

**STUDI KOMPARATIF SISTEM PERHITUNGAN
GERHANA BULAN PADA VOLVELLE INOVASI
DAN EPHEMERIS**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Tugas dan Melengkapi Syarat
Guna Memperoleh Gelar Strata S.I
Dalam Ilmu Syari'ah dan Hukum



DiSusun Oleh :
Putra Bagus Adityas
1502046063

**PROGRAM STUDI ILMU FALAM
FAKULTAS SYARI'AH DAN HUKUM
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2021**

PERSETUJUAN PEMBIMBING



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM
Prof. Dr. Hamka Kampus III Ngaliyan Telp/Fax. (024) 7601291 Semarang 50185

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Lamp : 4 (empat) lembar eksemplar
Hal : Naskah Skripsi
An. Sdr. Putra Bagus Adityas

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

Assalamu'alaikum Wr. Wb.
Setelah saya meneliti dan mengadakan perbaikan seperlunya, bersama ini saya kirim naskah skripsi Saudara :
N a m a : Putra Bagus Adityas
NIM : 1502046063
Prodi : Ilmu Falak
Judul : "Studi Komparatif Sistem Perhitungan Gerhana Bulan pada Instrumen Volvelle Inovasi Dan Ephemeris"

Dengan ini saya mohon kiranya skripsi saudara tersebut dapat segera dimunaqasyahkan.
Demikian harap menjadikan maklum

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, 22 Juni 2021
Pembimbing I


Dr. H. Ahmad Azuddin M.Ag.
NIP. 197205121999031003



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM

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

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Lamp : 4 (empat) lembar eksemplar
Hal : Naskah Skripsi
An. Sdr. Putra Bagus Adityas

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

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

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

N a m a : Putra Bagus Adityas
NIM : 1502046063
Prodi : Ilmu Falak
Judul : "Studi Komparatif Sistem Perhitungan Gerhana Bulan pada Instrumen Volvelle Inovasi Dan Ephemeris"

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

Demikian harap menjadikan maklum

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, 22 Juni 2021
Pembimbing II

Ahmad Munif M.S.I.
NIP. 198603062015031006

PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) WALISONGO
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM

Jamat : Jl. Prof. DR. HAMKA Kampus III Ngaliyan Telp./Fax. (024) 7601291, 7624691 Semarang 50185

SURAT KETERANGAN PENGESAHAN SKRIPSI

Nomor : B-2162/Un.10.1/D.1/PP.00.9/07/2021

Pimpinan Fakultas Syariah dan Hukum Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang menerangkan bahwa skripsi Saudara,

Nama : Putra Bagus Adityas
NIM : 1502046063
Program studi : Ilmu Falak
Judul : Studi Komparatif Sistem Perhitungan Gerhana Bulan Pada Instrumen Volvelle Inovasi dan Ephemeris

Pembimbing I : Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag.
Pembimbing II : Ahmad Munif, MSI.

Telah dimunaqasahkan pada tanggal 30 Juni 2021 oleh Dewan Penguji Fakultas Syariah dan Hukum yang terdiri dari :

Penguji I / Ketua Sidang : Amir Tajrid, M.Ag
Penguji II / Sekretaris Sidang : Ahmad Munif, MSI.
Penguji III : Drs. H. Mohamad Solek, MA
Penguji IV : Novita Dewi Masyithoh, S.H., M.H.

dan dinyatakan **LULUS** serta dapat diterima sebagai syarat guna memperoleh gelar Sarjana Strata I (S.1) pada Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo.

Demikian surat keterangan ini dibuat dan diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 12 Juli 2021
Ketua Program Studi,

A.n. Dekan,
Wakil Dekan Bidang Akademik
dan Kelembagaan

Dr. H. Ali Amron, SH., M.Ag.


Moh. Khasan, M. Ag.

MOTTO

بِحُسْبَانٍ وَالْقَمَرَ الشَّمْسُ

“Matahari dan Bulan Beredar Menurut Perhitungan”

(Q.S Al-Rahman : 5)¹

¹ Departemen Agama Republik Indonesia, Al-Qur'an & Terjemahannya,
(Semarang : CV, ALWAAH, 1993), 531

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah rabbil alamiin, dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat ilmu dalam perjalanan belajar saya. Maka dengan itu karya ini saya akan persembahkan untuk:

Bapak Sulistiyono, Ibu Anita, dan Adik Amanda selaku segenap keluarga penulis. Terimakasih sebesar-besarnya telah memberikan dukungan materi, tenaga, dan pikirannya kepada penulis. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan keselamatan, kesejahteraan, kesehatan khususnya kebahagiaan bagi keluarga kecil ini di dunia maupun di akhirat.

Alif Ekowati, S.H yang selalu memberikan semangat kepada penulis.

Teman-teman Crazy'15 yang tak pernah lelah dalam mensupport selesainya skripsi ini.

Keluarga Besar PMII Rayon Syari'ah Komisariat Walisongo yang ikut membantu dan menemani dalam situasi dan kondisi apapun

DEKLARASI

DEKLARASI

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

Semarang, 22 Juni 2021

Deklarator



Putra Bagus Adityas

PEDOMAN TRANSLITERASI

Pedoman transliterasi Arab-Latin yang digunakan merupakan hasil Surat Keputusan Bersama (SKB) Menteri Agama No. 158 Tahun 1987 dan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan R. I. No. 0543b/U/1987.

A. Konsonan

Daftar huruf bahasa Arab dan transliterasinya ke dalam huruf Latin dapat dilihat dalam tabel berikut:

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Nama
ا	<i>Alif</i>	Tidak dilambangkan	Tidak dilambangkan
ب	<i>Ba</i>	B	Be
ت	<i>Ta</i>	T	Te
ث	<i>Sa</i>	Ş	Es (dengan titik di atas)
ج	<i>Jim</i>	J	Je
ح	<i>Ha</i>	Ĥ	Ha (dengan titik di bawah)
خ	<i>Kha</i>	Kh	Ka dan ha
د	<i>Da</i>	D	De
ذ	<i>Za</i>	Ž	Zet (dengan titik di atas)
ر	<i>Ra</i>	R	Er

ز	<i>Zai</i>	Z	Zet
س	<i>Sin</i>	S	Es
ش	<i>Syin</i>	Sy	Es dan ye
ص	<i>Sad</i>	Ş	Es (dengan titik di bawah)
ض	<i>Dad</i>	Ḍ	De (dengan titik di bawah)
ط	<i>Ta</i>	Ṭ	Te (dengan titik di bawah)
ظ	<i>Za</i>	Ẓ	Zet (dengan titik di bawah)
ع	<i>'Ain</i>	'	Apostrof terbalik
غ	<i>Gain</i>	G	Ge
ف	<i>Fa</i>	F	Ef
ق	<i>Qaf</i>	Q	Qi
ك	<i>Kaf</i>	K	Ka
ل	<i>Lam</i>	L	El
م	<i>Mim</i>	M	Em
ن	<i>Nun</i>	N	En
و	<i>Wau</i>	W	We

هـ	<i>Ha</i>	H	Ha
ء	<i>Hamzah</i>	'	Apostrof
ي	<i>Ya</i>	Y	Ye

Hamzah (ء) yang terletak di awal kata mengikuti vokalnya tanpa diberi tanda apapun. Jika ia terletak di tengah atau di akhir, maka ditulis dengan tanda (').

B. Vokal

Vokal bahasa Arab, seperti vokal dalam bahasa Indonesia, terdiri atas vokal tunggal dan vokal rangkap. Vokal tunggal bahasa Arab yang lambangnya berupa tanda harakat, transliterasinya sebagai berikut:

Tanda	Nama	Huruf Latin	Nama
َ	<i>Fathah</i>	A	A
ِ	<i>Kasrah</i>	I	I
ُ	<i>Dammah</i>	U	U

Vokal rangkap bahasa Arab yang lambangnya berupa gabungan antara harakat dan huruf, transliterasinya berupa gabungan huruf, yaitu:

Tanda	Nama	Huruf Latif	Nama
َئِ	<i>Fathah dan ya</i>	Ai	A dan I
َؤ	<i>Fathah dan wau</i>	Au	A dan U

C. Maddah

Maddah atau vokal panjang yang lambangnya berupa harakat dan huruf, transliterasinya berupa huruf dan tanda, yaitu:

Harakat dan Huruf	Nama	Huruf dan Tanda	Nama
-------------------	------	-----------------	------

ا ... َ	<i>Fathah dan alif</i>	Ā	A dan garis di atas
ي ... ِ	<i>Kasrah dan ya</i>	Ī	I dan garis di atas
و ... ُ	<i>Dammah dan wau</i>	Ū	U dan garis di atas

D. *Ta Marbūṭah*

Transliterasi untuk *ta marbūṭah* ada dua, yaitu: *ta marbūṭah* yang hidup atau memiliki harakat *fathah*, *kasrah*, atau *ḍammah* menggunakan transliterasi [t], sedangkan *ta marbūṭah* yang mati atau berharakat *sukun* menggunakan transliterasi [h].

E. *Syaddah*

Syaddah atau *tasydīd* yang dalam penulisan Arab dilambangkan dengan tanda *tasydīd* (ّ), dalam transliterasi ini dilambangkan dengan pengulangan huruf (konsonan ganda) yang diberi tanda *tasydīd*.

Jika huruf *ya* (ي) ber-*tasydīd* di akhir sebuah kata dan didahului harakat *kasrah* (ِ), maka ia ditransliterasi seperti huruf *maddah* (ī).

F. *Kata Sandang*

Kata sandang dalam sistem tulisan Arab dilambangkan dengan huruf *alif lam ma'arifah* (ل). Dalam pedoman transliterasi ini, kata sandang ditransliterasi seperti biasa [al-], baik ketika diikuti oleh huruf syamsiah maupun huruf qamariah. Kata sandang ditulis terpisah dari kata yang mengikutinya dan dihubungkan dengan garis mendatar (-).

G. *Hamzah*

Aturan transliterasi huruf *hamzah* menjadi apostrof (') hanya berlaku bagi *hamzah* yang terletak di tengah dan akhir kata. Namun, bila *hamzah* terletak di awal kata, maka ia tidak dilambangkan, karena dalam tulisan Arab ia berupa *alif*.

H. **Penulisan Kata Arab yang Lazim digunakan dalam Bahasa Indonesia**

Kata, istilah, atau kalimat Arab yang ditransliterasi merupakan kata, istilah, atau kalimat yang belum dibakukan dalam bahasa Indonesia. Kata, istilah, atau kalimat yang sudah lazim dan

menjadi bagian dari pembendaharaan bahasa Indonesia atau sudah sering ditulis dalam bahasa Indonesia tidak lagi ditulis menurut cara transliterasi ini. Namun, apabila kata, istilah, atau kalimat tersebut menjadi bagian dari satu rangkaian teks Arab, maka harus ditransliterasi secara utuh.

I. *Lafz al-Jalālah* (الله)

Kata “Allah” yang didahului parikel seperti huruf *jarr* atau huruf lainnya atau berkedudukan sebagai *muḍāf ilaih* (frasa nominal), ditransliterasi tanpa huruf *hamzah*. Adapun *ta marbūṭah* di akhir kata yang disandarkan pada *lafz al-jalālah* ditransliterasi dengan huruf [t].

