semoga ilmu yang diajarkan berkah dan bermanfaat bagi penulis.
8. Seluruh guru penulis yang telah banyak memberikan ilmu dan pengetahuan serta didikan yang tak ternilai harganya
9. Keluarga Besar Pondok Pesantren YPMI al-Firdaus beserta seluruh pengurusnya khususnya kepada KH. Ali Munir

selaku pengasuh pondok yang selalu memberikan nasihat dan bimbingannya

10. Keluarga Besar UNION (*Unlimited Action of The Seventh Generation*) kebersamaan yang telah kita lalui bersama sungguh berkesan hingga akhir maut memisahkan khususnya kepada Nurlina yang selalu menemani dan memberi semangat kepada penulis, Ehsan yang menemani penulis penelitian, Masruhan, Arham, Hasib, Jahid, Syarif, Zuhri, Farabi, Jumal, Thobroni, Unggul, Amra, Enzam, Rizal, Kohar, Hafidh dan teman-teman yang lain.
11. Keluarga Besar CSSMoRA UIN Walisongo Semarang dan CSSMoRA Seluruh Indonesia, HMJ IF (Ilmu Falak).
12. 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 konstruktif dari pembaca demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca.

Penulis juga menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan yang disebabkan keterbatasan kemampuan penulis. Oleh karena itu penulis mengharap saran dan kritik konstruktif dari pembaca demi sempurnanya skripsi ini. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat nyata bagi penulis dan para pembaca.

## PEDOMAN TRANSLITERASI

Pedoman transliterasi yang digunakan adalah Sistem Transliterasi Arab – Latin Berdasarkan SKB Menteri Agama dan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI No. 158/1987 dan No. 0543 b/U/1987 tertanggal 22 Januari 1988.

### A. Konsonan Tunggal

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Nama
ا	Alif	-	Tidak Dilambangkan
ب	Ba	B	Be
ت	Ta	T	Te
ث	ṡa	ṡ	es (dengan titik diatas)
ج	Jim	J	Je
ح	Ḥa	Ḥ	Ha (dengan titik di bawah)
خ	Kha	Kh	Ka dan ha
د	Dal	D	De

ذ	Zal	Ẓ	Zet (dengan titik di atas)
ر	Ra	R	Er
ز	Zai	Z	Zet
س	Sin	S	Es
ش	Syin	Sy	Es dan Ye
ص	Ṣad	Ṣ	Es (dengan titik di bawah)
ض	Ḍad	Ḍ	De (dengan titik di bawah)
ط	Ṭa	Ṭ	Te (dengan titik di bawah)
ظ	Za	Ẓ	Zet (dengan titik di bawah)
ع	‘ain	‘	Koma terbalik (diatas)
غ	Gain	G	Ge
ف	Fa	F	Ef
ق	Qaf	Q	Ki
ك	Kaf	K	Ka
ل	Lam	L	El

م	Mim	M	Em
ن	Nun	N	En
و	Wau	W	We
ه	Ha	H	Ha
ء	Hamzah	'	Apostrof
ي	Ya	Y	Ye

## B. Konsonan Rangkap

Huruf konsonan rangkap atau huruf mati yang diletakkan beriringan karena sebab dimasuki harokat *Tasydid* atau dalam keadaan *Syaddah* dalam penulisan Latin ditulis dengan merangkap dua huruf tersebut.

Misal: بَيْنَ = *bayyana*

## C. Vokal

### 1. Vokal Pendek

´ = Fathah ditulis “a” contoh فَتْحَ *fataha*

◌ = Kasroh ditulis “i” contoh عَلِمَ *alima*

' = Dammah ditulis “u” contoh يَذْهَبُ *yazhabu*

## 2. Vokal Rangkap

يُ+ = Fathah dan ya mati ditulis “ai” contoh كَيْفَ *kaifa*

وُ+ = Fathah dan wau mati ditulis “au” contoh حَوْلَ *ḥaula*

## 3. Vokal Panjang

ا+ = Fathah dan alif ditulis ā contoh قَالَ *qāla*

ي+ = Kasroh dan ya ditulis ī contoh قِيلَ *qīla*

و+ = Dammah dan wau ditulis ū contoh يَقُولُ *yaqūlu*

## D. *Ta' Marbuṭah*

Ada tiga ketentuan yang berkaitan dengan penulisan *ta' marbuṭah* diantaranya adalah

1. Bila dimatikan karena berada pada posisi satu maka penulisan *ta' marbuṭah* dilambangkan dengan h.

Misal : مَدْرَسَةٌ ditulis dengan *madrrasah*

2. Bila dihidupkan karena beriringan dengan kata lain yang merupakan kata yang berangkaian (satu frasa) maka ditulis dengan ketentuan menyambung tulisan dengan menuliskan *ta' marbutah* dengan huruf t serta menambahkan vokal.

Misal: نِعْمَةُ اللَّهِ ditulis *ni'matullāh*

3. Bila diikuti dengan kata sandang Alif dan lam dan terdiri dari dua kata yang berbeda, maka penulisannya dengan memisah kata serta dilambangkan dengan huruf h.

Misal: الْمَدِينَةُ الْمُنَوَّرَةُ ditulis *al-Madīnah al-Munawwarah*.

## E. Hamzah

Huruf hamzah ( ء ) di awal kata ditulis dengan vokal tanpa didahului oleh tanda apostrof ( ' ). Contoh: إِيْمَان = īman

## F. *Lafzul Jalalah*

*Lafzul - jalalah* (kata الله) yang berbentuk frase nomina ditransliterasikan tanpa hamzah. Contoh: عَبْدُ اللهِ = *'Abdullah*

## G. Kata Sandang “al-“

1. Kata sandang Alif dan Lam tetap ditulis “al-“, baik pada kata yang dimulai dengan huruf *qamariah* maupun *syamsiah*.
2. Huruf “a” pada kata sandang “al-“ tetap ditulis dengan huruf kecil.
3. Kata sandang “al-“ di awal kalimat dan pada kata “al-Qur’an” ditulis dengan huruf kapital.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN NOTA PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN MOTTO .....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
HALAMAN DEKLARASI.....	viii
HALAMAN ABSTRAK.....	ix
HALAMAN KATA PENGANTAR.....	xi
PEDOMAN TRANSLITERASI.....	xvi
HALAMAN DAFTAR ISI.....	xxii
<b>BAB I      PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah .....	7
C. Tujuan Penulisan .....	7
D. Manfaat Penelitian.....	7
E. Telaah Pustaka.....	8
F. Metodologi Penelitian.....	14
G. Sistematika penulisan.....	18
<b>BAB II      FIKIH      DAN      ALGORITME      HISAB</b>	
<b>                 GERHANA BULAN</b>	
A. Pengertian Gerhana .....	21

B. Dasar Hukum Gerhana .....	25
C. Objek Gerhana Bulan .....	32
D. Geometri dan Macam-Macam Gerhana Bulan .....	42
E. Siklus Gerhana Bulan .....	45
F. Fakta Mengenai Gerhana Bulan .....	48
G. Macam-Macam Algoritme Hisab Gerhana Bulan .....	52
 <b>BAB III ALGORITME HISAB GERHANA BULAN MENURUT RINTO ANUGRAHA DALAM BUKU <i>MEKANIKA BENDA LANGIT</i></b>	
A. Biografi Intelektual Rinto Anugraha .....	81
B. Algoritme-Algoritme Hisab dalam Buku <i>Mekanika Benda Langit</i> .....	85
C. Algoritme Hisab Gerhana Bulan Menurut Rinto Anugraha dalam Buku <i>Mekanika Benda Langit</i> .....	89
 <b>BAB IV ANALISIS ALGORITME HISAB GERHANA BULAN MENURUT RINTO ANUGRAHA DALAM BUKU <i>MEKANIKA BENDA LANGIT</i></b>	
A. Analisis Algoritme Hisab Gerhana Bulan Menurut Rinto Anugraha dalam Buku <i>Mekanika Benda Langit</i> ....	95

B. Analisis Tingkat Akurasi Algoritme Hisab Gerhana Bulan Menurut Rinto Anugraha dalam Buku <i>Mekanika Benda Langit</i> .....	110
--	-----

## **BAB V KESIMPULAN**

A. Kesimpulan.....	171
B. Saran-Saran .....	172
C. Penutup.....	173

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN-LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Gerhana Bulan merupakan fenomena yang langka dan menarik untuk dikaji bagi para ahli falak, maka dari itu banyak tokoh ilmu falak di Indonesia yang sudah menelurkan karya-karya berupa kitab yang membahas tentang gerhana Bulan. Diantaranya adalah Muhammad Mansur bin Abdul Hamid Dumairi al-Battawi dalam kitab yang berjudul *Sullam al-Nayyiraini fī ma'rifati Ijtima'i wa al-Khusūfaini* yang pertama kali dicetak tahun 1344 H/ 1925 M oleh percetakan Borobudur, Batavia. Buku *Sullam al-Nayyirain* ini oleh penyusunnya dibagi menjadi tiga risalah. Risalah pertama berjudul *Risālah al-Ūla fī Ma'rifah al-Ijtima'aini Nayyirain* yakni memuat hisab ijtima', *irtifa'ul hilal*, dan umur hilal. Risalah kedua berjudul *Risālah al-Šaniyah fī ma'rifah al-Khusūf al-Qamar* yakni memuat hisab gerhana Bulan dan yang ketiga berjudul *Risālah al-Šalīshah fī ma'rifati kusūf al-Syams* yakni memuat Algoritme hisab gerhana Matahari.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004), hlm. 30.

Penelitian individual Ahmad Izzuddin yang berjudul *Melacak Pemikiran Hisab Rukyah Tradisional (Studi atas Pemikiran Muhammad Mas Manshur Al-Batawi)*, dalam penelitian ini diketahui bahwa pemikiran hisab Muhammad Mas Manshur al-Batawi masih menggunakan teori *geocentris*<sup>2</sup> yaitu teori yang menganggap Bumi menjadi pusat perputaran bintang-bintang, planet-planet termasuk di dalamnya adalah Matahari dan Bulan.<sup>3</sup>

Zubair Umar al-Jailani, berasal dari Bojonegoro namun kemudian menetap di Salatiga sampai wafat tanggal 24 Jumadil Awal 1401 H atau 10 Desember 1990 M. Zubair ini menyusun buku ilmu falak dengan judul *al-Khulāṣah al-Wafiyah fī al-Falak bi Jadwal al-Lugharitmīyah*. Bukunya ini dicetak pertama pada tahun 1354 H/ 1935 M oleh percetakan Melati, Solo, kemudian pada tahun 1955 direvisi dan dicetak ulang oleh percetakan Menara Kudus.

Kitab *al-Khulāṣah al-Wafiyah*<sup>3</sup> ini cukup lengkap karena memuat hisab penanggalan secara *urfi*, pengetahuan teoritis falakiah yang meliputi sekilas pendapat para ahli

---

<sup>2</sup> Ahmad Izzuddin, *Melacak Pemikiran Hisab Rukyah Tradisional (Studi atas Pemikiran Muhammad Mas Manshur al-Batawi)*, Penelitian Individual, (Semarang : Perpustakaan IAIN Walisongo, 2004), hlm. 45.

<sup>3</sup> Slamet Hambali, *Astronomi Islam dan Teori Heliocentris Nicolaus Copernicus* dalam *Jurnal Al-Ahkam; Jurnal Pemikiran Hukum Islam*, Vol. 23 No. 2, Th. 2013, hlm. 228.

astronomi tempo dulu, Bumi dan geraknya masing-masing; hisab awal Bulan yang meliputi *ijtima'*, *irtifa' al-Hilal*, arah hilal, umur hilal, dan nurul hilal, hisab gerhana Bulan dan gerhana Matahari.<sup>4</sup>

Kitab *Fath al-Ra'uf al-Mannān* adalah sebuah kitab yang disusun oleh Abu Hamdan Abdul Jalil, lahir di Bulumanis Kidul Margoyoso Pati Jawa Tengah pada tanggal 12 Juli tahun 1905. Menurut hasil dari laporan penelitian Ahmad Izzuddin M.Ag<sup>5</sup>, ia adalah seorang Ulama yang ahli dalam bidang fiqh, bahasa dan juga falak. Ia terkenal sebagai pakar ilmu falak dengan karya monumentalnya kitab *Fath al-Ra'uf al-Mannān*.

Kitab tersebut menjelaskan bahwa gerhana Bulan hanya terjadi ketika *istiqbal* yaitu bila Bulan masuk ke dalam inti bayangan Bumi. Gerhana Bulan hanya timbul pada waktu malam hari dan Bulan purnama. Adapun gerhana Matahari tidak akan terjadi kecuali pada akhir Bulan, dapat diibaratkan bila Bumi masuk ke dalam inti bayangan Bulan.<sup>6</sup> Algoritme yang dipakai dalam kitab *Fath al-Ra'uf al-Mannān* masih klasik, yaitu Algoritme hisab *ḥaqīqi bi al-Taqrīb* yang masih

---

<sup>4</sup> Muhyiddin Khazin, *Ilmu...* hlm. 32.

<sup>5</sup> Ahmad Izzuddin, *Pemikiran Hisab Rukyah Abdul Jalil*, Penelitian Individual IAIN Walisongo Semarang, 2005, hlm. 30-39.

<sup>6</sup> Ahmad Ma'ruf Maghfur, *Studi...* hlm. 8.

berpangkal pada *zaij*<sup>7</sup> Ulugh Beigh dan sistem hisabnya didasarkan pada teori *geosentris*.<sup>8</sup>

Banyak buku yang dibuat oleh pakar di bidang lain seperti Fisika, Geodesi, Astronomi yang memiliki keahlian dalam ilmu falak juga melakukan penelitian- penelitian mengenai ilmu falak dan ikut juga dalam kegiatan yang berkaitan dengan falak seperti rukyatul hilal. Selain itu ada juga yang membuat buku mengenai ilmu falak khususnya mengenai gerhana Bulan yang menggunakan Algoritme hisab *ḥaqīqi kontemporer* yaitu lanjutan sistem *hisab ḥaqīqi taḥqīq* yang diprogram dalam komputer yang sudah disesuaikan dengan perkembangan ataupun temuan temuan baru. Dan sistem hisab ini adalah sistem hisab yang paling menonjol dan banyak digunakan oleh ahli falak sekarang ini. Hisab *ḥaqīqi kontemporer* sendiri tertuang dalam beberapa model. Ada yang berbentuk data yang disajikan dalam bentuk tabel seperti *Astronomical Almanac* dan Ephemeris. Sedangkan

---

<sup>7</sup> *Zaij* adalah tabel data astronomi benda-benda langit. Disebut pula dengan Ephemeris. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005), hlm. 92.

<sup>8</sup> Ahmad Ma'ruf Maghfur, *Studi Analisis Hisab Gerhana Bulan dan Matahari dalam Kitab Fath al-Ra'uf al-Mannān*, Skripsi Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang tahun 2012, hlm. 64.

yang lain dalam sebuah program komputer seperti mawaqit karya Ing Khafid.<sup>9</sup>

Salah satunya adalah buku *Mekanika Benda Langit* karya Rinto Anugraha yang merupakan fisikawan Indonesia yang mendapat gelar Doktor Fisika dari *Kyushu University* Jepang dan saat ini menjabat sebagai dosen fisika Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Ia memiliki kompetensi di bidang fisika terkait dengan relativitas umum, kosmologi, fisika matematik, elektromagnetika, *liquid crystal*, simulasi magnetik, dan chaos, sementara dalam ilmu hisab ia menguasai teori dan komputasi.<sup>10</sup>

Dalam buku *Mekanika Benda Langit* yang ditulis oleh Rinto Anugraha memuat banyak kajian tentang ilmu falak yaitu Waktu dan Kalender, Bumi dan Koordinat Bola, Posisi Matahari, Posisi Bulan, Fase-Fase Bulan, Gerhana, dan Kapita Selekta, selain itu juga ada hisab arah kiblat dan waktu salat.<sup>11</sup> Sedangkan terkait gerhana Bulan sendiri ia

---

<sup>9</sup> Sukarni, *Metode Hisab Gerhana Bulan Ahmad Ghozali dalam Kitab Irsyād al-Murīd*, Skripsi Fakultas Syari'ah UIN Walisongo Semarang, 2014, hlm. 79.

<sup>10</sup> Jafar Shodiq, *Studi Analisis Hisab Gerhana Matahari Menurut Rinto Anugraha dalam Buku Mekanika Benda Langit*, Skripsi Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang tahun 2016, hlm 5-6.

<sup>11</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, (Yogyakarta: Jurusan Fisika FMIPA UGM, 2012), hlm. iv-vi.

menggunakan Algoritme Jean Meeus<sup>12</sup> tetapi terdapat beberapa koreksi yang tidak digunakan oleh ia dalam menghitung gerhana Bulan dan Rinto anugraha menggunakan rumus *polynomial* delta T NASA serta dalam buku tersebut Rinto Anugraha membandingkan Algoritme hisab gerhana Bulan Jean Meeus dengan Bao Lin Liu yang merupakan seorang Profesor Riset dan Anggota dari *Chinese Astronomical Society dan International Astronomical Union* dan Alan D. Fiala adalah Dewan Direktur dari *Orbital Mechanics Department* dan juga anggota dari *International Astronomical Union*<sup>13</sup> dalam buku *Canon of Lunar Eclipse 1500 B.C- A.D 3000 dan NASA* atau *National Aeronautics and Space Administration*.

Dari Algoritme hisab yang ada tersebut diatas penulis tertarik untuk menganalisa lebih lanjut mengenai hisab gerhana Bulan dalam buku *Mekanika Benda Langit* karya Rinto Anugraha.

---

<sup>12</sup> Jean Meeus adalah seorang ahli astronomi Belgia. Diantara karyanya *Astronomical Formula for Calculator*, pertama kali diterbitkan oleh Willman-Bell, Inc, virgimia, tahun 1978 dan bukunya yang berjudul *Astronomical Algorithms*, diterbitkan oleh Willman-Bell. Inc, Virginia, tahun 1991. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus*,... hlm. 110.

<sup>13</sup> Bao Lin Liu, Alan D. Fiala, *Canon of Lunar Eclipse 1500 B.C- A.D 3000*, (Virginia: Willman-Bell, Inc, 1983), hlm.216.

## **B. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana Algoritme hisab gerhana Bulan yang dikemukakan oleh Rinto Anugraha dalam buku *Mekanika Benda Langit*?
2. Bagaimana tingkat akurasi Algoritme hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha dalam buku *Mekanika Benda Langit*?

## **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui Algoritme hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha dalam buku *Mekanika Benda Langit*.
2. Untuk mengetahui tingkat akurasi algoritme hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha dalam buku *Mekanika Benda Langit*

## **D. Manfaat Penelitian**

1. Menambah khazanah keilmuan falak yang menyangkut mengenai gerhana Bulan.
2. Memberikan contoh Algoritme hisab gerhana Bulan Jean Meeus yang sistematis dan mudah untuk dipahami.
3. Memberikan teori dan aplikasi dalam hisab gerhana Bulan.

4. Sebagai bahan rujukan untuk mahasiswa falak ataupun jurusan lain untuk menjadi bahan penelitian lanjut.

## E. Telaah Pustaka

Berikut penelitian-penelitian yang membahas mengenai gerhana guna mengetahui bahwa penelitian penulis belum pernah dibahas sebelumnya yaitu:

Penelitian Yadi setiadi yang berjudul *Akurasi perhitungan terjadinya gerhana dengan rubu' al-mujayyab*<sup>14</sup> membahas mengenai akurasi *rubu' al-mujayyab* sebagai alat bantu hitung untuk menentukan hisab terjadinya gerhana menggunakan rumus hitung muhyiddin khazin dalam buku ilmu falak dalam teori dan praktik. Dalam hasil penelitiannya ditemukan *rubu' al-mujayyab* sudah cukup akurat dengan kehatia-hatian dan ketelitian dalam penggunaannya untuk menentukan terjadinya gerhana. Skripsi ini berbeda dengan skripsi yang akan diangkat oleh penulis yang berfokus pada Algoritme, tingkat akurasi hisab bukan mengenai Algoritme dan akurasi alat bantu hitung.

Penelitian Wahyu Fitria yang berjudul *Studi Komparatif Hisab Gerhana Bulan dalam kitab Khulaṣah al-*

---

<sup>14</sup> Yadi Setiadi, *Akurasi perhitungan terjadinya gerhana dengan rubu' al-mujayyab*, Skripsi Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang tahun 2012.

*Wafiyah dan Ephemeris*<sup>15</sup>, skripsi ini menerangkan mengenai komparasi Algoritme hisab gerhana Bulan dari kitab *Khulāṣah al-Wafiyah* dan Ephemeris, selain itu juga membahas mengenai dasar hukum yang digunakan dalam kitab *Khulāṣah al-Wafiyah* dan Ephemeris. Skripsi ini berbeda dengan skripsi yang akan penulis teliti karena skripsi ini fokus pada kitab *Khulāṣah al-Wafiyah* dan Ephemeris sedangkan penulis fokus pada hisab gerhana Bulan dalam buku *Mekanika Benda Langit* yang mengacu pada hisab gerhana Bulan Jean Meeus.

Penelitian Ahmad Ma'ruf Maghfur yang berjudul *Studi Analisis Hisab Gerhana Bulan dan Matahari dalam Kitab Fath al-Ra'uf al-Mannān*<sup>16</sup>. Skripsi ini membahas mengenai Algoritme hisab dari kitab *Fath al-Ra'uf al-Mannān* karya Abu Hamdan Abdul Jalil dan akurasiya mengenai penentuan waktu terjadinya gerhana Matahari dan Bulan. Dalam skripsi ini membahas mengenai hisab Kitab *Fath al-Ra'uf al-Mannān*<sup>17</sup>. Sedangkan Skripsi yang akan penulis bahas Algoritme hisab gerhana Bulan menurut Rinto Anugraha yang berdasarkan algoritme hisab gerhana Bulan

---

<sup>15</sup> Wahyu Fitria, *Studi...*

<sup>16</sup> Ahmad Ma'ruf Maghfur, *Studi...*

<sup>17</sup> Ptolomeus adalah seorang ahli astronomi Iskandaria (90-168 M) yang berpendapat sesuai dengan pandangan Aristoteles tentang kosmos. Lihat Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus...* hlm. 114.

Jean Meeus, berbeda pada objek yang dikaji serta penulis hanya focus pada algoritme hisab gerhana Bulan.

Penelitian Zaenudin Nurjaman yang berjudul *Sistem Hisab Gerhana Bulan Analisis Pendapat KH. Noor Ahmad SS dalam Kitab Nūr al-Anwār*<sup>18</sup>. Skripsi ini menganalisis serta merumuskan Algoritme yang dapat digunakan untuk mencari data tahun hijriyah dengan memanfaatkan data interval yang telah ditelusuri sebelumnya. Kemudian memformulasikan rumus tersendiri. Dengan demikian, data-data selain yang ada di kitab *Nūr Al- Anwār* (selain tahun – 149 H sampai 3000 H) dapat dicari dengan rumus yang diformulasikan sendiri oleh penulis skripsi yaitu Zaenudin Nurjaman. Berbeda dengan skripsi penulis, skripsi ini fokus pendapat KH. Noor Ahmad SS dalam Kitab Nur al-Anwar tentang hisab gerhana Bulan yang data astronomisnya bersumber dari kitab *Al-Mathla Al-Sa'id* dengan menggunakan *epoch*<sup>19</sup> Jepara . Sedangkan penulis berfokus pada hisab gerhana Bulan dalam buku *Mekanika Benda Langit* yang menggunakan Algoritme Jean Meeus.

---

<sup>18</sup> Zaenudin Nurjaman, *Sistem Hisab Gerhana Bulan Analisis Pendapat KH. Noor Ahmad SS dalam Kitab Nūr al-Anwār*, Skripsi Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang tahun 2012.

<sup>19</sup> *Epoch* adalah pangkal tolak untuk menghitung. Dalam bahasa arab biasa disebut *Mabda' at-Tarikh*, dalam penggunaannya lebih populer dengan *Mabda'*. Sedangkan dalam bahasa inggris disebut *Principle of Motion*. Lihat Susiknan Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*, (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, cet. Ke 3, 2012) hlm. 62.

Penelitian yang dilakukan oleh Khotibul umam yang berjudul *Metode Hisab Gerhana Matahari KH. Ahmad Ghozali dalam Kitab Irsyād al-Murīd*<sup>20</sup> skripsi ini menggunakan kitab *Irsyād al-Murīd*. Skripsi ini membahas mengenai gerhana Matahari berikut Algoritme dan akurasinya dengan NASA. Di dalam skripsi ini dikatakan bahwa kitab *Irsyād al-Murīd* merujuk pada buku *Astronomical Algortihm* karya Jean Meeus. Tetapi diformulasikan sendiri oleh pengarang kitab telah memodifikasi hisab gerhana Matahari dalam kitabnya seperti pada perumusan  $T$ , *Frac*<sup>21</sup> dan *epoch* yang digunakan. Sedangkan penulis berfokus pada hisab gerhana Bulan dalam buku *Mekanika Benda Langit* yang menggunakan Algoritme hisab gerhana Bulan Jean Meeus.

Penelitian Sukarni yang berjudul *Metode Hisab Gerhana Bulan Ahmad Ghozali dalam Kitab Irsyād al-Murīd*<sup>22</sup> membahas Algoritme hisab gerhana Bulan kitab *irsyādul murīd* karya Ahmad Ghozali serta akurasinya dibandingkan dengan NASA. Skripsi ini hampir sama dengan skripsi Khotibul Umam karena menggunakan kitab yang

---

<sup>20</sup> Khotibul Umam, *Metode Hisab Gerhana Matahari KH. Ahmad Ghozali dalam Kitab Irsyād al-Murīd*, Skripsi Fakultas Syari'ah UIN Walisongo Semarang, 2014.

<sup>21</sup> *Frac* merupakan kepanjangan dari fraction yang berfungsi untuk mengambil angka di belakang koma. Lihat Sukarni, *Metode*,... hlm. 60.

<sup>22</sup> Sukarni, *Metode*,...

sama tetapi Sukarni membahas hisab gerhana Bulan sedangkan Khothibul Umam mengkaji hisab gerhana Matahari. Berbeda dengan skripsi penulis yang membahas algoritme hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha.

Penelitian Hanik Maridah, *Studi Analisis Hisab Gerhana Bulan dalam Kitab Maslak al-Qāṣid Ila Amal al-Rāṣid Karya K.H. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah*<sup>23</sup> membahas kitab yang dikarang oleh pengarang yang sama dari *Irsyād Al-Murīd* yaitu K.H. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah, tetapi berbeda dengan kitab *Irsyād al-Murīd* terdapat tabel-tabel yang merupakan salah satu langkah-langkah kitab klasik, skripsi ini membahas mengenai Algoritme dan akurasi dalam penentuan waktu gerhana Bulan. Skripsi ini berbeda dengan skripsi yang akan penulis kaji karena Algoritme hisab yang digunakan berupa tabel merupakan ciri hisab klasik dan sumber kitab yang digunakan *Maslak al-Qāṣid Ila Amal Al-Rāṣid*. Sedangkan skripsi penulis tidak menggunakan tabel dan menggunakan buku *Mekanika benda langit*.

Penelitian Jafar Shodiq, *Studi Analisis Metode Hisab Gerhana Matahari Menurut Rinto Anugraha Dalam Buku*

---

<sup>23</sup> Hanik Maridah, *Studi Analisis Hisab Gerhana Bulan dalam Kitab Maslak al-Qāṣid Ilā Amal Ar-Rāṣid Karya K.H. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah*, Skripsi Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2015.

*Mekanika Benda Langit*<sup>24</sup>, skripsi ini meneliti mengenai Algoritme hisab gerhana Matahari dalam buku *Mekanika Benda Langit* karya Rinto Anugraha serta akurasi hisabnya. Berbeda dengan skripsi jafar shodiq, penulis akan meneliti pada bagian hisab gerhana Bulan dalam buku *Mekanika Benda Langit*.

Penelitian Bashori Alwi, *Penentuan Gerhana Bulan dengan Program Aplikasi Berbasis VSOP87 dan ELP2000*, tesis ini menjelaskan mengenai penentuan gerhana Bulan menggunakan Aplikasi SAMAWAT yang menggunakan Algoritme VSOP87 dan ELP2000 kemudian dibandingkan dengan data NASA yang telah dirilis, dimana menghasilkan ketelitian akurasi yang sangat tinggi, pembahasan tesis ini berbeda dengan skripsi yang saya angkat dikarenakan perbedaan penggunaan Algoritme, skripsi saya menggunakan Algoritme Jean Meeus yang terdapat dalam buku *Mekanika Benda Langit*, sedangkan tesis ini menggunakan Algoritme VSOP87 dan ELP2000.<sup>25</sup>

Dari berbagai penelitian diatas, kebanyakan meneliti mengenai kitab falak baik yang modern maupun yang klasik, masih jarang yang membahas mengenai buku falak yang dikarang oleh fisikiwan atau para ahli di bidang yang lain

---

<sup>24</sup> Jafar Shodiq, *Studi...*

<sup>25</sup> Bashori Alwi, *Penentuan Gerhana Bulan dengan Program Aplikasi Berbasis VSOP87 dan ELP2000*, Tesis Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011.

yang konsern dengan ilmu falak. Maka dari itu saya membahas hisab gerhana Bulan dalam buku *Mekanika Benda Langit*.

## F. Metodologi Penelitian

### 1. Jenis Penelitian

Penelitian ini tergolong penelitian kepustakaan (*Library Research*) yaitu penelitian yang dilakukan dengan menelaah bahan-bahan pustaka yang pada skripsi ini berupa buku *Mekanika Benda Langit* karya Rinto Anugraha. Dalam penelitian ini penulis menggunakan jenis penelitian Kualitatif karena penelitian yang dilakukan pada kondisi alamiah (*natural setting*) tanpa campur tangan dari penulis.<sup>26</sup>

### 2. Sumber Data

Apabila dilihat dari sumber datanya, maka pengumpulan data dapat menggunakan data primer dan sekunder.

#### a. Data Primer

Data primer atau data tangan pertama adalah data yang diperoleh langsung dari subjek penelitian

---

<sup>26</sup> Sugiyono, *Metode Penelitian, (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*, (Bandung : Alfabeta, cet. Ke 10, 2010), hlm. 14-15.

sebagai sumber informasi yang diteliti.<sup>27</sup> Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah buku *Mekanika Benda Langit* karya dari Rinto Anugraha dan wawancara dengan pengarang buku *Mekanika Benda Langit* yaitu Rinto Anugraha.

#### b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh lewat pihak lain, tidak secara langsung diperoleh oleh peneliti dari subjek penelitiannya<sup>28</sup> dan biasanya telah tersusun dalam bentuk dokumen-dokumen.<sup>29</sup> Data sekunder diperoleh penulis dari dokumentasi berupa tulisan-tulisan tentang gerhana, ensiklopedi, kamus, artikel-artikel, buku-buku dan jurnal. Penulis menggunakan buku Jean Meeus yaitu *Astronomical Algorithms* dan *Canon of Lunar Eclipse 1500 B.C.-A.D.3000* karya Bao-Lin Liu, Alan D.Fiala serta data-data NASA yang terdapat dalam websitenya sebagai data sekunder.

---

<sup>27</sup> Saifuddin Azwar, *Metode Penelitian*, (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, cet. Ke 1 1998), hlm 91.

<sup>28</sup> Saifuddin Azwar, *Metode Penelitian*,... hlm. 91.

<sup>29</sup> Sumadi Suryabrata, *Metodologi Penelitian*, (Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada, 2011), hlm. 39.

### 3. Metode Pengumpulan Data

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

#### a. Dokumentasi

Dokumen sudah lama digunakan dalam penelitian sebagai sumber data karena dalam banyak hal dokumen sebagai sumber data dimanfaatkan untuk menguji, menafsirkan bahkan meramalkan.<sup>30</sup> Penulis memperoleh data yang diperlukan pada penelitian ini dengan meneliti buku *Mekanika Benda Langit* karya Rinto Anugraha selain itu penulis mengumpulkan tulisan-tulisan atau data yang berkaitan dengan gerhana.

#### b. Wawancara<sup>31</sup>

Penulis memakai wawancara sebagai metode pengumpulan data untuk menggali informasi dan

---

<sup>30</sup> Lexy J. Moleong, *Metodologi Penelitian Kualitatif*, (Bandung: PT. Remaja Rosdakarya, cet. Ke 35, 2016), hlm. 217.

<sup>31</sup> Wawancara adalah proses tanya jawab dalam penelitian yang berlangsung secara lisan dalam mana dua orang atau lebih bertatap muka mendengarkan secara langsung informasi-informasi atau keterangan-keterangan. Cholid Narbuko, Abu Achmadi, *Metodologi Penelitian*, (Jakarta : Bumi Aksara, 2010), hlm. 83.

mengetahui hal-hal dari responden yang lebih mendalam. Dalam skripsi ini wawancara dilakukan kepada Rinto Anugraha selaku pengarang buku *Mekanika Benda Langit*.

#### 4. Teknik Analisis Data

Data penelitian yang telah terkumpul kemudian penulis analisis dengan menggunakan metode analisis deskriptif. Analisis deskriptif yaitu menggambarkan sifat atau keadaan yang dijadikan objek dalam penelitian<sup>32</sup>, sehingga diperoleh gambaran data yang sistematis dan dimungkinkan untuk diambil kesimpulan. Dalam hal ini penulis menggambarkan secara umum Algoritme hisab gerhana Bulan menurut Rinto Anugraha, kemudian menguraikan secara jelas konsep Rinto Anugraha tentang Algoritme hisab gerhana Bulan. Selanjutnya, penulis melakukan analisis hisab untuk mengetahui tingkat akurasi algoritme hisab gerhana Bulan dalam buku *Mekanika Benda Langit* dengan Algoritme hisab gerhana Bulan Jean Meeus dalam buku *Astronomical Algorithms* data gerhana Bulan dalam buku *Canon of Lunar Eclipse 1500 B.C-A.D 3000* karya Bao-Lin Liu,

---

<sup>32</sup> Tim Penyusun Fakultas Syari'ah IAIN Walisongo, Pedoman Penulisan Skripsi, (Semarang : Fakultas Syari'ah IAIN Walisongo, 2008), hlm. 13

Alan D.Fiala dan data gerhana Bulan dari NASA yang ditampilkan pada website resminya yang secara spesifik membahas gerhana Bulan. Website tersebut adalah [www.eclipse.gsfc.nasa.gov/lunar.html](http://www.eclipse.gsfc.nasa.gov/lunar.html)

## G. Sistematika Penulisan

Penelitian ini secara garis besar terbagi menjadi lima bab dan dalam setiap bab nya terdapat beberapa sub bab pembahasan, yaitu:

Bab I: Pendahuluan. Bab ini berisi Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penulisan, Telaah Pustaka, Metode Penelitian, Sistematika Penelitian.

Bab II: Fikih dan Algoritme Hisab Gerhana Bulan. Bab ini berisi meliputi pengertian gerhana secara umum, dasar hukum gerhana, objek gerhana Bulan, geometri dan macam-macam gerhana Bulan, siklus gerhana, fakta mengenai gerhana, macam-macam algoritme hisab gerhana Bulan.

Bab III: Algoritme Hisab Gerhana Bulan Rinto Anugraha dalam Buku *Mekanika Benda Langit*. Bab ini berisi tentang biografi intelektual Rinto Anugraha, pemaparan umum Algoritme-Algoritme hisab dalam buku *Mekanika Benda Langit* dan Algoritme gerhana Bulan Rinto Anugraha dalam buku *Mekanika Benda Langit*.

Bab IV: Analisis Algoritme Hisab Gerhana Bulan Rinto Anugraha dalam buku *Mekanika Benda Langit*. Bab ini berisi mengenai analisis Algoritme hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha dalam Buku *Mekanika Benda langit* serta mengetahui tingkat akurasi Algoritme hisab yang digunakan oleh Rinto Anugraha dengan melakukan analisis hasil hisab dengan 3 data hisab gerhana Bulan yaitu Algoritme hisab gerhana Bulan Jean Meeus dalam buku *Astronomical Algorithms*, data-data gerhana Bulan yang terdapat dalam buku *Canon of Lunar Eclipse 1500 B.C-A.D 3000* karya Bao-Lin Liu, Alan D.Fiala dan data-data gerhana Bulan yang dikeluarkan oleh NASA.

Bab V: Penutup. Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian, saran-saran dan penutup.



## BAB II

### FIKIH DAN ALGORITME HISAB GERHANA BULAN

#### A. Pengertian Gerhana Secara Umum

Gerhana, dalam bahasa Inggris dikenal dengan istilah *Eclipse*<sup>33</sup> yang berarti gerhana baik untuk gerhana Matahari maupun gerhana Bulan dan juga bisa diartikan kemunduran.<sup>34</sup> Namun dalam penyebutannya, didapat dua istilah *Eclipse of The Sun* untuk gerhana Matahari, dan *Eclipse of The Moon* untuk gerhana Bulan juga digunakan istilah *Solar Eclipse* untuk gerhana Matahari, dan *Lunar Eclipse* untuk gerhana Bulan.

Sedangkan gerhana dalam bahasa Arab dengan *Kusūf* atau *Khusūf*. Kedua kata tersebut dipergunakan baik untuk 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-qamr*).<sup>35</sup>

---

<sup>33</sup> Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004), hlm. 187.

<sup>34</sup> John M. Echols-Hasan Syadily, *Kamus Indonesia-Inggris Updated Edition*, (Jakarta : PT Gramedia, 2014), hlm. 259.

<sup>35</sup> Sub Direktorat Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah Direktorat Jenderal Bimbingan

*Kusūf* diartikan menutupi.<sup>36</sup> Ini menggambarkan adanya fenomena alam bahwa (dilihat dari Bumi) Bulan menutupi Matahari, sehingga terjadi gerhana Matahari.<sup>37</sup> Sedangkan *Khusūf* memiliki arti banyak diantaranya menembus, melubangi, berkurang.<sup>38</sup> Menggambarkan adanya fenomena alam bahwa Bulan memasuki bayangan Bumi, sehingga terjadi gerhana Bulan.<sup>39</sup>

Adapun yang masyhur menurut ahli fikih (*fuqaha*) bahwa lafazh *Kusūf* adalah untuk gerhana Matahari, sedangkan *Khusūf* adalah untuk gerhana Bulan, sebagaimana pendapat Tsa'lab. Al jauhari menyebutkan bahwa yang demikian lebih fasih (baku). Al Qadhi Iyadh menukil dari sebagian *fuqaha* pendapat yang sebaliknya (*Khusūf* untuk Matahari dan *Kusūf* untuk Bulan).

Sebagian ulama berpendapat bahwa lafazh *Kusūf* dan *Khusūf* dapat digunakan untuk menyatakan keduanya (yakni gerhana Matahari dan gerhana Bulan), sebagaimana yang tercantum dalam hadits-hadits Nabi SAW. Akan tetapi tidak diragukan lagi bahwa makna lafazh *usūf* berbeda dengan

---

Masyarakat Islam Kementerian Agama Republik Indonesia, *Ilmu Falak Praktik*, (Jakarta: Direktorat Peradilan Agama, 2013), hlm. 109

<sup>36</sup> A.W. Munawwir, *Kamus Al-Munawwir Arab-Indonesia Lengkap*, (Surabaya: Pustaka Progresif, 1984), hlm. 1209.

<sup>37</sup> Muhyiddin Khazin, *Ilmu,...* hlm. 187.

<sup>38</sup> A.W. Munawwir, *Kamus,...* hlm. 339.

<sup>39</sup> Muhyiddin Khazin, *Ilmu,...* hlm. 187.

*khusūf* dalam tinjauan bahasa. *Kusūf* berarti berubah menjadi hitam, sedangkan *khusūf* berarti kekurangan dan kehinaan.