J. Huruf Kapital

Walau sistem tulisan Arab tidak mengenal huruf kapital, dalam transliterasinya huruf-huruf tersebut dikenai ketentuan tentang penggunaan huruf kapital berdasarkan pedoman ejaan bahasa Indonesia yang berlaku (EYD). Huruf kapital digunakan untuk menuliskan huruf awal snama, dan huruf pertama pada permulaan kalimat. Apabila kata nama tersebut diawali oleh kata sandang (al-), maka yang ditulis kapital adalah huruf awal nama tersebut, kata sandang ditulis kapital (Al-) apabila berada di awal kalimat.

ABSTRAK

Salah satu instrumen prediksi gerhana Volvelle Inovasi yang merupakan hasil dari pengembangan instrumen klasik awal-18. Konsep yang digunakan pada instrumen ini adalah konsep rata-rata dari pergerakan matahari dan bulan, yaitu basis teori rata-rata jarak antar new moon, yaitu 29 hari 12 jam 44 menit, fungsi instrumen ini bukan sebagai instrumen observasi melainkan kalkulasi (perhitungan). Dalam hal ini penulis tertarik untuk membandingkan hasil Volvelle Inovasi dengan Ephemeris yang dimana instrumen ini masih menggunakan hisab haqiqi taqribi yang mana hasilnya masih berupa perkiraan dan masih mendekati kebenaran, sedangkan Ephemeris sudah menggunakan hisab kontemporer yang sudah di dasarkan pada peredaran bulan dan matahari setiap jam untuk mencari data-datanya. Data yang berbentuk tabel merupakan data yang sudah diperoleh dengan rumus matematika modern, sehingga hasilnya lebih akurat jika dibanding dengan hisab haqiqi lainnya.

Permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini adalah bagaimana komparasi perhitungan gerhana bulan dalam Volvelle Inovasi dengan Ephemeris, dan bagaimana tingkat keakurasian Volvelle Inovasi dengan Ephemeris, jenis penelitian ini adalah jenis library research. Sumber data primernya adalah data yang diperoleh dari Volvelle Inovasi dan wawancara dan diskusi langsung dengan inovator Volvelle Inovasi yaitu Ehsan Hidayat. Data sekunder berupa dokumen-dokumen yang berhubungan dengan gerhana bulan. Data-data yang ada kemudian dianalisis dengan pendekatan kualitatif yaitu berupa metode analisis isi dan analisis komparatif.

Adapun hasil dari penelitian ini adalah Volvelle Inovasi tergolong hisab haqiqi taqribi meskipun data yang dipakai bersumber dari data kontemporer Jean Meeus, namun tidak menggunakan koreksi apapun, jika dibandingkan dengan hisab kontemporer dalam hal ini adalah Ephemeris maka hasilnya masih dibawah hisab kontemporer, karena data-data yang digunakan hisab kontemporer ini lebih valid dan lebih akurat, dan dalam pengambilan datanyapun juga sudah menggunakan tabel yang sudah diprogram dalam komputer.

Kata Kunci : *Hisab, Gerhana Bulan, Volvelle Inovasi, Ephemeris*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayahnya kepada kita semua, teriring shalawat serta salam kita haturkan kepada baginda agung Muhammad SAW semoga kita diakui sebagai umatnya dan diberikan syafaat di akhirat kelak. Rasa syukur dari hati penulis begitu besar karena merupakan karunia Allah SWT yang diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini dengan judul “STUDI KOMPARATIF SISTEM PERHITUNGAN GERHANA BULAN PADA INSTRUMEN VOLVELLE INOVASI DAN EPHEMERIS”.

Mengambil Strata satu di jurusan Ilmu Falak UIN Walisongo merupakan jenjang pendidikan yang penulis jalani atas kehendak orang tua penulis. Dalam perjalanannya ada banyak hikmah yang melatarbelakangi penulis hingga dapat menyelesaikan pendidikan ini. Skripsi ini merupakan bukti bahwa perjuangan penulis bisa menjadi saksi berakhirnya jenjang pendidikan penulis di S1 dengan gelar Sarjana Hukum S.H, namun tidak dipungkiri masih banyak kekuarangan yang penulis tulis dalam karya ini. Maka dari itu penulis berharap ada sebuah kritikan, saran, dan masukan untuk karya ini demi kesempurnaan dan kebermanfaatn kedepannya.

Penulis mengucapkan terimakasih terkhusus kepada Pembimbing Skripsi Penulis Ahmad Munif, M.S.I. dan Dr. H. Ahmad Izzuddin M.Ag. pembimbing dari penulis yang selalu sabar dalam membimbing dan mengarahkan serta motivasi penulis untuk menyelesaikan skripsinya

Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Prof. Dr. H Imam Taufiq, M.Ag selaku Rektor UIN Walisongo Semarang yang menjadi bapak bagi seluruh mahasiswa UIN Walisongo Semarang dan menjadi tauladan bagi mahasiswanya.

Terimakasih sebesar-besarnya kepada Dekan Fakultas Syariah dan Hukum, Wakil Dekan I, Wakil Dekan II, Wakil Dekan III, serta jajaran staf dan karyawan di FSH yang senantiasa melayani dan memberikan fasilitas yang menunjang pendidikan selama perkuliahan. Terutama Ketua Prodi Ilmu Falak Moh Khasan, M.Ag. Yang memberikan ilmu yang bermanfaat kepada kami.

Terimakasih kepada Segenap para narasumber Ehsan Hidayat yang telah memberikan keterangan dalam membantu penyelesaian skripsi ini.

Teman Seperjuangan kelas yaitu, Zuna, Sugeng, merupakan teman juga di berbagai organisasi yang senantiasa menemani penulis dalam perjalanan belajar di UIN Walisongo. Sahabat Habby yang telah memberikan banyak ilmu dan pengalaman yang sungguh luar biasa sehingga tidak dapat untuk diucapkan dengan kata-kata. Mas-mas yang selama ini berkontribusi penuh dalam membimbing penulis diantaranya Mas Fitroh, Mas Ali, Mas Jeki, Mas Yazid, Mas Umam.

Sahabat-sahabat keluarga besar PMII Rayon Syari'ah dari seluruh angkatan yang telah berkontribusi penuh dalam perjalanan penulis untuk pengalaman yang begitu luar biasa. Terutama Angkatan Crazy15 PMII Rasya yang menjadi keluh kesah penulis dalam menjalani berbagai hiruk pikuk organisasi.

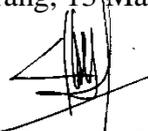
Kawan-kawan Perkumpulan Diskusi Online yang senantiasa memberikan banyak pelajaran bagi penulis di organisasi DEMA U, PMII Komisariat Walisongo, Partai Mahasiswa Demokrasi (PMD). Kawan-kawan Komunitas Ancang Baca yang senantiasa menjadikan diri penulis ditempa di dalam kajian-kajiannya.

Keluarga besar IF 15 meskipun saya hanya beberapa yang akrab, namun telah memberikan rasa kekeluargaan yang sun

gguh mengesankan. Serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam hal apapun yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Kepada mereka semua penulis ucapkan “*Jazakumullah Khairan Katsiran*” semoga apa yang telah mereka kontribusikan kepada penulis menjadi ladang pahala dan bermanfaat bagi penulis kedepannya. Adapun penulis belum bisa membalas kebaikan satu persatu. Semoga Allah SWT yang membalas kebaikan dalam mengarungi lautan ilmu yang dalam *amin ya rabbal alamin*.

Semarang, 13 Maret 2021



Putra Bagus Adityas
NIM. 1502046063

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
PENGESAHAN	ii
MOTTO	iii
PERSEMBAHAN	iv
DEKLARASI	v
PEDOMAN TRANSLITERASI ARAB-LATIN	x
ABSTRAK	xi
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I: PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	11
C. Tujuan Penelitian.....	11
D. Kegunaan Penelitian.....	11
E. Telaah Pustaka.....	11
F. Kerangka Teori.....	12
G. Metode Penelitian.....	14
H. Sistematika Penulisan.....	16
BAB II: KAJIAN UMUM TENTANG GERHANA	
A. Pengertian Gerhana.....	18
B. Dasar Hukum Gerhana.....	21
C. Macam-macam Gerhana Bulan.....	27
D. Sistem Perhitungan Gerhana Bulan.....	32
E. Periodesasi Gerhana Bulan.....	40

BAB III: METODE PERHITUNGAN GERHANA BULAN DALAM VOLVELLE INOVASI DAN EMPHEMERIS

- A. Metode Perhitungan Gerhana Bulan *Volvelle Inovasi*
 - 1. Biografi Intelektual Eksan Hidayat.....46
 - 2. Profil *Volvelle Inovasi*.....49
 - 3. Konsep Perhitungan Gerhana Bulan *Volvelle Inovasi*
dan Koreksi.....59
 - 4. Konsep Perhitungan Gerhana Bulan *Volvelle*
Inovasi Koreksi.....61
- B. Metode Perhitungan Gerhana Bulan *Ephemeris*
 - 1. Konsep Perhitungan Gerhana Bulan dalam
Ephemeris.....69
 - 2. Sejarah
Ephemeris.....74

BAB IV: ANALISIS METODE HISAB GERHANA BULAN DALAM VOLVELLE INOVASI DAN EPHEMERIS

- A. Analisis Terhadap Metode Hisab Gerhana Bulan dan
Ephemeris.....80
 - 1. Analisis Perhitungan Gerhana Bulan *Volvelle*
Inovasi.....83
 - 2. Analisis Perhitungan Gerhana Bulan *Volvelle*
Inovasi Koreksi.....89
 - 3. Analisis Perhitungan Gerhana Bulan
Ephemeris.....104
- B. Analisis Keakurasian Hisab *Volvelle Inovasi* dan
Ephemeris dalam Penentuan Waktu Gerhana Bulan.....114

BAB V: PENUTUP

- A. Kesimpulan.....120
- B. Saran.....121

- DAFTAR PUSTAKA.....123
- LAMPIRAN.....127
- DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....129