Apabila lafazh *Kusūf* dan *Khusūf* digunakan untuk gerhana Matahari karena adanya perubahan dan kekurangan, maka ini dapat diterima, demikian halnya dengan gerhana Bulan. Namun hal ini tidak berarti kedua kata itu adalah sinonim.<sup>40</sup>

Pendapat lain mengatakan, bahwa *Khusūf* adalah untuk permulaan gerhana, sedangkan *Khusūf* adalah untuk akhir gerhana. Ada pula yang mengatakan bahwa *Kusūf* digunakan apabila cahaya itu hilang sama sekali (gerhana total), sedangkan *Khusūf* digunakan untuk sebagian cahaya. Sebagian lagi mengatakan bahwa lafazh *Khusūf* digunakan apabila seluruh warna hilang (tidak tampak), sedangkan lafazh *Kusūf* adalah untuk terjadinya perubahan.<sup>41</sup>

firman Allah swt QS. al Qiyamah ayat 8 :

وَحَسَفَ الْقَمَرُ

Artinya : “Dan apabila Bulan telah hilang cahayanya”.<sup>42</sup>

---

<sup>40</sup> Al Imām al Ḥāfiẓ Ibnu Hajar al-Asqalani, *Fathul Bāri*, Jilid 6, (Jakarta : Pustaka Azzam, cet. Kc-3, th. 2011), hlm. 32.

<sup>41</sup> Al Imām al Ḥāfiẓ Ibnu Hajar al-Asqalani, *Fathul...* hlm. 33.

<sup>42</sup> Departemen Agama Republik Indonesia, *Alquran Dan Terjemahnya*, (Semarang : CV.ALWAAH, th. 1993), hlm. 998.

Penyebutan ayat ini mengandung dua kemungkinan. *Pertama*, beliau bermaksud bahwa lafazh *khusūf* hanya digunakan untuk gerhana Bulan seperti tercantum dalam Al-Qur'an. Jika lafazh *Khusūf* hanya digunakan untuk gerhana Bulan, maka berarti lafazh *Kusūf* khusus digunakan untuk gerhana Matahari. *Kedua*, maksudnya apa yang berlaku bagi Matahari berlaku pula pada Bulan. Sementara gerhana Bulan dalam Al-Qur'an diungkapkan dengan kata *Khusūf*, maka lafazh ini pun dapat digunakan untuk Matahari.<sup>43</sup>

Dapat disimpulkan bahwa secara bahasa Arab. Arti dari kata *Khusūf* dan *Kusūf* tidak sama. Tetapi dalam hal digunakan untuk penyebutan gerhana Matahari, gerhana Bulan ataupun keduanya para ulama masih berbeda pendapat.

Menurut istilah gerhana Bulan adalah terjadinya sesuatu yang menimpa Bulan, yakni Bulan berada di tengah-tengah bayangan Bumi, sehingga sinar Matahari tidak bisa sampai ke Bulan<sup>44</sup>. Sedangkan gerhana Matahari adalah terhalangnya sinar Matahari ke Bumi, disebabkan adanya Bulan yang menutup Matahari.<sup>45</sup>

---

<sup>43</sup> Al Imām al Hāfīz Ibnu Hajar al-ʿAsqalāni, *Fathul*,... hlm. 33.

<sup>44</sup> Zubair Umar al-Jaʿlany, *al-Khulāṣah al-Wafīyyah*, (Kudus: Menara Kudus, 1955), hlm. 139.

<sup>45</sup> Zubair Umar al-Jaʿlany, *al-Khulāṣah*,... hlm. 149.

## B. Dasar Hukum Gerhana

Semua yang ada di alam raya ini tidak terjadi dengan sendirinya. Apa saja yang terdapat diantara langit dan Bumi, baik yang dapat diindera maupun yang tidak, semuanya merupakan ciptaan Allah.<sup>46</sup>

Termasuk juga fenomena-fenomena yang terjadi di alam semesta ini seperti fenomena gerhana yang merupakan kejadian langka. Semua itu termuat dalam nash baik Al-Qur'an dan Hadits, sebagai berikut:

### 1. Dalil Al-Qur'an

#### a. QS. Yaasin : 38-40

وَالشَّمْسُ تَجْرِي لِمُسْتَقَرٍّ لَهَا ۚ ذَٰلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ ﴿٣٨﴾

وَالْقَمَرَ قَدَرْتَهُ مَنَازِلَ حَتَّىٰ عَادَ كَالْعُرْجُونِ الْقَدِيمِ ﴿٣٩﴾ لَا

الشَّمْسُ يَنْبَغِي لَهَا أَنْ تُدْرِكَ الْقَمَرَ وَلَا اللَّيْلُ سَابِقُ النَّهَارِ ۚ وَكُلٌّ

فِي فَلَكٍ يَسْبَحُونَ ﴿٤٠﴾

---

<sup>46</sup> Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Badan Litbang & Diklat Kementerian Agama RI dengan Lembaga ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), *Manfaat Benda-Benda Langit Dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*, (Jakarta: Widya Cahaya, 2015), hlm. 3.

Artinya: “Dan Matahari berjalan ditempat peredarannya. Demikianlah ketetapan yang Maha Perkasa lagi Maha mengetahui. Dan telah Kami tetapkan bagi Bulan manzilah-manzilah, sehingga (setelah Dia sampai ke manzilah yang terakhir) Kembalilah Dia sebagai bentuk tandan yang tua. Tidaklah mungkin bagi Matahari mendapatkan Bulan dan malampun tidak dapat mendahului siang. dan masing-masing beredar pada garis edarnya”<sup>47</sup>.

Pada ayat 38 Allah menjelaskan bukti tentang kekuasaan-Nya, yaitu peredaran Matahari, yang bergerak pada garis edarnya yang tertentu dengan tertib menurut ketentuan yang telah ditetapkan Allah. Sedikit pun dia tidak menyimpang dari garis yang telah ditentukan itu. Andaikata dia menyimpang seujung rambut, niscaya akan terjadi tabrakan dengan benda-benda langit lainnya. Kita tidak dapat membayangkan apa yang akan terjadi akibat peristiwa itu. Ternyata apa yang ditetapkan oleh ilmu falak sejalan dengan apa yang telah diterangkan dalam ayat tersebut. Oleh sebab itu, tidak berlebihan jika dikatakan bahwa semakin tinggi kemampuan ilmu pengetahuan dan teknologi manusi, semakin terbuka pula kebenaran-kebenaran

---

<sup>47</sup> Departemen Agama Republik Indonesia, *Al-Qur'an,...* hlm. 708.

yang telah dikemukakan Al-Qur'an sejak empat belas abad yang lalu.<sup>48</sup>

Sedangkan pada ayat 39 Allah telah menetapkan jarak-jarak tertentu bagi peredaran Bulan, sehingga pada setiap jarak tersebut dia mengalami perubahan, baik dalam bentuk dan ukurannya, maupun dalam kekuatan sinarnya. Mula-mula Bulan itu timbul dalam keadaan kecil dan cahaya yang lemah. Kemudian dia menjadi Bulan sabit dengan bentuk melengkung serta sinar yang semakin terang. Selanjutnya bentuknya semakin sempurna bundarnya, sehingga menjadi Bulan purnama dengan cahaya yang amat terang. Tetapi kemudian makin menyusut, sehingga pada akhirnya dia menyerupai sebuah tandan kering yang berbentuk melengkung dengan cahaya yang semakin pudar, kembali kepada keadaan semula.<sup>49</sup>

Pada ayat 40 dijelaskan berdasarkan pengaturan dan ketetapan Allah yang berlaku bagi benda-benda alam itu, peraturan yang disebut *sunnatullah*, maka tidaklah mungkingterjadi tabrakan antara Matahari dan Bulan dan tidak pula malam mendahului siang. Semuanya akan berjalan sesuai

---

<sup>48</sup> Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah, *Al-qur'an Dan Tafsirnya*, Jilid VIII, (Jakarta: PT. Sinergi Pustaka Indonesia, 2012), hlm. 226.

<sup>49</sup> *Ibid.*

dengan peraturan yang telah ditetapkan-Nya. Masing-masing tetap bergerak menurut garis edarnya yang telah ditetapkan Allah untuknya.<sup>50</sup>

b. QS. Al-An'am : 96

فَالِقُ الْإِصْبَاحِ وَجَعَلَ اللَّيْلَ سَكَنًا وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ حُسْبَانًا

ذَلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ ﴿٩٦﴾

Artinya: “Dia menyingsingkan pagi dan menjadikan malam untuk beristirahat, dan (menjadikan) Matahari dan Bulan untuk perhitungan. Itulah ketentuan Allah yang Maha Perkasa lagi Maha mengetahui.”<sup>51</sup>

Pada ayat 96 Allah menyuruh manusia agar memperhatikan perputaran waktu yang disebabkan oleh peredaran benda-benda langit yang berlaku menurut hukum sebab dan akibat. Allah mengajak manusia memperhatikan alam terbuka yang dapat dilihat sehari-hari. Allah menyingsingkan cahaya pagi yang menghapus kegelapan malam. Cahaya itu tampak di ufuk langit bagian timur sesudah terbitnya Matahari sehingga dunia tampak bercahaya terang. Keadaan ini

---

<sup>50</sup> Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah, *Al-qur'an*,... hlm. 227.

<sup>51</sup> Departemen Agama Republik Indonesia, *Al-Qur'an*,... hlm. 140.

mereka alami di saat-saat mereka melakukan segala macam kegiatan untuk keperluan hidup mereka.

Kata *حسبنا* (perhitungan) dalam ayat ini dimaksudkan sebagai perhitungan kalender (penanggalan). Dalam sejarah peradaban manusia, telah terbukti bahwa Matahari dan Bulan digunakan untuk perhitungan penanggalan. Dalam ayat ini Allah menyebutkan tiga macam nikmat-Nya yang dapat dinikmati secara langsung oleh manusia yaitu nikmat yang diperoleh mereka tanpa usaha; nikmat cahaya pagi, nikmat ketenangan malam dan nikmat sinar Matahari dan Bulan agar manusia secara menyeluruh dapat memahami rahmat Allah yang menyeluruh bagi seluruh makhluk-Nya.<sup>52</sup>

## 2. Dalil Hadits

### a. Hadits Riwayat Bukhori dari Abu Bakrah

حدثنا عمرو بن عون قال : حدثنا خالد عن يونس عن الحسن عن ابي بكره : كن عند رسول الله صلى الله عليه وسلم فانكسفت الشمس فقام النبي صلى الله عليه وسلم يجر رداءه حتى دخل المسجد فدخلنا فصرى بنا ركعتين حتى انجلت الشمس فقال النبي صلى الله عليه وسلم: ان الشمس و

---

<sup>52</sup> Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah, *Al-qur'an Dan Tafsirnya*, Jilid III, (Jakarta: PT. Sinerji Pustaka Indonesia, 2012), hlm. 187-189.

القمر لا يخسفان لموت احد, فإذا رأيتموهما فصلوا وادعوا حتى ينكشف ما بكم (رواه البخاري<sup>53</sup>)

Artinya: “Umar bin ‘aun telah bercerita kepada kami, ia berkata telah bercerita kepada kami Khalid dari Yunus dari al Hasan dari Abi Bakrah, dia berkata: kami tengah bersama Rasulullah SAW ketika terjadi gerhana Matahari. Rasulullah SAW berdiri menarik jubahnya hingga masuk ke dalam masjid. Nabi Muhammad SAW memimpin kami salat dua rakaat sampai Matahari kembali bercahaya. Lalu Nabi SAW bersabda: gerhana Matahari dan gerhana Bulan terjadi bukan disebabkan oleh kematian seseorang, maka siapapun yang menyaksikan dua gerhana ini, salatlah dan berdoalah kepada Allah hingga tersingkap apa yang menimpa kalian.

b. Hadits Riwayat Bukhori dari Ashbagh

حدثنا أصبغ قال: أخبرني ابن وهب قال: أخبرني عمرو عن عبد الرحمن بن القاسم حدثه عن أبيه عن ابن عمر رضي الله عنهما أنه كان يخبر عن النبي صلى الله عليه وسلم: إن الشمس والقمر لا يخسفان

---

<sup>53</sup> Imam Abi Abdillah Muhammad bin Ismail ibnu Ibrahim bin al-Mughirah bin Bardazabah al-Bukhāri al-Jafili, *Ṣaḥīḥ al-Bukhāri*, Juz I, (Libanon: Dār al-Fikr, 1994), hlm. 316.

لموت احد ولا لحيا ته ، ولكنهما آيتان من آيات الله ، فإذا رأيتموهما  
فصلوا. (رواه البخاري<sup>54</sup>)

Artinya: “Asbagh telah bercerita kepada kami bahwasanya ia berkata: Ibnu Wahb telah bercerita kepadaku, ia berkata: telah bercerita kepadaku ‘Amr dari Abdur Rahman bin Qasim bahwa ia telah bercerita kepadanya dari ayahnya. Dari Ibnu Umar r.a, bahwasanya Umar mendapat berita dari Nabi SAW: sesungguhnya Matahari dan Bulan tidak mengalami gerhana karena kematian atau hidupnya seseorang, tapi keduanya merupakan tanda diantara tanda-tanda kebesaran Allah. Jika kalian melihat keduanya (gerhana), maka salatlah.”

Hadis diatas menjelaskan bahwa gerhana terjadi tidak dikarenakan kematian atau hidupnya seseorang tetapi merupakan salah satu tanda dari tanda-tanda kebesaran Allah SWT. Selain itu hadis tersebut menerangkan tentang kesunahan melakukan salat gerhana. Para ulama sepakat bahwa salat kusūf

---

<sup>54</sup> Imam Abi Abdillah Muhammad bin Ismail ibnu Ibrahim bin al-Mughirah bin Bardazabah al-Bukhārī al-Jafili, *Ṣaḥīḥ al-Bukhārī*,... hlm.228.

adalah sunnah mu'akkad, baik untuk laki-laki maupun perempuan.<sup>55</sup>

Pada Masa Rasulullah SAW, pernah terjadi gerhana Matahari. Rasulullah SAW pun melakukan salat (berjamaah) bersama orang-orang. Beliau berdiri dan memanjangkan berdirinya, kemudian ruku' dan memanjangkan ruku'nya. Setelah ruku' beliau berdiri lagi dan memanjangkannya, namun lebih pendek dari berdiri yang pertama. Kemudian beliau ruku' lagi dan memanjangkannya, namun lebih pendek dari ruku' yang pertama, kemudian beliau sujud dan memanjangkannya. Pada rakaat kedua beliau berlaku seperti apa yang telah beliau lakukan pada rakaat pertama. Beliau kemudian menyelesaikan (salat), sementara Matahari sudah terlihat. Beliau lantas berkhotbah serta memuji Allah SWT.<sup>56</sup>

### **C. Objek Gerhana Bulan**

#### **1. Bulan**

Bulan merupakan salah satu bagian dari tata surya yang terdekat dengan Bumi, jarak Bulan dari planet Bumi ini sekitar 384.446 kilometer. Keadaan di planet ini dingin

---

<sup>55</sup> Sayyid Sabiq, *Fiqh Sunnah*, Jilid 1, (Jakarta: Pena Pundi Aksara, 2006), hlm. 308.

<sup>56</sup> Zaghlul Al-Najjar, *Sains Dalam Hadis*, (Jakarta: Amzah, 2011), hlm. 7.

dan kering, temperatur terendahnya bisa mencapai 177 derajat di bawah nol dan suhu panasnya ketika cahaya Matahari memancar pada sebagian daerahnya bisa mencapai 184 derajat di atas nol. Karena perbedaan suhu udara yang ekstrim inilah secara lahiriah planet ini tak dihuni oleh makhluk hidup.<sup>57</sup> Benda langit ini berdiameter sekitar 3.476 km, Massa benda angkasa ini adalah sekitar 1/81 dari massa Bumi, dan volumenya sekitar 1/49 volume Bumi.<sup>58</sup>

Massa jenis Bulan ( $3,4 \text{ g/cm}^3$ ) adalah lebih ringan dibanding dengan massa jenis Bumi ( $5,5 \text{ g/cm}^3$ ). Bulan yang ditarik oleh gaya gravitasi Bumi tidak jatuh ke Bumi disebabkan oleh gaya *sentrifugal*<sup>59</sup> yang timbul dari orbit Bulan mengelilingi Bumi. Adapun jarak Bulan dan Matahari : 149.615.600 km, sedangkan *Perigee* /حضيض yaitu titik terjauh pada lintasan Bulan atau pun satelit dengan planet dalam perdarannya mengelilingi planet yang

---

<sup>57</sup> Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak : Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*, (Banyuwangi: Bismillah Publisher, 2012), hlm. 133-134.

<sup>58</sup> Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Badan Litbang & Diklat Kementerian Agama RI dengan Lembaga ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), *Manfaat,...* hlm. 101.

<sup>59</sup> Gaya yang terdapat pada benda bergerak melingkar yang mengarah ke luar lingkaran (radial ke luar) yang bekerja pada benda. Lihat Douglas C. Giancoli, *Fisika: Prinsip dan Aplikasi*, (Jakarta: Erlangga, 2014), hlm. 139.

menjadi pusat peredarannya<sup>60</sup> yakni : 363.300 km, *Apogee/أوج* yaitu titik terjauh pada lintasan Bulan atau pun satelit dengan planet dalam peredarannya mengelilingi planet yang menjadi pusat peredarannya<sup>61</sup> yakni: 405.500 km, sedangkan umur Bulan: 4.420.000.000 tahun.

Besarnya *gaya sentrifugal* sedikit lebih besar dari gaya tarik menarik antara gravitasi Bumi dan Bulan. Hal ini menyebabkan Bulan semakin menjauh dari Bumi dengan kecepatan sekitar 3,8 cm/tahun. Bulan berada dalam orbit sinkron dengan Bumi, hal ini menyebabkan hanya satu sisi permukaan Bulan saja yang dapat diamati dari Bumi. Orbit sinkron menyebabkan kala rotasi sama dengan kala revolusinya.<sup>62</sup>

Bulan mempunyai dua gerak yang penting yaitu<sup>63</sup>:

a. Rotasi

Bulan berputar pada porosnya dengan periode 27 1/3 hari. Gerakan rotasi Bulan adalah gerakan anti jarum jam (*retrograde*) atau dari arah barat ke arah timur langit, yang secara kebetulan lama gerakan rotasinya sama dengan gerakan revolusinya. Artinya

---

<sup>60</sup> Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005), hlm. 28.

<sup>61</sup> Muhyiddin Khazin, *Kamus*,... hlm. 10.

<sup>62</sup> Slamet Hambali, *Pengantar*,... hlm. 135-136.

<sup>63</sup> Muhyiddin Khazin, *Ilmu*,... hlm. 131.

dalam sekali putaran mengelilingi Bumi, Bulan hanya melakukan sekali putaran rotasi.<sup>64</sup>

b. Revolusi

Gerakan revolusi Bulan disertai dengan fase-fase permukaanya (*the phases of the moon/أوجه القمر*) yang bersinar sebagai pantulan sinar Matahari. Hal ini menunjukkan bahwa jarak dari Bumi ke Bulan lebih dekat daripada jarak dari Bumi ke Matahari.

Gerakan revolusi Bulan memakan waktu 29,5305882 hari, yang disebut dengan istilah *Synodis* (*Sinodis* berasal dari *Synoda* yang artinya berkumpul), yaitu gerakan Bulan dari saat konjungsi (berkumpul/*Ijtima'*) dengan Matahari sampai saat konjungsi (*Ijtima'*) lagi dengan Matahari. Sedangkan apabila yang jadi ukuran adalah konjungsi Bulan dengan bintang tertentu, maka hanya memakan waktu 27,321661 hari, dan disebut dengan gerakan *sideris* (berasal dari kata *sidus* yang artinya bintang) dan gerakan Bulan *sideris* inilah yang dijadikan perbandingan antara gerakan semu harian Matahari

---

<sup>64</sup> Slamet Hambali, *Pengantar*,... hlm. 217.

yang diakibatkan oleh gerakan revolusi Bumi dengan gerakan *ḥaqiqi* harian Bulan.<sup>65</sup>

Sedangkan gerak Bulan yang seakan-akan bergerak dari Timur ke Barat itu dinamakan dengan gerak semu (*khayali*), karena timbul akibat berputarnya Bumi pada porosnya.<sup>66</sup>

Selama beredar posisi Bumi dan Bulan terhadap Matahari berubah-ubah. Pada saat Bulan menempati posisi paling dekat ke Matahari, bagian yang menghadap ke Bumi gelap, tidak kelihatan. Fase ini disebut “Bulan Baru” (*New Moon*). Bulan berputar terus maka nampak fase yang dinamakan “Bulan sabit” (*Hilal*). Ketika posisi Bumi dan Bulan sama jauhnya dari Matahari maka terlihat Bulan setengah penuh. Lalu disambung dengan Bulan bungkuk. Saat dari Bulan baru ke Bulan bungkuk, biasa juga disebut dengan “Bulan muda”. Kemudian terlihat wajah Bulan bagaikan piring bundar yang terang cemerlang. Itulah yang populer dengan sebutan “Bulan Purnama” (*Full Moon*). Pada saat ini Bulan menempati posisi paling jauh dari Matahari, dilihat

---

<sup>65</sup> Slamet Hambali, *Pengantar*,... hlm. 219-220.

<sup>66</sup> Abdul Karim Ms, *Mengenal Ilmu Falak*, (Semarang: Intra Pustaka Utama, 2006), hlm. 28.

dari Bumi. Akhirnya setelah mencapai fase purnama, terjadi proses kebalikan dari Bulan Muda. Memasuki tahap Bulan tua,, Bulan semakin menyempit, bungkuk, setengah penuh, berbentuk sabit, hingga fase Bulan Baru lagi (Bulan Mati).<sup>67</sup>

Bidang yang dipakai Bulan dalam mengelilingi Bumi disebut dengan *Falakul Qamar* yang memotong bidang ekliptika sebesar  $05^{\circ} 08' 52''$ . Dengan demikian, bidang edar Bulan tidak berimpit dengan bidang edar Bumi. Jika kedua bidang edar tersebut berimpit maka setiap Bulan terjadi dua kali gerhana, yaitu gerhana Matahari awal Bulan dan gerhana Bulan pada pertengahan Bulan. Walaupun demikian, gerhana Matahari atau gerhana Bulan setiap tahun masih sering terjadi (sekitar 3 atau 4 kali). Hal ini disebabkan oleh kecilnya sudut potong antara bidang edar tersebut dengan ekliptika.<sup>68</sup>

## 2. Bumi

Bumi adalah salah satu planet kecil yang dikelilingi sepanjang orbitnya sebuah bintang Matahari dalam waktu setahun dalam sekali putaran. Bumi kita

---

<sup>67</sup> A. Kadir, *Formula Baru Ilmu Falak: Panduan Lengkap dan Praktis Hisab Arah Kiblat, Waktu-Waktu Salat, Awal Bulan dan Gerhana*, (Jakarta: Amzah, 2012), hlm. 33.

<sup>68</sup> Muhyiddin Khazin, *Ilmu...* hlm. 133.

terbentuk sekitar 4,6 milyar tahun yang lalu bersamaan dengan terbentuknya satu sistem tata surya yang dinamakan Keluarga Matahari.

Bumi merupakan satu-satunya planet yang sampai saat ini diketahui oleh manusia terdapat kehidupan. Diameter Bumi ini adalah 12.756bkm (di khatulistiwa). Jarak Bumi dari Matahari sekitar 149.500.000 km atau 1 SA. Jarak tersebut dikenal dengan Satuan Astronomis (SA). Karena dengan lintasan elips jarak Matahari dan Bumi selalu berubah pada peredaran dengan jarak *perihelium* (titik terdekat) dan titik *aphelium* (titik terjauh) adalah 5.000.000 km. Dengan kemiringan sebesar 23 derajat 27 menit, dari sisni lah yang menyebabkan terjadinya pergantian musim.

Bumi adalah planet ketiga dari delapan planet dalam tata surya, Bumi berbeda dengan Venus dan Merkurius di Bumi terdapat satelit alamiah yaitu Bulan. Bulan selalu mengelilingi Bumi dalam melakukan revolusi mengelilingi Matahari, Periode revolusi Bumi selama  $365^h 5j 48^m 46^d$ . Kala revolusi Bumi ini dinamakan satu tahun *siderik*, dikatakan satu tahun *siderik* karena periode revolusi ini merupakan selang waktu yang diperlukan Bumi dalam melakukan revolusi mengelilingi Matahari, mulai dari sebuah titik yang lurus dengan sebuah bintang

dan berakhir di titik itu lagi. Sedangkan dalam berotasi, Bumi memerlukan waktu  $23^j 57^m 52^d$ <sup>69</sup>.

Bumi mempunyai lapisan udara (atmosfer) dan medan magnet yang disebut (magnetosfer) yang melindungi permukaan Bumi dari angin Matahari, sinar ultraungu, dan radiasi dari luar angkasa. Lapisan udara ini menyelimuti Bumi hingga ketinggian sekitar 700 kilometer. Lapisan udara ini dibagi menjadi Troposfer, Stratosfer, Mesosfer, Termosfer, dan Eksosfer.

Lapisan ozon yang mempunyai ketinggian 50 kilometer berada di lapisan stratosfer dan mesosfer dan melindungi Bumi adalah dari sinar ultraungu. Perbedaan suhu permukaan Bumi adalah antara  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  hingga  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$  tergantung pada iklim setempat. Bumi mempunyai massa seberat 59.760 milyar ton, dengan luas permukaan 510 juta kilometer persegi. Berat jenis Bumi (sekitar 5.500 kilogram per meter kubik) digunakan sebagai unit perbandingan berat jenis planet yang lain, dengan berat jenis Bumi dipatok 1.

Bumi mempunyai gravitasi Bumi diukur sebagai  $10\text{ N kg}^{-1}$  dijadikan unit ukuran gravitasi planet lain, dengan gravitasi Bumi dipatok sebagai 1. Bumi mempunyai 1 satelit alami yaitu Bulan dan 70,8% permukaan Bumi diliputi air. Udara di Bumi terdiri dari

---

<sup>69</sup> Slamet Hambali, *Pengantar*,... hlm. 131-132.

78% nitrogen, 21% oksigen, dan 1% uap air, karbondioksida, dan gas lain.<sup>70</sup>

Bumi tidak berupa bola sempurna, melainkan agak gepat di kutub-kutubnya. Jari-jari di kutub Bumi adalah 6.356,8 km, sedang jari-jarinya di ekuator adalah 6.378,2 km.<sup>71</sup>

### 3. Matahari

Matahari adalah satu bintang tipikal yang mengeluarkan sinar sendiri. Ahli-ahli falak menaksir umur Matahari 4,5 miliar tahun. Dilihat dari Bumi, Matahari kelihatan jauh lebih besar dari bintang-bintang yang lain. Kesulitan yang belum dapat dipecahkan para ahli sampai sekarang mengenai Matahari ini, diantaranya, Matahari melemparkan lidah api sepanjang tahun, tiada hentihentinya setinggi setengah juta kilometer sejak berjuta-juta tahun yang lalu akibat sesuatu yang terbakar (hidrogen dan helium). Mengapa hidrogen yang secara gradual berubah menjadi helium tidak habis-habisnya sampai sekarang.

Gerak semu harian Matahari (*Gerak diurnal*) dari arah timur ke barat sebenarnya terjadi akibat rotasi Bumi selama 24 jam. Sedangkan gerak tahunan Matahari (*Gerak Annual*) mengarah ke timur sekitar  $1^\circ$  busur setiap hari

---

<sup>70</sup> Slamet Hambali, *Pengantar*,... hlm. 133.

<sup>71</sup> A. Kadir, *Formula*,... hlm. 27.

sehingga arah terbit dan terbenamnya selalu berubah-ubah sepanjang tahun dalam masa 365,25 hari. Setiap tanggal 21 Maret dan 23 September terbit di titik timur dan terbenam di titik barat, dan tiap-tiap tanggal 22 Juni paling utara sejauh  $23,5^\circ$  busur dari timur atau barat, dan tanggal 22 Desember paling selatan  $23,5^\circ$  busur.<sup>72</sup>

Matahari memiliki massa  $1,99 \times 10^{30}$  kg dan jari-jarinya mencapai 696.000 km dengan kecepatan rata-rata  $1,4 \text{ gr/cm}^3$ , sedangkan periode rotasi di ekuator 26 hari, dengan kecepatan gravitasi di permukaan  $274 \text{ m/det}^2$ , bahkan temperatur permukaan  $6000^\circ\text{C}$ , sedangkan massanya 330.000 kali Bumi yaitu  $5,96 \times 10^{24}$  kg, dengan garis pusatnya 1.328.400 km.

Matahari terdiri dari beberapa lapisan kulit yang mengelilingi inti, adapun lapisan inti Matahari tersebut adalah fotosfer. Fotosfer adalah lapisan permukaan yang menghasilkan cahaya yang biasanya terlihat dari Bumi, yang bentuknya seperti lapisan kasar yang membara, dengan suhu permukaan 6000 derajat Kelvin, jika kita amati dari Bumi maka bentuk fotosfer berwarna kuning, dengan ketebalan  $\pm 500\text{km}$ , sedangkan di sekitar fotosfer terdapat bintik hitam Matahari, dan noda-noda ini merupakan sebuah kegiatan Matahari yang bisa dilihat di Bumi.

---

<sup>72</sup> A. Kadir, *Formula*,... hlm. 36-37.

Struktur Matahari yang lain yaitu kromosfer, ini adalah lapisan gas yang berada diatas lapisan fotosfer, dan juga bagian dari atmosfer Matahari, yang berada pada bagian paling bawah, lapisan ini juga disebut lapisan warna. Lapisan ini mempunyai suhu lebih panas dari fotosfer dan yang bawah dengan suhu 50.000 kelvin. Lapisan ini hanya bisa dilihat jika terjadi gerhana Matahari. Ini disebabkan karena cahayanya yang dipancarkannya lebih rendah dari sinar yang dipancarkan oleh fotosfer, inilah yang mengakibatkannya tidak bisa dilihat dari Bumi.

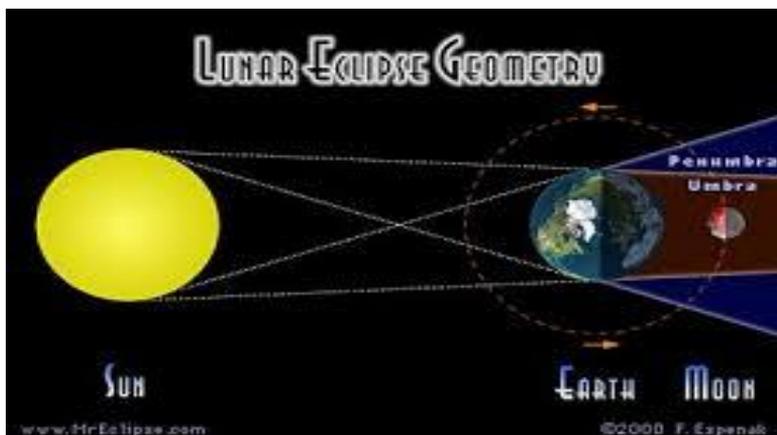
Korona adalah bagian dari struktur Matahari yang berarti mahkota, lapisan ini dinamakan dinamakan atmosfer yang berada di bagian atas, dengan suhu mencapai 2 juta derajat kelvin. Lapisan ini bisa terlihat jika terjadi gerhana, ketika Bulan menghalangi dari atmosfer.<sup>73</sup>

#### **D. Geometri dan Macam-Macam Gerhana Bulan**

Prinsip dasar terjadinya gerhana Bulan yaitu ketika Matahari, Bumi dan Bulan berada pada satu garis yaitu saat Bulan berposisi atau saat Bulan purnama, sehingga pada saat tersebut akan melewati bayangan Bumi seperti gambar di bawah ini:

---

<sup>73</sup> Slamet Hambali, *Pengantar*,... hlm. 115-117.

Gambar 1: Geometri gerhana Bulan<sup>74</sup>

Bayangan yang dibentuk oleh Bumi mempunyai dua bagian yaitu pertama bagian yang paling luar yang disebut dengan bayangan *penumbra* atau bayang-bayang semu (bayangan ini tidak terlalu gelap) dan bagian dalam yang disebut *umbra* atau bayangan inti. Bentuk lingkaran Matahari lebih besar dari pada lingkaran Bumi sehingga bayangan umbra Bumi membentuk kerucut sedangkan bentuk dari bayangan penumbra Bumi berbentuk kerucut terpancung dengan puncaknya di Bumi yang semakin jauh bayangan ini, semakin membesar sampai menghilang di ruang angkasa.<sup>75</sup>

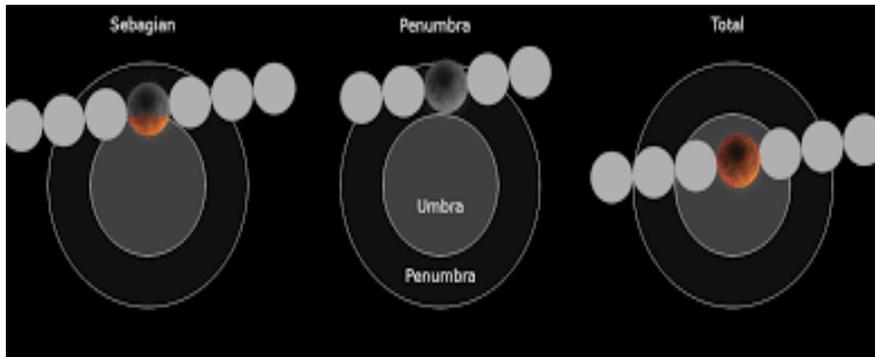
<sup>74</sup> <http://www.Matsugino.blogspot.com> diakses pada tanggal 20 November 2016 pada pukul 22:15 WIB.

<sup>75</sup> Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis: Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*, (Semarang: PT. Pustaka Rizki Putra, 2012), hlm. 107.

Jean Meeus<sup>76</sup> membagi tiga macam gerhana Bulan yaitu :

- Gerhana Bulan total terjadi ketika Bulan melewati seluruh kerucut umbra Bumi.
- Gerhana Bulan sebagian terjadi ketika Bulan melewati sebagian kerucut umbra Bumi.
- Gerhana Bulan penumbra terjadi saat Bulan melewati kerucut penumbra tapi tidak menyentuh kerucut umbra.<sup>77</sup>

Gambar 3 : Ilustrasi Gerhana Bulan Total, Gerhana Bulan Sebagian dan Gerhana Bulan Penumbra<sup>78</sup>



<sup>76</sup> Jean Meeus merupakan seorang ahli astronomi yang berasal dari Belgia yang lahir tanggal 12 Desember 1928 M, dia memiliki banyak karya buku antara lain *Astronomical Algorithms*, *Mathematical Astronomy Morsels* dsb, lihat <http://en.m.wikipedia.org/wiki/Jean.Meeus> dilihat pada tanggal 20 November jam 22:02 WIB.

<sup>77</sup> Jean Meeus, *Mathematical Astronomy Morsels*, (Virginia: Willman-Bell, Inc., 1997), hlm. 43.

<sup>78</sup> <http://luarangkasa.com> diakses pada tanggal 20 November 2016 pada pukul 21:53 WIB.

## E. Siklus Gerhana Bulan

Sejak zaman Babilonia, observasi tentang gerhana sudah sering dilakukan secara rutin. Dari pengamatan mereka diketahui bahwa gerhana yang mirip akan terulang tiap kira-kira 18 tahun 11 hari. Pada periode mereka dinamakan saros. Gerhana-gerhana yang dipisahkan oleh satu periode saros mempunyai karakteristik yang sangat mirip dan dikelompokkan dalam satu keluarga yang dinamakan seri saros.

1. Bulan sinodis adalah interval waktu dari fase Bulan kembali ke Bulan. Panjang Bulan sinodis adalah 29,53059 hari = 29 hari 12 jam 44 menit.
2. Tahun gerhana adalah interval waktu yang dibutuhkan Bumi untuk bergerak dari titik simpul tersebut. Panjang tahun gerhana adalah 346,6 hari = 346 hari 14 jam 24 menit.
3. Bulan *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.

Satu periode saros adalah 18 tahun 11 hari lebih  $\frac{1}{3}$  hari adalah 223 kali *Bulan sinodis*. Maka akan timbul pertanyaan mengapa gerhana yang dipisahkan oleh 223 Bulan

sinodis mempunyai karakteristik yang sama? Gerhana yang dipisahkan oleh 223 Bulan sinodis mempunyai karakteristik yang sama karena 223 gerhana sinodis (6585,321 hari) itu kurang lebih sama 19 tahun gerhana (6585,78 hari) keduanya hanya terpaut 11 jam, artinya pada selang satu periode saros, Bulan akan kembali ke fase sama pada titik simpul yang sama juga.

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

Dampak dari periode saros akan mengakibatkan panjang hari memiliki pecahan sebesar  $1/3$  hari (8 jam), maka saat gerhana berikutnya yang terpisah oleh satu periode saros, Bumi telah berputar kira-kira  $1/3$  hari. Karena itu lintasan gerhana yang dipisahkan oleh satu periode saros akan bergeser  $120^\circ$  ke arah barat. Dan tiap 3 periode saros (54 tahun 34 hari) gerhana dapat diamati di tempat yang sama.

Seperti yang telah dijelaskan di atas, gerhana-gerhana yang dipisahkan oleh periode saros akan dikelompokkan menjadi sebuah seri saros. Sebuah seri saros tidak akan

bertahan selamanya. Seri saros lahir dan mati, dan beranggotakan sejumlah tertentu gerhana. Seri saros ini tidak akan bertahan lama karena satu periode saros lebih pendek  $\frac{1}{2}$  hari dari 19 tahun. Akibatnya setelah satu periode saros lebih, simpul akan bergeser  $0,5^\circ$  ke arah timur. Oleh karena itu setelah lewat sejumlah periode saros tertentu, jarak simpul sudah sedemikian jauh dari Matahari atau Bulan sehingga tidak memungkinkan lagi akan terjadinya gerhana. Pada saat terjadi maka seri saros yang bersangkutan akan mati dan seri saros baru akan lahir.<sup>79</sup>

Selain seri saros yang telah disebutkan diatas terdapat siklus gerhana Bulan yang lain diantaranya *Metonic* yang mempunyai periode setiap 19 tahun, siklus ini dapat digunakan untuk memprediksi seri pendek gerhana Bulan maupun Matahari yang hanya mempunyai 4 atau 5 anggota yang jatuh pada hari yang sama. Siklus gerhana ini diduga digunakan para ahli astronom Babylonia sekitar abad ke 6 B.C<sup>80</sup> untuk memprediksi gerhana Bulan. Dan siklus ini juga pernah dijelaskan oleh Stockwell<sup>81</sup> pada tahun 1895 M.

---

<sup>79</sup> Ahmad Izzuddin, *Ilmu,..* hlm.110-112.

<sup>80</sup> B.C adalah singkatan dari *Before Christ* yang berarti sebelum Maschi atau kelahiran Nabi Isa. Lihat <https://id.wikipedia.org/wiki/BC> diakses pada tanggal 21 November jam 09:21 WIB.

<sup>81</sup> Stockwell mempunyai nama lengkap John Nelson Stockwell lahir pada tanggal 10 April 1832 di Northampton, Massachsets dan meninggal pada 18 Mei 1920 di Cleveland, dia merupakan seorang astronom dari

Ada siklus gerhana Bulan yang bernama *Exeligmos* memiliki periode 3 periode saros (54 tahun 34 hari) seperti yang diterangkan diatas. Dimana gerhana akan terulang lagi di tempat yang sama ketika melewati periode tersebut. Selain siklus yang disebutkan diatas masih banyak yang lainnya seperti hipparchus, gregoriana, hexdodeka, tetrada, hyper exeligmos dst.<sup>82</sup>

#### **F. Fakta Mengenai Gerhana Bulan**

Dalam satu tahun kelender (1 Januari hingga 31 Desember), bisa terjadi hingga 3 kali gerhana Bulan total seperti yang terjadi pada tahun 1982. Sementara itu dalam rentang 365 hari, juga bisa terjadi 3 kali gerhana Bulan total, seperti dalam rentang antara 21 Januari 2000 hingga 20 Januari 2001, yaitu:

- 21 Januari 2000
- 16 Juli 2000
- 9 Januari 2001<sup>83</sup>

---

Amerika Serikat. Lihat [http://sv.wikipedia.org/wiki/John\\_N.\\_Stockwell](http://sv.wikipedia.org/wiki/John_N._Stockwell) diakses pada tanggal 21 November 2016 pukul 09:14 WIB.

<sup>82</sup><https://www.staff.science.uu.nl/gent0113/eclipse/eclipsecycles.htm> dilihat pada tanggal 21 November 2016 jam 00:32 WIB.

<sup>83</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, (Yogyakarta: Jurusan Fisika FMIPA UGM, 2012), hlm. 128.

Jumlah gerhana Bulan paling sedikit dalam setahun adalah dua buah. Keduanya dapat berupa gerhana penumbra, sebagai mana pada tahun 1966 dan 2016.<sup>84</sup>

Distribusi gerhana Bulan, dari tahun 0 hingga 2999 A.D.<sup>85</sup>, ada 7245 gerhana Bulan, yang mana 2089 umbra total, 2536 umbra sebagian, dan 2620 penumbra. Dari sini kita bisa menarik kesimpulan bahwa 1 abad ada 241 atau 242 gerhana Bulan, yang mana 70 total, 84 atau 85 sebagian, dan 87 penumbra.

Ini adalah nilai rata-rata. Jumlah sesungguhnya dari gerhana Bulan per abad tertera pada gambar 5 untuk periode 1000 sampai 2999 A.D..*The deep total eclipse* adalah gerhana Bulan umbra dengan magnitudo lebih dari 1,5. Variasi bilangan ini dan *tetrad*<sup>86</sup> diilustrasikan pada gambar 5.

---

<sup>84</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 130.

<sup>85</sup> A.D merupakan singkatan dari Anno Domini atau Kalender Maschi adalah sebutan untuk penanggalan atau penomoran tahun yang digunakan pada kalender Julian dan Gregorian. Era kalender ini didasarkan pada tahun tradisional yang dihitung sejak kelahiran Yesus dari Nazaret. Lihat <https://id.wikipedia.org/wiki/Maschi> diakses pada tanggal 21 November 2016 pada pukul 09:32 WIB.

<sup>86</sup> *Tetrad* adalah sebuah fenomena langka yang terjadi ketika terjadi 4 gerhana Bulan total berurutan seperti kejadian *Lunar tetrad* tahun 2014-2015: 15 April 2014, 8 Oktober 2014, 4 April 2015, 28 September 2015. Lihat <http://www.timeanddate.com/eclipse/blood-moon.html> diakses pada tanggal 21 November 2016 pukul 08:22 WIB.

Kurva pada gambar memperlihatkan periode terkenal dari 586 tahun, itu benar bahwa jumlah dari semua gerhana umbra tidak berubah terlalu banyak dari satu abad ke abad lainnya, tapi gerhana Bulan total adalah pokok penting pada variasi siklus yaitu jumlah gerhana Bulan umbra bervariasi dari sekitar 60 selama abad ke 17, 18 dan 19 hingga 86 di rentang periode 2000-2099.

Banyak dari *deep total eclipse* bahkan lebih bervariasi, tapi fakta mengejutkannya adalah gerhana ini memperlihatkan tren berlawanan yaitu banyak jumlah gerhana tersebut per abad itu paling sedikit ketika jumlah gerhana total banyak. Selama periode 1700-1799, ketika ada 62 gerhana total, 45 diantaranya mempunyai magnitudo lebih besar dari 1,5. Sebaliknya, selama periode 2000-2099, ketika akan ada 86 gerhana Bulan total, hanya 11 dari gerhana tersebut yang termasuk *deep eclipse*. Fakta luar biasa ini dikatakan oleh H.Feijth<sup>87</sup> pada tahun 1982.<sup>88</sup>

---

<sup>87</sup> H.Feijth (1994-1997) adalah seorang pengamat terkenal yang mengamati bermacam-macam bintang. Dia telah mengkoleksi 90.000 pengamatan. Feijth mungkin adalah pengamat paling produktif sedunia sebelum G. Comello, pengamat dari Belanda juga yang mengamati bermacam-macam bintang mencapai hasil pengamatan ke 100.000 nya. Lihat [https://books.google.co.id/books?id=SYiBwAAQBAJ&pg=PA253&lpg=PA253&dq=H.Feijth&source=bl&ots=\\_4zpBHc9b&sig=1sAr9Cjatu8oRnqfO0rDuTdu3Ko&hl=id&sa=X&ved=0ahUKEwjF1qKm2bjQAhUkB8AKHTBoD](https://books.google.co.id/books?id=SYiBwAAQBAJ&pg=PA253&lpg=PA253&dq=H.Feijth&source=bl&ots=_4zpBHc9b&sig=1sAr9Cjatu8oRnqfO0rDuTdu3Ko&hl=id&sa=X&ved=0ahUKEwjF1qKm2bjQAhUkB8AKHTBoD)

Gambar 5: Jumlah Gerhana Bulan per abad dari 1000 hingga 2999 A.D<sup>89</sup>

*Number of lunar eclipses per century, from A.D. 1000 to 2999*

<i>Years</i>	<i>Pen- umbral eclipses</i>	<i>umbral eclipses</i>	<i>total umbral eclipses</i>	<i>deep total umbral eclipses</i>	<i>tetrads</i>	<i>(a)</i>	<i>(b)</i>
1000 – 1099	91	157	62	35	0	4	10
1100 – 1199	98	160	58	45	0	0	13
1200 – 1299	91	159	62	41	0	1	9
1300 – 1399	85	148	75	22	5	14	1
1400 – 1499	80	148	85	11	5	20	0
1500 – 1599	80	153	76	23	6	15	6
1600 – 1699	93	157	59	39	0	1	11
1700 – 1799	98	158	62	45	0	0	11
1800 – 1899	88	161	62	37	0	2	9
1900 – 1999	85	144	79	17	5	16	3
2000 – 2099	84	144	86	11	7	20	0
2100 – 2199	84	154	69	30	4	13	3
2200 – 2299	94	158	59	42	0	0	12
2300 – 2399	91	159	62	44	0	0	11
2400 – 2499	87	153	70	28	4	11	8
2500 – 2599	82	145	85	13	7	19	2
2600 – 2699	78	151	81	15	8	17	1
2700 – 2799	91	153	62	36	0	3	6
2800 – 2899	100	159	59	45	0	0	12
2900 – 2999	86	162	63	39	1	2	11

*(a) Number of cases a penumbral eclipse is followed, after six lunations, by a total eclipse in the umbra, or vice versa*

*(b) Number of cases there is no total umbral eclipse in three successive years*

[BUQ6AEIMTAĐv=onpage&q=H.Fcijth&f=false](#), diakses pada tanggal 21 November 2016 pada pukul 08:44 WIB.

<sup>88</sup> Jean Meeus, *Mathematical...* hlm. 101.

<sup>89</sup> Jean Meeus, *Mathematical...* hlm. 102.

## G. Macam-Macam Algoritme Hisab Gerhana Bulan

Algoritme adalah prosedur sistematis untuk memecahkan masalah matematis dalam langkah-langkah terbatas.<sup>90</sup> Algoritme dalam hisab gerhana Bulan terdapat dua aliran yang dapat disebutkan untuk mewakili pemikiran hisab di Indonesia adalah hisab *'urfī* dan hisab *ḥaqīqī*. Hisab *'urfī* adalah sistem hisab kalender yang didasarkan pada peredaran rata-rata Bulan mengelilingi Bumi dan ditetapkan secara konvensional. Sedangkan hisab *ḥaqīqī* adalah sistem hisab yang didasarkan pada peredaran Bulan dan Bumi yang sebenarnya. Sistem hisab *ḥaqīqī* ini terbagi menjadi tiga bagian hisab *ḥaqīqī bi al-Taqrīb*, hisab *ḥaqīqī bi al-Taḥqīq* dan hisab *ḥaqīqī kontemporer*.

Definisi-definisi di atas seakan-akan memberikan *trade mark* bahwa istilah hisab *'urfī* dan hisab *ḥaqīqī* hanya terkait dengan hisab awal Bulan saja. Pemaknaan tersebut terlalu sempit sebab istilah hisab *'urfī* dan *ḥaqīqī* mencakup permasalahan yang lebih luas. Kedua istilah tersebut dipilih untuk mengklasifikasikan sistem hisab dari kitab-kitab yang merupakan buah karya para ulama nusantara. Pemikiran ulama khususnya ulama ahli falak tidak hanya terkait dengan awal Bulan saja. Hisab gerhana juga termasuk bagian di dalamnya.

---

<sup>90</sup> A. A. Waskito, *Kamus Praktis Bahasa Indonesia untuk SD, SMP, SMA, Mahasiswa dan Umum*, (Jakarta: Wahyu Media), hlm. 22.

Slamet Hambali mengemukakan bahwa bentuk pengklasifikasian di atas berlaku untuk semua jenis hisab yang terkait dengan penentuan awal waktu salat, awal Bulan dan gerhana. Khusus untuk gerhana tidak ada istilah hisab *'urfi* sebab hisab gerhana hanya terkategori dalam sistem hisab *ḥaqīqi*. Berdasarkan pada hasil seminar *Sehari Hisab Rukyah* pada tanggal 27 April 1992 di Tugu Bogor, sistem hisab yang terdapat dalam kitab dan buku hisab yang berkembang di Indonesia diklasifikasikan dalam tiga klasifikasi<sup>91</sup> yakni, sebagai berikut:<sup>92</sup>

1. Hisab *ḥaqīqi bi al-Taqrīb* yaitu hasil hisab yang mendekati kebenaran dan sistemnya sangat sederhana. Hisab *ḥaqīqi bi al-Taqrīb* ini dapat dihitung dan diselesaikan tanpa kalkulator dan komputer, karena sistem hisabnya kebanyakan hanya menambah dan mengurangi.
2. Hisab *ḥaqīqi bi al-taḥqīq* proses hisabnya mendetail, dengan menggunakan rumus-rumus segitiga bola. Hisab *ḥaqīqi bi al-taḥqīq* adalah hisab yang Algoritme hisabnya berdasarkan data, dengan koreksi gerak Bulan maupun Matahari yang sangat teliti.

---

<sup>91</sup> Zaenudin Nurjaman, *Sistem Hisab Gerhana Bulan Analisis Pendapat KH. Noor Ahmad SS dalam Kitab Nūr al-Anwār*, Skripsi Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang tahun 2012, hlm. 52-53.

<sup>92</sup> Ahmad Ma'ruf Maghfur, *Studi Analisis Hisab Gerhana Bulan dan Matahari dalam Kitab Fath al-Ra'uf al-Mannān*, Skripsi Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang tahun 2012, hlm. 6-8.

3. Hisab *ḥaqīqi kontemporer* yakni hisab seperti halnya sistem hisab *ḥaqīqi bi al-Taḥqīq* yang diprogram dalam komputer yang sudah disesuaikan dengan perkembangan ataupun temuan-temuan baru.

Penulis telah mencantumkan dalam bab 1 beberapa kitab klasik dan buku beserta klasifikasi hisabnya. Berikut penulis cantumkan contoh Algoritme-Algoritme hisab gerhana Bulan antara lain Algoritme hisab gerhana Bulan dari kitab *Fath al-Ra'uf al-Mannan* karya Abu Hamdan Abdul Jalil yang termasuk hisab *ḥaqīqi bi al-Taqrīb*, Algoritme hisab gerhana Bulan dari kitab *Khulaṣah al-Wafiyah* karya Zubair Umar al-Jailani yang memakai 2 sistem hisab yaitu *ḥaqīqi bi al-Taqrīb* dan hisab *ḥaqīqi bi al-Taḥqīq* dan Algoritme hisab gerhana Bulan Jean Meeus yang dalam buku *Astronomical Algorithms* yang menjadi rujukan dari Rinto Anugraha. Berikut contoh Algoritme-Algoritme hisab gerhana Bulan tersebut:

### 1. Algoritme Hisab Gerhana Bulan Abu Hamdan Abdul Jalil

Gerhana Bulan tidak akan terjadi kecuali pada waktu istiqlal dan Bulan masuk dalam inti bayanan Bumi. Gerhana Bulan tidak akan terjadi kecuali nilai *ḥiṣṣah al-'Arḍ* cocok dengan salah satu empat *buruj*<sup>93</sup> yaitu *Ḥaml*

---

<sup>93</sup> *Buruj* adalah gugusan bintang-bintang yang sering disebut dengan *Rasi Bintang* atau *Zodiak* atau *Constelation*. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus*,.. hlm. 15.

(Aries) , *Mizan* (Libra), *Ḥut* (Pisces) dan *Sunbulah* (Virgo). Adapun nilainya, nilai derajat *Ḥaml* (0) dan *Mizan* (6) kurang dari 12 derajat, *Ḥut* (11) dan *Sunbulah* (5) lebih dari 18 derajat.<sup>94</sup> Adapun langkah-langkah hisabnya sebagai berikut:<sup>95</sup>

- a. Keluarkanlah *ḥarakat -ḥarakat* dari jadwal: 1, 2 dan 4 yakni jadwal *sinīn al-Majmu‘ah*, *sinīn al-Mabsūṭah* dan *ḥarakāt fī al-Syuhur Li Ṭalabi al-Istiqbāl* dengan tahun *tam* dan jadwal *istiqbāl* dengan Bulan yang kamu hendaki.
- b. Carilah *ta’dil al-khāṣṣah*, *ta’dil al-markaz* sampai hasil *‘alamah al-Mu’addalah*. *‘Alamah al-Mu’addalah* ialah waktu pertengahan gerhana.
- c. Lihatlah jamnya *‘alamah* tersebut. Kalau jamnya 12 kebawah maka gerhana Bulan terjadi pada malam hari, kalau jamnya lebih dari 12 maka gerhana Bulan terjadi pada siang hari. Jika gerhana Bulan terjadi siang hari, maka tidak perlu meneruskan pekerjaan.
- d. Apabila gerhana Bulan terjadi malam hari, maka harus mengetahui langkah-langkah berikut:
  - 1) *Ta’dil Liḥiṣṣah al-‘Ard*. Caranya *ta’dil al-‘Alamah* x 2 menit 30 detik. Hasil perkalian

---

<sup>94</sup> Abu Hamdan ‘Abdul Jalil, *Fathu al-Ra’uf al-Mannān*, (Kudus: Menara Kudus), hlm. 17-18.

<sup>95</sup> Abu Hamdan ‘Abdul Jalil, *Fathu...* 18-19.

tersebut ditambah *ta'dil al-markaz* lalu hasilnya dikurangi *hiṣṣah al-'Arḍ*. Hasil *hiṣṣah al-'Arḍ al-Mu'addalah* lalu lihatlah *buruj* dan derajatnya. Kalau *burujnya* (0) atau (6) dan derajatnya (12) kebawah atau *burujnya* (5) atau (11) dan derajatnya (18) keatas maka yakin gerhana Bulan akan terjadi.

- 2) *Ta'dil LiKhāṣṣah* : Caranya *ta'dil al-'Alamah* x 43 menit, hasil perkalian dikurangkan *al-Khāṣṣah*. Hasilnya *khāṣṣah al-Mu'addalah*.
- 3) *Buht*: Dari jadwal 8 memakai *buruj hiṣṣah al-'Arḍ al-Mu'addalah*.
- 4) *Arḍ al-Qamar al-Ḥakiki*: Dari jadwal 10 memakai *buruj hiṣṣah al-'Arḍ*.
- 5) *Aṣōbi'*, *Sā'ah* dan *Mukṣ al-Khusūf*: Dari jadwal 13 memakai *buht* dan *'arḍ al-Qamar al-Haqīqi*. Arti *sā'ah al-Khusūf* ialah pertengahan waktu gerhana. Sedangkan *sā'ah al-Mukṣ* ialah pertengahan waktu gelap.
- 6) *Awal al-Khusūf* (Awal Gerhana): *Wasat al-Khusūf* (*'alamah al-Mu'addalah*) dikurangi *sā'ah al-Khusūf*.
- 7) *Akhir al-Khusūf* (Akhir Gerhana): *Wasat al-Khusuf* (*'alamah al-Mu'addalah*) ditambah *sa'ah al-Khusūf*.

- 8) *Awal al-Zulam* (Mulai Gelap): *Sā'ah al-Khusūf* ('*alamah al-Mu'addalah*) dikurangi *sā'ah al-Muks*.
- 9) *'Akhir al-Zulam* (Mulai Bercahaya): *Wasat al-Khusūf* ('*alamah al-Mu'adalah*) ditambah *sā'ah al-Muks*.
- 10) *Laun al-Khusūf* (Warna Gerhana): Dilihat dari menit '*arḍ al-Qamar*, yakni apabila menit itu kurang dari 10 maka warna gerhana hitam, 10-20 hitam kehijauan, 20-30 hitam kemerah-merahan, 30-40 hitam kekuningan, 40-50 abu-abu, 50-60 biru.
- 11) Setelah semuanya selesai, tahap terakhir adalah menyimpulkan dan mengonversi dari Hijriyah ke Maschi.

## 2. Algoritme Hisab Gerhana Bulan Zubair Umar al-Jailani

Tahap awal untuk mengetahui kapan terjadinya gerhana Bulan yaitu dengan menghitung kemungkinan terjadinya gerhana Bulan dengan menambahkan data tahun dengan data Bulan. Data-data tahun dan Bulan tersebut bisa didapat pada halaman 224. Dan data hari yang digunakan adalah 13.

Gerhana Bulan mungkin terjadi jika hasil penjumlahan tersebut:<sup>96</sup>

- Antara  $0^b 0^\circ$  s/d  $0^b 14^\circ$
- Antara  $5^b 15^\circ$  s/d  $6^b 14^\circ$
- Antara  $11^b 15^\circ$  s/d  $11^b 29^\circ$

Kemudian ingat kembali *istiqbāl ḥaqīqi bi al-Taqrīb* yang telah dihitung di awal, Lalu menghitung *istiqbāl ḥaqīqi bi al-Taḥqīq* sebagai bentuk kelanjutan dari proses hisab *ḥaqīqi bi al-Taqrīb* untuk mengetahui jam *istiqbāl ḥaqīqi bi al-Taḥqīq*. Sebagaimana *hisab ḥaqīqi bi al-Taqrīb*, *ḥaqīqi bi al-Taḥqīq* juga menggunakan tabel dalam proses hisabnya, tabel tersebut digunakan agar mendapat nilai *Ṭul al-Syams* dan *Ṭul al-Qamar*.

Ketika mencari *Ṭul al-Syams* dan *Ṭul al-Qamar* terdapat beberapa koreksi. Dalam kitab ini koreksi (*ta'dil*) untuk Bulan dilakukan sebanyak lima kali. Sedangkan untuk mencari posisi Matahari cukup hanya dengan satu kali koreksi saja. Koreksi-koreksi terhadap Bulan secara global adalah sebagai berikut:<sup>97</sup>

---

<sup>96</sup> Zubair Umar al-Jaelany, *Khulaṣah*,... hlm. 224.

<sup>97</sup> Wahyu Fitria, *Studi Komparatif Hisab Gerhana Bulan dalam kitab Khulaṣah al-Wafīyah dan Ephemeris*, Skripsi Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang tahun 2010, hlm. 61.

- a. Koreksi perata Tahunan, sebagai akibat gerak tahunan Bulan bersama sama dengan Bumi mengelilingi Matahari dalam orbit yang berbentuk elips. Koreksi (*ta'dil*) tersebut diambilkan dari angka yang diperoleh khashshah Matahari (*dalil awal*). Angka Ini juga digunakan juga untuk mengoreksi '*uqdah*.
- b. Koreksi sebagai akibat berubahnya *eccentricity* Bulan. Koreksi tersebut diambil dari angka hasil *dalil sani*, yang diperoleh selisih dari *khaṣṣah* dan *wasat* Bulan dengan *ṭul* Matahari.
- c. Koreksi yang besarnya diambil dari hasil angka khashshah Bulan (*dalil salis*).
- d. Koreksi yang di ambil dari data *dalil rabi'*, yang didapat dari selisih antara *wasat* Bulan dengan *ṭul* Matahari.
- e. Koreksi yang terakhir adalah koreksi perata pusat sebagai bentuk elips
- f. Orbit Bulan, yang besarnya diambilkan dari data *dalil rabi'* dan '*uqdah* yang telah terkoreksi.

Koreksi-koreksi tersebut dituangkan dalam bentuk tabel koreksi, kesatu, kedua, ketiga, keempat dan kelima serta koreksi bagi '*uqdah* dan *khaṣṣah* Bulan. Dalam kitab

ini ada cara khusus untuk mencari besarnya angka *ta'dil*.  
Yaitu dengan rumus:  $A - (A - B) \times C / \text{interval}$ , di mana:

$A = \text{Saṭar awal}$

$B = \text{Saṭar sani}$

$C = \text{Selisih antara saṭar awal dengan saṭar sani}$

Jika *Ṭul al-Syams* dan *Ṭul al-Qamar* nya sudah ditemukan, kemudian carilah selisih di antara keduanya. Jika hasil dari selisih tersebut kurang dari 33 detik, maka hisab dilanjutkan pada tahap selanjutnya. Akan tetapi jika hasil hisab lebih dari 33 detik, maka dihisab kembali sebagaimana rincian dalam tabel, hingga hasil selisih tersebut kurang dari 33 detik.

Setelah selisih didapat, maka selisih tersebut dijadikan satuan milidetik yang kemudian di bagi dengan *Sabaq al-Mu'addal* dengan satuan detik. *Sabaq al-Mu'addal* didapat dari *Sabaq al-Syams* untuk mengurangi *sabaq qamar fi al-Ṭul* yang hasilnya dijadikan satuan detik. Hasil dari pembagian tersebut adalah nilai jam selisih yang digunakan untuk mengurangi jam *istiqbāl ḥaqīqi bi al-Taqrīb*, hasilnya di sebut *Sā'ah al-bū'di*.

Untuk menghitung jam istiqbal haqiqi, di perlukan *daqaiq ta'dil al-Zaman* (perata waktu) dan *Sā'ah al-Bu'di* untuk menambah jam *zawal haqīqi*.<sup>98</sup>

Setelah melalui tahapan tersebut, maka langkah selanjutnya adalah menghitung terjadinya gerhana Bulan. Adapun tahapan-tahapannya adalah:<sup>99</sup>

- a. *Ard al-Qamar* (Lintang Astronomi Bulan) didapat dari *Aqrab al-I'tidal* di tambah *Nisbah al-Jaibiyah li Ard al-Qamar al-Kuli*. Jika hasil *Ard al-Qamar* tersebut lebih dari 65° 7", maka berhentilah menghitung. Dan jika lebih kecil dari 60° 24" maka teruskanlah.
- b. *Sabaq al-Qamar fi al-Ard* (Kecepatan Bulan di Bumi) didapat dari hasil penjumlahan antara *Aqrabu al-Inqilab* dan *Nisbah al-Jaibiyah li Sabaq al-Qamar fi al-Ard al-Kuli*.
- c. *Al-mail al-Nisbi* (Deklinasi Semu Bulan) didapat dari *Ansāb al-Sabaq fi al-Ard* di kurangi *Ansāb al-Sabaq al-Mu'addal*.
- d. *Al-ḥarakah al-Sā'iyah* (Gerak Bulan) didapat dari hasil pengurangan antara *Ansāb al-Sabaq al-Mu'addal* dan *Nisbah al-Jaibiyah li Tamām al-Mail al-Nisbi*.

---

<sup>98</sup> Zubair Umar al-Jaelany, *al-Khulaṣah*,... hlm. 146.

<sup>99</sup> Zubair Umar al-Jaelany, *al-Khulaṣah*,... hlm. 141-143.

- e. *Al-Maḥfūz al-Awwal* (Simpanan Pertama) di dapat dari hasil penjumlahan antara *Ansāb arḍ al-Qamar* dan *Nisbah al-Jaibiyah li al-Mail al-Nisbi*.
- f. *Daqāiq Ba'ad Wasaṭ al-Khusūf* (Menit-Menit setelah Pertengahan Gerhana) di dapat dari hasil penjumlahan antara *Ansāb al-Maḥfūz al-Awwal* dan *Ansāb Daqāiq Sā'ah*, kemudian dikurangi dengan *Ansāb al-Ḥarakah al-Sa'iyah*.
- g. *Al-Maḥfūz al-Sānī* (Simpanan kedua) didapat dari nilai penjumlahan *Nisbah al-Jaibiyah li Tamām al-Mail al-Nisbi* dan *Ansāb arḍ al-Qamar*.
- h. *Niṣfu Qaṭr al-Zīl* (Semi Diameter Bayangan Inti Bumi) diambil dari halaman 225 dengan menggunakan data dalil 3.
- i. *Niṣfu qaṭr al-Qamar* (Semi Diameter Bulan) diambil dari halaman 225 dengan menggunakan data dalil 3.
- j. *Al-Maḥfūz al-Sālis* (Simpanan Ketiga) didapat dari *Niṣfu qaṭr al-Zīl* yang ditambahkan dengan *Niṣfu qaṭr al-Qamar*.
- k. *Al-Maḥfūz al-Rābi'* (Simpanan Keempat) didapat dari *al-Maḥfudz al-Sālis* yang ditambahkan dengan *al-Maḥfūz al-Sānī*.
- l. Lain halnya dengan *al-Maḥfūz al-Rābi'*, *al-Maḥfūz al-Khāmis* (Simpanan Kelima) didapat dari hasil

pengurangan antara *al-Mahfūz al-Sālis* dan *al-Mahfūz al-Sānī*.

- m. Mengetahui nilai *Sā'at al-Suqūt*, pertama-tama harus mengetahui nilai al hasil terlebih dulu. *al-Hāsil* di dapat dari penjumlahan antara *Ansab al-Mahfūz al-Rābi'* dan *Ansab al-Mahfūz al-Khāmis*. Setelah diketahui hasilnya, maka yang dipakai adalah *Niṣfu al-Hāsil* (separuh dari nilai *al-Hāsil*). Lalu *Niṣfu al-Hāsil* tersebut di kurangi *Ansab al-Harakah al-Sa'iyah* setelah sebelumnya dijumlahkan dengan nilai *Ansab Daqāiq Sā'ah*.
- n. *Sā'āt Wasaṭ al-Khusūf* (Pertengahan Gerhana) didapat dari nilai *Sā'āt al-Istiqbāl* yang dikurangi dengan *Daqāiq Ba'ad Wasaṭ al-Khusūf*.
- o. *Sā'āt Ibtida' al-Khusūf* (Awal Gerhana) didapat dari pengurangan antara *Sā'āt Wasaṭ al-Khusūf* dan *Sā'āt al-Suqūt*.
- p. Berbeda dengan *Sā'āt Ibtida' al-Khusūf*, *Sā'āt Intaha al-Khusūf* (Akhir Gerhana) didapat dari penjumlahan antara *Sā'āt Wasaṭ al-Khusūf* dan *Sā'āt al-Suqūt*.
- q. *Al-Bāqī* (Sisa) didapat dari *al-Mahfūz al-Sālis* dikurangi *'Arḍ al-Qamar*, hasilnya dijadikan satuan tsawani kemudian dikalikan 12.

- r. *Qaṭ al-Qamar* (Diameter Bulan) didapat dari *Niṣfu Qaṭr al-Qamar* yang dilipatgandakan, kemudian dijadikan satuan detik.
- s. *Aṣābi' al-Khusūf* didapat dari nilai *al-Bāqī* dibagi dengan *Qaṭr al-Qamar*. Di kalangan ahli falak *Qaṭr al-Qamar* dan *Qaṭr al-Syams* secara istilah terbagi menjadi 12 bagian, yang mana setiap bagian di sebut satu jari dan setiap jari adalah 60 menit.
- t. *Nau'ū al-Khusūf* (Jenis Gerhana). Untuk mengetahui gerhana apa yang akan terjadi, maka gunakan '*Arḍ al-Qamar* untuk mengurangi *Niṣfu Qaṭr al-Zil*. Apabila hasilnya sama dengan *Niṣfu Qaṭr al-Qamar* berarti terjadi gerhana total dan totalnya tidak lama (langsung memulih). Jika hasilnya lebih besar, maka totalnya agak lama. Dan jika hasilnya lebih kecil, maka terjadi gerhana Bulan sebagian. Jika gerhana Bulan total yang terjadi maka harus diketahui kapan awal total dan akhir total, yaitu dengan cara:
- 1) *Niṣfu Quṭr Zil- Niṣfu Quṭr Qamar + al-Mahfūz al-Sānī.*
  - 2) *Niṣfu Quṭr Zil- Niṣfu Quṭr Qamar - al-Mahfūz al-Sānī.*
  - 3) Setelah didapat hasil dari keduanya, lalu di cari nilai *ansabnya*. Jika nilai *ansab* sudah ditemukan, maka ambil *Niṣfu Ansabnya* untuk

menambahkan *Ansab Daqāiq Sā'āh*, lalu hasilnya dikurangkan dengan nilai *al-Ḥarakah al-Sā'iyah*. Nilai yang di dapat tersebut adalah nilai *Sā'āh al-Muks* yaitu setengah dari masa gerhana total.

- 4) Untuk mengetahui awal total, gunakan *Sā'āh al-Muks* untuk mengurangi *Sā'āh Wasaṭ al-Khusūf*. Dan untuk mengetahui akhir total gunakan *Sā'āh al-Muks* untuk menambah *Sā'āh Wasaṭ al-Khusūf*.
- u. *Laun al-Khusūf* (Warna Gerhana Bulan) tidak bisa diketahui secara pasti, tetapi dikatakan bahwa jika 'Ard al-Qamar 10° ke bawah, maka warnanya hitam pekat. Jika 'Ard al-Qamar sampai 20°, maka warnanya hitam kehijauan. Jika 'ard al-Kamar sampai 30°, maka warnanya hitam kemerahan. Jika 'ard al-Kamar sampai 40°, maka warnanya hitam kekuningan. Jika 'Ard al-Qamar sampai 50°, maka warnanya. Jika 'Ard al-Qamar sampai 60°, maka warnanya kelabu.
  - v. *Al-Markaz*, hasil yang di hitung masih bermarkaz Makkah, untuk mengubah ke daerah yang kita inginkan maka diperlukan selisih bujur Makkah

dengan bujur daerah yang akan kita cari.<sup>100</sup> Setelah kita mengetahui jam terjadinya gerhana di kota yang kita cari, hal tersebut masih belum sempurna. Karena untuk mengetahui gerhana benar-benar terjadi di kota tersebut masih harus di sesuaikan dengan bujur daerah masing-masing wilayah, dengan menggunakan rumus: Jam yang di ketahui – perata waktu + (BD - BT) / 15.

- w. Konversi Hijriyah ke Maschi, setelah hasil kita dapatkan, kita masih belum tahu dalam kalender Maschi gerhana Bulan tersebut terjadi pada tanggal berapa. Untuk mengetahui tanggal maschinya maka dalam menentukan tanggal dan Bulan di ambil dari data thul Matahari. Untuk menentukan tanggal, jika burujnya berkisar antara buruj 4 – 12 maka nilai *buruj* tersebut di +4, namun untuk *buruj* 1 -3, *burujnya* -8. Sedangkan untuk menentukan tanggalnya, jika *burujnya* berkisar antara buruj 2 – 7 maka derajatnya +9, akan tetapi jika *burujnya* berkisar antara *buruj* 8 – 1 maka derajatnya -8. Untuk mencari tahunnya, tahun Hijriyahnya di bagi dengan 33,33, hasilnya dikalikan dengan 33,33 untuk mengurangi tahun Hijriyahnya.

---

<sup>100</sup> Zubair Umar al-Jaelany, *al-Khulāṣah*,... hlm. 267.

Kemudian hasilnya ditambahkan dengan 622, maka tahun yang di cari akan ditemukan.

### 3. Algoritme Hisab Gerhana Bulan Jean Meeus

Adapun cara menghitung gerhana Bulan menggunakan buku *Astronomical Algorithms* sebagai berikut:

#### a. Menghitung $K$ <sup>101</sup>

$$k = (\text{tahun} - 2000) \times 12,3685$$

Rumus untuk mencari k adalah rumus pendekatan. “tahun” yang digunakan dalam rumus di atas adalah tanggal yang dinyatakan dalam tahun. Nilai integer k menyatakan new moon. Jika ingin menghitung :

- *First Quarter* maka  $k + 0,25$

- *Full Moon*  $k + 0,5$

- *Last Quarter*  $k + 0,75$

Keterangan diatas bila dirumuskan menjadi :

$$K = \text{INT}(((\text{Tahun} + \text{Bulan}/12) - 2000) \times 12,3685)$$

#### b. Menghitung *Julian Day Ephemeris* (JDE)

JDE adalah waktu terjadinya new moon (yang ingin dicari) dinyatakan dalam Julian Day

---

<sup>101</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, (Virginia: Willman Bell. Inc., th. 1991), hlm. 320.

dalam waktu ephemeris (ET) atau waktu dinamik (DT).

$$T = K/1236,85$$

$$\begin{aligned} \text{JDE}^{102} &= 2451550,09765 + 29,530588853 \times k \\ &+ 0,0001337 \times T^2 - 0,000000150 \times T^3 + \\ &0,00000000073 \times T^4 \end{aligned}$$

c. Menghitung  $M^{103}$

$M$  adalah *sun's mean anomaly* pada waktu JDE

$$M = 2,5534 + 29,1053569 \times k - 0,0000218 \times T^2 - 0,00000011 \times T^3$$

Hasil  $M$  adalah satuan derajat, dan harus dirubah menjadi satuan radian maka caranya harus dirubah menjadi bilangan derajat antara  $0^\circ - 360^\circ$  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.

$$8280 - 8234,262544 = 45,73745559 \text{ derajat}$$

---

<sup>102</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*,... hlm. 319.

<sup>103</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*,... .hlm. 320.

$$= 45,73745559 \times \pi / 180$$

$$= 0,798269192 \text{ radians}$$

d. Menghitung  $M'$

$M'$  adalah *moon's mean anomaly*.

$$M' = 201,5643 + 385,81693528 \times k + 0,0107438 \times T^2 + 0,00001239 \times T^3 - 0,000000058 \times T^4$$

Jika hasil derajat  $M'$  negatif, maka caranya seperti di atas, begitu juga untuk langkah-langkah selanjutnya.

e. Menghitung  $F$

$F$  adalah argumen lintang Bulan.

$$F = 160,7108 + 390,67050274 \times k - 0,0016341 \times T^2 - 0,00000227 \times T^3 + 0,000000011 \times T^4$$

Kemungkinan terjadinya 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.

Jika nilai  $F$  mendekati nilai  $0^\circ$  atau  $360^\circ$ , maka gerhana terjadi dekat pada titik naik Bulan. Jika  $F$  nilainya mendekati  $180^\circ$ , maka gerhana terjadi dekat pada titik turun Bulan.

f. Menghitung  $\Omega$ 

$\Omega$  adalah bujur astronomi Bulan dari ascending node atau titik simpul naik orbit Bulan.

$$\Omega = 124,7746 - 1,56375580 \times k + 0,0020691 \times T^2 + 0,00000215 \times T^3$$

g. Menghitung  $E$ <sup>104</sup>

$E$  adalah eksentrisitas orbit Bumi mengitari Matahari yang dikoreksi dengan  $T$ .

$$E = 1 - 0,002516 \times T - 0,0000074 \times T^2$$

h. Menghitung koreksi untuk mengetahui tengah gerhana<sup>105</sup>

1) Koreksi pertama dengan rumus :

$$= -0,4065 \times \sin M'$$

2) Koreksi kedua dengan rumus :

$$= 0,1727 \times E \times \sin M$$

3) Koreksi ketiga dengan rumus :

$$= 0,0161 \times \sin (2 \times M')$$

4) Koreksi keempat dengan rumus :

$$= 0,0097 \times \sin (2 \times F1)$$

5) Koreksi kelima dengan rumus :

$$= 0,0073 \times E \times \sin (M' - M)$$

---

<sup>104</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*,... hlm. 308.

<sup>105</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*,... hlm. 350.

6) Koreksi keenam dengan rumus :

$$= -0,0050 \times E \times \sin (M' + M)$$

7) Koreksi ketujuh dengan rumus :

$$= -0,0023 \times \sin (M' - (2 \times F1))$$

8) Koreksi kedelapan dengan rumus :

$$= 0,0021 \times E \times \sin 2M$$

9) Koreksi kesembilan dengan rumus :

$$= 0,0012 \times \sin (M' + (2 \times F1))$$

10) Koreksi kesepuluh dengan rumus :

$$= 0,0006 \times E \times \sin (2 \times M' + M)$$

11) Koreksi kesebelas dengan rumus :

$$= -0,0004 \times \sin (3 \times M')$$

12) Koreksi kedua belas dengan rumus :

$$= -0,0003 \times E \times \sin (M + (2 \times F1))$$

13) Koreksi ketiga belas dengan rumus :

$$= 0,0003 \times \sin A1$$

14) Koreksi keempat belas dengan rumus :

$$= -0,0002 \times E \times \sin (M - (2 \times F1))$$

15) Koreksi kelima belas dengan rumus :

$$= -0,0002 \times E \times \sin (2 \times M' - M)$$

16) Koreksi keenam belas dengan rumus :

$$= -0,0002 \times \sin \Omega$$

17) Menjumlahkan nilai koreksi :

$$= \text{koreksi 1 s/d koreksi 16}$$

Dalam bukunya Jean Meeus mengatakan bahwa koreksi tengah gerhana tersebut jika digunakan untuk menghitung gerhana antara tahun 1951 – 2050 mempunyai kesalahan rata-rata 0,36 menit (21,6 detik). Sedangkan kesalahan maksimal mencapai 1,1 menit.

Selanjutnya untuk mengetahui waktu permulaan gerhana dan akhir gerhana, dibutuhkan beberapa elemen yang perlu dihitung. Elemen-elemen tersebut adalah P, Q, W,  $\gamma$ , dan U yang dihitung dengan langkah-langkah sebagai berikut:<sup>106</sup>

i. Menghitung nilai P pertama dengan rumus :

1) Koreksi nilai P pertama dengan rumus :

$$= 0,2070 \times E \times \sin M$$

2) Koreksi nilai P kedua dengan rumus :

$$= 0,0024 \times E \times \sin 2M$$

3) Koreksi nilai P ketiga dengan rumus:

$$= -0,0392 \times \sin M^2$$

4) Koreksi nilai P keempat dengan rumus :

---

<sup>106</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*,... hlm. 351.

$$= 0,0116 \times \sin 2M'$$

5) Koreksi nilai P kelima dengan rumus :

$$= -0,0073 \times E \times \sin (M' + M)$$

6) Koreksi nilai P keenam dengan rumus :

$$= 0,0067 \times E \times \sin (M' - M)$$

7) Koreksi nilai P ketujuh dengan rumus :

$$= 0,0118 \times \sin (2 \times F1)$$

8) Mencari nilai P dengan rumus :

$$= P1 \text{ s/d } P7$$

j. Menghitung nilai Q dengan koreksi-koreksi sebagai berikut:

1) Koreksi Q pertama dengan rumus :

$$= -0,0048 \times E \times \cos M$$

2) Koreksi Q kedua dengan rumus :

$$= 0,0020 \times E \times \cos 2M$$

3) Koreksi Q ketiga dengan rumus :

$$= -0,3299 \times \cos M'$$

4) Koreksi Q keempat dengan rumus :

$$= -0,0060 \times E \times \cos (M' + M)$$

5) Koreksi Q kelima dengan rumus :

$$= 0,0041 \times E \times \cos (M' - M)$$

6) Mencari nilai Q dengan rumus :

$$= 5,2207 + Q1 \text{ s/d } Q5$$

k. Mencari nilai W dengan rumus :

$$= \text{Abs} (\cos F1)$$

l. Mencari nilai  $\gamma$  dengan rumus :

$$= (P \times \cos x F1 + Q \times \sin F1) \times (1 - 0,0048 \times W)$$

Jika nilai  $\gamma$  adalah positif, maka pusat Bulan melewati bagian utara sumbu bayangan Bulan. Jika nilai  $\gamma$  adalah negatif, maka pusat Bulan melewati bagian selatan sumbu bayangan Bulan.

m. Menghitung nilai U dengan koreksi-koreksi sebagai berikut :

1) Koreksi U pertama dengan rumus :

$$= 0,0046 \times E \times \cos M$$

2) Koreksi U kedua dengan rumus :

$$= -0,0182 \times \cos M'$$

3) Koreksi U ketiga dengan rumus :

$$= 0,0004 \times \cos 2M'$$

4) Koreksi U keempat dengan rumus :

$$= 0,0005 \times \cos (M + M')$$

5) Mencari nilai U dengan rumus :

$$= 0,0059 + U1 \text{ s/d } U4$$

n. Menghitung magnitudo gerhana penumbra

dengan rumus:<sup>107</sup>

$$= (1,5573 - u - \text{ABS}(\gamma)) / 0,545$$

o. Menghitung magnitudo gerhana umbra dengan

rumus:

$$= (1,0128 - u - \text{ABS}(\gamma)) / 0,545$$

Untuk langkah n dan o untuk menentukan macam gerhana Bulan, sebagai berikut:

- Jika hasil hisab magnitudo gerhana umbra positif dan memiliki nilai 1 ke atas maka terjadi gerhana Bulan total.
- Jika hasil hisab magnitudo gerhana umbra positif dan memiliki nilai kurang dari 1 maka terjadi gerhana Bulan sebagian.
- Jika hasil hisab magnitudo gerhana umbra negatif dan hasil hisab magnitudo gerhana penumbra positif maka terjadi gerhana Bulan penumbra.