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 : Volvelle Inovasi.....	3
Gambar 2.1 : Gerhana Bulan.....	27
Gambar 2.2 : Gerhana Bulan Total.....	29
Gambar 2.3 : Gerhana Bulan Sebagian.....	30
Gambar 3.1 : Volvelle Inovasi Karya Ehsan Hidayat.....	51
Gambar 3.2 : Penampakan Model Spiral Piringan Kalender.....	53
Gambar 3.3 : Data Epoch.....	58
Gambar 3.4 : Tiga Penggaris Tergabung Dalam Epoch.....	58
Gambar 3.5 : Volvelle Inovasi Koreksi.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 : Hari dan Pasaran Volvelle Inovasi.....	54
Tabel 3.2 : Transformasi Rumus F dari Versi Jean Meeus Menjadi Versi Aritmatika.....	55
Tabel 4.1 : Nilai (F) Argumen Lintang Bulan.....	86
Tabel 4.2 : Perbandingan nilai bilangan bulat (n) dan nilai lunasi (k) New Moon.....	87
Tabel 4.3 : Data F Selama 13 Full Moon.....	87
Tabel 4.4 : Tabel perbandingan nilai bilangan bulat (n) dan lunasi (nilai k) Full Moon.....	88
Tabel 4.5 : Perhitungan M' dalam 12 New Moon pada tahun 2021.....	91
Tabel 4.6 : Nilai M' Pada Full Moon.....	92
Tabel 4.7 : Koreksi yang diberikan Nilai M' baik New Moon maupun Full Moon.....	93
Tabel 4.8 : Perhitungan M dalam 12 New Moon tahun 2021....	94
Tabel 4.9 : Nilai M Pada Full Moon.....	95
Tabel 4.10 : Koreksi Nilai M baik New Moon maupun Full Moon.....	96
Tabel 4.11 : Perhitungan 2M' dalam 12 New Moon pada tahun 2021.....	97
Tabel 4.12 : Mendapatkan Nilai 2M' dalam 12 New Moon pada tahun 2021.....	97
Tabel 4.13 : Koreksi Nilai 2M' baik New Moon maupun Full Moon.....	98
Tabel 4.14 : Perhitungan 2F dalam 12 New Moon tahun 2021...	99
Tabel 4.15 : Data 2F Pada Full Moon.....	100
Tabel 4.16 : Koreksi 2F baik New Moon maupun Full Moon...	101
Tabel 4.17 : Perhitungan M'+M Dalam 12 New Moon tahun 2021.....	102
Tabel 4.18 : Mendapatkan Nilai M'+M pada Full Moon.....	103
Tabel 4.19 : Koreksi M'+M baik New Moon maupun Full Moon	104

Tabel 4.20 : Hasil Gerhana Bulan Total Pada 26 Mei 2021.....	114
Tabel4.21 : Perbandingan Hisab Gerhana Bulan Volvelle Inovasi Un-Koreksi, Terkoreksi dan Ephemeris.....	115

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Volvelle adalah salah satu instrumen astronomi abad ke-18 yang mudah dan cepat digunakan untuk mengetahui waktu terjadinya gerhana, baik Gerhana Matahari maupun Gerhana Bulan.² Instrumen *Volvellekarya* Philippe De La Hire mendapat beberapa kritik dan masukan, diantaranya *Volvellekarya* Nicolas Bion, dan *Volvelle Inovasi* oleh Ehsan Hidayat.³ Philippe De La Hire, seorang astronom, matematikawan, arsitek yang berkebangsaan perancis, yang datang dengan menciptakan Instrumen Volvelle untuk mengetahui bujur suatu tempat dan mengetahui terjadinya fenomena Gerhana (Matahari/Bulan). Ehsan Hidayat memodifikasi instrument *Volvelle* tersebut dengan tujuan untuk memaksimalkan fungsi *Volvelle* dalam kebutuhan umat Islam (yang di syari'atkan untuk melaksanakan sholat Gerhana). Inovasi *Volvelle* terbaru ini ditambahkan *grid* hari jam dan menit, ditambahkan hari dan pasaran dalam bidang kalender. Mengembangkan sisi akurasi dan memodelkan dalam bentuk desain baru yang lebih baik, Dengan sebutan "*Volvelle Inovasi*".⁴ Jika dibandingkan dengan *Volvelle* sebelumnya, *Volvellekarya* Ehsan ini sudah lebih mendekati akurat. Dengan alasan *Volvelleyang* sebelumnya memiliki selisih 1 hingga 2 hari.

² Ehsan Hidayat, *Inovasi Instrument Volvelle Philippe De La Hire Dalam Penentuan Waktu Gerhana*, Program Studi S2 Ilmu Falak UIN Walisongo Semarang 2019.

³ Ehsan Hidayat adalah seorang Alumni S2 Ilmu Falak UIN Walisongo Semarang asal pekalongan, yang melakukan penelitian tentang *Volvelle* dengan judul Thesis *Inovasi Instrument Volvelle Philippe De La Hire Dalam Penentuan Waktu Gerhana*.

⁴ Ehsan Hidayat, *Inovasi Instrument Volvelle Philippe De La Hire Dalam Penentuan Waktu Gerhana*, Program Studi S2 Ilmu Falak UIN Walisongo Semarang 2019.

Kata *Volvelle* sendiri terambil dari kata “*Volvella*”, sebuah istilah yang berasal dari Bahasa Latin Abad Pertengahan, terdiri dari satu atau lebih cakram kertas atau perkamen, dibentuk tumpang tindih dan dipasang pada halaman dengan pin (tali atau paku keling), yang memungkinkan setiap disk diputar secara independen di sekitar poros pusatnya.⁵

Seiring dengan berjalannya waktu *Volvelle* karya Philip De La Hire terus dikembangkan dengan beberapa tambahan inovatif. *Volvelle* yang sudah dikembangkan tersebut diberi nama lanjutan *Volvelle Inovasi*, dengan pemilihan media kayu, akrilik, atau sejenisnya ini terdiri dari lima piringan utama yaitu piringan kalender, piringan pasaran, piringan hari, piringan F, dan piringan *epoch* serta tiga penggaris (dua penggaris bergabung dengan piringan *epoch* yang digunakan untuk star perhitungan dan satu penggaris utama untuk transfer data dari piringan *epoch* ke piringan kalender). Penggunaannya dengan cara diputar-putar sebagaimana asalnya. Instrumen *Volvelle Inovasi* ini berbasis non-optik⁶, sehingga cara penggunaannya pun secara manual yakni harus diatur satu persatu dengan tangan.

Instrumen ini hanya bersifat kalkulasi, bukan observasi. Penggunaan instrumen *Volvelle Inovasi* sendiri pada dasarnya tetap dengan memutar-mutar piringan untuk mendapatkan data. Philip De La Hire yang menyatakan bahwa perhitungan tabel *epoch*⁷ di buat untuk bentuk rata-rata bulan baru yang menganggap

⁵ Gianfranco Crupi, “Mirabili Visioni”: From Movable Books to Movable Texts”, *Italian Journal of Library, Archives, and Information Science* (JLIS.it), Vol. 7, n. 1 (January 2016), h. 4.

⁶ Alat yang cara kerjanya tidak berdasarkan pada prinsip pemantulan (cermin) dan pembiasan (lensa) cahaya. Lihat Siti Tatmainul Qulub, *Ilmu Falak dari Sejarah ke Teori dan Aplikasi*, (Depok : PT Raja Grafindo Persada, 2017), 19.

⁷ Epoch adalah patokan waktu yang dijadikan untuk menghitung, sehingga sangat membantu orang untuk memraktekkkan sebuah instrumen.

Matahari dan Bulan selalu sama. Waktu gerhana yang di hasilkan Volvelle Inovasi hanya pada waktu new moon atau *ijtima'* saat gerhana matahari dan waktu *full moon* atau *istiqbal* saat gerhana bulan.



Gambar 1.1: Volvelle Inovasi.⁸

Fenomena gerhana ini sudah sangat sering sekali didengar, bahkan fenomena ini sering dibicarakan dan kehadirannya dikaitkan dengan pertanda zaman atau pertanda sesuatu yang menyeramkan. Akibatnya bila melakukan sesuatu yang dianggap tidak biasa ketika fenomena ini terjadi, akan mendapat musibah yang besar.⁹ Dalam padanan kata bahasa Inggris disebut “*eclipse*” dan dalam bahasa latin disebut “*ekleipsi*”. Istilah ini di pergunakan secara umum baik gerhana matahari maupun gerhana bulan, namun penyebutannya , didapat dua istilah *Eclips Of The Sun* untuk Gerhana

⁸ Gambar Volvelle Inovasi didapat dari Materi Seminar oleh Ehsan Hidayat “Kajian Fungsional Perangkat Hisab Rukyat” dalam rangka Dies Natalies ke-XII CSSMoRA UIN Walisongo Semarang pada 12 Desember 2019.

⁹ Kementerian Agama RI, *Islam Untuk Disiplin Astronomi*, Jakarta: Direktorat Jenderal Pembinaan Kelembagaan Agama Islam, 2000, hlm 76.

Matahari dan *Eclips Of The Moon* untuk Gerhana Bulan. Dan juga istilah *Solar Eclips* untuk Matahari, dan *Lunar Eclips* untuk Gerhana Bulan.¹⁰ Sedangkan dalam bahasa sehari-hari, kata gerhana dipergunakan untuk mendeskripsikan keadaan yang berkaitan dengan kemerosotan atau kehilangan (secara total atau sebagian) kepopuleran, kekuasaan atau kesuksesan seseorang kelompok atau negara. Gerhana juga dapat di konotasikan sebagai kesuraman sesaat (terprediksi, berulang atau tidak) dan masih diharapkan bisa berakhir. Gerhana dalam bahasa Arab disebut dengan *Kusuf* atau *Khusuf*. Kedua kata tersebut di pergunakan baik untuk Gerhana Matahari maupun Gerhana Bulan. Hanya saja, kata Kusuf lebih dikenal untuk penyebutan Gerhana Matahari (*Kusuf al-syams*) dan kata Khusuf lebih dikenal untuk penyebutan Gerhana Bulan (*Khusuf al-qomar*).¹¹

Fenomena gerhana adalah suatu peristiwa jatuhnya bayangan benda langit ke benda langit lainnya, yang kadang kala benda langit tersebut menutupi seluruh piringan matahari, sehingga benda langit yang kejatuhan bayangan benda langit lainnya, tidak bisa menerima sinar matahari sama sekali. Dan kadangkala benda langit tersebut menutupi sebagian piringan matahari, sehingga benda langit yang kejatuhan bayangan benda langit lainnya, hanya bisa menerima sebagian sinar matahari.¹²

Dalam ilmu falak, gerhana hanyalah merupakan kejadian terhalangnya sinar matahari oleh bulan yang akan sampai ke permukaan bumi (gerhana matahari). Atau terhalangnya sinar matahari oleh bumi yang akan sampai ke permukaan bulan pada saat bulan purnama (gerhana Bulan). Semua ini memang merupakan

¹⁰ Baca Mudji Raharto, "Fenomena Gerhana" dalam kumpulan tulisan Mudji Raharto, Lembang; Pendidikan Pelatihan Hisab Rukyah Negara-negara MABIMS 2000, 10 Juli-7 Agustus 2000.

¹¹ Lihat LouwisMa'luf, *Op.cit.*, hlm, 178 dan 685.