---

<sup>107</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*,... hlm. 352.

- Jika hasil hisab magnitudo gerhana umbra negatif dan hasil hisab magnitudo gerhana penumbra negatif maka tidak terjadi gerhana.
- p. Menghitung P' dengan rumus:<sup>108</sup>  
 $= 1,0128 - u$
- q. Menghitung T dengan rumus:  
 $= 0,4678 - u$
- r. Menghitung H dengan rumus:  
 $= 1,5573 + u$
- s. Menghitung n dengan rumus:  
 $= 0,5458 + 0,0400 \times \cos M'$
- t. Menghitung Semi durasi fase penumbra dengan rumus:  

$$= \frac{60}{n} \sqrt{h^2 - \gamma^2}$$
- u. Menghitung Semi durasi fase parsial umbra dengan rumus:  

$$= \frac{60}{n} \sqrt{p^2 - \gamma^2}$$
- v. Menghitung Semi durasi fase total umbra dengan rumus:  

$$= \frac{60}{n} \sqrt{T^2 - \gamma^2}$$
- w. Menghitung Awal penumbra, awal umbra, awal total, akhir total, akhir umbra, akhir Penumbra

---

<sup>108</sup>Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*,... .hlm. 353

- 1) Awal penumbra = tengah gerhana – semi durasi fase penumbra
  - 2) Awal umbra = tengah gerhana - semi durasi fase parsial
  - 3) Awal total gerhana = tengah gerhana – semi durasi fase total
  - 4) Akhir total gerhana = tengah gerhana + semi durasi fase total
  - 5) Akhir umbra = tengah gerhana + semi durasi fase parsial
  - 6) Akhir penumbra = tengah gerhana + semi durasi fase penumbra
- x. Menghitung JDE Terrestrial Dynamical Time (TDT) terkoreksi  
 JDE (TDT) = JDE + koreksi tengah gerhana
- y. Menghitung delta T<sup>109</sup>  

$$\text{Delta T} = ((102,3 + 123,5 \times T + 32,5 \times T^2)/3600)$$
- z. Menghitung JDE Universal Time (UT) dan Mengonversi JDE (UT) menjadi waktu lokal<sup>110</sup>  

$$\text{JDE (UT)} = \text{JDE (TDT)} - \text{delta T}$$

Mengonversi JD menjadi Gregorian ini memberikan hasil yang valid walaupun

---

<sup>109</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*,... hlm. 73.

<sup>110</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*,... hlm. 62-63.

untuk menghitung tahun negatif (sebelum masehi), yaitu dengan cara menambahkan JD dengan 0,5. Maka Z adalah hasil integer nilai tersebut dan f adalah hasil fraction atau desimalnya.

$$JDE\ UT + 0,5$$

Jika hasil  $Z < 2299161$ , maka  $A = Z$ , namun jika  $Z$  lebih ataupun sama dengan 2299161, maka menghitung :

$$\alpha = \text{INT}((Z - 1867216,25))/36524,25$$

$$A = Z + 1 + \alpha - \text{INT}(\alpha / 4)$$

Kemudian menghitung :

$$B = A + 1524$$

$$C = \text{INT}((B - 122,1)/365,25)$$

$$D = \text{INT}(365,25 \times C)$$

$$E = \text{INT}((B - D)/30,6001)$$

Tanggal terjadinya tengah gerhana bisa diketahui dengan menghitung rumus di bawah ini :

$$\text{Tanggal} = B - D - \text{INT}(30,6001 \times E)$$

Jam terjadinya tengah gerhana bisa diketahui dengan merubah nilai  $f$  yang merupakan desimal dari Julian Day menjadi satuan jam dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Jam} = f \times 24$$

Bulan( $m$ ) terjadinya tengah gerhana bisa diketahui dengan :

$$\text{Jika } E < 14, \text{ maka } m = E - 1$$

$$\text{Jika } E = 14 \text{ atau } 15, \text{ maka } m = E - 13$$

Tahun terjadinya tengah gerhana bisa diketahui dengan menghitung :

$$\text{Jika } m > 2, \text{ maka } y = C - 4716$$

$$\text{Jika } m = 1 \text{ atau } 2, \text{ maka } y = C - 4715.$$



## BAB III

### ALGORITME HISAB GERHANA BULAN RINTO ANUGRAHA DALAM BUKU *MEKANIKA BENDA LANGIT*

#### A. Biografi Intelektual Rinto Anugraha NQZ

Dr. Eng. Rinto Anugraha NQZ (Nur Qomaruz Zaman) lahir di Jakarta, pada 27 September 1974, ia merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Menempuh pendidikan di SDN Klender 15, SMPN 6, SMAN 59, semuanya berada di Jakarta. Kemudian kuliah S1 Fisika UGM dari tahun 1992-1997, dengan tugas akhir tentang *General Relativity and Cosmology* di bawah bimbingan (Alm) Prof. Dr. Muslim dan Dr. Arief Hermanto. Kuliah S2 Fisika UGM 1997-2001 dengan tugas akhir tentang *Renormalization and Dimensional Regularization in Quantum Field Theory* di bawah bimbingan (Alm) Prof. Dr. Muslim dan Dr. Pramudita Anggraita. Menempuh studi doktoral pada tahun 2005-2008 dengan sponsor dari *Monbukagakusho* dalam bidang *Nonlinear Physic* di *Applied Physic Laboratory*, Kyushu University, di bawah supervisor Prof. Dr. Shoichi KAI dan Dr. Yoshiki Hidaka dengan topik riset tentang *Turbulence in Liquid Crystal (soft-mode turbulence)*. Ia juga menjadi researcher

postdoctoral di tempat yang sama pada tahun 2008-2010 dengan sponsor dari JSPS.<sup>111</sup>

Ada sekitar 9 paper di jurnal International Fisika yang ternama yang ditulis oleh ia, baik sebagai penulis pertama atau bukan sebagai penulis pertama, seperti jurnal *Physical Review Letters*, *Physical Review E*, *Journal of Physical Society of Japan*, *Physica D* dan lain-lain.<sup>112</sup>

Semasa menempuh pendidikan doktor kegiatan sehari-hari, ia penuh dengan tugas riset dan di waktu luangnya ia menjadi looper koran yakni di pagi hari dan di akhir pekan untuk mencari tambahan penghasilan. Di akhir pekan juga ia mengisinya untuk liburan bersama keluarga dan teman-teman di Jepang.<sup>113</sup>

Ia bekerja sebagai Dosen Fisika Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada Yogyakarta sejak tahun 1998. Menjabat sebagai Kepala Laboratorium Fisika Material dan Instrumentasi Jurusan Fisika FMIPA UGM dan di jurusan lainnya seperti Fisika Dasar, Matematika Fisika, elektrodinamika, Mekanika Klasik, Teori Relativitas,

---

<sup>111</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, (Yogyakarta: Jurusan Fisika FMIPA UGM, 2012), hlm. 200.

<sup>112</sup> *Ibid.*

<sup>113</sup> Jafar Shodiq, *Studi Analisis Hisab Gerhana Matahari Menurut Rinto Anugraha dalam Buku Mekanika Benda Langit*, Skripsi Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang tahun 2016, hlm. 54

Fisika Kuantum, Mekanika Benda Langit, Kapita Selekta Fisika Material dan sebagainya.

Ia tinggal di Krangkungan, Condong Catur Depok Sleman Yogyakarta, bersama seorang istri dan empat orang anak. Ia menekuni ilmu Hisab secara otodidak ketika sedang studi di Jepang. Buku referensi pertama yang ia baca dan sangat berpengaruh bagi pengetahuan ia di bidang ilmu hisab adalah *Astronomical Algorithms* karya Jean Meeus.<sup>114</sup> Ia mengaplikasikan Algoritme Jean Meeus dengan membuat aplikasi Just Basic, kemudian microsoft excel dengan membuat rumus awal salat dan arah kiblat. Ia mengaplikasikan arah kiblat dengan google map dan qibla locator. Ketertarikannya dengan Jean Meeus adalah karena Jean Meeus suka mengkaitkan satu bab dengan bab lainnya (linier dan saling berkesinambungan satu sama lain). Selain itu Jean Meeus piawai menjelaskan fenomena astronomi dalam bahasa populer dan diceritakan secara menarik.

Karya – karya Rinto tidak hanya terkait dengan bidang falak tetapi juga astronomi secara umum, bahasa dan Fisika diantaranya adalah :

### 1. Mekanika Benda Langit

---

<sup>114</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 200.

2. Pengantar Teori Relativitas dan Kosmologi
3. Trik TOEFL
4. Trik Tes TPA
5. Olimpiade Fisika
6. Pengantar Mekanika Klasik
7. Ilmu Hisab Modern (masih proses)
8. Ilmu Hisab Populer (masih proses)

Dalam keilmuan Falak ia aktif sebagai pembina JAC (Jogja Astro Club) semenjak tahun 2012 sampai sekarang, selain itu ia sering menjadi pembicara dalam seminar-seminar ilmu falak baik oleh ormas maupun oleh perguruan tinggi. Ia aktif menjadi pembina ahli hisab Ia berpengalaman menangani pelatihan.<sup>115</sup>

Bidang kompetensi Rinto adalah fisika (relativitas umum dan kosmologi, fisika matematik, elektromagnetika, liquid crystal, simulasi spin magnetik, chaos), ilmu hisab (teori dan komputasi). Ia juga menguasai software image (untuk image processing), bahasa basic, HTML dan sedikit pemrograman Java. Ia suka membaca buku Islam berbahasa Indonesia dan arab

---

<sup>115</sup> Jafar Shodiq, *Studi,..* hlm. 54-55.

terutama Tafsir dan Fiqh Da'wah. Lancar berbahasa Inggris, sedikit bahasa Jepang dan juga suka mengupdate perkembangan sepakbola Eropa.<sup>116</sup>

## **B. Algoritme-Algorithm Hisab dalam Buku *Mekanika Benda Langit***

Buku *Mekanika Benda Langit* merupakan buku teks untuk matakuliah Mekanika Benda Langit yang diajarkan di program S1 dan S2 Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Gadjah Mada. Buku ini merupakan kumpulan tulisan ia di internet tentang ilmu hisab./falak, disertai dengan beberapa tambahan.<sup>117</sup>

Dalam buku ini dijelaskan berbagai macam algorima hisab seperti waktu dan kalender, khususnya kalender Gregorian (Masehi) dan kalender Islam, serta konversi antara keduanya. Kemudian disajikan pulapembahasan tentang Bumi, koordinat bola, serta transformasi koordinat antara ekliptika geosentrik, ekuator geosentrik dan horisontal. Dibahas pula jarak antara dua tempat di permukaan Bumi serta arah kiblat yang merupakan sudut azimuth dari satu tempat ke tempat kedua yang terletak di Kakbah, Saudi Arabia. Selanjutnya

---

<sup>116</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 200.

<sup>117</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. iii.

perhitungan posisi Matahari dan Bulan diberikan secara gamblang dengan beberapa model Algoritme. Setelah pembahasan tentang fase-fase Bulan, gerhana Bulan dan Matahari akhirnya ditutup dengan kapita selekta tentang kalender 2012 dan *software Accurate Times*.<sup>118</sup>

Di dalam buku ini terdapat 200 halaman termasuk lampiran-lampiran dan terbagi menjadi 7 bab. Berikut berbagai Algoritme yang terdapat dalam buku *Mekanika Benda Langit*.<sup>119</sup>

Bab 1 berisi Algoritme hisab *Julian Day* baik itu mengubah *Julian Day* ke Kalender Masehi<sup>120</sup>, kalender Masehi ke *Julian Day*<sup>121</sup>, Konversi Kalender Islam Aritmatika ke Kalender Masehi<sup>122</sup>, Kalender Islam Aritmatika ke kalender Masehi, Algoritme Hisab delta T<sup>123</sup>, Algoritme hisab GST (*Greenwich Sideral Time*), Algoritme hisab *Local Sideral Time (LST)*<sup>124</sup>.

Bab 2 berisi Algoritme hisab Jarak dari permukaan Bumi ke pusat Bumi, Algoritme hisab Jarak dua tempat di

---

<sup>118</sup> *Ibid.*

<sup>119</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. iv-vi.

<sup>120</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 9.

<sup>121</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 11.

<sup>122</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 17.

<sup>123</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 18-20.

<sup>124</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 21-23.

permukaan Bumi<sup>125</sup>, Algoritme hisab arah kiblat<sup>126</sup>, Algoritme hisab transformasi koordinat dari ekliptika geosentrik (*Lambda, Beta*) ke Ekuator Geosentrik (*Alpha, Delta*), Algoritme hisab transformasi koordinat dari Ekuator Geosentrik (*Alpha, Delta*) ke Ekliptika Geosentrik (*Lambda, Beta*), Algoritme hisab transformasi koordinat dari Ekuator Geosentrik (*Alpha, Delta*) ke Horison (h, A), Algoritme hisab, Transformasi koordinat dari Horison (h, A) ke Ekuator Geosentrik (*Alpha, Delta*)<sup>127</sup>.

Bab 3 berisi Algoritme hisab penentuan posisi Matahari berdasarkan dari Algoritme Meeus, Algoritme hisab koreksi bujur ekliptika, Algoritme hisab koreksi jarak Bumi-Matahari<sup>128</sup>, Algoritme hisab menentukan *equation of time*<sup>129</sup>, Algoritme hisab waktu salat<sup>130</sup>.

Bab 4 berisi Algoritme hisab penentuan posisi Bulan, Rinto Anugraha mencantumkan dua Algoritme perhitungan yaitu Algoritme hisab penentuan posisi Bulan menurut Brown meliputi koreksi bujur ekliptika Bulan, koreksi

---

<sup>125</sup> Rinto Anugraha, Mekanika,... hlm. 28-30.

<sup>126</sup> Rinto Anugraha, Mekanika,... hlm. 35.

<sup>127</sup> Rinto Anugraha, Mekanika,... hlm. 56-62.

<sup>128</sup> Rinto Anugraha, Mekanika,... hlm. 63-68.

<sup>129</sup> Rinto Anugraha, Mekanika,... hlm. 78.

<sup>130</sup> Rinto Anugraha, Mekanika,... hlm. 88.

lintang Bulan, Jarak Bumi-Bulan<sup>131</sup> dan Algoritme hisab penentuan posisi Bulan menurut Jean Meeus meliputi koreksi bujur ekliptika Bulan, koreksi lintang ekliptika Bulan serta koreksi jarak Bumi-Bulan<sup>132</sup>.

Bab 5 berisi Algoritme-Algoritme terkait fase-fase Bulan yaitu Algoritme hisab fase-fase Bulan menurut Jean Meeus<sup>133</sup>, selain itu terdapat Algoritme hisab fase-fase gerhana berdasarkan dari tabel Jean Meeus<sup>134</sup>.

Bab 6 berisi Algoritme-algoritma hisab terkait tentang gerhana baik itu gerhana Matahari dan gerhana Bulan. Rinto Anugraha mencantumkan algoritma hisab gerhana Matahari berdasarkan Algoritme Jean Meeus. Khusus Algoritme hisab gerhana Matahari ini dapat menentukan waktu terjadinya serta posisi lintang dan bujur yang terkena gerhana Matahari. Rinto Anugraha mencontohkan gerhana Matahari 22 Juli 2009 dalam bukunya.<sup>135</sup> Terdapat juga Algoritme hisab gerhana Bulan berdasarkan Algoritme Jean Meeus. Algoritme hisab gerhana Bulan ini hanya bisa menentukan waktu terjadinya

---

<sup>131</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 98-102.

<sup>132</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 103-107.

<sup>133</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 114.

<sup>134</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 120.

<sup>135</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 143.

gerhana mulai dari awal waktu penumbra hingga akhir waktu penumbra.<sup>136</sup>

Bab 7 berisi mengenai Kapita Selekta, bab ini hanya memaparkan mengenai Kalender tahun 2012 yang di dalamnya terdapat hari-hari besar dan awal Bulan Islam tahun 1433 H dan 1434 H<sup>137</sup>, Hari-hari besar non Islam, *Ekuinoks* dan *Solstice*, Gerhana dan Transit, Hari melusurkan kiblat. Rinto Anugraha juga menenalkan *software Accurate Times* karya dari Muhammad Odeh (Audah) yang merupakan pendiri nirlaba *Islamic Crescent Observation Project (ICOP)* dan berpusat di Yordania.<sup>138</sup>

### **C. Algoritme Hisab Gerhana Bulan Rinto Anugraha dalam Buku *Mekanika Benda Langit***

Algoritme hisab gerhana Bulan yang digunakan dalam buku *Mekanika Benda Langit* menggunakan Algoritme Jean Meeus tetapi terdapat beberapa koreksi-koreksi yang tidak digunakan seperti dalam langkah-langkah menghitung JDE (*Julian Day Ephemeris*), anomali rata-rata Matahari (M), anomali rata-rata Bulan

---

<sup>136</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 136.

<sup>137</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 148-149.

<sup>138</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 153-156.

(M'), argumen lintang Bulan (F), bujur titik naik Bulan omega ( $\Omega$ ).

Langkah-langkah untuk menghitung gerhana Bulan dalam buku *Mekanika Benda Langit*, sebagai berikut:<sup>139</sup>

1. Menghitung Perkiraan Tahun

Pertama kali tentukan perkiraan tahun pada tanggal yang diperkirakan terjadi gerhana. Perkiraan tahun = tahun + Bulan yang telah lewat/12 + tanggal /365.

2. Menghitung Perkiraan Nilai k

Perkiraan nilai k = (perkiraan tahun - 2000) x 12,3685.

3. Menentukan Nilai k

Menentukan nilai k yang tepat. Nilai k untuk gerhana Bulan adalah bilangan pembulatan hasil hisab k + 0,5.

4. Menentukan nilai T, dengan rumus:

$$T = k / 1236,85$$

5. Menghitung nilai F (argumen lintang Bulan)

Rumus  $F = 160,7108 + 390,67050274 \times k - 0,0016341 \times T^2$ .

6. Menentukan apakah benar terjadi gerhana Bulan dari nilai F diatas. Syarat terjadinya gerhana F dengan kelipatan 180 derajat harus kurang 13,9 derajat.

---

<sup>139</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 136-139

7. Menghitung nilai E

$$\text{Rumus nilai E} = 1 - 0,2516 \times T - 0,0000074 \times T^2$$

8. Menghitung anomali rata-rata Matahari (M)

$$\text{Rumus M} = 2,5534 + 29,1053569 \times k - 0,0000218 \times T^2$$

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

$$\text{Rumus M}' = 201,5643 + 385,81693528 \times k + 0,0107438 \times T^2$$

10. Menghitung bujur titil naik Bulan omega ( $\Omega$ )

$$\text{Rumus } \Omega = 124,7746 - 1,56375580 \times k + 0,0020691 \times T^2$$

11. Menghitung F1 = F - 0,00265 x sin  $\Omega$

12. Menghitung A1 = 299,77 - 0,107408 x T<sup>2</sup>

13. Menghitung JDE Bulan yang belum terkoreksi

$$\text{JDE yang belum terkoreksi} = 2451550,09765 + 29,530588853 \times k + 0,0001337 \times T^2.$$

14. Menghitung koreksi JDE dengan rumus, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} 10000 \times \text{koreksi JDE} = & -4065 \times \sin (M') + 1727 \times E \times \\ & \sin (M) + 161 \times \sin (2 \times M) - 97 \times \sin (2 \times F1) + 73 \times E \\ & \times \sin (M' - M) - 50 \times E \times \sin (M' + M) - 23 \times \sin (M' - \\ & 2 \times F1) + 21 \times E \times \sin (2 \times M) + 12 \times \sin (M' + 2 \times F1) + 6 \\ & \times E \times \sin (2 \times M' + M) - 4 \times \sin (3 \times M') - 3 \times E \times \sin \\ & (M + 2 \times F1) + 3 \times \sin (A1) - 2 \times E \times \sin (M - 2 \times F1) - 2 \times \\ & E \times \sin (2 \times M' - M) - 2 \times \sin (\Omega). \end{aligned}$$

15. Menghitung JDE terkoreksi saat terjadi gerhana maksimum = JDE belum terkoreksi – koreksi JDE.
16. Menghitung JDE saat gerhana maksimum = JDE terkoreksi – Delta T
17. Menghitung P dengan rumus:  

$$10000 \times P = 2070 \times E \times \sin (M) + 24 \times E \sin (2xM) - 392 \times \sin (M') + 116 \times \sin (2xM') - 73 \times E \times \sin (M'+M) + 67 \times E \times \sin (M'-M) + 118 \times \sin (2xF1).$$
18. Menghitung Q dari rumus:  

$$10000 \times Q = 52207 - 48 \times E \times \cos (M) + 20 \times E \times \cos (2xM) - 3299 \times \cos (M') - 60$$
19. Menghitung W = [cos (F1)].
20. Menghitung  $\gamma = (P \times \cos (F1)) + Q \times \sin (F1)) \times (1 - 0,0048 \times W).$
21. Menghitung u, dari rumus:  

$$10000 \times u = 59 + 46 \times E \times \cos (M) - 182 \times \cos (M') + 4 \times \cos (2xM') - 5 \times E \times \cos (M+M').$$
22. Menghitung radius penumbra = 1,2848 + u.
23. Menghitung radius umbra = 0,7403 – u.
24. Menghitung magnitudo gerhana penumbra = (1,5573 – u – [Ω]) / 0,545.
25. Menghitung magnitudo gerhana umbra = (1,0128 – u – [Ω]) / 0,545.
26. Menghitung Pu = 1,0128 – u.
27. Menghitung T1 = 0,4678 – u.

28. Menghitung  $H = 1,557 + u$ .
29. Menghitung  $n = 0,5458 + 0,0400 \times \cos(M')$ .
30. Menghitung Semi durasi fase penumbra dengan rumus:

$$= \frac{60}{n} \sqrt{h^2 - \gamma^2}$$

31. Menghitung Semi durasi fase parsial umbra dengan rumus:

$$= \frac{60}{n} \sqrt{p^2 - \gamma^2}$$

32. Menghitung Semi durasi fase total umbra dengan rumus:

$$= \frac{60}{n} \sqrt{T^2 - \gamma^2}$$

33. Awal fase penumbra (P1) = tengah gerhana – semi durasi fase penumbra.
34. Awal fase umbra (U1) = tengah gerhana – semi durasi fase parsial penumbra.
35. Awal fase total (U2) = tengah gerhana – semi durasi fase total umbra.
36. Gerhana maksimum = tengah gerhana
37. Akhir fase total (U3) = tengah gerhana + semi durasi fase total umbra.
38. Akhir fase umbra (U4) = tengah gerhana + semi durasi fase parsial penumbra.

39. Akhir fase penumbra (P2) = tengah gerhana + semi durasi fase penumbra.

## BAB IV

### ANALISIS ALGORITME HISAB GERHANA BULAN MENURUT RINTO ANUGRAHA DALAM BUKU MEKANIKA BENDA LANGIT

#### A. Analisis Algoritme Hisab Gerhana Bulan Menurut Rinto Anugraha dalam Buku Mekanika Benda Langit

Pertumbuhan ilmu falak pada saat ini sudah sangat maju, bahkan telah mencapai tingkat akurasi tinggi, dan kematangan yang nyaris sempurna sehingga kemungkinan salahnya relatif kecil.<sup>140</sup> Hal ini dipengaruhi oleh semakin mutakhirnya ilmu pengetahuan serta teknologi. Ilmu hisab juga akan terus mengalami perubahan data dikarenakan sifat alam semesta yang dinamis. Hal ini bisa dipahami bahwasanya semua benda langit termasuk Bumi terus bergerak dan berputar sesuai dengan poros dan orbitnya dalam sistem tata surya. Setiap pergerakan dari Bumi, Bulan maupun Matahari senantiasa menjadi bahan pengamatan manusia di Bumi sebagai dasar pijakan dalam mengetahui waktu, kalender, awal Bulan dan fenomena-fenomena langit lainnya tak terkecuali fenomena terjadinya gerhana dimana

---

<sup>140</sup> A. Kadir, *Formula Baru Ilmu Falak: Panduan Lengkap dan Praktis Hisab Arah Kiblat, Waktu-Waktu Shlmat, Awal Bulan dan Gerhana*, (Jakarta: Amzah, 2012), hlm. 5.

posisi Bumi, Bulan dan Matahari berada dalam satu garis lurus.<sup>141</sup>

Saat ini semakin banyak bermunculan program software astronomis Bulan dan Matahari untuk keperluan hisab arah kiblat, waktu salat, awal Bulan maupun gerhana. Program-program itu misalnya *Mawaqit* yang diprogram oleh IMCI korwil Belanda tahun 1993, program *Falakiyah Najmi* oleh Nuril Fu'ad pada tahun 1995, program *Astinfo* oleh jurusan astronomi MIPA ITB Bandung tahun 1996, program *Badi'atul Mitsal* tahun 2000 dan program *Ahillah, Misal, Pengetan* dan *Tsaqib* tahun 2004 oleh Muhyiddin Khazin, program *Mawaqit* versi 2002 oleh Ing Hafid pada tahun 2002.

Buku *Mekanika Benda Langit* merupakan buku karya Rinto Anugraha yang merupakan S1 dan S2 Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) sekaligus menjadi buku pegangan pada mata kuliah Mekanika benda langit. Buku ini adalah buku pertama ia yang membahas tentang ilmu falak, didalamnya dijelaskan tentang waktu dan kalender, Bumi, koordinat bola serta transformasinya, arah kiblat, waktu shalat, fase-fase Bulan dan juga mengenai gerhana. Rumus hisab yang terdapat dalam buku ini tergolong

---

<sup>141</sup> Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak : Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*, (Banyuwangi: Bismillah Publisher, 2012), hlm. 223.

modern serta mudah untuk dipahami karena terdapat langkah-langkah yang sistematis beserta contoh hisab.

Khusus gerhana Bulan ia dalam bukunya menggunakan Algoritme hisab Jean Meeus kemudian ia membandingkan dengan Bao Lin Liu – Alan D.Fiala dan NASA.

### 1. Teori yang digunakan

Teori dasar yang digunakan dalam buku *Mekanika Benda Langit* adalah teori heliosentris. Teori ini dikemukakan oleh Nicolas Copernicus , lahir pada tahun 1473 M di Thorn (Sekarang bernama Torun sebuah kota di Polandia).<sup>142</sup>Copernicus adalah seorang ahli astronomi yang menentang pandangan *geosentris*.<sup>143</sup> Dia mengemukakan dalam bukunya *Revolutionibus Orbium Celestium* bahwa Matahari merupakan pusat dari suatu sistem peredaran benda-benda langit, yang dikenal dengan *heliosentris* yakni Matahari sebagai pusat peredaran Bumi dan benda-benda langit lain yang menjadi anggotanya.

Dikemukakan pula bahwa Bumi berputar pada sumbunya (rotasi) sekali dalam satu hari dan Bulan pun

---

<sup>142</sup> Anton Pannekoek, *A History of Astronomy*, (New York: Dover Publications, 1961), hlm. 188.

<sup>143</sup> Teori yang menyatakan bahwa pusat tata surya adalah bumi, lihat Slamet Hambali, *Pengantar...* hlm. 179.

bergerak mengitari Bumi dalam  $27 \frac{1}{3}$  hari untuk sekali putaran. Sejak Copernicus mengumumkan pandangan *heliosentris*, maka dalam dunia astronomi sampai abad 18 M ada 2 aliran, yaitu aliran Ptolomeus (pendapat lama dengan *geosentris*) dan aliran Copernicus (pendapat baru dengan *heliosentris*).<sup>144</sup>

Algoritme hisab gerhana Bulan dalam Buku *Mekanika Benda Langit* termasuk dalam kategori hisab *ḥaqīqi kontemporer* yakni lanjutan sistem hisab *ḥaqīqi bi al-Tahqīq*, tetapi yang diprogram dalam komputer yang sudah disesuaikan dengan perkembangan ataupun temuan temuan baru. Ia memasukkan algoritme hisab gerhana Bulan dalam program microsoft excel yang bernama Gerhana Matahari Bulan 1900-2200 v1 yang ia upload dalam blog ia [rinto.staff.ugm.ac.id](http://rinto.staff.ugm.ac.id). Program tersebut berisi hisab gerhana Matahari dan Bulan khusus untuk tahun 1900-2200<sup>145</sup> dan Algoritme hisab gerhana dalam buku ini berdasarkan algoritme hisab gerhana Bulan Jean Meeus yang menggunakan teori yang mutakhir yakni untuk Bulan reduksi dari Chapront ELP-2000/82 dan Matahari menggunakan reduksi dari Bretagon-Francous VSOP87 yang mempunyai ketelitian tinggi.

---

<sup>144</sup>Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004), hlm. 27.

<sup>145</sup> Wawancara dengan Rinto Anugraha di kantor Jurusan Fisika FMIPA UGM pada tanggal 28 Desember 2016 pukul 14.30 WIB.

## 2. Sumber data yang digunakan

Algoritme hisab gerhana Bulan yang digunakan dalam buku *Mekanika Benda Langit* bersumber dari buku *Astronomical Algorithms* karya Jean Meeus. Dalam buku tersebut Jean Meeus menggunakan *Julian Day* dalam hisab gerhana Bulan. *Julian Day* 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 GMT<sup>146</sup> dan menggunakan standar *epoch* baru tahun 2000.<sup>147</sup>

Adapun Jean Meeus dalam buku tersebut menggunakan aturan Danjon<sup>148</sup> yang digunakan sejak tahun 1951 oleh Almanak Perancis *Connaissance des Temps* dalam menentukan pengaruh dari atmosfer bumi pada bayangan bumi yaitu dengan memperbesar diameter bumi sebesar 1/85. Metode Danjon berbeda dengan aturan Chauvenet yang menentukan pengaruh dari atmosfer bumi pada bayangan bumi dengan pemanjangan 1/50 pada diameter bayangan umbra dan penumbra. Aturan ini telah digunakan oleh banyak institusi negara

---

<sup>146</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, (Yogyakarta: Jurusan Fisika FMIPA UGM, 2012), hlm. 8.

<sup>147</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, (Virginia: Willman Bell. Inc., th. 1991), hlm. 1.

<sup>148</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*,... hlm. 383.

untuk prediksi gerhana Bulan dalam waktu yang lama sejak tahun 1891. Aturan Chauvenet ini biasa disebut dengan *traditional rule* (aturan tradisional). NASA memilih menggunakan aturan danjon dari pada aturan tradisional dalam *Eclipses During 2007* yaitu kumpulan data gerhana Matahari dan Bulan sepanjang tahun 2007.<sup>149</sup> Jika dibandingkan aturan Danjon dan aturan tradisional dalam hasil hisab magnitudo gerhana Bulan. Hasil hisab magnitudo dengan menggunakan aturan tradisional ternyata lebih besar 0,005 untuk gerhana umbra dan 0,026 untuk gerhana penumbra dibandingkan dengan hasil hisab magnitudo menurut aturan Danjon.<sup>150</sup> Jadi, ada beberapa gerhana yang mendekati batas gerhana sebagian dan penumbra atau antara gerhana sebagian dan total yang mana klasifikasi tipe gerhana dapat berbeda antara yang menggunakan aturan Danjon dan aturan tradisional<sup>151</sup> karena dalam penentuan tipe gerhana menggunakan hasil hisab magnitudo seperti yang telah disebutkan dalam bab 2.

---

<sup>149</sup> <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/OH/OH2007.html#Shadow> Diameters and Lunar Eclipses diakses pada 28 Desember 2016 jam 10: 55 WIB.

<sup>150</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*,... hlm. 383.

<sup>151</sup> Bao Lin Liu, Alan D.Fiala, *Canon of Lunar Eclipses 1500 B.C-A.D 3000*, (Virginia: Willman-Bell, Inc, 1983), hlm. 23.

Bao Lin Liu dan Alan D. Fiala membandingkan buku mereka yaitu *Canon of Lunar Eclpses 1500 B.C-A.D 3000* yang menggunakan aturan tradisional dengan buku *Canon of Lunar Eclipse : -2002 - +2526* karya Jean Meeus dan H. Mucke yang memakai aturan Danjon dalam hasil hisab magnitudo yang berpengaruh dalam pengklasifikasian tipe gerhana. Berikut tabel perbandingan *Canon of Lunar Eclipse : -2002 - +2526* karya Jean Meeus dan H. Mucke dengan *Canon of Lunar Eclpses 1500 B.C-A.D 3000* karya Bao Lin Liu dan Alan D. Fiala:

Tanggal Gerhana	Jean Meeus - H. Mucke		Bao Lin Liu – Alan D. F	
	Tipe	Magnitudo	Tipe	Magnitudo
13 Juni 1900	Penumbra	(1,001)	Sebagian	0,001
21 Februari 1951	-	-	Penumbra	(0,007)
3 Maret 1988	Penumbra	(1,092)	Sebagian	0,002
4 April 2015	Sebagian	0,998	Total	1,003

18 Agustus 2016	-	-	Penumbr a	(0,019)
29 Septembe r 2092	Penumbr a	(0,954)	Sebagian	0,002
28 Oktober 2042	-	-	Penumbr a	-0,008
24 Februari 2157	Penumbr a	(1,093)	Sebagian	0,003
7 Maret 2194	-	-	Penumbr a	(0,007)
18 Februari 2288	-	-	Penumbr a	(0,019)
8 Novembe r 2356	-	-	Penumbr a	(0,011)
26 Mei 2374	-	-	Penumbr a	(0,005)
19 Oktober	-	-	Penumbr a	(0,014)

2385				
8 Novembe r 2413	Sebagian	0,999	Total	1,005
17 Mei 2421	-	-	Penumbr a	(0,005)
5 Mei 2460	Sebagian	0,994	Total	1,000
31 Oktober 2468	-	-	Penumbr a	(0,005)
Keterangan: Jika nilai magnitudo terdapat tanda kurang berarti gerhana Bulan penumbra. Jika sebaliknya maka gerhana Bulan umbra berarti total atau sebagian, total jika nilai magnitudo 1 ke atas, sebagian jika nilai magnitudo kurang dari 1.				

Tabel 1: Perbandingan antara *Canon of Lunar Eclipse* : -2002 - +2526 karya Jean Meeus dan H. Mucke dengan *Canon of Lunar Eclpses 1500 B.C-A.D 3000* karya Bao Lin Liu dan Alan D. Fiala

Perbandingan pada tabel di atas menunjukkan perbedaan penentuan tipe gerhana, dikarenakan perbedaan metode yang dipakai oleh kedua Canon tersebut, *Canon of Lunar Eclipse* : -2002 - +2526 karya

Jean Meeus dan H. Mucke menggunakan aturan Danjon, sedangkan *Canon of Lunar Eclipses 1500 B.C-A.D 3000* karya Bao Lin Liu dan Alan D. Fiala menggunakan aturan tradisional.

Ada beberapa perbedaan Algoritme hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha dengan Jean Meeus yaitu adanya koreksi-koreksi yang dipotong seperti dalam langkah-langkah menghitung JDE (*Julian Day Ephemeris*), anomali rata-rata Matahari (M), anomali rata-rata Bulan (M'), argumen lintang Bulan (F), bujur titik naik Bulan omega ( $\Omega$ ).

Berikut perbandingan rumus algoritme hisab Jean Meeus dengan Rinto Anugraha :

Jean Meeus <sup>152</sup>	Rinto Anugraha <sup>153</sup>
$\begin{aligned} \text{JDE} = & 2541\ 550,09765 + \\ & 29,580\ 588\ 853 + \\ & 0,0001337 \times T^2 - \\ & 0.000\ 000\ 150 \times T^3 \\ & + 0,000\ 000\ 000\ 73 \\ & \times T^4 \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{JDE} = & 2541\ 550,09765 + \\ & 29,580\ 588\ 853 + \\ & 0,0001337 \times T^2 \end{aligned}$
$M = 2,5534 + 29,1053569 \times k$	$M = 2,5534 + 29,1053569 \times k$

<sup>152</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*,... hlm.319-320.

<sup>153</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika*,... hlm. 137.

$- 0,0000218 \times T^2 -$ $0,00000011 \times T^3$	$- 0,0000218 \times T^2$
$M' = 201,5643 +$ $385,81693528 \times k +$ $0,0107438 \times T^2 +$ $0,00001239 \times T^3 -$ $0,000000058 \times T^4$	$M' = 201,5643 +$ $385,81693528 \times k +$ $0,0107438 \times T^2$
$F = 160,7108 +$ $390,67050274 \times k -$ $0,0016341 \times T^2 -$ $0,00000227 \times T^3 +$ $0,000000011 \times T^4$	$F = 160,7108 +$ $390,67050274 \times k -$ $0,0016341 \times T^2$
$\Omega = 124,7746 - 1,56375580$ $\times k + 0,0020691 \times T^2 +$ $0,00000215 \times T^3$	$\Omega = 124,7746 - 1,56375580 \times$ $k + 0,0020691 \times T^2$

Tabel 2: Perbandingan koreksi-koreksi Rinto Anugraha dan Jean

Meeus

Tabel di atas terlihat pemangkasan pada komponen rumus yang dikalikan dengan nilai T berpangkat 3 dan 4. Hal tersebut dilakukan oleh ia dikarenakan nilai tersebut tidak berpengaruh signifikan dalam hasil hisab, mengingat nilai T dihitung per 100 tahun dimulai dari *epoch* yaitu tahun 2000, sedangkan

Algoritme hisab gerhana Bulan ia untuk rentang tahun 1900 sampai 2200.<sup>154</sup>

Selain itu, Rinto Anugraha dalam menentukan nilai delta T ia berpijak pada rumus *polynomial* yang dikeluarkan oleh NASA.<sup>155</sup> Delta T merupakan selisih waktu dari TD (*Dynamical Time*) dan UT (*Universal Time*) bisa dirumuskan sebagai berikut:

$$\Delta T = TD - UT$$

*Universal Time* (UT) atau *Greenwich Civil Time*, kita biasa menyebutnya *Greenwich Mean Time* (GMT) adalah waktu yang berdasarkan gerak rotasi bumi. Tetapi perlu diketahui bahwa rotasi bumi perlahan-lahan melambat dan tidak bisa diprediksi. Karena itu UT bukanlah waktu yang seragam. Tetapi para astronom membutuhkan skala waktu yang seragam untuk mendapatkan hisab yang akurat. Karena itu diperkenalkan sistem waktu yang seragam yaitu *Dynamical Time* (TD).

Nilai dari delta T hanya bisa didapatkan dengan melakukan observasi. Dalam buku *Astronomical*

---

<sup>154</sup> Wawancara dengan Rinto Anugraha di kantor Jurusan Fisika FMIPA UGM pada tanggal 1 Agustus 2016 pukul 14.30 WIB.

<sup>155</sup> Wawancara dengan Rinto Anugraha di kantor Jurusan Fisika FMIPA UGM pada tanggal 28 Desember 2016 pukul 15.00 WIB.

*Algorithms* terdapat tabel yang memuat nilai delta T dari hasil observasi mulai tahun 1620 hingga 1992, sebagai berikut.<sup>156</sup>

Tahun	$\Delta T$								
1620	+124	1700	+9	1780	+17	1860	+7.9	1940	+24.3
1622	115	1702	9	1782	17	1862	7.5	1942	25.3
1624	106	1704	9	1784	17	1864	6.4	1944	26.2
1626	98	1706	9	1786	17	1866	5.4	1946	27.3
1628	91	1708	10	1788	17	1868	2.9	1948	28.2
1630	+85	1710	+10	1790	+17	1870	+1.6	1950	+29.1
1632	79	1712	10	1792	16	1872	-1.0	1952	30.0
1634	74	1714	10	1794	16	1874	-2.7	1954	30.7
1636	70	1716	10	1796	15	1876	-3.6	1956	31.4
1638	65	1718	11	1798	14	1878	-4.7	1958	32.2
1640	+62	1720	+11	1800	+13.7	1880	-5.4	1960	+33.1
1642	58	1722	11	1802	13.1	1882	-5.2	1962	34.0
1644	55	1724	11	1804	12.7	1884	-5.5	1964	35.0
1646	53	1726	11	1806	12.5	1886	-5.6	1966	36.5
1648	50	1728	11	1808	12.5	1888	-5.8	1968	38.3
1650	+48	1730	+11	1810	+12.5	1890	-5.9	1970	+40.2
1652	46	1732	11	1812	12.5	1892	-6.2	1972	42.2
1654	44	1734	12	1814	12.5	1894	-6.4	1974	44.5
1656	42	1736	12	1816	12.5	1896	-6.1	1976	46.5
1658	40	1738	12	1818	12.3	1898	-4.7	1978	48.5
1660	+37	1740	+12	1820	+12.0	1900	-2.7	1980	+50.5
1662	35	1742	12	1822	11.4	1902	-0.0	1982	52.2
1664	33	1744	13	1824	10.6	1904	+2.6	1984	53.8
1666	31	1746	13	1826	9.6	1906	5.4	1986	54.9
1668	28	1748	13	1828	8.6	1908	7.	1988	55.8
1670	+26	1750	+13	1830	+7.5	1910	+10.5	1990	+56.9
1672	24	1752	14	1832	6.6	1912	13.4	1992	58.3
1674	22	1754	14	1834	6.0	1914	16.0		
1676	20	1756	14	1836	5.7	1916	18.2		

Tabel 3: Data  $\Delta T$  tahun 1620 – 1992 M<sup>157</sup>

<sup>156</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*,... hlm. 71.

Rinto Anugraha dalam buku Mekanika Benda Langit dalam memperhitungkan delta T adalah berdasarkan dari rumus *polynomial* yang di pakai oleh NASA. Adapun rumus *polynomial* delta T NASA adalah sebagai berikut:<sup>158</sup>

- a. Untuk delta T antara tahun 1900 – 1920 maka;

$$\Delta T = -2.79 + 1.494119 \times t - 0.598939 \times t^2 + 0.0061966 \times t^3 - 0.000197 \times t^4 \quad (\text{dimana } t = \text{year (y)} - 1900)$$

- b. Untuk delta T antara tahun 1920 – 1941 maka hitung;

$$\Delta T = 21.20 + 0.84493 \times t - 0.076100 \times t^2 + 0.0020936 \times t^3$$

Dimana  $t = y - 1920$

- c. Untuk delta T antara tahun 1941 – 1961 maka hitung;

$$\Delta T = 29.07 + 0.407 \times t - t^2/233 + t^3 / 2547$$

Dimana  $t = y - 1950$

- d. Untuk delta T antara tahun 1961 – 1986 maka hitung;

$$\Delta T = 45.45 + 1.067 \times t - t^2/260 - t^3 / 718$$

Dimana  $t = y - 1975$

---

<sup>157</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*,... hlm. 72.

<sup>158</sup> [www.cclipsc.gsfc.nasa.gov](http://www.cclipsc.gsfc.nasa.gov) diakses pada hari Selasa, 5 Desember 2016 jam 20:12 WIB.

- e. Untuk delta T antara tahun 1986 – 2005 maka hitung;  

$$\Delta T = 63.86 + 0.3345 \times t - 0.060374 \times t^2 + 0.0017275 \times t^3 + 0.000651814 \times t^4 + 0.00002373599 \times t^5$$
 Dimana  $t = y - 2000$
- f. Untuk delta T antara tahun 2005 – 2050 maka hitung;  

$$\Delta T = 62.92 + 0.32217 \times t + 0.005589 \times t^2$$
 Dimana  $t = y - 2000$
- g. Untuk delta T antara tahun 2050 – 2150 maka hitung;  

$$\Delta T = -20 + 32 \times ((y - 1820)/100)^2 - 0.5628 \times (2150 - y)$$
 Dimana  $t = y - 2000$
- h. Setelah tahun 2150 maka hitung;  

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

Dari sumber data yang dipaparkan, algoritme hisab gerhana Bulan dalam buku *Mekanika Benda Langit* menggunakan data-data astronomis yang digunakan termasuk modern, semuanya bersumber pada Algoritme hisab gerhana Bulan Jean Meeus dalam buku *Astronomical Algorithms* tetapi terdapat perbedaan yaitu adanya pemotongan koreksi dalam langkah-langkah menghitung JDE (*Julian Day Ephemeris*), anomali rata-rata Matahari (M), anomali rata-rata Bulan (M'),

argumen lintang Bulan (F), bujur titik naik Bulan omega ( $\Omega$ ) dan nilai delta T yang berpijak pada data NASA.

## **B. Analisis Tingkat Akurasi Algoritme Hisab Gerhana Bulan Menurut Rinto Anugraha dalam Buku *Mekanika Benda Langit***

Penulis menguji tingkat akurasi hasil Algoritme hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha dengan 3 data hisab gerhana Bulan yaitu *Pertama*, data hasil hisab Jean Meeus yang terdapat dalam buku *Astronomical Algorithms* karena Algoritme hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha bersumber dari buku *Astronomical Algorithms* tetapi terdapat perbedaan dengan adanya pemotongan koreksi beberapa langkah hisab dan Delta T yang berdasarkan data delta T NASA dalam Algoritme hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha. *Kedua*, data-data hasil hisab gerhana Bulan dalam buku *Canon of Lunar Eclipses 1500 B.C – A.D 3000* karena dalam bukunya Rinto Anugraha mencantumkan data hasil hisab gerhana Bulan dari buku *Canon of Lunar Eclipses 1500 B.C – A.D 3000*, Ia mencantumkan hasil hisab gerhana Bulan tersebut karena hisab di buku *Canon of Lunar Eclipses 1500 B.C – A.D 3000* termasuk memakai data yang aktual.<sup>159</sup> *Ketiga*, data-data hasil hisab NASA karena pada masa sekarang NASA banyak

---

<sup>159</sup> Wawancara dengan Rinto Anugraha di kantor Jurusan Fisika FMIPA UGM pada tanggal 2 Agustus 2016 pukul 15.00 WIB

menjadi rujukan dari berbagai pihak dalam penelitian-penelitian luar angkasa.

Berikut perbandingan hasil Algoritme hisab gerhana Bulan menurut Rinto Anugraha dalam buku *Mekanika Benda Langit* dengan 3 data hisab gerhana Bulan yang telah disebut di atas, dikelompokkan berdasarkan tiap fase waktu gerhana, sebagai berikut:

### **1. Jean Meeus dengan Rinto Anugraha**

Penulis menghitung gerhana Bulan Rinto Anugraha menggunakan hisab yang berbasis microsoft excel karya Rinto Anugraha yaitu Gerhana Matahari Bulan 1900-2200 v1 yang memuat algoritme hisab gerhana Bulan ia dan penulis menggunakan program yang sama dengan menambahkan rumus-rumus yang dipotong oleh Rinto Anugraha serta data-data delta T menggunakan data yang terdapat dalam buku *Astronomical Algorithms* seperti yang penulis cantumkan dalam tabel 3: data  $\Delta T$  tahun 1620-1992 M untuk gerhana Bulan Jean Meeus. Penulis membandingkan total 30 gerhana Bulan (13 gerhana Bulan penumbra, 7 gerhana Bulan sebagian, 10 gerhana Bulan total) antara Jean Meeus dengan Rinto Anugraha, sebagai berikut:

No	Waktu	Jenis Gerhana	Jean Meeus	Rinto Anugraha	Selisih (J. Meeus-Rinto)
			Awal Penumbra (UT)		
1	13 Juni 1900	Penumbra	1:17:34	1:17:34	Sama
2	6 Desember 1900	Penumbra	8:30:46	8:30:45	+00:00:01
3	22 April 1902	Total	15:51:23	15:51:23	Sama
4	17 Oktober 1902	Total	3:19:38	3:19:37	+00:00:01
5	2 Maret 1904	Penumbra	2:08:31	2:08:31	Sama
6	31 Maret 1904	Penumbra	10:46:00	10:46:00	Sama
7	24 September 1904	Penumbra	15:46:56	15:46:55	+00:00:01
8	9 Februari 1906	Total	4:56:45	4:56:45	Sama
9	4 Agustus 1906	Total	10:13:37	10:13:37	Sama
10	18 Januari 1908	Penumbra	11:33:44	11:33:44	Sama
11	14 Juni 1908	Penumbra	12:12:20	12:12:20	Sama
12	13 Juli 1908	Penumbra	20:32:42	20:32:41	+00:00:01
13	7 Desember 1908*	Penumbra	19:41:32	19:41:31	+00:00:01
14	24 Mei 1910	Total	2:34:28	2:34:27	+00:00:01
15	16 November 1910*	Total	21:47:26	21:47:25	+00:00:01
16	1 April 1912*	Sebagian	19:56:55	19:56:55	Sama

17	26 September 1912	Sebagian	9:19:33	9:19:33	Sama
18	12 Maret 1914	Sebagian	1:42:51	1:42:51	Sama
19	4 September 1914	Sebagian	11:03:21	11:03:20	+00:00:01
20	20 Januari 1916	Sebagian	6:08:38	6:08:38	Sama
21	15 Juli 1916	Sebagian	2:20:09	2:20:08	+00:00:01
22	24 Juni 1918	Sebagian	8:10:37	8:10:37	Sama
23	17 Desember 1918	Penumbra	17:09:50	17:09:49	+00:00:01
24	2 Mei 1920*	Total	22:51:52	22:51:52	Sama
25	27 Oktober 1920	Total	11:27:30	11:27:29	+00:00:01
26	13 Maret 1922	Penumbra	10:41:54	10:41:54	Sama
27	11 April 1922	Penumbra	18:41:35	18:41:34	+00:00:01
28	5 Oktober 1922*	Penumbra	22:47:27	22:47:26	+00:00:01
29	20 Februari 1924	Total	13:17:24	13:17:24	Sama
30	14 Agustus 1924	Total	17:34:55	17:34:55	Sama
Selisih Rata-Rata			+00:00:00,43		
Keteterangan: tanda (*) menunjukkan terjadinya gerhana di tanggal berikutnya					

Tabel 4: Data perbandingan waktu awal penumbra  
Jean Meeus dengan Rinto Anugraha

Tabel 4 di atas menjelaskan data perbandingan waktu awal penumbra gerhana Bulan Jean Meeus dengan Rinto Anugraha. Terdapat selisih +1 detik yang terjadi pada 13 gerhana Bulan, dengan data hasil hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha lebih cepat 1 detik dibandingkan Jean Meeus. 17 gerhana Bulan lainnya memiliki nilai yang sama antara data Jean Meeus dan Rinto Anugraha. Nilai selisih rata-rata perbandingan data waktu awal penumbra gerhana Bulan Jean Meeus dengan Rinto Anugraha adalah +00:00:00,43.

No	Waktu	Jenis Gerhana	Jean Meeus	Rinto Anugraha	Selisih (J. Meeus-Rinto)
			Awal Umbra (UT)		
1	13 Juni 1900	Penumbra	-	-	-
2	6 Desember 1900	Penumbra	-	-	-
3	22 April 1902	Total	17:00:57	17:00:57	Sama
4	17 Oktober 1902	Total	4:18:15	4:18:14	+00:00:01
5	2 Maret 1904	Penumbra	-	-	-
6	31 Maret 1904	Penumbra	-	-	-
7	24 September 1904	Penumbra	-	-	-

8	9 Februari 1906	Total	5:58:03	5:58:02	+00:00:01
9	4 Agustus 1906	Total	11:11:0 4	11:11:04	Sama
10	18 Januari 1908	Penumbra	-	-	-
11	14 Juni 1908	Penumbra	-	-	-
12	13 Juli 1908	Penumbra	-	-	-
13	7 Desember 1908*	Penumbra	-	-	-
14	24 Mei 1910	Total	3:46:53	3:46:53	Sama
15	16 November 1910*	Total	22:44:2 9	22:44:28	+00:00:01
16	1 April 1912*	Sebagian	21:27:2 1	21:27:21	Sama
17	26 September 1912	Sebagian	11:05:3 9	11:05:38	+00:00:01
18	12 Maret 1914	Sebagian	2:42:36	2:42:36	Sama
19	4 September 1914	Sebagian	12:16:4 9	12:16:48	+00:00:01
20	20 Januari 1916	Sebagian	7:57:39	7:57:39	Sama
21	15 Juli 1916	Sebagian	3:19:57	3:19:56	+00:00:01
22	24 Juni 1918	Sebagian	9:48:16	9:48:15	+00:00:01

23	17 Desember 1918	Penumbra	-	-	-
24	2 Mei 1920*	Total	0:01:50	0:01:49	+00:00:01
25	27 Oktober 1920	Total	12:26:5 5	12:26:54	+00:00:01
26	13 Maret 1922	Penumbra	-	-	-
27	11 April 1922	Penumbra	-	-	-
28	5 Oktober 1922*	Penumbra	-	-	-
29	20 Februari 1924	Total	14:19:0 4	14:19:04	Sama
30	14 Agustus 1924	Total	18:32:1 9	18:32:18	+00:00:01
Selisih Rata-Rata			+00:00:00,59		
Keteterangan: tanda (*) menunjukkan terjadinya gerhana di tanggal berikutnya					

Tabel 5: Data perbandingan waktu awal umbra Jean Meeus dengan Rinto Anugraha

Tabel 5 di atas menjelaskan data perbandingan waktu awal umbra gerhana Bulan Jean Meeus dengan Rinto Anugraha. Terdapat selisih +1 detik yang terjadi pada 10 gerhana Bulan, dengan data hasil hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha lebih cepat 1 detik dibandingkan Jean Meeus. 17 gerhana Bulan lainnya memiliki nilai yang

sama antara data gerhana Bulan Jean Meeus dan Rinto Anugraha. Nilai selisih rata-rata perbandingan data waktu awal umbra gerhana Bulan Jean Meeus dengan Rinto Anugraha adalah +00:00:00,59.

No	Waktu	Jenis Gerhana	Jean Meeus	Rinto Anugraha	Selisih (J. Meeus-Rinto)
			Awal Total (UT)		
1	13 Juni 1900	Penumbra	-	-	-
2	6 Desember 1900	Penumbra	-	-	-
3	22 April 1902	Total	18:10:38	18:10:38	Sama
4	17 Oktober 1902	Total	5:19:31	5:19:30	+00:00:01
5	2 Maret 1904	Penumbra	-	-	-
6	31 Maret 1904	Penumbra	-	-	-
7	24 September 1904	Penumbra	-	-	-
8	9 Februari 1906	Total	6:58:29	6:58:30	-00:00:01
9	4 Agustus 1906	Total	12:09:40	12:09:40	Sama
10	18 Januari	Penumbra	-	-	-

	1908				
11	14 Juni 1908	Penumbra	-	-	-
12	13 Juli 1908	Penumbra	-	-	-
13	7 Desember 1908*	Penumbra	-	-	-
14	24 Mei 1910	Total	5:09:54	5:09:53	+00:00:01
15	16 November 1910*	Total	23:55:2 5	23:55:25	Sama
16	1 April 1912*	Sebagian	-	-	-
17	26 September 1912	Sebagian	-	-	-
18	12 Maret 1914	Sebagian	-	-	-
19	4 September 1914	Sebagian	-	-	-
20	20 Januari 1916	Sebagian	-	-	-
21	15 Juli 1916	Sebagian	-	-	-
22	24 Juni 1918	Sebagian	-	-	-
23	17 Desember 1918	Penumbra	-	-	-
24	2 Mei 1920*	Total	1:15:37	1:15:37	Sama
25	27 Oktober 1920	Total	13:29:2 9	13:29:28	+00:00:01
26	13 Maret 1922	Penumbra	-	-	-

27	11 April 1922	Penumbra	-	-	-
28	5 Oktober 1922*	Penumbra	-	-	-
29	20 Februari 1924	Total	15:19:58 8	15:19:58	Sama
30	14 Agustus 1924	Total	19:31:27 7	19:31:27	Sama
Selisih Rata-Rata			+00:00:00,2		
Keteterangan: tanda (*) menunjukkan terjadinya gerhana di tanggal berikutnya					

Tabel 6: Data perbandingan waktu awal total Jean Meeus dengan Rinto Anugraha

Tabel 6 di atas menjelaskan data perbandingan waktu awal total gerhana Bulan Jean Meeus dengan Rinto Anugraha. Terdapat selisih +1 detik yang terjadi pada 3 gerhana Bulan, dengan data hasil hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha lebih cepat 1 detik dibandingkan Jean Meeus dan 1 gerhana Bulan yang memiliki selisih -1 detik dengan data hasil hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha lebih lambat 1 detik dibandingkan data Jean Meeus. 6 gerhana Bulan lainnya memiliki nilai yang sama antara data Jean Meeus dan Rinto Anugraha. Nilai selisih rata-rata perbandingan data waktu awal total gerhana Bulan Jean Meeus dengan Rinto Anugraha adalah +00:00:00,2.

No	Waktu	Jenis Gerhana	Jean Meeus	Rinto Anugraha	Selisih (J. Meeus-Rinto)
			Gerhana Maksimum (UT)		
1	13 Juni 1900	Penumbra	3:27:38	3:27:37	+00:00:01
2	6 Desember 1900	Penumbra	10:26:36	10:26:35	+00:00:01
3	22 April 1902	Total	18:52:34	18:52:33	+00:00:01
4	17 Oktober 1902	Total	6:03:36	6:03:35	+00:00:01
5	2 Maret 1904	Penumbra	3:02:28	3:02:27	+00:00:01
6	31 Maret 1904	Penumbra	12:31:58	12:31:57	+00:00:01
7	24 September 1904	Penumbra	17:35:14	17:35:13	+00:00:01
8	9 Februari 1906	Total	7:47:07	7:47:07	Sama
9	4 Agustus 1906	Total	13:00:04	13:00:03	+00:00:01
10	18 Januari 1908	Penumbra	13:21:56	13:21:56	Sama
11	14 Juni 1908	Penumbra	14:06:40	14:06:40	Sama
12	13 Juli 1908	Penumbra	21:34:17	21:34:16	+00:00:01
13	7 Desember 1908*	Penumbra	21:55:05	21:55:03	+00:00:02

14	24 Mei 1910	Total	5:34:10	5:34:10	Sama
15	16 November 1910*	Total	0:20:21	0:20:20	+00:00:01
16	1 April 1912*	Sebagian	22:13:25	22:13:25	Sama
17	26 September 1912	Sebagian	11:45:22	11:45:21	+00:00:01
18	12 Maret 1914	Sebagian	4:12:45	4:12:45	Sama
19	4 September 1914	Sebagian	13:54:28	13:54:28	Sama
20	20 Januari 1916	Sebagian	8:40:06	8:40:06	Sama
21	15 Juli 1916	Sebagian	4:45:43	4:45:42	+00:00:01
22	24 Juni 1918	Sebagian	10:27:52	10:27:52	Sama
23	17 Desember 1918	Penumbra	19:06:09	19:06:09	Sama
24	2 Mei 1920*	Total	1:51:00	1:51:00	Sama
25	27 Oktober 1920	Total	14:11:39	14:11:39	Sama
26	13 Maret 1922	Penumbra	11:28:41	11:28:41	Sama
27	11 April 1922	Penumbra	20:32:04	20:32:04	Sama
28	5 Oktober 1922*	Penumbra	0:43:50	0:43:49	+00:00:01
29	20 Februari 1924	Total	16:08:17	16:08:17	Sama

30	14 Agustus 1924	Total	20:20:22	20:20:22	Sama
Selisih Rata-Rata			+00:00:00,5		
Keteterangan: tanda (*) menunjukkan terjadinya gerhana di tanggal berikutnya					

Tabel 7: Data perbandingan waktu gerhana maksimum Jean Meeus dengan Rinto Anugraha

Tabel 7 di atas menjelaskan data perbandingan waktu gerhana maksimum gerhana Bulan Jean Meeus dengan Rinto Anugraha. Terdapat selisih +1 detik yang terjadi pada 13 gerhana Bulan, dengan data hasil hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha lebih cepat 1 detik dibandingkan Jean Meeus a dan 1 gerhana Bulan yang memiliki selisih +2 detik dengan data hasil hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha lebih cepat 2 detik dibandingkan Jean Meeus. 16 gerhana Bulan lainnya memiliki nilai yang sama antara data Jean Meeus dan Rinto Anugraha. Nilai selisih rata-rata perbandingan data waktu gerhana maksimum gerhana Bulan Jean Meeus dengan Rinto Anugraha adalah +00:00:00,5.

No	Waktu	Jenis Gerhana	Jean Meeus	Rinto Anugraha	Selisih (J. Meeus-Rinto)
			Akhir Total (UT)		
1	13 Juni 1900	Penumbra	-	-	-
2	6 Desember 1900	Penumbra	-	-	-
3	22 April 1902	Total	19:34:29	19:34:29	Sama
4	17 Oktober 1902	Total	6:47:41	6:47:40	+00:00:01
5	2 Maret 1904	Penumbra	-	-	-
6	31 Maret 1904	Penumbra	-	-	-
7	24 September 1904	Penumbra	-	-	-
8	9 Februari 1906	Total	8:35:44	8:35:44	Sama
9	4 Agustus 1906	Total	13:50:28	13:50:27	+00:00:01
10	18 Januari 1908	Penumbra	-	-	-
11	14 Juni 1908	Penumbra	-	-	-
12	13 Juli 1908	Penumbra	-	-	-
13	7 Desember 1908*	Penumbra	-	-	-
14	24 Mei 1910	Total	5:58:26	5:58:26	Sama
15	16 November 1910*	Total	0:45:18	0:45:17	+00:00:01
16	1 April 1912*	Sebagian	-	-	-
17	26 September	Sebagian	-	-	-

	1912				
18	12 Maret 1914	Sebagian	-	-	-
19	4 September 1914	Sebagian	-	-	-
20	20 Januari 1916	Sebagian	-	-	-
21	15 Juli 1916	Sebagian	-	-	-
22	24 Juni 1918	Sebagian	-	-	-
23	17 Desember 1918	Penumbra	-	-	-
24	2 Mei 1920*	Total	2:26:24	2:26:23	+00:00:01
25	27 Oktober 1920	Total	14:53:50	14:53:50	Sama
26	13 Maret 1922	Penumbra	-	-	-
27	11 April 1922	Penumbra	-	-	-
28	5 Oktober 1922*	Penumbra	-	-	-
29	20 Februari 1924	Total	16:56:37	16:56:37	Sama
30	14 Agustus 1924	Total	21:09:17	21:09:17	Sama
Selisih Rata-Rata			+00:00:00,4		
Keteterangan: tanda (*) menunjukkan terjadinya gerhana di tanggal berikutnya					

Tabel 8: Data perbandingan waktu akhir total  
Jean Meeus dengan Rinto Anugraha

Tabel 8 di atas menjelaskan data perbandingan waktu akhir total gerhana Bulan Jean Meeus dengan Rinto Anugraha. Terdapat selisih +1 detik yang terjadi pada 4 gerhana Bulan, dengan data hasil hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha lebih cepat 1 detik dibandingkan Jean Meeus. 6 gerhana Bulan lainnya memiliki nilai yang sama antara data Jean Meeus dan Rinto Anugraha. Nilai selisih rata-rata perbandingan data waktu akhir total gerhana Bulan Jean Meeus dengan Rinto Anugraha adalah +00:00:00,4.

No	Waktu	Jenis Gerhana	Jean Meeus	Rinto Anugraha	Selisih (J. Meeus-Rinto)
			Akhir Umbra (UT)		
1	13 Juni 1900	Penumbra	-	-	-
2	6 Desember 1900	Penumbra	-	-	-
3	22 April 1902	Total	20:44:10	20:44:10	Sama
4	17 Oktober 1902	Total	7:48:56	7:48:55	+00:00:01
5	2 Maret 1904	Penumbra	-	-	-
6	31 Maret 1904	Penumbra	-	-	-
7	24 September 1904	Penumbra	-	-	-
8	9 Februari 1906	Total	9:36:10	9:36:10	Sama

9	4 Agustus 1906	Total	14:49:0 4	14:49:03	+00:00:01
10	18 Januari 1908	Penumbra	-	-	-
11	14 Juni 1908	Penumbra	-	-	-
12	13 Juli 1908	Penumbra	-	-	-
13	7 Desember 1908*	Penumbra	-	-	-
14	24 Mei 1910	Total	7:21:27	7:21:27	Sama
15	16 November 1910*	Total	1:56:14	1:56:12	+00:00:02
16	1 April 1912*	Sebagian	22:59:2 9	22:59:28	+00:00:01
17	26 September 1912	Sebagian	12:25:0 5	12:25:04	+00:00:01
18	12 Maret 1914	Sebagian	5:42:54	5:42:54	Sama
19	4 September 1914	Sebagian	15:32:0 8	15:32:07	+00:00:01
20	20 Januari 1916	Sebagian	9:22:33	9:22:33	Sama
21	15 Juli 1916	Sebagian	6:11:28	6:11:28	Sama
22	24 Juni 1918	Sebagian	11:07:2 9	11:07:29	Sama
23	17 Desember 1918	Penumbra	-	-	-
24	2 Mei 1920*	Total	3:40:11	3:40:11	Sama

25	27 Oktober 1920	Total	15:56:2 4	15:56:23	+00:00:01
26	13 Maret 1922	Penumbra	-	-	-
27	11 April 1922	Penumbra	-	-	-
28	5 Oktober 1922*	Penumbra	-	-	-
29	20 Februari 1924	Total	17:57:3 1	17:57:31	Sama
30	14 Agustus 1924	Total	22:08:2 6	22:08:26	Sama
Selisih Rata-Rata			+00:00:00,47		
Keteterangan: tanda (*) menunjukkan terjadinya gerhana di tanggal berikutnya					

Tabel 9: Data perbandingan waktu akhir umbra Jean Meeus dengan Rinto Anugraha

Tabel 9 di atas menjelaskan data perbandingan waktu akhir umbra gerhana Bulan Jean Meeus dengan Rinto Anugraha. Terdapat selisih +1 detik yang terjadi pada 6 gerhana Bulan, dengan data hasil hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha lebih cepat 1 detik dibandingkan Jean Meeus dan selisih +2 detik yang terjadi pada 1 gerhana Bulan dengan data hasil hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha lebih cepat 2 detik dibandingkan Jean Meeus. 10 gerhana Bulan lainnya memiliki nilai yang sama

antara data Jean Meeus dan Rinto Anugraha. Nilai selisih rata-rata perbandingan data waktu akhir umbra gerhana Bulan Jean Meeus dengan Rinto Anugraha adalah +00:00:00,47.

No	Waktu	Jenis Gerhana	Jean Meeus	Rinto Anugraha	Selisih (J. Meeus-Rinto)
			Akhir Penumbra (UT)		
1	13 Juni 1900	Penumbra	5:37:41	5:37:41	Sama
2	6 Desember 1900	Penumbra	12:22:27	12:22:26	+00:00:01
3	22 April 1902	Total	21:53:44	21:53:44	Sama
4	17 Oktober 1902	Total	8:47:33	8:47:32	+00:00:01
5	2 Maret 1904	Penumbra	3:56:24	3:56:24	Sama
6	31 Maret 1904	Penumbra	14:17:55	14:17:55	Sama
7	24 September 1904	Penumbra	19:23:32	19:23:31	+00:00:01
8	9 Februari 1906	Total	10:37:29	10:37:29	Sama
9	4 Agustus 1906	Total	15:46:31	15:46:30	+00:00:01
10	18 Januari 1908	Penumbra	15:10:09	15:10:09	Sama

11	14 Juni 1908	Penumbra	16:01:01	16:01:00	+00:00:01
12	13 Juli 1908	Penumbra	22:35:52	22:35:51	+00:00:01
13	7 Desember 1908*	Penumbra	0:08:37	0:08:35	+00:00:02
14	24 Mei 1910	Total	8:33:53	8:33:52	+00:00:01
15	16 November 1910*	Total	2:53:17	2:53:16	+00:00:01
16	1 April 1912*	Sebagian	0:29:54	0:29:54	Sama
17	26 September 1912	Sebagian	14:11:10	14:11:10	Sama
18	12 Maret 1914	Sebagian	6:42:39	6:42:39	Sama
19	4 September 1914	Sebagian	16:45:35	16:45:35	Sama
20	20 Januari 1916	Sebagian	11:11:34	11:11:33	+00:00:01
21	15 Juli 1916	Sebagian	7:11:17	7:11:16	+00:00:01
22	24 Juni 1918	Sebagian	12:45:08	12:45:07	+00:00:01
23	17 Desember 1918	Penumbra	21:02:29	21:02:28	+00:00:01
24	2 Mei 1920*	Total	4:50:09	4:50:08	+00:00:01
25	27 Oktober 1920	Total	16:55:49	16:55:48	+00:00:01
26	13 Maret 1922	Penumbra	12:15:29	12:15:28	+00:00:01
27	11 April 1922	Penumbra	22:22:34	22:22:34	Sama

28	5 Oktober 1922*	Penumbra	2:40:13	2:40:12	+00:00:01
29	20 Februari 1924	Total	18:59:11	18:59:11	Sama
30	14 Agustus 1924	Total	23:05:50	23:05:50	Sama
Selisih Rata-Rata			+00:00:00,6		
Keteterangan: tanda (*) menunjukkan terjadinya gerhana di tanggal berikutnya					

Tabel 10: Data perbandingan waktu akhir penumbra Jean Meeus dengan Rinto Anugraha

Tabel 10 di atas menjelaskan data perbandingan waktu akhir penumbra gerhana Bulan Jean Meeus dengan Rinto Anugraha. Terdapat selisih +1 detik yang terjadi pada 16 gerhana Bulan, dengan data hasil hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha lebih cepat 1 detik dibandingkan Jean Meeus dan selisih +2 detik yang terjadi pada 1 gerhana Bulan dengan data hasil hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha lebih cepat 2 detik dibandingkan Jean Meeus. 13 gerhana Bulan lainnya memiliki nilai yang sama antara data Jean Meeus dan Rinto Anugraha. Nilai selisih rata-rata perbandingan data waktu akhir penumbra gerhana

Bulan Jean Meeus dengan Rinto Anugraha adalah +00:00:00,6.

Hasil perbandingan di atas menunjukkan bahwa data algoritme hisab gerhana Bulan gerhana Bulan Rinto Anugraha hanya berselisih sedikit dengan data algoritme hisab gerhana Bulan Jean Meeus dengan selisih rata-rata terbesar yaitu +00:00:00,6 pada selisih rata-rata waktu akhir penumbra, sedangkan selisih terkecil yaitu +00:00:00,2 pada selisih rata-rata waktu awal total . Jadi, pengaruh dari pemotongan langkah-langkah hisab dan perbedaan pemakaian delta T tidak berpengaruh signifikan.

## **2. Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha**

Penulis menghitung algoritme hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha dengan program yang berbasis excel seperti yang penulis jelaskan sebelumnya. Penulis mengambil data hasil hisab gerhana Bulan Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dari buku *Canon of Lunar Eclipses 1500 B.C.-A.D.3000* karya Bao Lin Liu dan Alan D.Fiala. Penulis membandingkan 30 gerhana Bulan (13 gerhana Bulan penumbra, 7 gerhana Bulan sebagian, 10 gerhana Bulan total) antara Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha, sebagai berikut:

No	Waktu	Jenis Gerhana	Bao Lin Liu- Alan D. Fiala	Rinto Anugraha	Selisih (Bao Alan- Rinto)
			Awal Penumbra (UT)		
1	6 Desember 1900	Penumbra	08:27	08:31	-00:04
2	3 Mei 1901	Penumbra	16:04	16:07	-00:03
3	22 April 1902	Total	15:48	15:51	-00:03
4	17 Oktober 1902	Total	03:16	03:20	-00:04
5	2 Maret 1904	Penumbra	02:03	02:09	-00:06
6	31 Maret 1904	Penumbra	10:43	10:46	-00:03
7	24 September 1904	Penumbra	15:42	15:47	-00:05
8	9 Februari 1906	Total	04:54	04:57	-00:03
9	4 Agustus 1906	Total	10:11	10:14	-00:03
10	18 Januari 1908	Penumbra	11:29	11:34	-00:05
11	14 Juni 1908	Penumbra	12:09	12:12	-00:03
12	13 Juli 1908	Penumbra	20:27	20:33	-00:06
13	7 Desember 1908*	Penumbra	19:38	19:42	-00:04
14	24 Mei 1910	Total	02:32	02:34	-00:02
15	16 November 1910*	Total	21:45	21:47	-00:02
16	1 April 1912*	Sebagian	19:54	19:57	-00:03
17	26 September	Sebagian	09:16	09:20	-00:04

	1912				
18	12 Maret 1914	Sebagian	01:40	01:43	-00:03
19	4 September 1914	Sebagian	11:01	11:03	-00:02
20	20 Januari 1916	Sebagian	06:05	06:09	-00:04
21	15 Juli 1916	Sebagian	02:18	02:20	-00:02
22	24 Juni 1918	Sebagian	08:07	08:11	-00:04
23	17 Desember 1918	Penumbra	17:06	17:10	-00:04
24	2 Mei 1920*	Total	22:49	22:52	-00:03
25	27 Oktober 1920	Total	11:24	11:27	-00:03
26	13 Maret 1922	Penumbra	10:35	10:42	-00:07
27	11 April 1922	Penumbra	18:38	18:42	-00:04
28	5 Oktober 1922*	Penumbra	22:43	22:47	-00:04
29	20 Februari 1924	Total	13:15	13:17	-00:02
30	14 Agustus 1924	Total	17:32	17:35	-00:03
Selisih Rata-Rata			-00:03:36		
Ketatarangan: tanda (*) menunjukkan terjadinya gerhana di tanggal berikutnya					

Tabel 11: Data perbandingan waktu awal penumbra Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha

Tabel 11 di atas menjelaskan data perbandingan waktu awal penumbra gerhana Bulan Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha. Selisih terbesar terjadi pada gerhana Bulan 13 Maret 1922 dengan nilai -7 menit.

Selisih terkecil yaitu -2 menit terjadi pada pada 5 gerhana Bulan yaitu 24 Mei 1910, 16 November 1910, 4 September 1914, 15 Juli 1916, 20 Februari 1924. Nilai selisih rata-rata perbandingan data waktu awal penumbra gerhana Bulan Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha adalah -00:03:36.

No	Waktu	Jenis Gerhana	Bao Lin Liu- Alan D. Fiala	Rinto Anugraha	Selisih (Bao Alan-Rinto)
			Awal Umbra (UT)		
1	6 Desember 1900	Penumbra	-	-	-
2	3 Mei 1901	Penumbra	-	-	-
3	22 April 1902	Total	17:00	17:01	-00:01
4	17 Oktober 1902	Total	04:17	04:18	-00:01
5	2 Maret 1904	Penumbra	-	-	-
6	31 Maret 1904	Penumbra	-	-	-
7	24 September 1904	Penumbra	-	-	-
8	9 Februari 1906	Total	5:57	05:58	-00:01
9	4 Agustus 1906	Total	11:10	11:11	-00:01

10	18 Januari 1908	Penumbra	-	-	-
11	14 Juni 1908	Penumbra	-	-	-
12	13 Juli 1908	Penumbra	-	-	-
13	7 Desember 1908*	Penumbra	-	-	-
14	24 Mei 1910	Total	03:46	03:47	-00:01
15	16 Nopember 1910*	Total	22:43	22:44	-00:01
16	1 April 1912*	Sebagian	21:26	21:27	-00:01
17	26 September 1912	Sebagian	11:03	11:06	-00:03
18	12 Maret 1914	Sebagian	02:41	02:43	-00:02
19	4 September 1914	Sebagian	12:16	12:17	-00:01
20	20 Januari 1916	Sebagian	07:55	07:58	-00:03
21	15 Juli 1916	Sebagian	03:19	03:20	-00:01
22	24 Juni 1918	Sebagian	09:46	09:48	-00:02
23	17 Desember 1918	Penumbra	-	-	-
24	2 Mei 1920*	Total	00:00	00:02	-00:02
25	27 Oktober 1920	Total	12:25	12:27	-00:02

26	13 Maret 1922	Penumbra	-	-	-
27	11 April 1922	Penumbra	-	-	-
28	5 Oktober 1922*	Penumbra	-	-	-
29	20 Februari 1924	Total	14:18	14:19	-00:01
30	14 Agustus 1924	Total	18:31	18:32	-00:01
Selisih Rata-Rata			-00:01:28,24		
Keteterangan: tanda (*) menunjukkan terjadinya gerhana di tanggal berikutnya					

Tabel 12: Data perbandingan waktu awal umbra Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha

Tabel 12 di atas menjelaskan data perbandingan waktu awal umbra Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha. Selisih terbesar terjadi pada 2 gerhana Bulan yaitu gerhana Bulan 26 September 1912 dan 20 Januari 1916 dengan nilai -3 menit. Selisih terkecil yaitu -1 menit terjadi pada pada 11 gerhana Bulan, sedangkan yang 4 gerhana Bulan lainnya memiliki selisih -2 menit. Nilai selisih rata-rata perbandingan data waktu awal umbra gerhana Bulan Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha adalah -00:01:28,24.