¹² Shofiyulloh, *Loc. Cit.*

kebesaran dan kehendak Tuhan Semesta.¹³ Dari berbagai istilah tersebut Istilah Berbahasa Arablah yang paling mendekati pada pengertian sebenarnya, dimana “kusuf” berarti menutupi¹⁴, sedangkan “khusuf” berarti memasuki. Sehingga *Kusuf al-Syamsi* menggambarkan Bulan menutupi matahari baik sebagian maupun seluruhnya. Terjadilah konjungsi atau ijtima’ Matahari dan Bulan serta kerucut bayangan bulan mengarah ke permukaan bumi, yang di sebut dengan Gerhana Matahari. Sedangkan *Khusuf al-Qamar* menggambarkan Bulan memasuki bayangan Bumi. Sehingga Bumi berada di antara Bulan dan Matahari atau yang dikenal dengan oposisi atau istiqlal, pada waktu inilah terjadinya Gerhana Bulan. Oleh karena itu dalam ilmu astronomi, fenomena gerhana diartikan tertutupnya arah pandangan pengamat ke benda langit lainnya yang lebih dekat dengan pengamat ke benda langit oleh benda langit lainnya yang lebih dekat dengan pengamat, merupakan simpel fenomena fisik gerhana yang di ketahui oleh masyarakat luas.¹⁵

Kemudian jika dilihat dari kaca mata fiqh hisab rukyah, dalam persoalan gerhana, khususnya gerhana bulan, tidak tampak adanya sekat atau persoalan yang terjadi antara madzhab hisab dan madzhab rukyah, walaupun pada dasarnya kedua madzhab tersebut juga ada dalam persoalan gerhana matahari dan gerhana bulan. Madzhab hisab yang disimbolkan mereka dengan memakai cara menghitung (kapan) terjadi gerhana, dan madzhab rukyah yang disimbolkan oleh mereka yang menyatakan terjadi gerhana dengan langsung melihatnya.¹⁶

¹³ Badan Hisab dan Rukyat Dep. Agama, *Almanak Hisab Rukyat*, Jakarta: Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam, 1981, hlm 20.

¹⁴ Soetjipto, dkk., *Op.Cit.*, hlm.1.

¹⁵ Ilmu Falak Praktis, Ahmad Izzudin, hlm105-106.

¹⁶ Ahmad Izzuddin, *Loc. cit.*

Gerhana Bulan mulai terjadi ketika bulan memasuki penumbra dan berakhir ketika bulan meninggalkan penumbra. Namun, terjadi sedikit penggelapan yang berarti sampai bulan memasuki *umbra*.¹⁷ Artinya adalah Gerhana bulan ini terjadi pada saat *istiqbal* (oposisi),¹⁸ yakni sekitar tanggal 14, 15, 16 (pada saat bulan purnama) dalam bulan kamariyah.

Jika diperhatikan piringan bulan yang memasuki bayangan inti bumi (seperti gambar di atas), maka gerhana bulan terdiri dari empat macam, yaitu gerhana Bulan Total, gerhana Bulan Sebagian, gerhana Bulan Penumbra Total dan gerhana Bulan Penumbra Sebagian.¹⁹ Jadi fenomena gerhana bulan ini, bisa diibaratkan jatuhnya bayangan bumi ke permukaan bulan pada saat matahari dan bulan berhadapan dalam satu garis lurus. Keadaan seperti ini menjadikan sinar matahari tidak dapat menerobos ke bulan karena terhalang bumi.²⁰ Akibatnya bulan tidak dapat memantulkan sinar matahari ke bumi, sebab seperti yang kita tahu bahwa bulan tidak bercahaya tapi hanya memancarkan sinar.

Adapun cara yang digunakan untuk menghitung gerhana terdapat dua metode, yakni metode hisab *urfi* dan hisab *haqiqi*. Aliran-aliran hisab di Indonesia jika

¹⁷ Bernard S. Cayne dkk, *Ilmu Pengetahuan Populer*, Edisi 13, Jakarta: CV Prima Printing, 2005, hlm 144.

¹⁸ *Istiqbal* artinya berhadapan, yaitu suatu fenomena saat matahari dan bulan sedang berhadapan-hadapan, sehingga antara keduanya memiliki selisih bujur astronomi sebesar 180°. Pada saat ini pula bulan berada pada fase purnama. Dalam ilmu astronomi *istiqbal* ini dikenal dengan *oposisi*. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005, hlm 38.

¹⁹ Disampaikan pada Diklat Hisab Rukyah Tingkat lanjut di Lingkungan Departemen Agama Provinsi Jawa Tengah dan D.I Yogyakarta, oleh Ahmad Izzuddin, yang diselenggarakan oleh Kementerian Agama RI Balai Pendidikan Dan Pelatihan Keagamaan Semarang, hari Kamis-Senin, 29 Oktober – 9 November 2009 di MAJT Semarang.

²⁰ Abdul Karim, *Mengenal Ilmu Falak*, Semarang Timur: Intra Pustaka Utama, Cet ke 1, 2006, hlm 28.

ditinjau dari segi sistem perhitungannya dan tingkat keakurasiannya dapat dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu :

Hisab 'Urfi²¹ hanya didasarkan kepada kaidah-kaidah umum dari gerak atau perjalanan bulan mengelilingi Bumi dalam satu bulan sinodis, yakni satu masa dari "ijtima" / konjungsi yang satu ke konjungsi lainnya. Hisab ini dinamakan hisab 'urfi karena kegiatan perhitungannya didasarkan pada kaidah-kaidah yang bersifat tradisional, yaitu hanya didasarkan pada garis-garis besarnya saja. Sistem perhitungan hisab urfi ini senantiasa menggunakan bilangan tetap yang tidak pernah berubah. Oleh karena itu, terkadang hasil perhitungannya berbeda dengan hasil dari perhitungan hisab haqiqi.

Hisab Haqiqi adalah sistem hisab yang didasarkan pada peredaran bulan dan bumi yang sebenarnya. Sejarah hisab haqiqi dapat dirunut dari sejarah hisab haqiqi bi al-taqrib, karena dalam konteks Indonesia hisab haqiqi dapat dikelompokkan menjadi tiga generasi, yaitu hisab haqiqi bi al-taqrib dan hisab haqiqi bi al-tahqiq dan hisab haqiqi kontemporer.²²

Adapun sistem Hisab Hakiki yang di kelompokkan dalam tiga macam kategori,²³ yaitu :

Pertama, Sistem Hisab Haqiqi Bit Taqrib. Sistem hisab *haqiqi taqribi* adalah sistem perhitungan posisi benda benda langit berdasarkan gerak rata-rata benda langit itu sendiri, melalui proses perhitungan sederhana sehingga hasilnya merupakan perkiraan atau mendekati

²¹ Badan Hisab dan Rukyat Dep. Agama, *Op cit*, hlm 37-39

²² Disampaikan pada Seminar sehari oleh Drs Slamet Hambali, yang diselenggarakan oleh Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang, hari Sabtu, 7 November 2009 di Kampus IAIN Walisongo Semarang.

²³ Muh. Hadi Bashori, *Penanggalan Islam (Peradaban Tanpa Penanggalan, Inikah Pilihan Kita?)*, (Jakarta : Elex Media Komputindo, 2013), 117.

kebenaran.²⁴ Adapun basis data yang dijadikan acuannya adalah *zij* (tabel astronomi Ulugh Beik dan dalam pelaksanaan pengamatannya berdasarkan Teori Geosentris Ptolemaeus.

Kedua, Sistem Hisab Haqiqi bit Tahqiq, merupakan lanjutan dari hisab haqiqi bi al-taqrib. Dalam hisab haqiqi bi al-tahqiq proses perhitungannya mendetail, dengan menggunakan rumus-rumus segitiga bola. Hisab haqiqi bi al-tahqiq adalah hisab yang metode perhitungannya berdasarkan data astronomis yang diolah dengan *spherical trigonometri* (ilmu ukur segi tiga bola) dengan koreksi-koreksi gerak Bulan maupun Matahari yang sangat teliti ²⁵. Dalam menyelesaikan perhitungannya digunakan alat-alat perhitungan misalnya kalkulator ataupun komputer.

Ketiga, Sistem Hisab Haqiqi Kontemporer, adalah sebagaimana sistem hisab haqiqi bi al-tahqiq 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 kontemporer sendiri tertuang dalam beberapa model. Ada yang berbentuk data yang disajikan dalam bentuk tabel seperti Astronomical Almanac dan Ephemeris²⁶. Sedangkan yang lain dalam sebuah program komputer seperti mawaqit karya Ing Khafid.

Dari kedua metode hisab diatas, hisab haqiqi kontemporer lah yang paling cukup akurat untuk di gunakan , yang dimana metode perhitungan tersebut dilakukan dengan sangat cermat, banyak proses yang

²⁴ Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, Cet.1, 2005),28.

²⁵ Syaiful Mujab, Studi Analisis Pemikiran Hisab KH. Moh. Zubair Abdul Karim dalam Kitab Ittifaq Dzatil Bain, *Skripsi* Fakultas Syari"ah, (Semarang: Perpustakaan IAIN Walisongo, (2007), 9-10.

²⁶ Hisab Kontemporer.

dilalui sebelumnya, rumus-rumus yang di gunakan lebih banyak menggunakan rumus segitiga bola. Dengan demikian akan dapat menghasilkan data yang valid untuk di terapkan, terutama dalam hal penentuan gerhana bulan.

Dalam uraian gerhana bulan menurut Volvelle Inovasi yang perlu diketahui adalah Volvelle Inovasi ini mengadopsi dari Algoritma Jeann Meeus, hanya saja tidak secara keseluruhan mengadopsinya, karena poin yang di adopsi ini ada pada bagian *epoch* yang di gunakan yaitu dengan menjadikan tahun 2000 sebagai awal *epochnya* yang diawali dengan $K = 0$, sedangkan yang lain di aritmatika-kan. Pengembang alat volvelle inovasi ini (Ehsan Hidayat) membuat *epochnya* dari tahun 1900 M hingga 2100 M (200 tahun).²⁷ Dengan tujuan untuk meminimalisir nilai F aritmatika dengan menggunakan konsep Jean Meeus. Hal ini disebabkan karena dari durasi 200 tahun tersebut selisih nilai F pada lunasi ke 1200 pada tahun 2100 hanya sebesar 6,3 detik busur dan pada lunasi ke 1200 pada tahun 1900 sebesar 17,3 detik busur²⁸. Instrumen Volvelle Inovasi ini di buat untuk mengetahui waktu terjadinya gerhana, baik matahari maupun gerhana bulan dalam satu tahun kalender hanya dengan 2 kali gerhana jika tanpa mengetahui hari dan pasaran, 4 kali gerakan jika dengan mengetahui hari dan pasarnya, dan waktu yang dihasilkan sampai pada jam, instrumen ini mampu digunakan mulai tahun 1900 sampai pada tahun 2100 M.

Ephemeris adalah hisab yang didasarkan pada peredaran matahari dan bulan setiap jam untuk mencari data-datanya. Data yang berbentuk tabel tersebut merupakan data yang sudah di peroleh sesuai dengan

²⁷ Ehsan Hidayat, *Thesis*, Inovasi Instrumen *Volvelle*, ... 109.

²⁸ Skripsi Luhatur Nasuha, Analisis jenis-jenis Gerhana dalam Volvelle Inovasi, hlm 55.

rumus matematika modern²⁹, sehingga hasilnya pun lebih akurat jika di banding dengan hisab haqiqi lainnya. Hisab inilah yang di gunakan kebanyakan para Pakar Falak di Indonesia.

Volvelle sendiri dengan tetap mempertahankan konsep awal dengan menggunakan teori rata-rata jarak pergerakan bulan dan matahari, yakni 29 hari 12 jam 44 menit, untuk itu artinya Volvelle Inovasi ini masih menggunakan sistem Hisab Hakiki Taqribi yang mana hasilnya merupakan masih berupa perkiraan dan masih mendekati kebenaran bahkan belum bisa untuk di buat acuan karena tidak menggunakan koreksi apapun, sebelumnya sudah ada yang membahas atau mengangkat instrumen volvelle ini dengan Kitab Sullam Al Nayyirain yang mana data yang di sajikan sama-sama masih menggunakan Hisab Haqiqi Bit Taqrib dan masih jauh dari akurat, atas dasar itulah penulis sangat tertarik untuk meneliti keakurasian Instrumen Volvelle Inovasi ini dalam menentukan waktu Gerhana Bulan dengan koreksi-koreksi yang lebih akurat agar data dan hasil yang di sajikan sebanding dengan Hisab Hakiki Kontemporer yang mana dalam hal ini penulis mengkomparasikannya dengan Sistem Ephemeris, dan agar untuk kedepannya Instrumen Volvelle Inovasi ini mampu untuk di buat acuan maupun pedoman dalam pengembangan khazanah keilmuan Ilmu Falak dalam menentukan waktu Gerhana. Melalui permasalahan tersebut penulis memunculkan judul “*Studi Komparatif Sistem Perhitungan Gerhana Bulan pada Instrumen Volvelle Inovasi dan Ephemeris*”.

²⁹ Data Ephemeris Hisab Rukyat.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian sebagaimana yang disebut, peneliti mengambil dua rumusan masalah agar dapat lebih spesifik pembahasannya sebagai berikut :

1. Bagaimana Komparasi Sistem Perhitungan Gerhana Bulan menggunakan Volvelle Inovasi dan Ephemeris ?
2. Bagaimana Tingkat Keakurasian Volvelle Inovasi dengan Ephemeris ?

C. Tujuan Dan Manfaat Penelitian

1. Tujuan Penelitian
 - a. Mengetahui Konsep dalam perhitungan Gerhana Bulan menggunakan Volvelle Inovasi dan Ephemeris.
 - b. Mengetahui sejauh mana tingkat keakurasian sistem perhitungan Gerhana Bulan yang di hasilkan oleh Instrumen Volvelle Inovasi dengan Ephemeris.
2. Manfaat Penelitian
 - a. Menambah wawasan mengenai Ilmu Falak dan Astronomi, dalam sistem perhitungan Gerhana Bulan.
 - b. Memberikan pandangan mengenai sejauh mana tingkat akurasi dari instrumen Volvelle dengan Ephemeris.
 - c. Mampu memberikan khazanah pengetahuan dalam perkembangan ilmu falak yang lebih inovatif.

D. Kajian Pustaka

1. Kajian Pustaka

Seperti halnya penelitian-penelitian yang lainnya, dalam penelitian ini juga menggunakan pertimbangan dalam menelaah pustaka. Adanya telaah pustaka dalam penelitian ini adalah dalam rangka untuk mendukung penelitian yang dilakukan oleh penulis. Sejauh dalam penelusuran penulis belum menemukan

pembahasan maupun penelitian dari buku yang menjadi penelitian utama penulis terkait komparasi perhitungan gerhana bulan dengan Instrumen Volvelle Inovasi dengan Ephemeris. Akan tetapi penulis menemukan penelitian yang terkait dengan pembahasan penelitian ini, Sebagai Berikut :

Tesis Ehsan Hidayat, Program Studi S2 Ilmu Falak UIN Walisongo Semarang 2019 yang berjudul “*Inovasi Instrument Volvelle Phillipe De La Hire Dalam Penentuan Waktu Gerhana*”³⁰. Instrumen yang di kembangkan dan di kaji melalui Tesis ini yang nantinya akan diteliti lebih lanjut oleh penulis melalui tingkat keakurasian yang dikomparasikan dengan Ephemeris.

Penelitian Wahyu Fitria yang berjudul “*Studi Komparatif Hisab Gerhana Bulan Dalam Kitab Khulasah Al-Wafiyah dan Ephemeris*”³¹. Skripsi tersebut menjelaskan dasar hukum yang di gunakan dalam kitab khulasah al-wafiyah dan ephemeris, kelebihan dan kekurangan, serta komparasi algoritma hisab gerhana bulan antara keduanya. Skripsi ini berbeda dengan skripsi yang akan penulis telirti karena skripsi tersebut fokus pada kitab khulasah al-wafiyah dan ephemeris, sedangkan penulis fokus pada hisab gerhana bulan volvelle inovasi dengan ephemeris.

Penelitian ‘Alamul Yaqin berjudul “*Algoritme Hisab Gerhana Bulan Menurut Rinto Anugraha*

³⁰ Ehsan Hidayat, Inovasi Instrument Volvelle Phillipe De La Hire Dalam Penentuan Waktu Gerhana, *Tesis* Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo, Semarang, 2019.

³¹ Wahyu Fitria, Studi Komparatif Hisab Gerhana Bulan Dalam Kitab Khulasah Al-Wafiyah dan Ephemeris, *Skripsi* Fakultas Syariah IAIN Walisongo, 2011

dalam Buku *Mekanika Benda Langit*³² Skripsi tersebut menjelaskan algoritme hisab gerhana bulan dalam buku mekanika benda langit yang merupakan aliran heliosentris dan bersumber dari perhitungan gerhana Jean Meuss dengan sedikit pengurangan koreksi. Kemudian hasil perhitungan tersebut dibandingkan dengan hisab gerhana bulan Jean Meuss, Bao Lin Liu-ALAN D. Fiala, dan NASA. Meskipun sama-sama membahas gerhana bulan, skripsi tersebut berbeda dengan skripsi yang akan penulis teliti karena skripsi tersebut fokus pada buku mekanika benda langit sedangkan penulis fokus pada hisab gerhana bulan *Volvelle* Inovasi dan Ephemeris.

Nicolas Bion dalam bukunya "*Traite De La Construction Et Des Principaux Usages Des Instrumens De Mathematique*", mendeskripsikan kembali sesuai bidangnya dari deskripsi instrumen, konstruksi, serta penggunaan. Hanya saja ia mendesain ulang dengan hasil yang lebih bagus. Bion juga mengatakan bahwa instrumen yang digunakan untuk meridian Paris bisa direduksi untuk meridian yang lain.³³

Lars Gislen, J. Chris Eade dalam jurnalnya "*Philippe De La Hire's Eighteenth Century Eclipse Predictor*". Jurnal ini sekilas hanya menerangkan kembali bahwa *Volvelle* adalah instrumen yang digunakan untuk menghitung lintang geografis serta gerhana. Ia juga menyimpulkan bahwa secara komparasi, *Volvelle* ini kurang praktis dengan nilai selisih bisa mencapai 1 hari. Namun manfaatnya adalah sangat mudah digunakan dan cepat. Di

³² 'Alamul Yaqin, Algoritme Hisab Gerhana Bulan Menurut Rinto Anugraha Dalam Buku *Mekanika Benda Langit*, Skripsi Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo, 2017

³³ Nicolas Bion, *The Traite De La Construction Et Des Principaux Usages Des Instrumens De Mathematique*, Paris : Pres La Rue Gille, 1752.

samping itu, ia melanjutkan data *epoch* yang tadinya hanya dari tahun 1680-1854 (179 tahun) ditambah menjadi tahun 1800-2067 (267 tahun).³⁴

Selain karya-karya yang penulis sebutkan, penulis juga mengkaji kembali kumpulan-kumpulan materi tentang Gerhana Bulan baik yang penulis terlibat dalam pelatihan di dalamnya maupun dari sumber-sumber lain.

E. Metode Penelitian

1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan jenis penelitian kualitatif. Penelitian kualitatif adalah penelitian yang menghasilkan data deskriptif mengenai kata-kata lisan maupun tulisan dan tingkah laku yang dapat diamati dari orang-orang yang diteliti. Data data yang dianalisis merupakan data-data yang di peroleh dengan pendekatan kualitatif. Hal ini penulis lakukan untuk menghasilkan uraian secara mendalam mengenai sifat dan karakter khas objek yang diteliti sehingga dapat diketahui bagaimana metode, cara kerja, dan tingkat akurasi Instrumen Volvelle Inovasi dalam menentukan waktu Gerhana Bulan. Jenis penelitian yang penulis tekankan untuk mengkomparasikan perhitungan Gerhan Bulan dengan Instrumen Volvelle dengan Ephemeris.

2. Sumber Data dan Metode Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data-data yang diperlukan dalam penelitian ini, maka metode yang penulis gunakan adalah dokumentasi dan wawancara. Sumber data yang di gunakan ada dua, yaitu data primer dan data sekunder. Dalam hal ini data primer yang di dapatkan adalah Instrumen Volvelle Inovasi yang dikembangkan oleh Ehsan Hidayat, wawancara oleh

³⁴ Lars Gislén dan Chris Eade, Philippe De La Hire's Eighteenth Century Eclipse Predictor, *Journal of Astronomical History and Heritage*, (2016).

penulis dengan narasumber terkait yaitu Ehsan Hidayat, sebagai inovator instrumen Volvelle Inovasi dan data-data yang berkaitan dengan objek penelitian.

3. Metode Analisis Data

Jika dilihat dari pendekatan analisisnya, penelitian ini masuk dalam jenis penelitian kualitatif. Metode yang di gunakan penulis ini dikarenakan data yang akan di sampaikan oleh penulis adalah data yang di dapatkan dengan pendekatan Kualitatif. Dalam menganalisis data setelah data terkumpul, metode ini yang di gunakan oleh penulis setelah data-data yang di dapatkan untuk di analisis, dengan metode “analisis isi” (content analisis) yang dimana dalam hal ini adalah gerhana bulan yang di sajikan dalam data Volvelle Inovasi ini dengan Ephemeris.

Dalam metode kualitatif yang diterapkan penulis yang dalam hal ini menggunakan teknik deskriptif komparatif dan jenis penelitian deskriptif ini bertujuan untuk menuturkan pemecahan masalah yang ada berdasarkan data-data untuk dianalisis dan diinterpretasikan dan memiliki hubungan erat dengan bentuk data dan jenis pengukuran yang dilakukan dalam suatu riset yang berupa data, sehingga peneliti dapat mengaplikasikannya dalam bentuk pengamatan terhadap metode yang diterapkan dalam Volvelle Inovasi dalam menentukan waktu terjadinya gerhana bulan.

Penulis juga menggunakan analisis komparatif, yang mana dalam hal ini penulis akan mengkomparasikan bagaimana alat Volvelle Inovasi inidengan metode Ephemeris. Analisis ini diperlukan untuk mengetahui sampai mana keakurasian data yang di hasilkan oleh alat Volvelle ini dengan Ephemeris. Analisis ini diperlukan untuk menguji apakah alat Volvelle ini dalam menyajikan data yang di hasilkan untuk memprediksi gerhana bulan sudah

sesuai dengan kebenaran astronomi modern. Sehingga alat Volvelle Inovasi ini dapat berkembang dan dapat digunakan sebagai pedoman dalam menentukan Gerhana Bulan.

F. Sistematika Penulisan

Secara garis besar penulisan skripsi ini terdiri dari 5 bab, dimana dalam tahap bab terdapat sub-sub bab permasalahan, yaitu :

BAB I : Tinjauan pustaka dalam bab ini adalah menerangkan latar belakang masalah penelitian ini dilakukan, kemudian mengemukakan rumusan masalah beserta dengan tujuan penelitian dan signifikansi penelitian. Selanjutnya penulis juga mengemukakan tinjauan pustaka dan metode penelitian yang digunakan penulis dalam melakukan penelitian ini yang mana dalam hal ini sebagai bahan acuan bagi penulis untuk mengkaji penelitian terdahulu yang berhubungan dengan tema yang penulis bahas.