No	Waktu	Jenis Gerhana	Bao Lin	Rinto	Selisih (Bao Alan-Rinto)
			Liu- Alan D. Fiala	Anugraha	
			Awal Total (UT)		
1	6 Desember 1900	Penumbra	-	-	-
2	3 Mei 1901	Penumbra	-	-	-
3	22 April 1902	Total	18:10	18:11	-00:01
4	17 Oktober 1902	Total	05:18	5:20	-00:02
5	2 Maret 1904	Penumbra	-	-	-
6	31 Maret 1904	Penumbra	-	-	-
7	24 September 1904	Penumbra	-	-	-
8	9 Februari 1906	Total	06:57	06:59	-00:02
9	4 Agustus 1906	Total	12:09	12:10	-00:01
10	18 Januari 1908	Penumbra	-	-	-
11	14 Juni 1908	Penumbra	-	-	-
12	13 Juli 1908	Penumbra	-	-	-
13	7 Desember 1908*	Penumbra	-	-	-

14	24 Mei 1910	Total	05:09	05:10	-00:01
15	16 Nopember 1910*	Total	23:54	23:55	-00:01
16	1 April 1912*	Sebagian	-	-	-
17	26 September 1912	Sebagian	-	-	-
18	12 Maret 1914	Sebagian	-	-	-
19	4 September 1914	Sebagian	-	-	-
20	20 Januari 1916	Sebagian	-	-	-
21	15 Juli 1916	Sebagian	-	-	-
22	24 Juni 1918	Sebagian	-	-	-
23	17 Desember 1918	Penumbra	-	-	-
24	2 Mei 1920*	Total	01:14	01:16	-00:02
25	27 Oktober 1920	Total	13:28	13:29	-00:01
26	13 Maret 1922	Penumbra	-	-	-
27	11 April 1922	Penumbra	-	-	-
28	5 Oktober 1922*	Penumbra	-	-	-
29	20 Februari 1924	Total	15:20	15:20	Sama

30	14 Agustus 1924	Total	19:30	19:31	-00:01
Selisih Rata-Rata			-00:01:12		
Keteterangan: tanda (*) menunjukkan terjadinya gerhana di tanggal berikutnya					

Tabel 13: Data perbandingan waktu awal total Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha

Tabel 13 di atas menjelaskan data perbandingan waktu awal total gerhana Bulan Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha. Pada tabel ini penulis menjumpai waktu gerhana yang sama antara Baol Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha yaitu pada gerhana Bulan 20 Februari 1924 M, kemudian terdapat 3 gerhana Bulan yaitu 17 Oktober 1902 M, 9 Februari 1906 M, 2 Mei 1920 M yang mempunyai selisih -2 menit. 6 gerhana Bulan lainnya pada awal waktu total ini mempunyai selisih -1 menit. Nilai selisih rata-rata perbandingan data waktu awal total gerhana Bulan Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha adalah -00:01:12.

No	Waktu	Jenis Gerhana	Bao Lin Liu- Alan D. Fiala	Rinto Anugraha	Selisih (Bao Alan- Rinto)
			Gerhana Maksimum (UT)		
1	6 Desember 1900	Penumbra	10:26	10:27	-00:01
2	3 Mei 1901	Penumbra	18:31	18:31	Sama
3	22 April 1902	Total	18:52	18:53	-00:01
4	17 Oktober 1902	Total	06:03	06:04	-00:01
5	2 Maret 1904	Penumbra	03:02	03:02	Sama
6	31 Maret 1904	Penumbra	12:32	12:32	Sama
7	24 September 1904	Penumbra	17:35	17:35	Sama
8	9 Februari 1906	Total	07:47	07:47	Sama
9	4 Agustus 1906	Total	13:00	13:00	Sama
10	18 Januari 1908	Penumbra	13:21	13:22	-00:01
11	14 Juni 1908	Penumbra	14:06	14:07	-00:01
12	13 Juli 1908	Penumbra	21:34	21:34	Sama
13	7 Desember 1908*	Penumbra	21:55	21:55	Sama
14	24 Mei 1910	Total	05:34	05:34	Sama
15	16 Nopember 1910*	Total	00:20	00:20	Sama

16	1 April 1912*	Sebagian	22:14	22:13	+00:01
17	26 September 1912	Sebagian	11:45	11:45	Sama
18	12 Maret 1914	Sebagian	04:13	04:13	Sama
19	4 September 1914	Sebagian	13:54	13:54	Sama
20	20 Januari 1916	Sebagian	08:39	08:40	-00:01
21	15 Juli 1916	Sebagian	04:46	04:46	Sama
22	24 Juni 1918	Sebagian	10:27	10:28	-00:01
23	17 Desember 1918	Penumbra	19:05	19:06	-00:01
24	2 Mei 1920*	Total	01:51	01:51	Sama
25	27 Oktober 1920	Total	14:11	14:12	-00:01
26	13 Maret 1922	Penumbra	11:28	11:29	-00:01
27	11 April 1922	Penumbra	20:32	20:32	Sama
28	5 Oktober 1922*	Penumbra	00:43	00:44	-00:01
29	20 Februari 1924	Total	16:08	16:08	Sama
30	14 Agustus 1924	Total	20:20	20:20	Sama
Selisih Rata-Rata			-00:00:20		
Keteterangan: tanda (*) menunjukkan terjadinya gerhana di tanggal berikutnya					

Tabel 14: Data perbandingan waktu gerhana maksimum Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha

Tabel 14 di atas menjelaskan data perbandingan waktu gerhana maksimum gerhana Bulan Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha. Pada tabel ini terdapat banyak gerhana yang mempunyai waktu yang sama antara Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha yaitu pada 18 gerhana Bulan. Terdapat selisih +1 menit pada gerhana 1 gerhana yaitu gerhana Bulan 1 April 1912, sedangkan 11 gerhana Bulan lainnya mempunyai selisih -1 menit. Nilai selisih rata-rata perbandingan data waktu gerhana maksimum gerhana Bulan Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha adalah -00:00:20.

No	Waktu	Jenis Gerhana	Bao Lin Liu- Alan D. Fiala	Rinto Anugraha	Selisih (Bao Alan-Rinto)
			Akhir Total (UT)		
1	6 Desember 1900	Penumbra	-	-	-
2	3 Mei 1901	Penumbra	-	-	-
3	22 April 1902	Total	19:35	19:34	+00:01
4	17 Oktober 1902	Total	06:48	06:48	Sama
5	2 Maret 1904	Penumbra	-	-	-
6	31 Maret 1904	Penumbra	-	-	-
7	24 September 1904	Penumbra	-	-	-
8	9 Februari 1906	Total	08:36	08:36	Sama

9	4 Agustus 1906	Total	13:51	13:50	+00:01
10	18 Januari 1908	Penumbra	-	-	-
11	14 Juni 1908	Penumbra	-	-	-
12	13 Juli 1908	Penumbra	-	-	-
13	7 Desember 1908*	Penumbra	-	-	-
14	24 Mei 1910	Total	05:59	05:58	+00:01
15	16 Nopember 1910*	Total	00:46	00:45	+00:01
16	1 April 1912*	Sebagian	-	-	-
17	26 September 1912	Sebagian	-	-	-
18	12 Maret 1914	Sebagian	-	-	-
19	4 September 1914	Sebagian	-	-	-
20	20 Januari 1916	Sebagian	-	-	-
21	15 Juli 1916	Sebagian	-	-	-
22	24 Juni 1918	Sebagian	-	-	-
23	17 Desember 1918	Penumbra	-	-	-
24	2 Mei 1920*	Total	02:27	2:26	+00:01
25	27 Oktober 1920	Total	14:54	14:54	Sama
26	13 Maret 1922	Penumbra	-	-	-
27	11 April 1922	Penumbra	-	-	-
28	5 Oktober 1922*	Penumbra	-	-	-

29	20 Februari 1924	Total	16:57	16:57	Sama
30	14 Agustus 1924	Total	21:09	21:09	Sama
Selisih Rata-Rata			+00:00:30		
Keteterangan: tanda (*) menunjukkan terjadinya gerhana di tanggal berikutnya					

Tabel 15: Data perbandingan waktu akhir total Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha

Tabel 15 di atas menjelaskan data perbandingan waktu akhir total gerhana Bulan Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha. Pada tabel ini terdapat 5 gerhana Bulan dengan waktu yang sama antara Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha. 5 gerhana Bulan lainnya mempunyai nilai selisih +1 menit. Nilai selisih rata-rata perbandingan data waktu akhir total gerhana Bulan Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha adalah +00:00:30.

No	Waktu	Jenis Gerhana	Bao Lin Liu- Alan D. Fiala	Rinto Anugraha	Selisih (Bao Alan- Rinto)
			Akhir Umbra (UT)		
1	6 Desember 1900	Penumbra	-	-	-
2	3 Mei 1901	Penumbra	-	-	-

3	22 April 1902	Total	20:45	20:44	+00:01
4	17 Oktober 1902	Total	07:50	07:49	+00:01
5	2 Maret 1904	Penumbra	-	-	-
6	31 Maret 1904	Penumbra	-	-	-
7	24 September 1904	Penumbra	-	-	-
8	9 Februari 1906	Total	09:37	09:36	+00:01
9	4 Agustus 1906	Total	14:49	14:49	Sama
10	18 Januari 1908	Penumbra	-	-	-
11	14 Juni 1908	Penumbra	-	-	-
12	13 Juli 1908	Penumbra	-	-	-
13	7 Desember 1908*	Penumbra	-	-	-
14	24 Mei 1910	Total	07:22	07:21	+00:01
15	16 Nopember 1910*	Total	01:57	01:56	+00:01
16	1 April 1912*	Sebagian	23:02	22:59	+00:03
17	26 September 1912	Sebagian	12:26	12:25	+00:01
18	12 Maret 1914	Sebagian	05:44	05:43	+00:01
19	4 September 1914	Sebagian	15:32	15:32	Sama
20	20 Januari 1916	Sebagian	09:24	09:23	+00:01

21	15 Juli 1916	Sebagian	06:12	06:11	+00:01
22	24 Juni 1918	Sebagian	11:09	11:07	+00:02
23	17 Desember 1918	Penumbra	-	-	-
24	2 Mei 1920*	Total	03:41	03:40	+00:01
25	27 Oktober 1920	Total	15:57	15:56	+00:01
26	13 Maret 1922	Penumbra	-	-	-
27	11 April 1922	Penumbra	-	-	-
28	5 Oktober 1922*	Penumbra	-	-	-
29	20 Februari 1924	Total	17:59	17:58	+00:01
30	14 Agustus 1924	Total	22:09	22:08	+00:01
Selisih Rata-Rata			+00:01:03,53		
Keteterangan: tanda (*) menunjukkan terjadinya gerhana di tanggal berikutnya					

Tabel 16: Data perbandingan waktu akhir umbra Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha

Tabel 16 di atas menjelaskan data perbandingan waktu akhir umbra gerhana Bulan Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha. Pada tabel ini terdapat 2

gerhana Bulan dengan waktu yang sama antara Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha yaitu gerhana Bulan 4 Agustus 1906 dan 4 September 1914. Gerhana Bulan 1 April 1912 memiliki perbedaan nilai +3 menit, sedangkan gerhana Bulan 24 Juni 1918 memiliki nilai selisih +2 detik. 13 gerhana Bulan lainnya mempunyai nilai selisih +1 menit. Nilai selisih rata-rata perbandingan data waktu akhir umbra gerhana Bulan Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha adalah +00:01:03,53.

No	Waktu	Jenis Gerhana	Bao Lin Liu- Alan D. Fiala	Rinto Anugraha	Selisih (Bao Alan-Rinto)
			Akhir Penumbra (UT)		
1	6 Desember 1900	Penumbra	12:25	12:22	+00:03
2	3 Mei 1901	Penumbra	20:57	20:54	+00:03
3	22 April 1902	Total	21:56	21:54	+00:02
4	17 Oktober 1902	Total	08:50	08:48	+00:02
5	2 Maret 1904	Penumbra	04:02	03:56	+00:06
6	31 Maret 1904	Penumbra	14:21	14:18	+00:03
7	24 September 1904	Penumbra	19:27	19:24	+00:03
8	9 Februari 1906	Total	10:40	10:37	+00:03
9	4 Agustus 1906	Total	15:48	15:47	+00:01

10	18 Januari 1908	Penumbra	15:14	15:10	+00:04
11	14 Juni 1908	Penumbra	16:03	16:01	+00:02
12	13 Juli 1908	Penumbra	22:40	22:36	+00:04
13	7 Desember 1908*	Penumbra	00:11	00:09	+00:03
14	24 Mei 1910	Total	08:36	08:34	+00:02
15	16 Nopember 1910*	Total	02:56	02:53	+00:03
16	1 April 1912*	Sebagian	00:34	00:30	+00:04
17	26 September 1912	Sebagian	14:14	14:11	+00:03
18	12 Maret 1914	Sebagian	06:45	06:43	+00:02
19	4 September 1914	Sebagian	16:47	16:46	+00:01
20	20 Januari 1916	Sebagian	11:14	11:12	+00:02
21	15 Juli 1916	Sebagian	07:13	07:11	+00:02
22	24 Juni 1918	Sebagian	12:48	12:45	+00:03
23	17 Desember 1918	Penumbra	21:05	21:02	+00:03
24	2 Mei 1920*	Total	04:52	04:50	+00:02
25	27 Oktober 1920	Total	16:58	16:56	+00:02
26	13 Maret 1922	Penumbra	12:21	12:15	+00:06
27	11 April 1922	Penumbra	22:25	22:23	+00:02
28	5 Oktober 1922*	Penumbra	02:44	02:40	+00:04
29	20 Februari 1924	Total	19:02	18:59	+00:03

30	14 Agustus 1924	Total	23:07	23:06	+00:01
Selisih Rata-Rata			+00:02:48		
Keteterangan: tanda (*) menunjukkan terjadinya gerhana di tanggal berikutnya					

Tabel 17: Data perbandingan waktu akhir penumbra Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha

Tabel 17 di atas menjelaskan data perbandingan waktu akhir penumbra gerhana Bulan Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha. Pada tabel ini selisih terbesar terjadi pada 2 gerhana Bulan yaitu 2 Maret 1904 dan 13 Maret 1922 dengan selisih waktu +6 menit. Selisih terkecil yaitu +1 menit terjadi pada 3 gerhana Bulan yaitu 4 Agustus 1906, 4 September 1914, 14 Agustus 1924. Nilai selisih rata-rata perbandingan data waktu akhir penumbra gerhana Bulan Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha adalah +00:02:48.

Penulis dapat menyimpulkan dari perbandingan gerhana Bulan Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan Rinto Anugraha berselisih sedikit dengan selisih rata-rata terbesar yaitu -00:03:36 pada waktu awal penumbra dan selisih rata-rata terkecil pada waktu gerhana maksimum yaitu -00:00:20.

### 3. NASA dengan Rinto Anugraha

Penulis menghitung algoritme hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha dengan program yang berbasis excel seperti yang penulis jelaskan sebelumnya. Data dari NASA penulis ambil dari website NASA yaitu <http://www.eclipse.gsfc.nasa.gov/lunar.html>. Penulis membandingkan keduanya dengan 30 gerhana Bulan (12 gerhana Bulan penumbra, 8 gerhana Bulan sebagian, 10 gerhana Bulan total) antara NASA dengan Rinto Anugraha, sebagai berikut:

No	Waktu	Jenis Gerhana	NASA	Rinto Anugraha	Selisih (NASA-Rinto)
			Awal Penumbra (UT)		
1	3 Mei 1901	Penumbra	16:06:32	16:07:09	-00:00:47
2	27 Oktober 1901	Sebagian	13:05:31	13:06:59	-00:01:28
3	22 April 1902	Total	15:50:33	15:51:23	-00:00:50
4	17 Oktober 1902	Total	03:18:12	03:19:37	-00:01:25
5	2 Maret 1904	Penumbra	02:07:13	02:08:31	-00:01:18
6	31 Maret 1904	Penumbra	10:45:17	10:46:00	-00:00:43
7	24 September 1904	Penumbra	15:45:10	15:46:55	-00:01:45
8	9 Februari 1906	Total	04:55:27	04:56:45	-00:01:18

9	4 Agustus 1906	Total	10:13:09	10:13:37	-00:00:28
10	18 Januari 1908	Penumbra	11:31:43	11:33:44	-00:02:01
11	14 Juni 1908	Penumbra	12:11:28	12:12:20	-00:00:52
12	13 Juli 1908	Penumbra	20:30:42	20:32:41	-00:01:59
13	7 Desember 1908*	Penumbra	19:40:05	19:41:31	-00:01:26
14	24 Mei 1910	Total	02:33:54	02:34:27	-00:00:33
15	16 November 1910*	Total	21:46:49	21:47:25	-00:00:36
16	1 April 1912	Sebagian	19:56:06	19:56:55	-00:00:49
17	26 September 1912	Sebagian	09:17:38	09:19:33	-00:01:55
18	12 Maret 1914	Sebagian	01:42:08	01:42:51	-00:00:43
19	4 September 1914	Sebagian	11:03:08	11:03:20	-00:00:12
20	20 Januari 1916	Sebagian	06:06:32	06:08:38	-00:02:06
21	15 Juli 1916	Sebagian	02:19:36	02:20:08	-00:00:32
22	24 Juni 1918	Sebagian	8:09:37	8:10:37	-00:01:00
23	17 Desember 1918	Penumbra	17:08:10	17:09:49	-00:01:39
24	2 Mei 1920*	Total	22:50:47	22:51:52	-00:01:05
25	27 Oktober 1920	Total	11:25:48	11:27:29	-00:01:41
26	13 Maret 1922	Penumbra	10:40:15	10:41:54	-00:01:39

27	11 April 1922	Penumbra	18:40:11	18:41:34	-00:01:23
28	5 Oktober 1922*	Penumbra	22:45:52	22:47:26	-00:01:34
29	20 Februari 1924	Total	13:16:40	13:17:24	-00:00:44
30	14 Agustus 1924	Total	17:34:11	17:34:55	-00:00:44
Selisih Rata-Rata			-00:01:02,83		
Keteterangan: tanda (*) menunjukkan terjadinya gerhana di tanggal berikutnya					

Tabel 18: Data perbandingan waktu awal penumbra NASA dengan Rinto Anugraha

Tabel 18 di atas menjelaskan data perbandingan waktu awal penumbra gerhana Bulan NASA dengan Rinto Anugraha. Pada tabel ini selisih terbesar terjadi pada gerhana Bulan 20 Januari 1916 dengan selisih waktu -2 menit 6 detik. Selisih terkecil yaitu -12 detik terjadi pada gerhana Bulan 4 September 1914. Nilai selisih rata-rata perbandingan data waktu awal penumbra gerhana Bulan NASA dengan Rinto Anugraha adalah -00:01:02,83.

No	Waktu	Jenis Gerhana	NASA	Rinto Anugraha	Selisih (NASA-Rinto)
			Awal Umbra (UT)		
1	3 Mei 1901	Penumbra	-	-	-
2	27 Oktober 1901	Sebagian	14:25:38	14:26:53	-00:01:15
3	22 April 1902	Total	17:00:20	17:00:57	-00:00:37
4	17 Oktober 1902	Total	04:17:17	4:18:14	-00:00:57
5	2 Maret 1904	Penumbra	-	-	-
6	31 Maret 1904	Penumbra	-	-	-
7	24 September 1904	Penumbra	-	-	-
8	9 Februari 1906	Total	5:57:10	5:58:02	-00:00:52
9	4 Agustus 1906	Total	11:10:42	11:11:04	-00:00:22
10	18 Januari 1908	Penumbra	-	-	-
11	14 Juni 1908	Penumbra	-	-	-
12	13 Juli 1908	Penumbra	-	-	-
13	7 Desember 1908*	Penumbra	-	-	-
14	24 Mei 1910	Total	03:46:25	03:46:53	-00:00:28
15	16 Nopember 1910*	Total	22:44:11	22:44:28	-00:00:17
16	1 April 1912*	Sebagian	21:26:20	21:27:21	-00:01:01

17	26 September 1912	Sebagian	11:03:49	11:05:38	-00:01:49
18	12 Maret 1914	Sebagian	02:42:08	2:42:36	-00:00:28
19	4 September 1914	Sebagian	12:16:38	12:16:48	-00:00:10
20	20 Januari 1916	Sebagian	07:55:36	7:57:39	-00:02:03
21	15 Juli 1916	Sebagian	03:19:33	3:19:56	-00:00:23
22	24 Juni 1918	Sebagian	09:46:36	9:48:15	-00:01:39
23	17 Desember 1918	Penumbra	-	-	-
24	2 Mei 1920*	Total	00:00:56	0:01:49	-00:00:53
25	27 Oktober 1920	Total	12:25:43	12:26:54	-00:01:11
26	13 Maret 1922	Penumbra	-	-	-
27	11 April 1922	Penumbra	-	-	-
28	5 Oktober 1922*	Penumbra	-	-	-
29	20 Februari 1924	Total	14:18:42	14:19:04	-00:00:22
30	14 Agustus 1924	Total	18:31:40	18:32:18	-00:00:38
Selisih Rata-Rata			-00:00:51,39		
Keteterangan: tanda (*) menunjukkan terjadinya gerhana di tanggal berikutnya					

Tabel 19: Data perbandingan waktu awal umbra

NASA dengan Rinto Anugraha

Tabel 19 di atas menjelaskan data perbandingan waktu awal umbra gerhana Bulan NASA dengan Rinto Anugraha. Pada tabel ini selisih terbesar terjadi pada gerhana Bulan 20 Januari 1916 dengan selisih waktu -2 menit 3 detik. Selisih terkecil yaitu -10 detik terjadi pada gerhana Bulan 4 September 1914. Nilai selisih rata-rata perbandingan data waktu awal umbra gerhana Bulan NASA dengan Rinto Anugraha adalah -00:00:51,39.

No	Waktu	Jenis Gerhana	NASA	Rinto Anugraha	Selisih (NASA-Rinto)
			Awal Total (UT)		
1	3 Mei 1901	Penumbra	-	-	-
2	27 Oktober 1901	Sebagian	-	-	-
3	22 April 1902	Total	18:10:21	18:10:38	-00:00:17
4	17 Oktober 1902	Total	05:19:01	05:19:30	-00:00:29
5	2 Maret 1904	Penumbra	-	-	-
6	31 Maret 1904	Penumbra	-	-	-
7	24 September 1904	Penumbra	-	-	-
8	9 Februari 1906	Total	06:58:00	6:58:30	-00:00:30
9	4 Agustus 1906	Total	12:09:29	12:09:40	-00:00:11
10	18 Januari 1908	Penumbra	-	-	-

11	14 Juni 1908	Penumbra	-	-	-
12	13 Juli 1908	Penumbra	-	-	-
13	7 Desember 1908*	Penumbra	-	-	-
14	24 Mei 1910	Total	05:09:21	05:09:53	-00:00:32
15	16 Nopember 1910*	Total	23:55:24	23:55:25	-00:00:01
16	1 April 1912*	Sebagian	-	-	-
17	26 September 1912	Sebagian	-	-	-
18	12 Maret 1914	Sebagian	-	-	-
19	4 September 1914	Sebagian	-	-	-
20	20 Januari 1916	Sebagian	-	-	-
21	15 Juli 1916	Sebagian	-	-	-
22	24 Juni 1918	Sebagian	-	-	-
23	17 Desember 1918	Penumbra	-	-	-
24	2 Mei 1920*	Total	01:15:01	1:15:37	-00:00:36
25	27 Oktober 1920	Total	13:28:47	13:29:28	-00:00:41
26	13 Maret 1922	Penumbra	-	-	-
27	11 April 1922	Penumbra	-	-	-
28	5 Oktober	Penumbra	-	-	-

	1922*				
29	20 Februari 1924	Total	15:19:58	15:19:58	Sama
30	14 Agustus 1924	Total	19:30:59	19:31:27	-00:00:28
Selisih Rata-Rata			-00:00:22,5		
Keteterangan: tanda (*) menunjukkan terjadinya gerhana di tanggal berikutnya					

Tabel 20: Data perbandingan waktu awal total NASA dengan Rinto Anugraha

Tabel 20 di atas menjelaskan data perbandingan waktu awal total gerhana Bulan NASA dengan Rinto Anugraha. Pada tabel ini terdapat gerhana Bulan dengan waktu yang sama yaitu pada gerhana Bulan 20 Februari 1924, sedangkan selisih terbesar yaitu -41 detik terjadi pada gerhana Bulan 27 Oktober 1920. Nilai selisih rata-rata perbandingan data waktu awal total gerhana Bulan NASA dengan Rinto Anugraha adalah -00:00:22,5.

No	Waktu	Jenis Gerhana	NASA	Rinto Anugraha	Selisih (NASA-Rinto)
			Gerhana Maksimum (UT)		
1	3 Mei 1901	Penumbra	18:30:38	18:30:37	+00:00:01

2	27 Oktober 1901	Sebagian	15:15:18	15:15:51	-00:00:33
3	22 April 1902	Total	18:52:40	18:52:33	+00:00:07
4	17 Oktober 1902	Total	06:03:25	6:03:35	-00:00:10
5	2 Maret 1904	Penumbra	03:02:31	3:02:27	+00:00:04
6	31 Maret 1904	Penumbra	12:32:25	12:31:57	+0:00:28
7	24 September 1904	Penumbra	17:34:41	17:35:13	-00:00:32
8	9 Februari 1906	Total	07:46:52	7:47:07	-00:00:15
9	4 Agustus 1906	Total	13:00:05	13:00:03	+00:00:02
10	18 Januari 1908	Penumbra	13:21:29	13:21:56	-00:00:27
11	14 Juni 1908	Penumbra	14:06:24	14:06:40	-00:00:16
12	13 Juli 1908	Penumbra	21:33:47	21:34:16	-00:00:29
13	7 Desember 1908*	Penumbra	21:55:00	21:55:03	-00:00:03
14	24 Mei 1910	Total	05:34:05	5:34:10	-00:00:05
15	16 Nopember 1910*	Total	00:20:41	0:20:20	+00:00:21
16	1 April 1912*	Sebagian	22:14:02	22:13:25	+00:00:37
17	26 September 1912	Sebagian	11:44:36	11:45:21	-00:00:45
18	12 Maret 1914	Sebagian	04:12:52	04:12:45	+00:00:07
19	4 September 1914	Sebagian	13:54:40	13:54:28	+00:00:12
20	20 Januari 1916	Sebagian	08:39:22	8:40:06	-00:00:44
21	15 Juli 1916	Sebagian	04:45:49	4:45:42	+00:00:07

22	24 Juni 1918	Sebagian	10:27:43	10:27:52	+00:00:09
23	17 Desember 1918	Penumbra	19:05:40	19:06:09	-00:00:29
24	2 Mei 1920*	Total	01:50:47	1:51:00	-00:00:13
25	27 Oktober 1920	Total	14:11:16	14:11:39	-00:00:23
26	13 Maret 1922	Penumbra	11:28:25	11:28:41	-00:00:16
27	11 April 1922	Penumbra	20:31:50	20:32:04	-00:00:14
28	5 Oktober 1922*	Penumbra	00:43:27	0:43:49	-00:00:22
29	20 Februari 1924	Total	16:08:31	16:08:17	+00:00:14
30	14 Agustus 1924	Total	20:20:06	20:20:22	-00:00:16
Selisih Rata-Rata			-00:00:08,1		
Keteterangan: tanda (*) menunjukkan terjadinya gerhana di tanggal berikutnya					

Tabel 21: Data perbandingan waktu gerhana maksimum NASA dengan Rinto Anugraha

Tabel 21 di atas menjelaskan data perbandingan waktu gerhana maksimum gerhana Bulan NASA dengan Rinto Anugraha. Pada tabel ini selisih terbesar terjadi pada gerhana Bulan 26 September 1912 dengan selisih waktu -45 detik. Selisih terkecil yaitu +1 detik terjadi pada gerhana Bulan 3 Mei 1901. Nilai selisih rata-rata perbandingan data waktu gerhana maksimum gerhana Bulan NASA dengan Rinto Anugraha adalah -00:00:08,1.

No	Waktu	Jenis Gerhana	NASA	Rinto Anugraha	Selisih (NASA-Rinto)
			Akhir Total (UT)		
1	3 Mei 1901	Penumbra	-	-	-
2	27 Oktober 1901	Sebagian	-	-	-
3	22 April 1902	Total	19:34:58	19:34:29	+00:00:29
4	17 Oktober 1902	Total	06:47:50	6:47:40	+00:00:10
5	2 Maret 1904	Penumbra	-	-	-
6	31 Maret 1904	Penumbra	-	-	-
7	24 September 1904	Penumbra	-	-	-
8	9 Februari 1906	Total	08:35:46	8:35:44	+00:00:02
9	4 Agustus 1906	Total	13:50:39	13:50:27	+00:00:12
10	18 Januari 1908	Penumbra	-	-	-
11	14 Juni 1908	Penumbra	-	-	-
12	13 Juli 1908	Penumbra	-	-	-
13	7 Desember 1908*	Penumbra	-	-	-
14	24 Mei 1910	Total	05:58:50	5:58:26	+00:00:24
15	16 Nopember 1910*	Total	00:45:58	0:45:17	+00:00:41
16	1 April 1912*	Sebagian	-	-	-

17	26 September 1912	Sebagian	-	-	-
18	12 Maret 1914	Sebagian	-	-	-
19	4 September 1914	Sebagian	-	-	-
20	20 Januari 1916	Sebagian	-	-	-
21	15 Juli 1916	Sebagian	-	-	-
22	24 Juni 1918	Sebagian	-	-	-
23	17 Desember 1918	Penumbra	-	-	-
24	2 Mei 1920*	Total	02:26:32	2:26:23	+00:00:09
25	27 Oktober 1920	Total	14:53:57	14:53:50	+00:00:07
26	13 Maret 1922	Penumbra	-	-	-
27	11 April 1922	Penumbra	-	-	-
28	5 Oktober 1922*	Penumbra	-	-	-
29	20 Februari 1924	Total	16:57:06	16:56:37	+00:00:29
30	14 Agustus 1924	Total	21:09:13	21:09:17	-00:00:04
Selisih Rata-Rata			+00:00:15,9		
Keteterangan: tanda (*) menunjukkan terjadinya gerhana di tanggal berikutnya					

Tabel 22: Data perbandingan waktu akhir total NASA dengan Rinto Anugraha

Tabel 22 di atas menjelaskan data perbandingan waktu akhir total gerhana Bulan NASA dengan Rinto Anugraha. Pada tabel ini selisih terbesar terjadi pada gerhana Bulan 16 November 1910 dengan selisih waktu +41 detik. Selisih terkecil yaitu +2 detik terjadi pada gerhana Bulan 9 Februari 1906. Nilai selisih rata-rata perbandingan data waktu akhir total gerhana Bulan NASA dengan Rinto Anugraha adalah +00:00:15,9.

No	Waktu	Jenis Gerhana	NASA	Rinto Anugraha	Selisih (NASA-Rinto)
			Akhir Umbra (UT)		
1	3 Mei 1901	Penumbra	-	-	-
2	27 Oktober 1901	Sebagian	16:05:01	16:04:50	+00:00:11
3	22 April 1902	Total	20:44:58	20:44:10	+00:00:48
4	17 Oktober 1902	Total	07:49:35	7:48:55	+00:00:40
5	2 Maret 1904	Penumbra	-	-	-
6	31 Maret 1904	Penumbra	-	-	-
7	24 September 1904	Penumbra	-	-	-
8	9 Februari 1906	Total	09:36:37	9:36:10	+00:00:27
9	4 Agustus 1906	Total	14:49:25	14:49:03	+00:00:22

10	18 Januari 1908	Penumbra	-	-	-
11	14 Juni 1908	Penumbra	-	-	-
12	13 Juli 1908	Penumbra	-	-	-
13	7 Desember 1908*	Penumbra	-	-	-
14	24 Mei 1910	Total	07:21:46	7:21:27	+00:00:19
15	16 Nopember 1910*	Total	01:57:12	1:56:12	+00:01:00
16	1 April 1912*	Sebagian	23:01:33	22:59:28	+00:02:05
17	26 September 1912	Sebagian	12:25:32	12:25:04	+00:00:28
18	12 Maret 1914	Sebagian	05:43:37	5:42:54	+00:00:43
19	4 September 1914	Sebagian	15:32:38	15:32:07	+00:00:31
20	20 Januari 1916	Sebagian	09:23:16	9:22:33	+00:00:53
21	15 Juli 1916	Sebagian	06:12:03	6:11:28	+00:00:35
22	24 Juni 1918	Sebagian	11:09:01	11:07:29	+00:01:32
23	17 Desember 1918	Penumbra	-	-	-
24	2 Mei 1920*	Total	03:40:36	3:40:11	+00:00:25
25	27 Oktober 1920	Total	15:56:52	15:56:23	+00:00:29
26	13 Maret 1922	Penumbra	-	-	-
27	11 April 1922	Penumbra	-	-	-
28	5 Oktober 1922*	Penumbra	-	-	-
29	20 Februari 1924	Total	17:58:23	17:57:31	+00:00:52

30	14 Agustus 1924	Total	22:08:31	22:08:26	+00:00:05
Selisih Rata-Rata			+00:00:41,39		
Keteterangan: tanda (*) menunjukkan terjadinya gerhana di tanggal berikutnya					

Tabel 23: Data perbandingan waktu akhir umbra NASA dengan Rinto Anugraha

Tabel 23 di atas menjelaskan data perbandingan waktu akhir umbra gerhana Bulan NASA dengan Rinto Anugraha. Pada tabel ini selisih terbesar terjadi pada gerhana Bulan 1 April 1912 dengan selisih waktu +2 menit 5 detik. Selisih terkecil yaitu +5 detik terjadi pada gerhana Bulan 14 Agustus 1924. Nilai selisih rata-rata perbandingan data waktu akhir umbra gerhana Bulan NASA dengan Rinto Anugraha adalah +00:00:41,39.

No	Waktu	Jenis Gerhana	NASA	Rinto Anugraha	Selisih (NASA-Rinto)
			Akhir Penumbra (UT)		
1	3 Mei 1901	Penumbra	20:54:47	20:54:05	-00:00:42
2	27 Oktober 1901	Sebagian	17:25:07	17:24:44	+00:00:23
3	22 April 1902	Total	21:54:51	21:53:44	+00:01:07
4	17 Oktober 1902	Total	08:48:34	08:47:32	+00:01:02
5	2 Maret 1904	Penumbra	03:57:45	3:56:24	+00:01:21
6	31 Maret 1904	Penumbra	14:19:26	14:17:55	+00:01:31

7	24 September 1904	Penumbra	19:24:14	19:23:31	+00:00:43
8	9 Februari 1906	Total	10:38:12	10:37:29	+00:00:43
9	4 Agustus 1906	Total	15:47:06	15:46:30	+00:00:36
10	18 Januari 1908	Penumbra	15:11:13	15:10:09	+00:01:04
11	14 Juni 1908	Penumbra	16:01:25	16:01:00	+00:00:25
12	13 Juli 1908	Penumbra	22:36:59	22:35:51	+00:01:08
13	7 Desember 1908*	Penumbra	00:09:50	0:08:35	+00:01:15
14	24 Mei 1910	Total	08:34:14	8:33:52	+00:00:22
15	16 Nopember 1910*	Total	02:54:34	2:53:16	+00:01:18
16	1 April 1912*	Sebagian	00:31:53	0:29:54	+00:01:59
17	26 September 1912	Sebagian	14:11:33	14:11:10	+00:00:23
18	12 Maret 1914	Sebagian	06:43:36	6:42:39	+00:00:57
19	4 September 1914	Sebagian	16:46:17	16:45:35	+00:00:42
20	20 Januari 1916	Sebagian	11:12:12	11:11:33	+00:00:39
21	15 Juli 1916	Sebagian	07:12:00	7:11:16	+00:00:44
22	24 Juni 1918	Sebagian	12:45:53	12:45:07	+00:00:46
23	17 Desember 1918	Penumbra	21:03:04	21:02:28	+00:00:36
24	2 Mei 1920*	Total	04:50:51	4:50:08	+00:00:43
25	27 Oktober 1920	Total	16:56:40	16:55:48	+00:00:52

26	13 Maret 1922	Penumbra	12:16:32	12:15:28	+00:01:04
27	11 April 1922	Penumbra	22:23:22	22:22:34	+00:00:48
28	5 Oktober 1922*	Penumbra	02:41:03	2:40:12	+00:00:51
29	20 Februari 1924	Total	19:00:17	18:59:11	+00:01:06
30	14 Agustus 1924	Total	23:06:08	23:05:50	+00:00:18
Selisih Rata-Rata			+00:00:49,47		
Keteterangan: tanda (*) menunjukkan terjadinya gerhana di tanggal berikutnya					

Tabel 24: Data perbandingan waktu akhir umbra NASA dengan Rinto Anugraha

Tabel 24 di atas menjelaskan data perbandingan waktu akhir penumbra gerhana Bulan NASA dengan Rinto Anugraha. Pada tabel ini selisih terbesar terjadi pada gerhana Bulan 1 April 1912 dengan selisih waktu +1 menit 59 detik. Selisih terkecil yaitu +18 detik terjadi pada gerhana Bulan 14 Agustus 1924. Nilai selisih rata-rata perbandingan data waktu akhir umbra gerhana Bulan NASA dengan Rinto Anugraha adalah +00:00:49,47.

Penulis dapat menyimpulkan dari perbandingan gerhana Bulan NASA dengan Rinto Anugraha berselisih sedikit dengan selisih rata-rata terbesar yaitu -00:01:02,83 pada waktu awal penumbra dan selisih rata-rata terkecil pada waktu gerhana maksimum yaitu -00:00:08,1.

Dari perbandingan dengan 3 hisab gerhana Bulan yaitu Jean Meeus, Bao Lin Liu dan D.Fiala dan NASA. Penulis bisa tarik kesimpulan, algoritme hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha dalam buku *Mekanika Benda Langit* memiliki akurasi yang baik. Hal ini bisa kita lihat dari hasil-hasil perbandingan di atas.

Algoritme hisab gerhana Bulan menurut Rinto Anugraha dalam buku *Mekanika Benda Langit* hanya bisa menentukan waktu terjadinya gerhana mulai dari awal fase penumbra, awal fase umbra, awal fase total, gerhana maksimum, akhir fase total, akhir fase umbra, akhir fase penumbra. Belum sampai menentukan daerah mana saja yang mengalami gerhana Bulan dan tidak bisa untuk mengetahui keadaan gerhana Bulan pada suatu tempat, apakah tempat tersebut mengalami seluruh proses gerhana atau hanya beberapa fase atau tidak sama sekali.

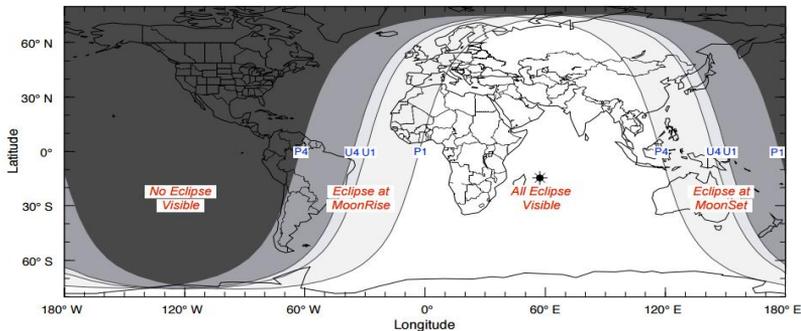
Rinto Anugraha menjelaskan untuk mengetahui cakupan wilayah yang mengalami gerhana Bulan. Ia belum mengetahuinya, tetapi untuk mengetahui keadaan gerhana Bulan di suatu tempat, ia memberi solusi dengan menggunakan hisab *moonrise* dan *moonset* yaitu untuk menentukan waktu Bulan terbit dan Bulan Tenggelam pada suatu tempat. Jadi, penggunaannya kita harus mengetahui dahulu, waktu-waktu dari tiap fase gerhana. Tentukan koordinat kita berada pada saat kita melihat gerhana.

Hitung waktu *moonrise* dan *moonset*. Ketika *moonrise* terjadi sebelum waktu awal penumbra dan *moonset* terjadi sebelum akhir penumbra, kita bisa mengalami semua waktu gerhana dari awal penumbra, sampai akhir penumbra. Kalau *moonrise* terjadi telah melewati waktu awal penumbra dan waktu awal umbra, serta *moonset* terjadi sebelum waktu akhir penumbra, maka kita hanya bisa mengalami gerhana Bulan dari mulai waktu awal total hingga akhir penumbra, dan seterusnya.<sup>160</sup>

Seperti contoh yang ditunjukkan oleh NASA dalam situsnya, sebagai berikut:

Gambar 3: Cakupan daerah yang dilewati gerhana Bulan sebagian 25

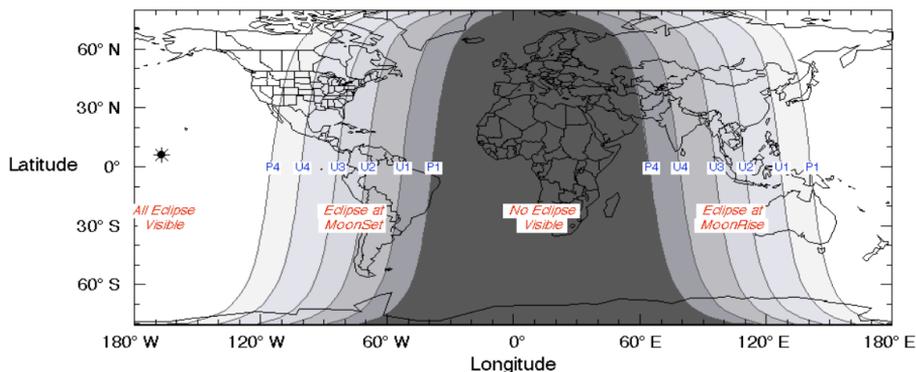
April 2013<sup>161</sup>



<sup>160</sup> Wawancara dengan Rinto Anugraha di kantor Jurusan Fisika FMIPA UGM pada tanggal 28 Desember 2016 pukul 15.30 WIB.