BAB II : Kajian umum tentang gerhana bulan yang mana dalam bab ini membahas tentang teori-teori dasar yang berkaitan dengan judul penelitian, pengertian gerhana bulan, dasar hukum, macam gerhana bulan, perhitungan gerhana bulan, serta periodisasi gerhana bulan.

BAB III : Akan menelaah tentang metode perhitungan gerhana bulan pada Instrumen Volvelle dan ephemeris, sub bab yang ada dalam bab ini meliputi, yang pertama adalah profil keilmuan Ehsan Hidayat dan mengenai metode perhitungan gerhana bulan yang menggunakan Instrumen Volvelle Inovasi, pada sub bab kedua, adalah komparasi sistem perhitungan gerhana bulan yang berdasarkan pada ephemeris, dan selanjutnya dalam sub bab sub bab berikutnya akan di jelaskan contoh perhitungan gerhana bulan dengan menggunakan kedua sistem tersebut.

BAB IV : Analisis dari metode hisab gerhana bulan Instrumen Volvelle Inovasi dan Ephemeris dan tingkat keakurasiannya Instrumen Volvelle Inovasi dan Ephemeris dalam penentuan waktu gerhana bulan.

BAB V : Yang berisikan kesimpulan dari hasil data perhitungan dan keakurasian dari sistem perhitungan tersebut, dan serta saran untuk perbaikan dalam penelitian selanjutnya, dan penutup.

BAB II

KAJIAN UMUM TENTANG GERHANA

A. Pengertian Gerhana

Gerhana secara bahasa adalah gejala alam yang terjadi karena sebuah benda langit tidak dapat terlihat karena disebabkan terhalang oleh benda langit lainnya.³⁵ Dalam bahasa Arab gerhana lebih dikenal dengan istilah *kusuf* atau *khusuf*, kedua kata tersebut di pergunakan untuk gerhana matahari maupun gerhana bulan, hanya saja kata *kusuf* lebih dikenal untuk menyebut gerhana matahari, sedangkan gerhana bulan lebih di kenal dengan istilah *khusuf*. Dalam kamus besar Bahasa Indonesia, Gerhana adalah berkurangnya ketampakan benda atau hilangnya benda dari pandangan sebagai akibat masuknya benda langit itu kedalam bayangan yang di bentuk oleh benda lain.³⁶ Pada dasarnya penyebutan untuk gerhana Matahari dan Gerhana Bulan sama.

Gerhana dalam bahasa inggris *eclipse*.³⁷ Istilah ini digunakan secara umum, baik gerhana Matahari maupun gerhana Bulan. Namun dalam penyebutannya, terdapat dua istilah, yaitu *eclipse of the sun* untuk gerhana Matahari, dan *eclipse of the moon* untuk gerhana Bulan.³⁸ Selain itu ada jugayang menggunakan *solar eclipse* untuk gerhana Matahari, dan *lunar eclipse*³⁹ untuk gerhana Bulan. Sedangkan dalam bahasa sehari-hari kita, kata gerhana dipergunakan untuk

³⁵ Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, (Jogjakarta : Buana Pustaka, Cet. I, 2005), 23.

³⁶ Dendy Sugondo, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, (Jakarta : Pusat Bahasa, 2008), 471.

³⁷ John M. Echols, *An Indonesian-English Dictionary*, Hassan Shadily, "Kamus Indonesia-Inggris", edisi ketiga, Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2003, Cet ke 9, hlm 187.

³⁸ Oxford, *Oxford Learner's Pocket Dictionary*, New York: Oxford University Press, 2003, hlm 137.

³⁹ Soetjipto dkk, *Islam dan Ilmu Pengetahuan tentang Gerhana*, Yogyakarta: LPPM IAIN Sunan Kalijaga, 1983, hlm 1.

mendeskripsikan keadaan yang berkaitan dengan kemerosotann atau kehilangan (secara total atau sebagian) kepopuleran, kekuasaan seseorang atau kesuksesan seseorang, kelompok atau negara. Gerhana juga dikonotasikan sebagai kesuraman sesaat (terprediksi, berulang atau tidak) dan masih diharapkan bisa berakhir. Dan dari berbagai istilah tersebut istilah bahasa Arablah yang paling mendekati pengertian sebenarnya, dimana *kusuf* berarti menutupi,⁴⁰ sedangkan *khusuf* berarti memasuki. Sehingga khusuf al-Syamsi menggambarkan Bulan menutupi Matahari baik sebagian maupun seluruhnya.

Kata *kusuf* yang di artikan sebagai menutupi, hal ini menggambarkan adanya fenomena alam bahwa jika dilihat dari bumi bulan menutupi matahari, sehingga terjadilah gerhana matahari. Sedangkan *Khusuf* artinya memasuki, menunjukkan adanya fenomena alam bahwa bulan memasuki bayangan bumi, maka terjadilah gerhana bulan, untuk itu definisi gerhana secara umum adalah suatu peristiwa Astronomi dimana yang terjadi ketika suatu objek di langit bergerak ke arah bayangan objek lainnya, atau terhalangnya cahaya suatu benda ke benda yang lainnya.

Gerhana terjadi akibat gerak revolusi Bulan yang mengelilingi Bumi. Bulan memiliki bidang edar yang membentuk sudut sekitar 5 derajat⁴¹ terhadap bidang Bumi. Kedua bidang ini (lintasan bidang Bumi dan Bulan) akan berpotongan pada dua titik yang disebut dengan simpul. Kedudukan ini yang menyebabkan gerhana matahari dan bulan tidak terjadi setiap bulan. Ketika bulan dan matahari berada dekat dengan arah titik simpul yang sama maka akan terjadi fenomena gerhana matahari. Tetapi apabila bulan dan matahari berada di

⁴⁰ Lihat Louwis Ma'luf, *Op.cit.*, hlm. 178 dan 685.

⁴¹ Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, (Yogyakarta: Jurusan Fisika Fmipa UGM, 2012), 126.

arah titik simpul yang berseberangan maka yang akan terjadi adalah gerhana Bulan. Jika gerhana matahari terjadi bertepatan dengan fase Bulan baru, maka gerhana bulan terjadi bertepatan dengan fase Bulan purnama⁴².

Apabila dilihat dari kacamata Fiqh Hisab Rukyat, kiranya dalam persoalan gerhana ini baik gerhana Matahari maupun gerhana Bulan, tidak terlihat adanya sekat atau persoalan yang terjadi dari madzhab hisab maupun rukyat, walaupun pada dasarnya dua madzhab tersebut juga ada dalam persoalan gerhana Matahari maupun gerhana Bulan. Madzhab hisab yang disimbolkan dengan mereka yang memakai cara menghitung (kapan) terjadinya gerhana dengan madzhab rukyat yang di simbolkan mereka yang menyatakan terjadi gerhana dengan langsung melihatnya.⁴³ Karena kalau kita melacak sejarah, ternyata perhitungan tentang adanya gerhana sudah ada sejak (kurang lebih) 721 Sebelum Masehi, dimana orang Babilonia telah berhasil melihat mampu membuat perhitungan tentang siklus terjadinya gerhana yang disebut dengan istilah tahun SAROS⁴⁴. Dari sini nampak bahwa dalam hal hisab rukyat mengenai gerhana matahari maupun gerhana bulan, tidak mengalami suatu permasalahan antara madzhab hisab dengan madzhab rukyat, bahkan sekat

⁴² Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak*, (Banyuwangi : Bismillah Publisher, 2012), 231.

⁴³ Ini kaitannya dengan bimbingan syari'at Islam, bahwa bila terjadi Gerhana baik Matahari maupun Bulan, dianjurkan oleh Rasulullah SAW agar kita melaksanakan shalat gerhana, memperbanyak do'a memperbanyak takbir dan memperbanyak shadaqah, sebagaimana sabda Nabi (artinya) : *"Maka apabila kamu melihat keduanya (gerhana Matahari dan gerhana Bulan) hendaklah kamu bertakbir, berdo'a kepada Allah SWT, melaksanakan shalat dan bersedekah"*, hadits riwayat Bukhori Muslim dari Aisyah.

⁴⁴ Tahun Saros dalam bahasa Babilonia "sharu" lamanya tahun Saros kurang lebih 18 tahun 11 hari 08 jam. Kalau di ukur dengan tahun Hijriyah (Qomariyyah) lamanya sekitar 18 tahun 7 Bulan 6 Hari 12 Jam. Baca Soejipto, dkk, Op. Cit, hlm, 22.

kedua madzhab tersebut terkesan tidak ada. Karena keduanya nampak adanya simbiosis mutualistik., kita bisa mengetahui bahwa fenomena itu dengan penjelasan secara logis, yang pertama semua benda langit yang berada di antara matahari, yang diterangi olehnya maka masing-masing benda tersebut akan mempunyai bayangan yang akan menuju ke dalam ruang angkasa jauh dari Matahari. Kedua fenomena gerhana secara umum adalah suatu peristiwa jatuhnya bayangan benda langit ke benda langit lainnya, yang pada kalanya bayangan benda tersebut menutupi keseluruhan piringan Matahari, sehingga benda langit itu kejatuhan bayangan benda langit lainnya, maka tidak bisa menerima sinar Matahari sama sekali.

B. Dasar Hukum Gerhana

Hisab yang di lakukan untuk menentukan gerhana Matahari maupun gerhana Bulan untuk menentukan kapan terjadinya gerhana Matahari maupun gerhana Bulan dengan tujuan agar kaum muslim dapat melaksanakan shalat gerhana Bulan (Khusuf Al Qomar) atau gerhana Matahari (Kusuf Al Syams). Berikut ini beberapa Nash Al-Qur'an dan Hadits yang berkaitan dengan proses terjadinya gerhana dan aktifitas ibadah yang dilakukan ketika berlangsungnya gerhana :

1. Dalil Al-Qur'an

a. QS. Al- an'am Ayat 96

فَالْقُلُوبُ لِلْإِصْبَاحِ وَجَعَلَ اللَّيْلَ سَكَنًا وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ حُسْبَانًا ۗ
 ذَٰلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ

“Dia menyingsingkan pagi dan menjadikan malam untukberistirahat, dan (menjadikan) matahari dan bulan untukperhitungan. Itulah

takdir (ketentuan) Allah yang Maha Perkasalagi Maha Mengetahui” (Q.S.[Al-An’am] : 96).⁴⁵

Firman Allah SWT diatas maksudnya adalah Dan Dia pulalah yang membelah cahaya pagi dari gelapnya malam. Dia lah yang menjadikan malam sebagai waktu istirahat yang manusia berhenti melakukan kesibukan mencari rezeki untuk beristirahat dari penatnya kerja di siang hari. Dan Dia lah yang menjadikan matahari dan bulan berjalan menurut perhitungan yang telah Dia tetapkan. Kejajiban ciptaan tersebut merupakan ketentuan yang dibuat oleh Rabb Yang Maha Perkasa yang tidak terkalahkan oleh siapa pun lagi Maha Mengetahui apa yang terbaik bagi makhluk-Nya.