<sup>161</sup> <https://cclipsc.gsfc.nasa.gov/OH/OHfigures/OH2013-Fig01.pdf> diakses pada tanggal 06 Desember 2016 ja, 20: 05 WIB.

Gambar 4: Cakupan daerah yang dilewati gerhana Bulan sebagian 8 Oktober 2014<sup>162</sup>



Perhitungan gerhana Bulan Rinto Anugraha dalam buku *Mekanika Benda Langit* tidak terdapat langkah untuk menentukan tipe gerhana tersebut. Dalam contoh yang terdapat dalam buku tersebut langsung disebutkan tipe gerhana di sub judul yaitu 6.3 Data-data Gerhana Bulan Total 10 Desember 2011 menurut Algoritme Meeus, NASA, dan Bao Lin Liu-Alan D. Fiala tetapi tanpa adanya langkah penentuan tipe gerhana Bulan.

Sedangkan dalam buku Jean Meeus yang merupakan sumber rujukan buku *Mekanika Benda Langit* dalam hisab gerhana Bulan. Penentuan tipe gerhana Bulan terdapat pada hisab magnitudo gerhana penumbra dan

<sup>162</sup> <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/LEplot/LEplot2001/LE2014Oct08T.pdf> diakses pada tanggal 06 Desember 2016 jam 20: 05 WIB.

magnitudo gerhana umbra dengan adanya syarat-syarat yang sudah penulis sebutkan di bab 2.

Rinto Anugraha tidak mencantumkan klasifikasi tipe gerhana Bulan dalam buku *Mekanika Benda Langit*, tetapi ia mencantumkan dalam program berbasis microsoft excel karya Rinto Anugraha yaitu Gerhana Matahari Bulan 1900-2200 v1. Dengan cara sesuai dengan program tersebut. *Pertama* menghitung magnitudo penumbra, magnitudo umbra dan semi durasi total. *Kedua*, jika magnitudo penumbra  $< 0$  maka tidak terjadi gerhana. *Ketiga*, jika magnitudo penumbra  $\geq 0$  maka lanjut menghitung magnitudo umbra. *Keempat*, jika magnitudo umbra  $< 0$ , maka terjadi gerhana penumbra. *Kelima*, jika magnitudo umbra  $\geq 0$ , maka lanjut menghitung semi durasi total. *Keenam*, jika semi durasi total  $< 0$ , maka “tidak ada” yang artinya terjadi gerhana parsial. *Ketujuh*, jika semi durasi total  $\geq 0$ , maka “ada” yang berarti terjadi gerhana Bulan total.<sup>163</sup>

---

<sup>163</sup> Wawancara dengan Rinto Anugraha di kantor Jurusan Fisika FMIPA UGM pada tanggal 28 Desember 2016 pukul 15.30 WIB.

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

1. Algoritme hisab gerhana Bulan dalam Buku *Mekanika Benda Langit* termasuk dalam kategori hisab *hakiki kontemporer* yang beraliran *heliosentris* dan hisab gerhana Bulan ini bersumber dari perhitungan gerhana Bulan Jean Meeus tetapi terdapat beberapa perbedaan yaitu adanya koreksi-koreksi yang dipotong seperti dalam langkah-langkah menghitung JDE (*Julian Day Ephemeris*), anomali rata-rata Matahari (M), anomali rata-rata Bulan (M'), argumen lintang Bulan (F), bujur titik naik Bulan omega ( $\Omega$ ) pada rumus T yang berpangkat 3 dan 4, tetapi tidak berpengaruh signifikan dan Rinto Anugraha dalam penentuan delta T menggunakan rumus polynomial delta T NASA.
2. Algoritme hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha memiliki tingkat akurasi yang baik.
  - a. Perbandingan data hasil hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha hanya berselisih sedikit dengan data hasil hisab gerhana Bulan Jean Meeus dengan selisih rata-rata terbesar yaitu +00:00:00,6 pada selisih rata-rata

- waktu akhir penumbra, sedangkan selisih terkecil yaitu +00:00:00,2 pada selisih rata-rata waktu awal total.
- b. Perbandingan data hasil hisab gerhana Bulan Bao Lin Liu-Alan D.Fiala dengan hasil hisab Rinto Anugraha berselisih sedikit dengan selisih rata-rata terbesar yaitu -00:03:36 pada waktu awal penumbra dan selisih rata-rata terkecil pada waktu gerhana maksimum yaitu -00:00:20.
  - c. Perbandingan perhitungan gerhana Bulan NASA dengan Rinto Anugraha berselisih sedikit dengan selisih rata-rata terbesar yaitu -00:01:02,83 pada waktu awal penumbra dan selisih rata-rata terkecil pada waktu gerhana maksimum yaitu -00:00:08,1. Algoritme hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha hanya menentukan awal fase penumbra, awal fase umbra, awal fase total, gerhana maksimum, akhir fase total, akhir fase umbra, akhir fase penumbra. Di dalam perhitungan gerhana Bulan Rinto Anugraha dalam buku *Mekanika Benda Langit* tidak terdapat langkah untuk menentukan tipe gerhana tersebut.

## **B. Saran-saran**

1. Hisab gerhana Bulan Rinto Anugraha dalam *Buku Mekanika Benda Langit* memiliki akurasi yang baik dengan langkah perhitungan yang sistematis dan mudah

- untuk dipahami bagi pemula karena di dalam buku tersebut memaparkan langkah dan juga contoh secara bersamaan. Tetapi masih perlu ada penyempurnaan, perlu adanya penambahan perhitungan untuk menentukan cakupan wilayah yang akan dilewati oleh gerhana Bulan dan perhitungan *moonrise* serta *moonset* untuk menentukan keadaan gerhana di suatu tempat.
2. Perlu adanya penambahan langkah penentuan tipe gerhana Bulan dalam buku *Mekanika Benda Langit*. Seperti pada buku *Astronomical Algorithms* karya Jean Meeus. Karena jika tidak ada langkah penentuan tipe gerhana Bulan, tidak akan diketahui tipe dari gerhana Bulan.

### **C. Penutup**

*Alhamdulillah* segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan karunia yang tak terhingga sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini dengan lancar. Terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam pembuatan skripsi ini sampai selesai. Penulis menyadari banyak kekurangan dari skripsi ini, maka penulis menerima kritik maupun saran untuk kebaikan ke depannya. Dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca umumnya. Terima kasih.



## DAFTAR PUSTAKA

### Buku:

Abdul Karim Ms, *Mengenal Ilmu Falak*, (Semarang: Intra Pustaka Utama, 2006)

Ahmad Ma'ruf Maghfur, *Studi Analisis Hisab Gerhana Bulan dan Matahari dalam Kitab Fath al-Ra'uf al-Mannan*, Skripsi Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang tahun 2012

Alwi, Bashori, *Penentuan Gerhana Bulan dengan Program Aplikasi Berbasis VSOP87 dan ELP2000*, Tesis Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011

Anugraha, Rinto, *Mekanika Benda Langit*, (Yogyakarta: Jurusan Fisika FMIPA UGM, 2012)

Azhari, Susiknan, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*, (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, cet. Ke 3, 2012)

Azwar, Saifuddin, *Metode Penelitian*, (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, cet. Ke 1, 1998)

C.Giancoli, Douglas, *Fisika: Prinsip dan Aplikasi*, (Jakarta: Erlangga, 2014)

Departemen Agama Republik Indonesia, *Alquran Dan Terjemahnya*, (Semarang : CV.ALWAAH, th. 1993)

Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah, *Al-qur'an Dan Tafsirnya*, Jilid VIII, (Jakarta: PT. Sinergi Pustaka Indonesia, 2012)

Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah, *Al-qur'an Dan Tafsirnya*, Jilid III, (Jakarta: PT. Sinergi Pustaka Indonesia, 2012)

Fitria, Wahyu, *Studi Komparatif Hisab Gerhana Bulan dalam kitab Khulaṣah al-Wafiyah dan Ephemeris*, Skripsi Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang tahun 2010

Ḥāfīz, al Imām . Ibnu Hajar al-ʿAsqalani, *Fathul Bārī*, Jilid 6, (Jakarta : Pustaka Azzam, cet. Ke-3, th. 2011)

Hambali, Slamet, *Pengantar Ilmu Falak : Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*, (Banyuwangi: Bismillah Publisher, 2012)

Hamdan, Abu 'Abdul Jalil, *Fathu al-Ra'uf al-Mannān*, (Kudus: Menara Kudus)

Izzuddin, Ahmad, *Melacak Pemikiran Hisab Rukyah Tradisional (Studi atas Pemikiran Muhammad Mas Manshur al-Batawi)*, Penelitian Individual, (Semarang : Perpustakaan IAIN Walisongo, 2004)

---

\_\_\_\_\_, *Pemikiran Hisab Rukyah Abdul Jalil*, Penelitian Individual IAIN Walisongo Semarang, 2005

- \_\_\_\_\_, *Ilmu Falak Praktis: Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*, (Semarang: PT. Pustaka Rizki Putra, 2012)
- J.Moleong, Lexy, *Metodologi Penelitian Kualitatif*, (Bandung: PT. Remaja Rosdakarya, cet. Ke 35, 2016)
- Jaelany, Zubair Umar, *al-Khulāṣah al-Wafiyah*, (Kudus: Menara Kudus, 1955)
- Jafili, Imam Abi Abdillah Muhammad bin Ismail ibnu Ibrahim bin al-Mughirah bin Bardazabah al-Bukhāri, *Ṣahih al-Bukhāri*, Juz I, (Libanon: Dār al-Fikr, 1994)
- Kadir, A., *Formula Baru Ilmu Falak: Panduan Lengkap dan Praktis Hisab Arah Kiblat, Waktu-Waktu Shalat, Awal Bulan dan Gerhana*, (Jakarta: Amzah, 2012)
- Khazin, Muhyiddin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004)
- \_\_\_\_\_, *Kamus Ilmu Falak*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005)
- Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Badan Litbang & Diklat Kementerian Agama RI dengan Lembaga ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), *Manfaat Benda-Benda Langit Dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*, (Jakarta: Widya Cahaya, 2015)
- Lin Liu, Bao, Alan D. Fiala, *Canon of Lunar Eclipse 1500 B.C.-A.D 3000*, (Virginia: Willman-Bell, Inc, 1983)

M. Echols, John-Hasan Syadily, *Kamus Indonesia-Inggris Updated Edition*, (Jakarta : PT Gramedia, 2014)

Maridah, Hanik, *Studi Analisis Hisab Gerhana Bulan dalam Kitab Maslak al-Qāṣid Ilā Amal Ar-Rāṣid Karya K.H. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah*, Skripsi Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2015

Meeus, Jean, *Astronomical Algorithms*, (Virginia: Willman Bell. Inc., th. 1991)

\_\_\_\_\_, *Mathematical Astronomy Morsels*, (Virginia: Willman-Bell, Inc., 1997)

Munawwir, A.W., *Kamus Al-Munawwir Arab-Indonesia Lengkap*, (Surabaya: Pustaka Progresif, 1984)

Najjar, Zaghlul, *Sains Dalam Hadis*, (Jakarta: Amzah, 2011)

Nurjaman, Zaenudin, *Sistem Hisab Gerhana Bulan Analisis Pendapat KH. Noor Ahmad SS dalam Kitab Nūr al-Anwār*, Skripsi Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang tahun 2012

Sabiq, Sayyid, *Fiqh Sunnah*, Jilid 1, (Jakarta: Pena Pundi Aksara, 2006)

Setiadi, Yadi, *Akurasi perhitungan terjadinya gerhana dengan rubu' al-mujayyab*, Skripsi Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang tahun 2012

Shodiq, Jafar, *Studi Analisis Hisab Gerhana Matahari Menurut Rinto Anugraha dalam Buku Mekanika Benda Langit*, Skripsi Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang tahun 2016

Sub Direktorat Pembinaan Syariah dan Hisab Rukyat Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah Direktorat Jederal Bimbingan Masyarakat Islam Kementerian Agama Republik Indonesia, *Ilmu Falak Praktik*, (Jakarta: Direktorat Peradilan Agama, 2013)

Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*, (Bandung : Alfabeta, cet. Ke 10, 2010)

Sukarni, *Metode Hisab Gerhana Bulan Ahmad Ghozali dalam Kitab Irsyad al-Murid*, Skripsi Fakultas Syari'ah UIN Walisongo Semarang, 2014

Suryabrata, Sumadi, *Metodologi Penelitian*, (Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada, 2011)

Tim Penyusun Fakultas Syari'ah IAIN Walisongo, , (Semarang : Fakultas Syari'ah IAIN Walisongo, 2008)

Umam, Khotibul, *Metode Hisab Gerhana Matahari KH. Ahmad Ghozali dalam Kitab Irsyad al-Murid*, Skripsi Fakultas Syari'ah UIN Walisongo Semarang, 2014

Waskito. A. A., *Kamus Praktis Bahasa Indonesia untuk SD,SMP, SMA, Mahasiswa dan Umum*, (Jakarta: Wahyu Media)

**Jurnal:**

Slamet Hambali, *Astronomi Islam dan Teori Heliocentris Nicolaus Copernicus* dalam *Jurnal Al-Ahkam; Jurnal Pemikiran Hukum Islam*, Vol. 23 No. 2, Th. 2013

**Wawancara:**

Wawancara dengan Rinto Anugraha di kantor Jurusan Fisika FMIPA UGM pada tanggal 1 Agustus 2016 pukul 14.30 WIB

Wawancara dengan Rinto Anugraha di kantor Jurusan Fisika FMIPA UGM pada tanggal 2 Agustus 2016 pukul 15.00 WIB

Wawancara dengan Rinto Anugraha di kantor Jurusan Fisika FMIPA UGM pada tanggal 28 Desember 2016 pukul 14.30 WIB

Wawancara dengan Rinto Anugraha di kantor Jurusan Fisika FMIPA UGM pada tanggal 28 Desember 2016 pukul 15.00 WIB

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

**Internet:**

<http://www.Matsugino.blogspot.com> diakses pada tanggal 20 November 2016 pada pukul 22:15 WIB

<http://en.m.wikipedia.org/wiki/Jean.Meeus> dilihat pada tanggal 20 November jam 22:02 WIB

<http://luarangkasa.com> diakses pada tanggal 20 November 2016 pada pukul 21:53 WIB

<https://id.wikipedia.org/wiki/BC> diakses pada tanggal 21 November jam 09:21 WIB

[http://sv.wikipedia.org/wiki/John\\_N.\\_Stockwell](http://sv.wikipedia.org/wiki/John_N._Stockwell) diakses pada tanggal 21 November 2016 pukul 09:14 WIB

<https://www.staff.science.uu.nl/gent0113/eclipse/eclipsecycles.htm> dilihat pada tanggal 21 November 2016 jam 00:32 WIB

<https://id.wikipedia.org/wiki/Masehi> diakses pada tanggal 21 November 2016 pada pukul 09:32 WIB

<http://www.timeanddate.com/eclipse/blood-moon.html> diakses pada tanggal 21 November 2016 pukul 08:22 WIB

<https://books.google.co.id/books?id=SYiBwAAQBAJ&pg=PA253&lpg=PA253&dq=H.Feijth&source=bl&ots=4zpBHc9b&sig=1sAr9Cjat u8oRnqfO0rDuTdu3Ko&hl=id&sa=X&ved=0ahUKEwjF1qKm2bjQAhUkB8AKHTBoDBUQ6AEIMTADv=onepage&q=H.Feijth&f=false>, diakses pada tanggal 21 November 2016 pada pukul 08:44 WIB

[www.eclipse.gsfc.nasa.gov](http://www.eclipse.gsfc.nasa.gov) diakses pada hari Selasa, 5 Desember 2016 jam 20:12 WIB

<https://eclipse.gsfc.nasa.gov/OH/OHfigures/OH2013-Fig01.pdf>

diakses pada tanggal 06 Desember 2016 ja, 20: 05 WIB

<https://eclipse.gsfc.nasa.gov/LEplot/LEplot2001/LE2014Oct08T.pdf> diakses pada tanggal 06 Desember 2016 jam 20: 05 WIB

<https://eclipse.gsfc.nasa.gov/OH/OH2007.html#Shadow>  
Diameters and Lunar Eclipses diakses pada 28 Desember 2016 jam 10: 55 WIB

## **Daftar Riwayat Hidup**

Nama : 'Alamul Yaqin  
Tempat tanggal lahir : Kudus, 27 April 1995  
Nama orang tua : Abdul Ghofur, Nailis Sa'adah  
Alamat asal : Dk. Rau Rt. 003 Rw. 004 Desa Tenggeles Kecamatan  
Mejobo Kabupaten Kudus  
Alamat sekarang : Perumahan Pasadena, Jl. Candi Baka  
Email : alamulyaqin@ymail.com  
No. Hp : 085775259225  
Jenjang Pendidikan :

### A. Formal

1. TK I'anatut Tholibin (1999-2001)
2. SDN 1 Jekulo Kudus (2001-2007)
3. MTS NU TBS Kudus (2007-2010)
4. MA NU TBS Kudus (2010-2013)

### B. Non Formal

1. Madrasah Diniyyah I'anatut Tholibin (2001-2007)
2. EECC BC dan TC Class Kudus (2010-2011)
3. NANO English Course Pare (2014)

### Pengalaman Organisasi

1. Pengurus CSSMoRA UIN Walisongo Departemen P3M 2014-2015
2. Kepala Departemen P3M CSSMoRA UIN Walisongo 2015-2016

Semarang, 18 Januari 2017



'Alamul Yaqin

NIM: 132611036

Lampiran 1

Perhitungan Gerhana Bulan Penumbra 13 Juni 1900 Buku *Mekanika Benda Langit* karya :

Dr. Eng. Rinto Anugraha

INPUT				
Masukkan perkiraan tanggal, bulan dan tahun =	13	6	1900	
Perkiraan nilai k =	-1231,485			
Nilai k untuk mengecek gerhana matahari =	-1231			
Nilai k untuk mengecek gerhana bulan =	-1231,5			
Masukkan nilai k (bulat atau bulat + 0.5) =	-1231,5			
Cek jenis gerhana =	CEK GERHANA BULAN			
HASIL				
<b>Gerhana Matahari</b>				
Tipe Gerhana (Sentral/Tidak Sentral/Tidak Ada) =	TIDAK ADA GERHANA MATAHARI			
Tipe Gerhana (Total/Cincin/Parsial) =	TIDAK ADA GERHANA MATAHARI			
Gerhana matahari maksimum pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA	UT
<b>Gerhana Bulan</b>				
Tipe Gerhana Bulan =	GERHANA BULAN PENUMBRA			
Awal fase penumbra (P1) pada tanggal	13 Juni 1900	pukul	1.17.34	UT
Awal fase umbra (U1) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA	UT
Awal fase total (U2) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA	UT
Gerhana bulan maksimum pada tanggal	13 Juni 1900	pukul	3.27.37	UT
Akhir fase total (U3) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA	UT
Akhir fase umbra (U4) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA	UT
Akhir fase penumbra (P4) pada tanggal	13 Juni 1900	pukul	5.37.41	UT
Magnitudo Gerhana Penumbra =	0,9913			
Magnitudo Gerhana Umbra =	-0,0137			
DETIL PERHITUNGAN				
Delta_T = TD - UT =	-2,2	detik		
T =	-0,9956744957			
E =	1,002497781			
Argumen Lintang bulan (F) =	9,98506	derajat =	0,174272	radian
Anomali rata-rata matahari (M) =	159,30661	derajat =	2,780425	radian
Anomali rata-rata bulan (M') =	268,01915	derajat =	4,677817	radian
Bujur titik naik bulan (Omega) =	250,54192	derajat =	4,372781	radian
F1 =	10,01018	derajat =	0,174711	radian
A1 =	167,48795	derajat =	2,923216	radian
P =	0,11537	derajat =	0,002014	radian
Q =	5,23447	derajat =	0,091359	radian
W =	0,984777			
Gamma =	1,018644			
u =	0,001623			
Detil perhitungan gerhana bulan				
Cek Gerhana Bulan (Ya/Tidak) =	YA			
Radius penumbra =	1,2864			
Radius umbra =	0,7387			
Magnitudo Gerhana Penumbra =	0,9913			
Magnitudo Gerhana Umbra =	-0,0137			
H_Penumbra =	1,5589			
P_Umbra =	1,0112			
T_Umbra =	0,4662			
n_Umbra =	0,5444			
Semi Durasi Fase Penumbra =	130,06	menit		
Semi durasi Fase Parsial =	TIDAK ADA	menit		
Semi durasi Fase Total =	TIDAK ADA	menit		
Tipe Gerhana Bulan =	GERHANA BULAN PENUMBRA			
JDE belum terkoreksi =	2415183,177610			
Koreksi JDE =	0,466546			
JDE terkoreksi =	2415183,644156			
JD terkoreksi =	2415183,644181			
JD awal fase penumbra (P1) =	2415183,553864	=	Tanggal	Waktu
JD awal fase umbra (U1) =	TIDAK ADA	=	13 Juni 1900	1.17.34 UT
JD awal fase total (U2) =	TIDAK ADA	=	TIDAK ADA	TIDAK ADA UT
JD gerhana maksimum =	TIDAK ADA	=	TIDAK ADA	TIDAK ADA UT
JD gerhana maksimum =	2415183,644181	=	13 Juni 1900	3.27.37 UT
JD akhir fase total (U3) =	TIDAK ADA	=	TIDAK ADA	TIDAK ADA UT
JD akhir fase umbra (U4) =	TIDAK ADA	=	TIDAK ADA	TIDAK ADA UT
JD akhir fase penumbra (P4) =	2415183,734498	=	13 Juni 1900	5.37.41 UT
Menghitung Delta T				
Tahun =	1900,4			
1900 sd 1920	-2,2			
1920 sd 1941	0,0			
1941 sd 1961	0,0			
1961 sd 1986	0,0			
1986 sd 2005	0,0			
2005 sd 2050	0,0			
2050 sd 2150	0,0			
2150 sd 2200	0,0			
Delta T =	-2,2	detik		

Perhitungan Gerhana Bulan Penumbra 6 Desember 1900 Buku *Mekanika Benda Langit* karya

: Dr. Eng. Rinto Anugraha

INPUT			
Masukkan perkiraan tanggal, bulan dan tahun =	6	12	1900
Perkiraan nilai k =	-1225,518		
Nilai k untuk mengecek gerhana matahari =	-1226		
Nilai k untuk mengecek gerhana bulan =	-1225,5		
Masukkan nilai k (bulat atau bulat + 0.5) =	-1225,5		
Cek jenis gerhana =	CEK GERHANA BULAN		
HASIL			
<b>Gerhana Matahari</b>			
Tipe Gerhana (Sentral/Tidak Sentral/Tidak Ada) =	TIDAK ADA GERHANA MATAHARI		
Tipe Gerhana (Total/Cincin/Parsial) =	TIDAK ADA GERHANA MATAHARI		
Gerhana matahari maksimum pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
<b>Gerhana Bulan</b>			
Tipe Gerhana Bulan =	GERHANA BULAN PENUMBRA		
Awal fase penumbra (P1) pada tanggal	06 Desember 1900	pukul	8.30.45 UT
Awal fase umbra (U1) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
Awal fase total (U2) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
Gerhana bulan maksimum pada tanggal	06 Desember 1900	pukul	10.26.35 UT
Akhir fase total (U3) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
Akhir fase umbra (U4) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
Akhir fase penumbra (P4) pada tanggal	06 Desember 1900	pukul	12.22.26 UT
Magnitude Gerhana Penumbra =	0,8139		
Magnitude Gerhana Umbra =	-0,1893		
DETIL PERHITUNGAN			
Delta_T = TD - UT =	-1,5	detik	
T =	-0,9908234628		
E =	1,002485647		
Argumen Lintang bulan (F) =	194,00809	derajat =	3,388080 radian
Anomali rata-rata matahari (M) =	333,93876	derajat =	5,828331 radian
Anomali rata-rata bulan (M') =	62,92086	derajat =	1,098173 radian
Bujur titik naik bulan (Omega) =	241,15938	derajat =	4,209025 radian
F1 =	194,03143	derajat =	3,388487 radian
A1 =	168,13249	derajat =	2,934486 radian
P =	-0,11089	derajat =	-0,001932 radian
Q =	5,08269	derajat =	0,088381 radian
W =	0,970163		
Gamma =	-1,114888		
u =	0,001122		
Detil perhitungan gerhana bulan			
Cek Gerhana Bulan (Ya/Tidak) =	YA		
Radius penumbra =	1,2859		
Radius umbra =	0,7392		
Magnitude Gerhana Penumbra =	0,8139		
Magnitude Gerhana Umbra =	-0,1893		
H_Penumbra =	1,5584		
P_Umbra =	1,0117		
T_Umbra =	0,4667		
n_Umbra =	0,5840		
Semi Durasi Fase Penumbra =	115,84	menit	
Semi durasi Fase Parsial =	TIDAK ADA	menit	
Semi durasi Fase Total =	TIDAK ADA	menit	
Tipe Gerhana Bulan =	GERHANA BULAN PENUMBRA		
JDE belum terkoreksi =	2415360,381142		
Koreksi JDE =	-0,426029		
JDE terkoreksi =	2415359,955112		
JD terkoreksi =	2415359,935129		
JD awal fase penumbra (P1) =	2415359,854684	=	Tanggal Waktu UT
JD awal fase umbra (U1) =	TIDAK ADA	=	06 Desember 1900 8.30.45 UT
JD awal fase total (U2) =	TIDAK ADA	=	TIDAK ADA TIDAK ADA UT
JD gerhana maksimum =	2415359,935129	=	06 Desember 1900 10.26.35 UT
JD akhir fase total (U3) =	TIDAK ADA	=	TIDAK ADA TIDAK ADA UT
JD akhir fase umbra (U4) =	TIDAK ADA	=	TIDAK ADA TIDAK ADA UT
JD akhir fase penumbra (P4) =	2415360,015574	=	06 Desember 1900 12.22.26 UT
Menghitung Delta T			
Tahun =	1900,9		
1900 sd 1920	-1,5		
1920 sd 1941	0,0		
1941 sd 1961	0,0		
1961 sd 1986	0,0		
1986 sd 2005	0,0		
2005 sd 2050	0,0		
2050 sd 2150	0,0		
2150 sd 2200	0,0		
Delta T =	-1,5	detik	

# Perhitungan Gerhana Bulan Penumbra 3 Mei 1901 Buku *Mekanika Benda Langit*

karya : Dr. Eng. Rinto Anugraha

INPUT			
Masukkan perkiraan tanggal, bulan dan tahun =	3	5	1901
Perkiraan nilai k =	-1220,466		
Nilai k untuk mengecek gerhana matahari =	-1220		
Nilai k untuk mengecek gerhana bulan =	-1220,5		
Masukkan nilai k (bulat atau bulat + 0.5) =	-1220,5		
Cek jenis gerhana =	CEK GERHANA BULAN		

HASIL			
<b>Gerhana Matahari</b>			
Tipe Gerhana (Sentral/Tidak Sentral/Tidak Ada) =	TIDAK ADA GERHANA MATAHARI		
Tipe Gerhana (Total/Cincin/Parsial) =	TIDAK ADA GERHANA MATAHARI		
Gerhana matahari maksimum pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
<b>Gerhana Bulan</b>			
Tipe Gerhana Bulan =	GERHANA BULAN PENUMBRA		
Awal fase penumbra (P1) pada tanggal	03 Mei 1901	pukul	16.07.09 UT
Awal fase umbra (U1) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
Awal fase total (U2) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
Gerhana bulan maksimum pada tanggal	03 Mei 1901	pukul	18.30.37 UT
Akhir fase total (U3) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
Akhir fase umbra (U4) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
Akhir fase penumbra (P4) pada tanggal	03 Mei 1901	pukul	20.54.05 UT
Magnitudo Gerhana Penumbra =	1,0393		
Magnitudo Gerhana Umbra =	-0,0385		

DETIL PERHITUNGAN			
Delta_T = TD - UT =	-0,9	detik	
T =	-0,9867809354		
E =	1,002475535		
Argumen Lintang bulan (F) =	347,38061	derajat =	6,062588 radian
Anomali rata-rata matahari (M) =	119,46554	derajat =	2,085067 radian
Anomali rata-rata bulan (M') =	192,00525	derajat =	3,351124 radian
Bujur titik naik bulan (Omega) =	233,34057	derajat =	4,072561 radian
F1 =	347,38199	derajat =	6,062960 radian
A1 =	168,66960	derajat =	2,943840 radian
P =	0,19834	derajat =	0,003462 radian
Q =	5,54197	derajat =	0,096726 radian
W =	0,975848		
Gamma =	-1,012325		
u =	0,021467		

Detil perhitungan gerhana bulan			
Cek Gerhana Bulan (Ya/Tidak) =	YA		
Radius penumbra =	1,3063		
Radius umbra =	0,7188		
Magnitudo Gerhana Penumbra =	1,0393		
Magnitudo Gerhana Umbra =	-0,0385		
H_Penumbra =	1,5788		
P_Umbra =	0,9913		
T_Umbra =	0,4463		
n_Umbra =	0,5067		
Semi Durasi Fase Penumbra =	143,46	menit	
Semi durasi Fase Parsial =	TIDAK ADA	menit	
Semi durasi Fase Total =	TIDAK ADA	menit	
Tipe Gerhana Bulan =	GERHANA BULAN PENUMBRA		
JDE belum terkoreksi =	2415508,014085		
Koreksi JDE =	0,257169		
JDE terkoreksi =	2415508,271255		
JD terkoreksi =	2415508,271255		
JD awal fase penumbra (P1) =	2415508,171638	=	Tanggal Waktu
JD awal fase umbra (U1) =	TIDAK ADA	=	03 Mei 1901 16.07.09 UT
JD awal fase total (U2) =	TIDAK ADA	=	TIDAK ADA TIDAK ADA UT
JD gerhana maksimum =	2415508,271255	=	TIDAK ADA TIDAK ADA UT
JD akhir fase total (U3) =	TIDAK ADA	=	03 Mei 1901 18.30.37 UT
JD akhir fase umbra (U4) =	TIDAK ADA	=	TIDAK ADA TIDAK ADA UT
JD akhir fase penumbra (P4) =	2415508,370892	=	TIDAK ADA TIDAK ADA UT
			03 Mei 1901 20.54.05 UT

Menghitung Delta T	
Tahun =	1901,3
1900 sd 1920	-0,9
1920 sd 1941	0,0
1941 sd 1961	0,0
1961 sd 1986	0,0
1986 sd 2005	0,0
2005 sd 2050	0,0
2050 sd 2150	0,0
2150 sd 2200	0,0
Delta T =	-0,9 detik

## Lampiran 2

Perhitungan Gerhana Bulan Penumbra 13 Juni 1900 Jean Meeus dalam buku *Astronomical*

### Algorithms

INPUT			
Masukkan perkiraan tanggal, bulan dan tahun =	13	6	1900
Perkiraan nilai k =	-1231,465		
Nilai k untuk mengecek gerhana matahari =	-1231		
Nilai k untuk mengecek gerhana bulan =	-1231,5		
Masukkan nilai k (bulat atau bulat + 0.5) =	-1231,5		
Cek jenis gerhana =	CEK GERHANA BULAN		

HASIL			
<b>Gerhana Matahari</b>			
Tipe Gerhana (Sentral/Tidak Sentral/Tidak Ada) =	TIDAK ADA GERHANA MATAHARI		
Tipe Gerhana (Total/Cincin/Parsial) =	TIDAK ADA GERHANA MATAHARI		
Gerhana matahari maksimum pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
<b>Gerhana Bulan</b>			
Tipe Gerhana Bulan =	GERHANA BULAN PENUMBRA		
Awal fase penumbra (P1) pada tanggal	13 Juni 1900	pukul	1.17.34 UT
Awal fase umbra (U1) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
Awal fase total (U2) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
Gerhana bulan maksimum pada tanggal	13 Juni 1900	pukul	3.27.38 UT
Akhir fase total (U3) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
Akhir fase umbra (U4) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
Akhir fase penumbra (P4) pada tanggal	13 Juni 1900	pukul	5.37.41 UT
Magnitudo Gerhana Penumbra =	0,9913		
Magnitudo Gerhana Umbra =	-0,0137		

DETIL PERHITUNGAN			
Delta_T = TD - UT =	-2,7	detik	
T =	-0,9956744957		
E =	1,002497781		
Argumen Lintang bulan (F) =	9,98508	derajat =	0,174272 radian
Anomali rata-rata matahari (M) =	159,30661	derajat =	2,780425 radian
Anomali rata-rata bulan (M') =	288,01914	derajat =	4,877816 radian
Bujur titik naik bulan (Omega) =	250,54192	derajat =	4,372781 radian
F1 =	10,01019	derajat =	0,174711 radian
A1 =	167,48795	derajat =	2,923216 radian
P =	0,11537	derajat =	0,002014 radian
Q =	5,23447	derajat =	0,091359 radian
W =	0,984777		
Gamma =	1,018645		
u =	0,001623		

Detil perhitungan gerhana bulan			
Cek Gerhana Bulan (Ya/Tidak) =	YA		
Radius penumbra =	1,2864		
Radius umbra =	0,7387		
Magnitudo Gerhana Penumbra =	0,9913		
Magnitudo Gerhana Umbra =	-0,0137		
H_Penumbra =	1,5589		
P_Umbra =	1,0112		
T_Umbra =	0,4662		
n_Umbra =	0,5444		
Semi Durasi Fase Penumbra =	130,06	menit	
Semi durasi Fase Parsial =	TIDAK ADA	menit	
Semi durasi Fase Total =	TIDAK ADA	menit	
Tipe Gerhana Bulan =	GERHANA BULAN PENUMBRA		
JDE belum terkoreksi =	2415183,177810		
Koreksi JDE =	0,466546		
JDE terkoreksi =	2415183,644156		
JD terkoreksi =	2415183,644188		
JD awal fase penumbra (P1) =	2415183,553870	=	Tanggal Waktu
JD awal fase umbra (U1) =	TIDAK ADA	=	TIDAK ADA TIDAK ADA UT
JD awal fase total (U2) =	TIDAK ADA	=	TIDAK ADA TIDAK ADA UT
JD gerhana maksimum =	2415183,644188	=	13 Juni 1900 3.27.38 UT
JD akhir fase total (U3) =	TIDAK ADA	=	TIDAK ADA TIDAK ADA UT
JD akhir fase umbra (U4) =	TIDAK ADA	=	TIDAK ADA TIDAK ADA UT
JD akhir fase penumbra (P4) =	2415183,734505	=	13 Juni 1900 5.37.41 UT

Perhitungan Gerhana Bulan Penumbra 6 Desember 1900 Jean Meeus dalam buku

*Astronomical Algorithms*

INPUT			
Masukkan perkiraan tanggal, bulan dan tahun =	6	12	1900
Perkiraan nilai k =	-1225,518		
Nilai k untuk mengecek gerhana matahari =	-1228		
Nilai k untuk mengecek gerhana bulan =	-1225,5		
Masukkan nilai k (bulat atau bulat + 0.5) =	-1225,5		
Cek jenis gerhana =	CEK GERHANA BULAN		

HASIL			
<b>Gerhana Matahari</b>			
Tipe Gerhana (Sentral/Tidak Sentral/Tidak Ada) =	TIDAK ADA GERHANA MATAHARI		
Tipe Gerhana (Total/Cincin/Parsial) =	TIDAK ADA GERHANA MATAHARI		
Gerhana matahari maksimum pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
<b>Gerhana Bulan</b>			
Tipe Gerhana Bulan =	GERHANA BULAN PENUMBRA		
Awal fase penumbra (P1) pada tanggal	06 Desember 1900	pukul	8.30.46 UT
Awal fase umbra (U1) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
Awal fase total (U2) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
Gerhana bulan maksimum pada tanggal	06 Desember 1900	pukul	10.26.36 UT
Akhir fase total (U3) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
Akhir fase umbra (U4) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
Akhir fase penumbra (P4) pada tanggal	06 Desember 1900	pukul	12.22.27 UT
Magnitude Gerhana Penumbra =	0,8139		
Magnitude Gerhana Umbra =	-0,1893		

DETIL PERHITUNGAN			
Delta_T = TD - UT =	-2,7	detik	
T =	-0,9908234628		
E =	1,002485647		
Argumen Lintang bulan (F) =	194,00809	derajat =	3,388080 radian
Anomali rata-rata matahari (M) =	333,93876	derajat =	5,828331 radian
Anomali rata-rata bulan (M') =	62,92065	derajat =	1,098173 radian
Bujur titik naik bulan (Omega) =	241,15936	derajat =	4,209025 radian
F1 =	194,03143	derajat =	3,388487 radian
A1 =	168,13249	derajat =	2,934466 radian
P =	-0,11069	derajat =	-0,001932 radian
Q =	5,06269	derajat =	0,088361 radian
W =	0,970163		
Gamma =	-1,114868		
u =	0,001122		

Detil perhitungan gerhana bulan			
Cek Gerhana Bulan (Ya/Tidak) =	YA		
Radius penumbra =	1,2859		
Radius umbra =	0,7392		
Magnitude Gerhana Penumbra =	0,8139		
Magnitude Gerhana Umbra =	-0,1893		
H_Penumbra =	1,5584		
P_Umbra =	1,0117		
T_Umbra =	0,4667		
n_Umbra =	0,5640		
Semi Durasi Fase Penumbra =	115,84	menit	
Semi durasi Fase Parsial =	TIDAK ADA	menit	
Semi durasi Fase Total =	TIDAK ADA	menit	
Tipe Gerhana Bulan =	GERHANA BULAN PENUMBRA		
JDE belum terkoreksi =	2415380,361142		
Koreksi JDE =	-0,426029		
JDE terkoreksi =	2415359,935113		
JD terkoreksi =	2415359,935144		
JD awal fase penumbra (P1) =	2415359,854699	=	Tanggal Waktu
JD awal fase umbra (U1) =	TIDAK ADA	=	TIDAK ADA TIDAK ADA UT
JD awal fase total (U2) =	TIDAK ADA	=	TIDAK ADA TIDAK ADA UT
JD gerhana maksimum =	2415359,935144	=	06 Desember 1900 10.26.36 UT
JD akhir fase total (U3) =	TIDAK ADA	=	TIDAK ADA TIDAK ADA UT
JD akhir fase umbra (U4) =	TIDAK ADA	=	TIDAK ADA TIDAK ADA UT
JD akhir fase penumbra (P4) =	2415380,015589	=	06 Desember 1900 12.22.27 UT

Perhitungan Gerhana Bulan Penumbra 22 April 1902 Jean Meeus dalam buku *Astronomical*