Ayat ini menerangkan bahwa Allah SWT menjadikan Matahari dan Bulan beredar berdasarkan perhitungan yang teliti. Kata *husbanan* yang adadalam ayat diatas berasal dari kata *hisab*. Penambahan huruf *alif* dan *nun*, memberi arti kesempurnaan sehingga kata tersebut diartikan perhitungan yang sempurna dan teliti. Peredaran benda-benda langit yang amat konsisten, teliti, pasti, sehingga tidak terjadi tabrakan antar planet, dan dapat diukur sehingga diketahui jauh sebelum terjadinya.⁴⁶

b. QS. Al Fussilat Ayat 37

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

⁴⁵ Departemen Agama Republik Indonesia, *Al-Quran dan Terjemahnya*,111.

⁴⁶ M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Misbah (Pesan, Kesan dan Keresasian al-Qur’an)*, Vol. 4, Jakarta: Lentera Hati, 2005, Cet. III, hlm. 210.

“Dan sebagian dari tanda-tanda kebesaran-Nya ialah malam, siang, Matahari dan Bulan. Janganlah bersujud kepada Matahari dan jangan (pula) kepada Bulan, tetapi bersujudlah kepada Allah yang menciptakannya, jika kamu hanya menyembah kepada-Nya.” (Q.S. [Fussilat] : 37).⁴⁷

Diantara bukti-bukti kekuasaan dan keagungan Allah terhadap makhluk-Nya adalah perbedaan malam dan siang, keduanya salingmengiringi, matahari dan bulan yang masing-masing beredar pada garisedarnya. Kemudian dilanjutkan dengan *“Janganlah bersujud kepadamatahari dan bulan”*, karena meskipun matahari dan bulan beredar diangkasa memberikan manfaat kepada manusia, itu karena Allah yangmenjalankannya. Keduanya beredar atas perintah Allah bukan karenakemampuan untuk beredar sendiri. Maka bersujud dan sembahlah Allah.Dia lah yang menciptakan segalanya. Diantara bentuk ketaatan kepadaAllah adalah memurnikan ibadah kepada-Nya, tidak menyekutukan-Nyakarena sesungguhnya ibadah hanya pantas dan layak dilakukan kepadanya.⁴⁸

c. QS. Al-Qiyamah Ayat 8

وَحَسَفَ الْقَمَرُ

*“Dan apabila bulan telah hilang
Cahayanya,” (QS. [Al Qiyamah] : 8)⁴⁹*

Firman Allah diatas maksudnya adalah Dan (apabila bulan telah hilang cahayanya) Yakni ketika

⁴⁷ Departemen Agama Republik Indonesia, *Al-Quran dan Terjemahnya*, (Bandung : CVPenerbit Diponegoro, 2005), 383.

⁴⁸ Abu Ja'far Muhammad Bin Jarir Ath-Thabari, *Tafsir Ath-Thabari*, Terj., Dari *Jami' Al-Bayan An Ta'wil Ayi Al Quran* Oleh Akhmad Affandi, Dkk, (Jakarta : Pustaka Azam, 2008), 759.

⁴⁹ Departemen Agama RI, *Al-Qur'an dan Terjemahnya*.

cahayanya hilang tanpa kembali lagi, tidak seperti di dunia yang dapat kembali lagi cahayanya.⁵⁰

Dari ayat-ayat diatas dapat dipahami bahwa fenomena dalam alam semesta ini terutama Matahari dan Bulan, tidak terlepas dari ketentuan yang ditetapkan oleh Allah SWT. Kekuasaan-Nya tidak ada yang dapat menandinginya, bagaimanapun seberapa kuatnya manusia, semakin maju dan memuncaknya ilmu pengetahuan manusia saat ini ataupun masa yang akan datang, tidak akan pernah mampu untuk merubah ketentuan Allah SWT, Gejala-gejala dan peristiwa-peristiwa alam yang begitu banyak dan mengagumkan, tak lain hanya merupakan sebagian saja dari bukti-bukti kekuasaan Allah yang diperlihatkan kepada makhluk-makhluk Nya. Begitu juga halnya dengan peristiwa gerhana, baik gerhana Matahari ataupun Bulan, total atau sebagian, hanya merupakan salah satu dari sekian banyak peristiwa alam yang merupakan bukti sari kekuasaan Allah SWT yang diperlihatkan kepada manusia.

2. Dalil Hadits Riwayat Bukhari dari Abu Bakrah:

حدثنا عمرو بن عون قال : حدثنا خالد عن يونس عن الحسن عن ابي بكره قال كان عند رسول الله صلى الله عليه وسلم ف انكشفت الشمس فقام النبي صلى الله عليه وسلم يجر رداءه حتى دخل المسجد فدخلنا فصلى بنا ركعتين حتى انجلت الشمس , فقال صلى الله عليه وسلم ان

⁵⁰ Tafsir Al-Muyassar / Kementerian Agama Saudi Arabia.

الشمس و القمر لا ينكسفان لموت احد فإذا رأيتموهما
فصلوا وادعوا حتى ينكسف ما بكم (رواه البخارى)

“Telah menceritakan kepada kami ‘Amru bin ‘Aun berkata, telah menceritakan kepada kami Khalid dari Yunus dari Al-Hasan dari Abu Bakrah berkata, “ kami pernah duduk- duduk bersama Rasulullah shallallahu ‘alaihi wasallam lalu terjadi gerhana Matahari. Maka Nabi shallallahu ‘ailaihi wasallam berdiri menjulurkan selendangnya hingga masuk ke dalam masjid, kamipun ikut masuk ke dalam Masjid, beliau lalu mengimami kami salat dua rakaat hingga Matahari kembali nampak bersinar. Setelah itu beliau bersabda: “Sesungguhnya Matahari dan Bulan tidak akan mengalami gerhana disebabkan karena matinya seseorang. Jika kalian melihat gerhana keduanya, maka dirikanlah salat dan banyaklah berdoa hingga selesai gerhana yang terjadi pada kalian.”(Hadits Riwayat Bukhori & Abu Bakrah)⁵¹

a. Hadits Riwayat Bukhori dari Aisyah Radiyallahuanha:

فَإِذَا رَأَيْتُمُوهُمَا فَافْزَعُوا إِلَى الصَّلَاةِ (رواه البخارى)

“Apabila kamu melihatnya (gerhana Matahari atau gerhana Bulan) maka hendaklah kamu bertakbir, berdo’a kepada Allah SWT, melaksanakan Shalat, dan bersedekah”. (HR. Bukhori no 1047)⁵²

⁵¹ Ahmad Ali, *Kitab Shahih al-Bukhari dan Muslim*, (Jakarta: Alita Aksara Media, cet 1, 2013), 223.

⁵² Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis*, hlm – 115.

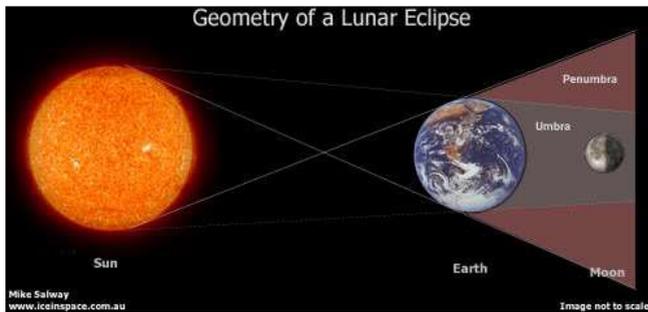
Hadits di atas menjelaskan bahwa adanya peristiwa gerhana adalah tanda kekuasaan Allah SWT dan tidak ada hubungannya dengan kematian atau kelahiran seseorang, peristiwa gerhana itu hanyalah bukti kekuasaan Allah karena dahulu pada zaman jahiliyah (orang-orang jahiliyah) meyakini bahwa adanya fenomena gerhana terjadi ketika adanya kelahiran atau kematian orang-orang besar, lalu Rasulullah SAW mematahkan keyakinan ini dan menjelaskan hikmah Allah di balik terjadinya gerhana. Oleh karena itu ketika terjadi gerhana hendaklah kita melakukan hal-hal yang disunnahkan ketika fenomena gerhana itu terjadi.

Dalam segi historisnya gerhana Bulan maupun Matahari pernah di anggap sebagian manusia sebagai kejadian langit sebagai tanda bahwa tidak berkenannya penguasa langit atas perbuatan manusia, hingga sampai saat ini pandangan seperti ini pun masih tersisa pada masyarakat dengan mengaitkannya fenomena gerhana ini dengan kehidupan manusia. Banyak sekali mitos-mitos yang berkembang dalam masyarakat yang mana dalam perspektif kehidupan manusia semacam ini gerhana menjadi kecemasan tersendiri yang tidak rasional, dan mengatasinya pun juga dengan cara tidak rasional, namun di zaman seperti ini juga tidak sedikit sebagian manusia yang memanfaatkan gerhana untuk keperluan dan respon yang positif. Tidak semua tanda-tanda kebesaran Allah SWT yang diperlihatkan kepada manusia di muka bumi harus disikapi dengan ketakutan, akan tetapi, fenomena gerhana ini sebagai tanda kekuasaan Allah SWT yang mana di dalamnya tersirat pesan untuk menimbulkan rasa lebih untuk mendekatkan diri kepada-Nya sehingga diperintahkan kepada seluruh umat manusia untuk bersyukur dan menambah keimanan serta ketaqwaan kita umat manusia kepada Allah SWT.

C. Macam-macam Gerhana Bulan

Gerhana Bulan yang mempunyai arti tertutupnya sinar Matahari oleh Bumi sehingga Bulan berada di dalam bayang-bayang Bumi. Prinsip dasar terjadinya gerhana Bulan yaitu ketika Matahari, Bumi dan Bulan berada pada satu garis yaitu saat Bulan Beroposisi (*istiqbal*) atau saat Bulan purnama, sehingga pada saat tersebut akan melewati bayangan bumi.

Gambar 2.1 :Gambaran Gerhana Bulan



Bayangan yang di bentuk oleh bumi mempunyai dua bagian, yaitu : pertama bagian yang paling luar yang disebut dengan bayangan penumbra.⁵³ Atau bayangan semu (bayangan ini tidak perlu gelap) dan bagian dalam yang disebut dengan bayangan umбра⁵⁴ atau bayangan inti, oleh karena itu, bentuk lingkaran Matahari lebih besar daripada lingkaran Bumi sehingga bayangan umбра Bumi membentuk kerucut sedangkan bentuk dari bayangan penumbra Bumi berbentuk kerucut terpancung

⁵³ Bayang-bayang semu disekeliling umбра.