*Algorithms*

INPUT			
Masukkan perkiraan tanggal, bulan dan tahun =	22	4	1902
Perkiraan nilai k =	-1208,485		
Nilai k untuk mengecek gerhana matahari =	-1208		
Nilai k untuk mengecek gerhana bulan =	-1208,5		
Masukkan nilai k (bulat atau bulat + 0.5) =	-1225,5		
Cek jenis gerhana =	CEK GERHANA BULAN		
HASIL			
<b>Gerhana Matahari</b>			
Tipe Gerhana (Sentral/Tidak Sentral/Tidak Ada) =	TIDAK ADA GERHANA MATAHARI		
Tipe Gerhana (Total/Cincin/Parsial) =	TIDAK ADA GERHANA MATAHARI		
Gerhana matahari maksimum pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
<b>Gerhana Bulan</b>			
Tipe Gerhana Bulan =	GERHANA BULAN PENUMBRA		
Awal fase penumbra (P1) pada tanggal	06 Desember 1900	pukul	8.30.43 UT
Awal fase umbra (U1) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
Awal fase total (U2) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
Gerhana bulan maksimum pada tanggal	06 Desember 1900	pukul	10.26.34 UT
Akhir fase total (U3) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
Akhir fase umbra (U4) pada tanggal	TIDAK ADA	pukul	TIDAK ADA UT
Akhir fase penumbra (P4) pada tanggal	06 Desember 1900	pukul	12.22.24 UT
Magnitude Gerhana Penumbra =	0,8139		
Magnitude Gerhana Umbra =	-0,1893		
DETIL PERHITUNGAN			
Delta_T = TD - UT =	0,0	detik	
T =	-0,9908234628		
E =	1,002485647		
Argumen Lintang bulan (F) =	194,00809	derajat =	3,388080 radian
Anomali rata-rata matahari (M) =	333,93876	derajat =	5,828331 radian
Anomali rata-rata bulan (M') =	82,92085	derajat =	1,098173 radian
Bujur titik naik bulan (Omega) =	241,15936	derajat =	4,209025 radian
F1 =	194,03143	derajat =	3,388487 radian
A1 =	188,13249	derajat =	2,934468 radian
P =	-0,11089	derajat =	-0,001932 radian
Q =	5,06269	derajat =	0,088361 radian
W =	0,970163		
Gamma =	-1,114888		
u =	0,001122		
Detil perhitungan gerhana bulan			
Cek Gerhana Bulan (Ya/Tidak) =	YA		
Radius penumbra =	1,2859		
Radius umbra =	0,7392		
Magnitude Gerhana Penumbra =	0,8139		
Magnitude Gerhana Umbra =	-0,1893		
H_Penumbra =	1,5584		
P_Umbra =	1,0117		
T_Umbra =	0,4887		
n_Umbra =	0,5640		
Semi Durasi Fase Penumbra =	115,84	menit	
Semi durasi Fase Parsial =	TIDAK ADA	menit	
Semi durasi Fase Total =	TIDAK ADA	menit	
Tipe Gerhana Bulan =	GERHANA BULAN PENUMBRA		
JDE belum terkoreksi =	2415360,361142		
Koreksi JDE =	-0,428029		
JDE terkoreksi =	2415359,935113		
JD terkoreksi =	2415359,935113		
JD awal fase penumbra (P1) =	2415359,854688	=	06 Desember 1900 8.30.43 UT
JD awal fase umbra (U1) =	TIDAK ADA	=	TIDAK ADA TIDAK ADA UT
JD awal fase total (U2) =	TIDAK ADA	=	TIDAK ADA TIDAK ADA UT
JD gerhana maksimum =	2415359,935113	=	06 Desember 1900 10.26.34 UT
JD akhir fase total (U3) =	TIDAK ADA	=	TIDAK ADA TIDAK ADA UT
JD akhir fase umbra (U4) =	TIDAK ADA	=	TIDAK ADA TIDAK ADA UT
JD akhir fase penumbra (P4) =	2415360,015558	=	06 Desember 1900 12.22.24 UT

Data gerhana bulan dalam buku *Canon of Lunar Eclipses 1500 B.C.-A.D. 3000*

No.	Date	JD	Mag.	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_m$	$T_4$	$T_5$	$T_6$	$P_b$	$P_e$	$\lambda_b$	$\phi_b$	$\lambda_e$	$\phi_e$	Saros
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m							
8261	1892 Nov 4	2412407	1.099	13 10	14 09	15 22	15 45	16 08	17 21	18 20	91	222	+143	+16	+96	+16	73
8262	1893 Apr 30*	2412584	(0.697)	21 07	—	—	23 09	—	—	1 11	64	343	+41	-16	-18	-16	79
8263	1893 Sep 25	2412732	(0.045)	20 09	—	—	20 39	—	—	21 10	341	321	+56	0	+41	0	84 e
8264	1893 Oct 25	2412762	(0.800)	5 22	—	—	7 16	—	—	9 11	111	198	-86	+13	-141	+14	85
8265	1894 Mar 21	2412909	0.249	11 58	13 25	—	14 21	—	15 16	16 44	179	239	+160	+1	+134	0	90
8266	1894 Sep 15	2413087	0.229	1 59	3 35	—	4 31	—	5 27	7 04	0	302	-55	-4	-82	-4	96
8267	1895 Mar 11	2413264	1.628	0 57	1 53	2 51	3 39	4 27	5 25	6 21	127	291	-27	+4	-78	+3	102
8268	1895 Sep 4	2413441	1.557	2 48	4 00	5 06	5 57	6*47	7 54	9 06	53	250	-61	-8	-118	-7	108
8269	1896 Feb 28	2413618	0.872	17 14	18 16	—	19 45	—	21 15	22 17	85	330	+88	+8	+45	+7	114
8270	1896 Aug 23	2413795	0.734	4 07	5 24	—	6 57	—	8 30	9 48	100	207	-81	-11	-127	-10	120
8271	1897 Jan 18	2413943	(0.092)	19 49	—	—	20 34	—	—	21 18	183	212	+65	+22	+44	+22	125
8272	1897 Feb 17	2413973	(0.553)	8 18	—	—	9 58	—	—	11 38	62	350	-122	+11	-171	+23	126
8273	1897 Jul 14	2414120	(0.505)	3 31	—	—	5 05	—	—	6 39	20	311	-52	-23	-97	-23	131
8274	1897 Aug 12	2414149	(0.471)	12 34	—	—	14 08	—	—	15 43	123	189	+171	-14	+126	-13	132
8275	1898 Jan 7*	2414297	0.155	22 00	23 48	—	0 35	—	1 22	3 10	169	217	+5	+23	-18	+23	137
8276	1898 Jul 3	2414474	0.935	18 46	19 46	—	21 17	—	22 49	23 48	49	290	+64	-24	+20	-23	143
8277	1898 Dec 27*	2414651	1.381	20 33	21 48	22 57	23 42	0 26	1 36	2 50	112	265	+33	+24	+23	+23	149
8278	1899 Jun 23	2414829	1.487	11 36	12 33	13 33	14 18	15 03	16 03	16 59	96	251	+171	-23	+121	-23	155
8279	1899 Dec 16*	2415005	0.996	22 32	23 44	—	1 25	—	3 07	4 19	66	301	+2	+23	+47	+23	161
8280	1900 Jun 13	2415184	0.001	1 15	3 24	—	3 28	—	3 31	5 40	177	180	-51	-22	-53	-22	167 B
8281	1900 Dec 6	2415360	(0.844)	8 27	—	—	10 26	—	—	12 25	44	314	-130	+21	+173	+21	173
8282	1901 May 3	2415508	(1.069)	16 04	—	—	18 31	—	—	20 57	63	321	+117	-16	+46	-17	178
8283	1901 Oct 27	2415685	0.227	13 04	14 25	—	15 16	—	16 06	17 27	137	194	+139	+13	+115	+14	184
8284	1902 Apr 2*	2415862	1.337	15 48	17 09	18 10	18 52	19 35	20 45	21 56	89	300	+104	-12	+49	-13	190
8285	1902 Oct 17	2416040	1.463	3 16	4 17	5 18	6 03	6 48	7 50	8 50	86	241	-69	+9	-120	+9	196
8286	1903 Apr 11*	2416216	0.973	21 26	22 34	—	0 13	—	1 51	2 59	135	258	+21	-7	-27	-8	208
8287	1903 Oct 6	2416394	0.869	12 27	13 40	—	15 17	—	16 54	18 08	41	284	+151	+4	+104	+5	208
8288	1904 Mar 2	2416542	(0.201)	2 03	—	—	3 02	—	—	4 02	39	355	-29	+6	-57	+6	213
8289	1904 Mar 31	2416571	(0.729)	10 43	—	—	12 32	—	—	14 21	156	239	-160	-3	+147	+3	214
8290	1904 Sep 24	2416748	(0.568)	15 42	—	—	17 35	—	—	19 27	18	306	+122	-1	+67	0	220
8291	1905 Feb 19	2416896	0.412	16 40	17 53	—	19 00	—	20 07	21 20	54	336	+94	+11	+62	+10	2
8292	1905 Aug 15	2417073	0.291	1 08	2 39	—	3 41	—	4 43	6 14	134	199	-39	-14	-69	-13	8
8293	1906 Feb 9	2417251	1.631	4 54	5 57	6 57	7 47	8 36	9 37	10 40	96	289	-87	+15	-140	+15	14
8294	1906 Aug 4	2417427	1.785	10 11	11 10	12 09	13 00	13 51	14 49	15 48	82	257	-167	-18	+140	-17	20
8295	1907 Jan 29	2417605	0.714	10 45	12 06	—	13 38	—	15 10	16 30	137	242	-179	+19	+137	+19	26
8296	1907 Jul 25	2417782	0.622	1 58	3 03	—	4 22	—	5 41	6 46	41	305	-45	-21	-83	-21	32
8297	1908 Jan 18	2417959	(0.562)	11 29	—	—	13 21	—	—	15 14	150	222	-170	+22	+135	+22	38
8298	1908 Jun 14	2418107	(0.839)	12 09	—	—	14 06	—	—	16 03	144	234	+177	-22	+120	-22	43
8299	1908 Jul 13	2418136	(0.254)	20 27	—	—	21 34	—	—	22 40	21	332	+54	-23	+22	-23	44
8300	1908 Dec 7*	2418283	(1.060)	19 38	—	—	21 35	—	—	0 11	39	298	+62	+21	-3	+22	49
8301	1909 Jun 3*	2418461	1.163	22 36	23 43	0 58	1 29	1 59	3 14	4 21	125	261	+3	-22	-46	-22	55
8302	1909 Nov 27	2418638	1.371	6 11	7 11	8 13	8 54	9 35	10 38	11 37	58	269	-112	+20	-161	+21	61
8303	1910 May 24	2418816	1.099	2 32	3 46	5 09	5 31	5 59	7 22	8 36	84	311	-58	-21	-111	-21	67
8304	1910 Nov 16*	2418992	1.132	21 45	22 43	23 54	0 20	0 46	1 57	2 56	93	226	+14	+19	-32	+19	73
8305	1911 May 13	2419170	(0.825)	3 45	—	—	5 56	—	—	8 07	65	337	-59	-19	-122	-19	79
8306	1911 Nov 6	2419347	(0.842)	13 39	—	—	15 36	—	—	17 34	112	202	+150	+16	+93	+17	85
8307	1912 Apr 1*	2419494	0.187	19 54	21 26	—	22 14	—	23 02	0 34	183	234	+40	-4	+16	-4	90
8308	1912 Sep 26	2419672	0.123	9 16	11 03	—	11 45	—	12 26	14 14	352	310	-168	0	+172	+1	96
8309	1913 Mar 22	2419849	1.574	9 16	10 12	11 11	11 57	12 44	13 42	14 39	128	290	-152	0	+157	-1	102
8310	1913 Sep 15	2420026	1.435	9 40	10 52	12 01	12 48	13 35	14 43	15 56	49	253	-165	-4	+139	-3	108
8311	1914 Mar 12	2420204	0.916	1 40	2 41	—	4 13	—	5 44	6 45	88	330	-39	+4	-83	+3	114
8312	1914 Sep 4	2420380	0.862	11 01	12 16	—	13 54	—	15 32	16 47	94	210	+175	+7	+127	-7	120
8313	1915 Jan 31	2420529	(0.071)	4 19	—	—	4 58	—	—	5 37	188	214	-61	+19	-80	+19	125
8314	1915 Mar 1	2420558	(0.580)	16 37	—	—	18 19	—	—	20 01	65	351	+113	+7	+63	+5	126
8315	1915 Jul 26	2420705	(0.379)	11 02	—	—	12 24	—	—	13 46	11	312	-164	-21	+156	-21	131
8316	1915 Aug 24	2420734	(0.600)	19 42	—	—	21 27	—	—	23 11	116	191	+64	-11	+13	-10	132
8317	1916 Jan 20	2420883	0.137	6 05	7 55	—	8 30	—	9 24	11 14	175	220	-116	+21	-138	+21	137
8318	1916 Jul 15	2421060	0.800	2 18	3 19	—	4 46	—	6 12	7 13	40	290	-49	-22	-91	-22	143
8319	1917 Jan 8	2421237	1.368	4 36	5 51	7 00	7 44	8 28	9 38	10 53	117	269	-87	+23	-142	+22	149
8320	1917 Jul 4*	2421414	1.623	18 56	19 52	20 50	21 39	22 27	23 26	0 22	87	251	+62	-23	+11	-23	155
8321	1917 Dec 28	2421591	1.009	6 53	8 04	9 38	9 46	9 54	11 27	12 39	72	305	-122	+23	-171	+23	161
8322	1918 Jun 24	2421769	0.134	8 07	9 46	—	10 27	—	11 09	12 48	152	195	-146	-23	-167	-22	167
8323	1918 Dec 17	2421945	(0.859)	17 06	—	—	19 05	—	—	21 05	49	318	+101	+22	+44	+22	173
8324	1919 May 14*	2422093	(0.937)	22 55	—	—	1 14	—	—	3 32	56	322	+14	-19	-53	-20	178
8325	1919 Nov 7*	2422270	0.183	21 34	22 58	—	23 44	—	0 30	1 54	143	194	+11	+17	-11	+17	184
8326	1920 May 2*	2422447	1.224	22 49	0 00	1 14	1 51	2 27	3 41	4 52	83	301	-2	-16	-55	-16	190

Data gerhana bulan dalam buku *Canon of Lunar Eclipses 1500 B.C.-A.D. 3000*

Canon of Lunar Eclipses 1500 B.C. to A.D. 3000

157

No.	Date	JD	Mag.	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>m</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>b</sub>	T <sub>6</sub>	P <sub>b</sub>	P <sub>e</sub>	λ <sub>b</sub>	φ <sub>b</sub>	λ <sub>e</sub>	φ <sub>e</sub>	Saros	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	°	°	°		°
831	1922 Apr 11	2423156	(0.806)	18 38	—	—	20 32	—	—	22 25	152	241	+ 80	- 7	+ 25	- 7	214	
832	1922 Oct 5*	2423333	(0.660)	22 43	—	—	0 43	—	—	2 44	22	303	+ 16	+ 3	- 43	+ 4	220	
833	1923 Mar 3	2423482	0.376	1 12	2 27	—	3 32	—	—	4 36	5 51	54	340	- 35	+ 7	- 65	+ 6	2
834	1923 Aug 26	2423658	0.167	8 12	9 51	—	10 39	—	—	11 27	13 06	140	189	-148	- 10	-171	- 10	8
835	1924 Feb 20	2423836	1.604	13 15	14 18	15 20	16 08	16 57	17 59	19 02	97	293	+148	+ 11	+ 95	+ 11	14	
836	1924 Aug 14	2424012	1.658	17 32	18 31	19 30	20 20	21 09	22 09	23 07	83	250	+ 82	- 14	+ 30	- 14	20	
837	1925 Feb 8*	2424190	0.734	18 49	20 09	—	21 42	—	—	23 15	0 35	139	246	+ 61	+ 16	+ 16	+ 15	26
838	1925 Aug 4	2424367	0.753	9 25	10 28	—	11 52	—	—	13 17	14 20	43	297	-156	- 18	+163	- 18	32
839	1926 Jan 28	2424544	(0.580)	19 26	—	—	21 20	—	—	23 14	153	226	+ 71	+ 20	+ 16	+ 19	38	
840	1926 Jun 25	2424692	(0.699)	19 36	—	—	21 25	—	—	23 14	143	225	+ 66	- 22	+ 13	- 22	43	
841	1926 Jul 25	2424722	(0.380)	3 39	—	—	5 00	—	—	6 21	22	323	- 54	- 21	- 93	- 21	44	
842	1926 Dec 19	2424869	(1.052)	4 03	—	—	6 19	—	—	8 35	43	303	- 63	+ 22	-128	+ 23	49	
843	1927 Jun 15	2425047	1.016	5 33	6 42	8 14	8 24	8 34	10 06	11 15	125	252	-101	- 23	-150	- 23	55	
844	1927 Dec 8	2425223	1.356	14 52	15 51	16 54	17 35	18 15	19 18	20 17	62	274	+119	+ 22	+ 70	+ 23	61	
845	1928 Jun 3	2425401	1.247	9 05	10 17	11 31	12 09	12 47	14 01	15 14	85	302	-156	- 22	+150	- 23	67	
846	1928 Nov 27	2425578	1.155	6 25	7 24	8 33	9 01	9 29	10 39	11 37	97	231	-115	+ 21	-162	+ 22	73	
847	1929 May 23	2425755	(0.962)	10 18	—	—	12 37	—	—	14 56	65	329	-157	- 21	+136	- 22	79	
848	1929 Nov 16*	2425932	(0.872)	22 03	—	—	0 03	—	—	2 02	114	206	+ 24	+ 19	- 34	+ 20	85	
849	1930 Apr 13	2426080	0.113	3 43	5 21	—	5 58	—	—	6 36	8 14	187	227	- 80	- 8	- 98	- 8	90
850	1930 Oct 7	2426257	0.029	16 41	18 46	—	19 06	—	—	19 27	21 32	342	321	+ 76	+ 5	+ 66	+ 5	96 E
851	1931 Apr 2	2426434	1.509	17 27	18 23	19 22	20 07	20 52	21 51	22 47	130	287	+ 84	- 4	+ 34	- 5	102	
852	1931 Sep 26	2426611	1.325	16 40	17 54	19 05	19 48	20 30	21 41	22 55	45	257	+ 89	0	+ 33	+ 1	108	
853	1932 Mar 22	2426789	0.971	9 58	10 59	—	12 32	—	—	14 05	15 05	90	328	-164	- 1	+151	- 2	114
854	1932 Sep 14	2426965	0.979	18 05	19 18	—	21 00	—	—	22 43	23 56	89	213	+ 68	+ 3	+ 19	- 2	120
855	1933 Feb 10	2427114	(0.044)	12 47	—	—	13 17	—	—	13 48	194	214	+172	+ 16	+157	+ 16	125	
856	1933 Mar 12	2427144	(0.617)	0 47	—	—	2 33	—	—	4 18	67	350	- 11	+ 3	- 62	+ 2	126	
857	1933 Aug 5	2427290	(0.259)	18 37	—	—	19 46	—	—	20 54	3	314	+ 82	- 19	+ 49	- 18	131	
858	1933 Sep 4	2427320	(0.719)	2 59	—	—	4 52	—	—	6 44	111	193	- 46	- 7	-101	- 6	132	
859	1934 Jan 30	2427468	0.115	14 08	16 01	—	16 42	—	—	17 23	19 17	181	222	+123	+ 19	+103	+ 18	137
860	1934 Jul 26	2427645	0.667	9 50	10 54	—	12 15	—	—	13 36	14 39	31	292	-162	- 20	+159	- 20	143
861	1935 Jan 19	2427822	1.354	12 39	13 53	15 03	15 47	16 30	17 40	18 55	122	273	+154	+ 21	+ 99	+ 20	149	
862	1935 Jul 16	2428000	1.759	2 16	3 12	4 09	5 00	5 50	6 47	7 44	79	231	- 48	- 22	- 99	- 21	155	
863	1936 Jan 8	2428176	1.022	15 16	16 27	17 57	18 09	18 20	19 50	21 02	77	309	+114	+ 22	+ 65	+ 22	161	
864	1936 Jul 4	2428354	0.271	14 58	16 26	—	17 25	—	—	18 23	19 51	138	200	+114	+ 22	+ 86	- 22	167
865	1936 Dec 28	2428531	(0.870)	1 49	—	—	3 49	—	—	5 48	54	323	- 28	+ 22	- 86	+ 22	173	
866	1937 May 25	2428679	(0.796)	5 41	—	—	7 51	—	—	10 01	49	322	- 87	- 22	-150	- 22	178	
867	1937 Nov 18	2428856	0.150	6 10	7 38	—	8 19	—	—	9 01	10 28	149	195	-119	+ 20	-139	+ 20	184
868	1938 May 14	2429033	1.101	5 44	6 56	8 18	8 42	9 08	10 30	11 42	75	303	-105	- 19	-158	- 19	190	
869	1938 Nov 7*	2429210	1.359	19 39	20 41	21 45	22 26	23 07	0 11	1 13	94	243	+ 45	+ 16	- 6	+ 17	196	
870	1939 Mar 3	2429387	1.83	12 23	13 27	14 39	15 11	15 43	16 55	17 59	123	261	+157	+ 15	+107	- 15	202	
871	1939 Oct 28	2429565	0.991	3 41	4 54	—	6 36	—	—	8 18	9 30	49	283	- 78	+ 12	-128	+ 13	208
872	1940 Mar 23	2429712	(0.105)	19 05	—	—	19 48	—	—	20 31	34	2	+ 75	- 3	+ 54	- 3	213	
873	1940 Apr 22	2429742	(0.894)	2 27	—	—	4 26	—	—	6 24	148	241	- 38	- 11	- 95	- 11	214	
874	1940 Oct 16	2429919	(0.740)	5 55	—	—	8 01	—	—	10 07	25	302	- 93	+ 8	-154	+ 8	220	
875	1941 Mar 13	2430067	0.330	9 37	10 55	—	11 55	—	—	12 56	14 13	52	343	-162	+ 2	+169	+ 2	2
876	1941 Sep 5	2430243	0.055	15 25	17 19	—	17 47	—	—	18 14	20 08	149	177	+ 99	- 6	+ 86	- 6	8 E
877	1942 Mar 2*	2430421	1.568	21 28	22 31	23 33	0 21	1 10	2 11	3 15	98	295	+ 24	+ 7	- 29	+ 7	14	
878	1942 Aug 26	2430598	1.539	1 01	2 00	3 01	3 18	4 35	5 35	6 34	85	241	- 31	- 11	- 82	- 10	20	
879	1943 Feb 20	2430776	0.763	2 44	4 03	—	5 38	—	—	7 13	8 32	141	250	- 58	+ 12	-104	+ 12	26
880	1943 Aug 15	2430952	0.877	16 58	17 58	—	19 28	—	—	20 57	21 58	44	289	+ 91	- 15	+ 48	- 14	32
881	1944 Feb 9	2431130	(0.605)	3 18	—	—	5 14	—	—	7 10	155	230	- 47	+ 16	-103	+ 16	38	
882	1944 Jul 6	2431278	(0.559)	3 01	—	—	4 40	—	—	6 19	143	216	- 45	- 21	- 93	- 21	43	
883	1944 Aug 4	2431307	(0.503)	10 55	—	—	12 27	—	—	13 59	24	315	-163	- 19	+153	- 18	44	
884	1941 Dec 29	2431454	(1.047)	12 33	—	—	14 19	—	—	17 04	48	308	+171	+ 22	+106	+ 22	49	
885	1945 Jun 25	2431632	0.864	12 26	13 37	—	15 14	—	—	16 51	18 03	126	242	+155	- 23	+109	- 23	55
886	1945 Dec 18*	2431808	1.347	23 38	0 37	1 40	2 20	3 00	4 03	5 02	67	279	- 11	+ 23	- 60	+ 23	61	
887	1946 Jun 14	2431986	1.402	15 32	16 44	17 53	18 39	19 25	20 33	21 45	85	292	+108	- 23	+ 53	- 24	67	
888	1946 Dec 8	2432163	1.170	15 12	16 10	17 19	17 48	18 17	19 26	20 24	101	236	+114	+ 23	+ 67	+ 23	73	
889	1947 Jun 3	2432340	0.025	16 48	18 55	—	19 15	—	—	19 34	21 41	23	4	+ 75	+ 23	+ 66	- 23	79 B
890	1947 Nov 28	2432518	(0.894)	6 33	—	—	8 34	—	—	10 35	118	211	-103	+ 22	-161	+ 23	85	
891	1948 Apr 23	2432665	0.028	11 28	13 20	—	13 39	—	—	13 58	15 49	195	215	+160	- 12	+151	- 12	90 E
892	1948 Oct 18	2432843	(1.040)	0 13	—	—	2 35	—	—	4 57	23	283	- 8	+ 8	- 77	+ 9	96	
893	1949 Apr 13	2433020	1.432	1 32	2 28	3 28	4 11	4 54	5 54	6 50	131	284	- 38	- 8	- 87	- 9	102	
894	1949 Oct 6*	2433196	1.229	23 50	1 05	2 19	2 56	3 33	4 48	6 03	42	260	- 20	+ 5	- 74	+ 6	108	
895	1950 Apr 2	2433374	1.038	18 09	19 09	20 29	20 44	20 58	22 19	23 19	92	325	+ 73	- 5	+ 27	- 6	114	
896	1950 Sep 26	2433551	1.083	1 20	2 31	3 53	4 16	4 39	6 01	7 13	85	217	- 41	+ 1	- 92	+ 2	120	
897	1951 Feb 21	2433699	(0.007)	21 17	—	—	21 29	—	—	21 42	203	211	+ 45	+ 12	+ 39	+ 12	125 e	
898	1951 Mar 23	2433729	(0.667)	8 47	—	—	10 37	—	—	12 26	69	349	-132	- 1	+175	- 2	126	
899	1951 Aug 17	2433876	(0.145)	2 22	—	—	3 14	—	—	4 06	354	317	- 34	- 15	- 59	- 15	131	
900	1951 Sep 15	2433905	(0.828)	10 27	—	—	12 26	—	—	14 26	107	196	-159	- 3	+143	- 2	132	

Data Gerhana Bulan Penumbra 3 Mei 1901 NASA

### Penumbral Lunar Eclipse of 1901 May 03

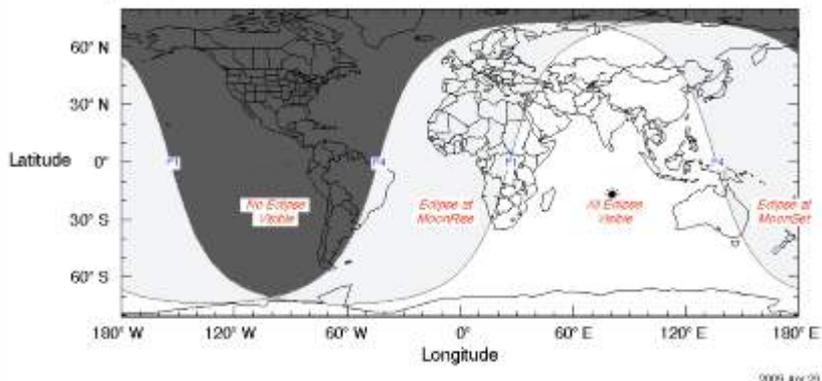
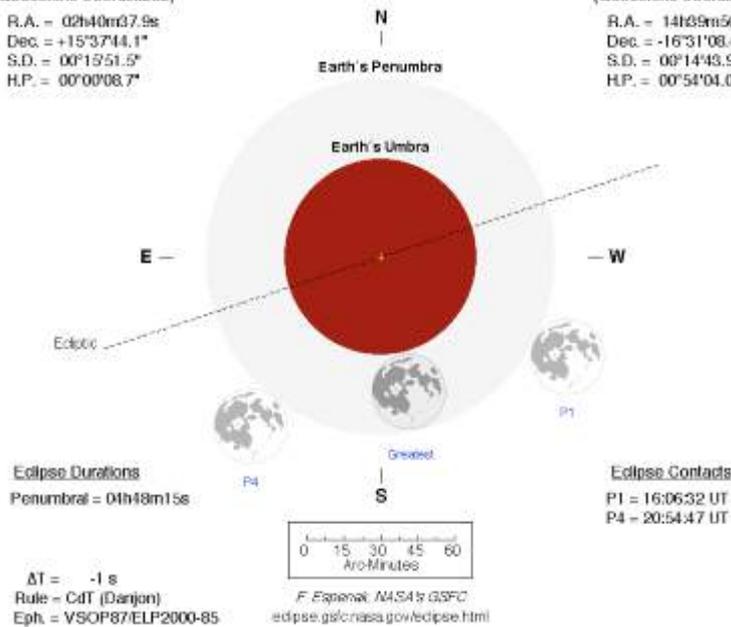
Ecliptic Conjunction = 18:18:42.3 TD (= 18:18:43.3 UT)  
 Greatest Eclipse = 18:30:37.6 TD (= 18:30:38.5 UT)

Penumbral Magnitude = 1.0431    P. Radius = 1.1768"    Gamma = -1.0101  
 Umbral Magnitude = -0.0334    U. Radius = 0.6482"    Axis = 0.9101"

Saros Series = 110    Member = 65 of 72

**Sun at Greatest Eclipse**  
 (Geocentric Coordinates)  
 R.A. = 02h40m37.9s  
 Dec. = +15°37'44.1"  
 S.D. = 00°15'51.5"  
 H.P. = 00°00'08.7"

**Moon at Greatest Eclipse**  
 (Geocentric Coordinates)  
 R.A. = 14h09m50.4s  
 Dec. = -16°31'08.4"  
 S.D. = 00°14'43.9"  
 H.P. = 00°54'04.0"



# Data Gerhana Bulan Sebagian 27 Oktober 1901 NASA

## Partial Lunar Eclipse of 1901 Oct 27

Ecliptic Conjunction = 15:06:11.5 TD (= 15:06:11.7 UT)  
 Greatest Eclipse = 15:15:17.8 TD (= 15:15:18.0 UT)

Penumbral Magnitude = 1.1841 P. Radius = 1.3034' Gamma = 0.9021  
 Umbral Magnitude = 0.2208 U. Radius = 0.7667' Axis = 0.9223'

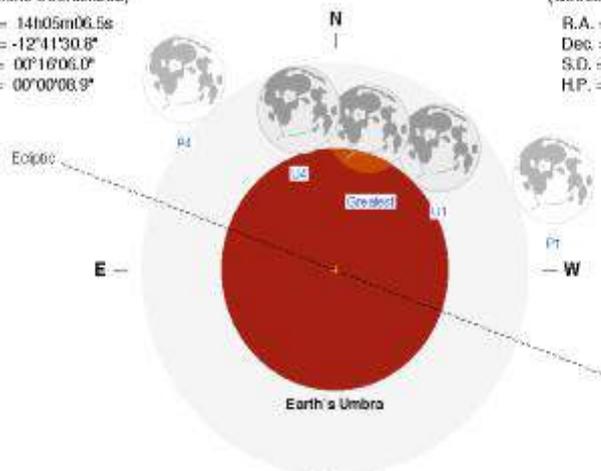
Saros Series = 115 Member = 51 of 72

### Sun at Greatest Eclipse (Geocentric Coordinates)

R.A. = 14h05m06.5s  
 Dec. = -12°41'30.6"  
 S.D. = 00°16'06.0"  
 H.P. = 00°00'08.9"

### Moon at Greatest Eclipse (Geocentric Coordinates)

R.A. = 02h04m10.2s  
 Dec. = +13°35'07.7"  
 S.D. = 00°16'42.9"  
 H.P. = 01°01'20.6"

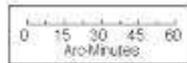


### Eclipse Durations

Penumbral = 04h19m36s  
 Umbral = 01h39m21s

### Earth's Penumbra

S

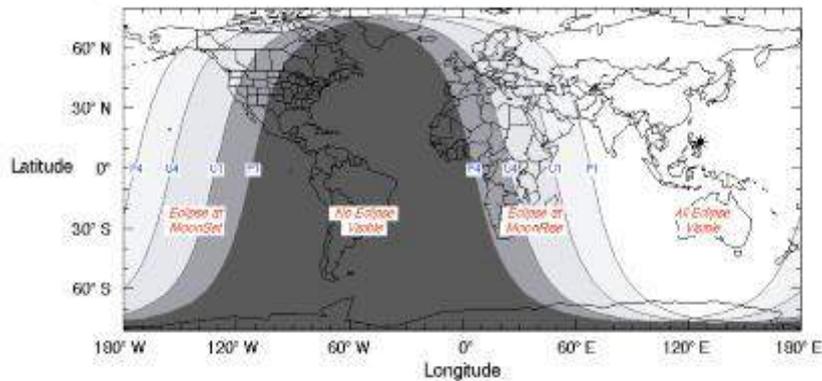


### Eclipse Contacts

P1 = 13:05:31 UT  
 U1 = 14:25:38 UT  
 U4 = 16:05:01 UT  
 P4 = 17:25:07 UT

$\Delta T = 0$  s  
 Rule = CdT (Danjon)  
 Eph = VSOP87/ELP2000-85

F. Espenak, NASA's GSFC  
[eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse.html](http://eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse.html)



2000 Apr 23

# Data Gerhana Bulan Total 22 April 1902 NASA

## Total Lunar Eclipse of 1902 Apr 22

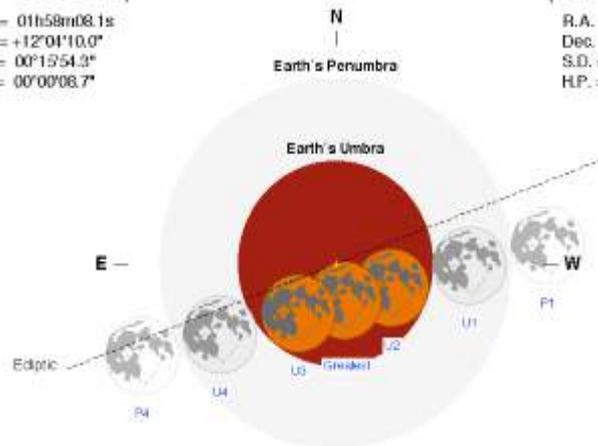
Ecliptic Conjunction = 18:49:30.1 TD (= 18:49:29.9 UT)  
 Greatest Eclipse = 18:52:40.2 TD (= 18:52:39.9 UT)

Penumbral Magnitude = 2.4002 P. Radius = 1.1879° Gamma = -0.2680  
 Umbral Magnitude = 1.3327 U. Radius = 0.6578° Axis = 0.2142°

Saros Series = 120 Member = 52 of 84

Sun at Greatest Eclipse  
 (Geocentric Coordinates)  
 R.A. = 01h58m08.1s  
 Dec. = +12°04'10.0"  
 S.D. = 00°15'54.3"  
 H.P. = 00°00'08.7"

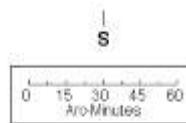
Moon at Greatest Eclipse  
 (Geocentric Coordinates)  
 R.A. = 13h57m53.1s  
 Dec. = -12°18'21.2"  
 S.D. = 00°14'53.9"  
 H.P. = 00°54'40.7"



### Eclipse Durations

Penumbral = 05h01m19s  
 Umbral = 03h44m37s  
 Total = 01h21m36s

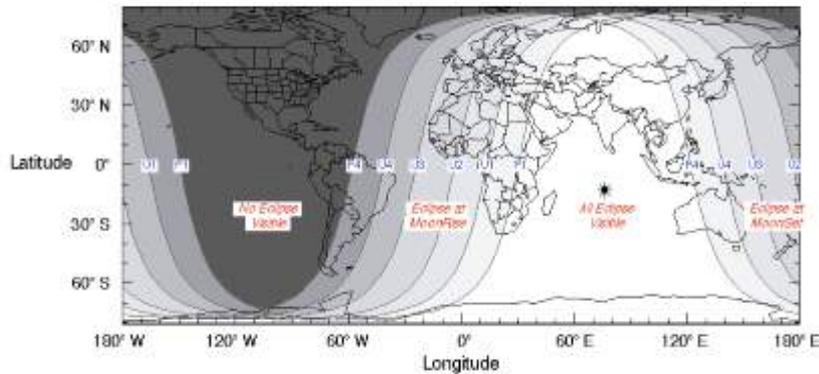
$\Delta T = 0$  s  
 Rule = CdT (Danjon)  
 Eph. = VSOP87/ELP2000-85



F. Espenak, NASA GSFC  
[eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse.html](http://eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse.html)

### Eclipse Contacts

P1 = 15:50:33 UT  
 U1 = 17:00:20 UT  
 U2 = 18:10:21 UT  
 U3 = 19:34:58 UT  
 U4 = 20:44:58 UT  
 P4 = 21:54:51 UT



2009 Apr 23

## Lampiran 5

### Hasil Wawancara

Narasumber : Dr. Eng. Rinto Anugraha

Pewawancara : 'Alamul Yaqin

Tempat : Kantor Jurusan Fisika FMIPA UGM Yogyakarta

Tanggal : 1 Februari 2016, 2 Februari 2016 dan 28 Desember 2016

Tujuan : Untuk mengetahui perhitungan gerhana bulan dalam buku *Mekanika Benda Langit*

Tanya : Perhitungan gerhana bulan dalam buku bapak, Apakah bersumber dari Jean Meeus?

Jawab : Iya, perhitungan gerhana bulan dalam buku saya *Mekanika Benda Langit* bersumber dari buku *Astronomical Algorithms* karya Jean Meeus.

Tanya : Apakah bapak melakukan pemotongan rumus pada langkah-langkah perhitungan JDE (*Julian Day Ephemeris*), anomali rata-rata matahari ( $M$ ), anomali rata-rata bulan ( $M'$ ), argumen lintang bulan ( $F$ ), bujur titik naik bulan omega ( $\Omega$ )?

Jawab : Iya, supaya lebih sederhana dan juga karena perhitungan gerhana bulan dalam buku saya khusus tahun 1900 sampai 2200. Adanya pemotongan rumus-rumus itu pada  $T$  yang berpangkat 3 dan 4, sedangkan  $T$  itu dihitung tahun per abad dimulai dari *epoch* tahun 2000.

Tanya : Untuk rumus delta  $T$ , bapak memakai rumus siapa?

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

Tanya : Pada perhitungan gerhana bulan dalam buku bapak, kenapa tidak saya temukan langkah untuk menentukan tipe gerhana bulan?

Jawab : Tidak saya cantumkan di sana, tetapi ada langkah penentuan tipe gerhana bulan di program perhitungan gerhana bulan saya yang berbasis microsoft excel yang saya upload pada web saya.

Tanya : Apakah perhitungan gerhana bulan dalam buku bapak bisa menentukan cakupan wilayah daerah mana saja yang terjadi gerhana dan keadaan suatu daerah saat terjadi gerhana?

Jawab : Perhitungan gerhana bulan dalam buku saya tidak bisa menentukan cakupan daerah mana saja yang terjadi gerhana. Sama halnya tidak bisa menentukan keadaan daerah saat terjadi gerhana, untuk penentuan keadaan daerah saat terjadi gerhana bisa menggunakan rumus *moonrise* dan *moonset*, tetapi belum saya cantumkan dalam buku saya.

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Dr. Rinto Anugraha  
Alamat : Krangkungan RT 003/008 No. 70 Condong Catur Staman  
Tempat/Tanggal Lahir: Jakarta, 27 September 1974  
Jabatan : Lektor Kepala Dosen Fisika UGM  
No. Telepon/Hp : 0858 7839 4054  
Email : rinto@ugm.ac.id

Menyatakan bahwa

Nama : 'ALAMUL YAQIN  
NIM : 132611036  
Tempat/Tanggal Lahir: KUDUS, 27 APRIL 1995  
Universitas : UIN WALISONGO SEMARANG  
Fakultas/Jurusan : SYARIAH DAN HUKUM/ILMU FALAK  
Judul Skripsi :

**METODE HISAB GERHANA BULAN MENURUT RINTO**

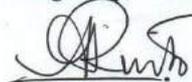
**ANUGRAHA DALAM BUKU MEKANIKA BENDA LANGIT**

Benar-benar telah melakukan wawancara dengan kami pada hari Rabu, 28  
Desember 2016

Demikian surat pernyataan ini kami buat dengan sebenar-benarnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 28 Desember 2016

Yang Menyatakan



Dr. Rinto Anugraha