⁵⁴ Umбра kerucut bayangan gelap bulan atau bumi di belakang benda langit itu terhadap Matahari. Dari dalam umбра kita sama Muhammad Hadi Bashori, *Pengantar Ilmu Falak*, (Jakarta: Pustaka Al-Kautsar, 2015),sekali tidak dapat melihat Matahari

dengan puncaknya di Bumi yang semakin jauh bayangan ini, semakin membesar sampai menghilang di ruang angkasa. Jika yang terjadi gerhana matahari ketika waktu kontak dan saat terjadinya suatu fase gerhana dipengaruhi oleh lokasi pengamat berada, berbeda halnya jika gerhana Bulan, waktu kontak dan saat terjadinya suatu fase gerhana Bulan tidak terpengaruh oleh lokasi pengamat berada. Semua pengamat yang berada di belahan bumi yang mengalami gerhana akan mengamati waktu-waktu kontak (umbra dan penumbra) pada saat bersamaan.⁵⁵ Gerhana bulan yang dapat dilihat hampir 2/3 permukaan bumi yang mengalami malam hari, sedangkan gerhana Matahari hanya bisa dilihat di daerah yang tidak terlalu luas di permukaan bumi yang mengalami siang hari.⁵⁶ Gerhana Bulan dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu gerhana Bulan Total, dan gerhana Bulan Sebagian :

1. Gerhana Bulan Total

Gerhana Bulan Total atau sempurna terjadi ketika posisi Bumi, Bulan dan Matahari berada dalam satu garis lurus, sehingga seluruh piringan Bulan berada di dalam bayangan inti Bumi, dan pada gerhana ini Bulan akan berada pada titik umbra.⁵⁷ Meskipun yang terjadi demikian namun bulan tidak sepenuhnya gelap total, karena sebagian cahaya Bulan masih bisa untuk sampai ke permukaan bumi yang di sebabkan refraksi

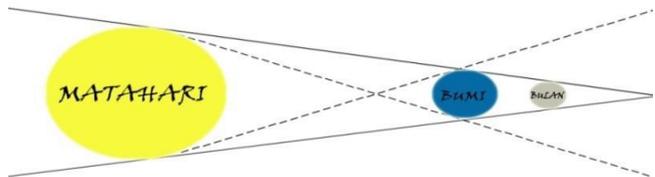
⁵⁵ Muhammad Hadi Bashori, *Pengantar Ilmu Falak*, (Jakarta: Pustaka Al-Kautsar, 2015),

⁵⁶ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis (Metode Hisab Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya)*, (Semarang : PT. Pustaka Rizki Putra, 2017), 110.

⁵⁷ Umbra adalah “bayangan inti”, yaitu bayang-bayang kerucut suatu benda langit. Bumi dan Bulan adalah benda langit yang menerima sinar dari Matahari, sehingga keduanya mempunyai bayang-bayang kerucut. Apabila bayangan kerucut bumi menyentuh piringan Bulan maka terjadigerhana Bulan. jika bayangan kerucut Bulan menyentuh permukaan bumi maka terjadi gerhanaMatahari. Lihat Muhyidin Khazin, Kamus Ilmu Falak, 87

atmosfir Bumi.⁵⁸ Saat terjadi gerhana Bulan Total maka akan terjadi empat kontak⁵⁹ dalam proses gerhana Bulan, kontak *pertama* yaitu ketika piringan bulan mulai menyentuh masuk pada bayangan bumi, pada waktu seperti inilah waktu dimulainya Gerhana. Kontak *kedua* ketika seluruh piringan bulan sudah memasuki bayangan bumi, pada saat seperti inilah waktu mulai total Gerhana. Kontak *ketiga* ketika piringan bulan mulai menyentuh untuk keluar dari bayangan Bumi, pada posisi inilah waktu akhir total Gerhana. Kontak *keempat* ketika seluruh piringan bulan sudah keluar dari bayangan bumi, pada posisi inilah berakhirnya Gerhana

Gambar 2.2 : Gerhana Bulan Total



2. Gerhana Bulan Sebagian (Parsial)

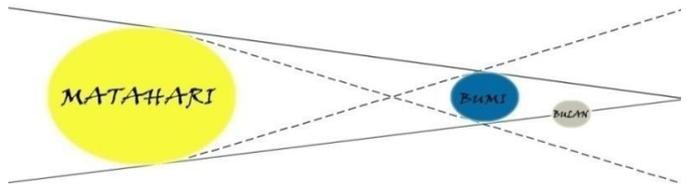
Gerhana Bulan Sebagian terjadi ketika posisi Bumi, Bulan, dan Matahari tidak pada satu garis lurus, sehingga hanya sebagian piringan Bulan saja yang memasuki bayangan inti Bumi.⁶⁰ Sedangkan

⁵⁸ Ahmad Izuddin, *Ilmu Falak Praktis*, 108

⁵⁹ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktek, Op Cit*, hlm 191-192.

⁶⁰ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik*, 191

permukaan Bulan yang lain berada pada daerah penumbra. Sehingga masih ada sebagian sinar Matahari yang sampai pada permukaan Bulan. Pada gerhana bulan Parsial ini (Sebagian) hanya akan terjadi 2 kontak. Kontak pertama ketika piringan Bulan mulai menyentuh masuk pada bayangan bumi, inilah yang terjadi ketika waktu mulai Gerhana. Kontak kedua adalah ketika piringan bulan sudah keluar dari bayangan bumi, waktu inilah waktu berakhirnya Gerhana.



Gambar 2.3: Gerhana Bulan Sebagian (Parsial)

Selain itu menurut para pakar astronomi, Gerhana masih terdapat dua macam yang berbeda, yaitu :

1. Gerhana Penumbra (semu)

Pada gerhana penumbra (semu) ini bulan hanya akan melewati bayangan penumbra bumi dan hanya bisa dilihat apabila lebih dari setengah (0,5) piringan bulan masuk pada bayangan penumbra bumi. Bahkan ada astronom yang mengatakan bahwa gerhana Penumbra ini hanya akan bisa dilihat apabila magnitudonya minimal 0,7.

2. Gerhana Umbra

Pada saat terjadi gerhana seperti ini (umbra) bulan melewati umbra bumi, dimana jika seluruh piringan bulan melewati seluruh bayangan umbra bumi, dan pada saat inilah disebut dengan Gerhana

Bulan Total dan apabila bulan melewati sebagian umbra bumi disebut Gerhana Bulan Sebagian.

Perlu diketahui bahwa orbit bulan dalam mengelilingi bumi berbentuk *Elips*, sehingga jarak Bulan-Bumi dan diameter Bulan yang terlihat akan bervariasi. Pada saat ini bulan berada pada titik terdekat dengan Bumi, Bulan memiliki jarak sebesar 3566.400 km dan semi diameter 16' 46". Dan pada saat bulan pada titik terjauh dari bumi, bulan memiliki jarak 406-700 km dan semi diameter 14' 42", variasi jarak dan ukuran bulan ini mencapai 12%. Selanjutnya Geometri gerhana Bulan lebih sulit lagi karena dalam kenyataannya orbit bumi dalam mengelilingi Matahari berbentuk *Elips*, sehingga semi diameter matahari yang terlihat bervariasi juga mulai dari 15' 44" yaitu pada saat bumi berada pada titik terjauh dengan matahari sampai ukuran 16' 12" yaitu pada saat bumi pada jarak terdekat dengan Matahari. Jadi ukuran matahari kisaran antara 3% walaupun ukuran semi diameter Matahari berpengaruh dalam semi diameter bayangan Bumi. Berdasarkan data yang di teliti, variasi semi diameter Bumi pada saat bulan berada di titik Perigee, besarnya mulai dari 46' 12" sampai 45' 45" sedangkan pada saat bulan berada di Apogee, besarnya dari 38' 27" sampai 39' 00".⁶¹

Bulan beredar mengelilingi Matahari dalam kurun waktu satu tahun bersamaan dengan itu bulan juga mengelilingi bumi selama 29 Hari. Hal ini mengakibatkan kedudukan bumi dan bulan relatif terhadap matahari berubah setiap saat, dengan memperhatikan gerak kedudukan matahari, bumi dan bulan maka dapat di

⁶¹ Ahmad Izzuddin, Ilmu Falak Praktis, hlm 108-109

prediksikan bahwa gerhana Bulan terjadi setiap tahunnya, jika gerhana Bulan dan gerhana Matahari di gabungkan dalam satu kalender, maka akan terdapat maksimum 7 Gerhana⁶², dengan 5 kali Gerhana Matahari dan 2 kali Gerhana Bulan, dan 4 kali Gerhana Matahari dan 3 kali Gerhana Bulan. Namun dengan demikian gerhana-gerhana tersebut tidak dapat di saksikan di seluruh daerah, untuk gerhana bulan akan lebih sering terlihat dibanding gerhana Matahari. Gerhana Bulan akan sering terlihat karena terjadi pada malam hari dan ketika itu bulan pada fase purnama, dan akan dapat di lihat dengan mata telanjang karena cahaya Bulan yang dipantulkan dari cahaya Matahari tidak sekuat cahaya matahari itu sendiri.⁶³

D. Sistem Perhitungan Gerhana Bulan

Banyak sekali metode–metode yang di gunakan dalam menentukan waktu terjadinya gerhana, salah satunya adalah dengan menggunakan Algoritma Jeean Meeus, Algoritma adalah prosedur sistematis untuk memecahkan masalah matematis dalam langkah-langkah terbatas.⁶⁴ Algoritma dalam hisab gerhana Bulan terdapat dua aliran yang dapat di sebutkan untuk mewakili pemikiran hisab yang ada di Indonesia, yaitu hisab ‘urfi dan hisab haqiqi. Hisab ‘urfi adalah sistem hisab yang didasarkan pada peredaran rata–rata Bulan mengelilingi Bumi dan ditetapkan secara konvensional. Hisab haqiqi adalah sistem hisab yang didasarkan pada peredaran Bulan dan Bumi yang sebenarnya. Namun sistem hisab jenis haqiqi ini sendiri terbagi menjadi tiga bagian hisab. Yang pertama adalah sistem Hisab haqiqi bi al-Taqrīb, kedua adalah sistem hisab Haqiqi bi al-Tahqiq, dan yang

⁶² Soetjipto, *Op Cit*, hlm 24-25

⁶³ Adriana Wisni Ariasti, *Op Cit*, hlm 34

⁶⁴ A. A. Waskito, *Kamus Praktis Bahasa Indonesia untuk SD, SMP, SMA, Mahasiswa dan Umum*, (Jakarta: Wahyu Media), hlm. 22.

ketiga adalah sistem hisab haqiqi Kontemporer, sistem hisab tersebut secara definisinya seakan-akan memeberikan *trade mark* bahwa istilah hisab ‘urfi dan hisab haqiqi hanya terkait dengan hisab awal bulan saja, padahal pemahaman tersebut terlalu sempit bahwa hisab ‘urfi dan hisab haqiqi bisa mencakup lebih luas. Kedua istilah tersebut dipilih untuk mengklasifikasikan sistem hisab dari kitab-kitab yang merupakan karya dari ulama Nusantara. Pemikiran para ulama di Indonesia tentu tidak hanya tentang perhitungan awal Bulan saja, namun perhitungan gerhana sendiri pun juga termasuk bagian di dalamnya.

Adapun sistem perhitungan Gerhana Bulan dengan menggunakan Algoritme Jeean Meeus dalam buku *Astronomical Algoritme* sebagai berikut :

a. Menghitung K⁶⁵

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

Rumus untuk mencari k adalah dengan 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 di atas bila di rumuskan menjadi :

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

$$\text{Tentukan nilai } T = k / 123685$$

b. Menghitung Julian Day Ephemeris (JDE)

JDE adalah waktu terjadinya New Moon (yang ingin dicari) dinyatakan dalam Julian Day dalam waktu Ephemeris (ET) atau waktu dinamik (DT).

$$T = K / 1236,85$$

⁶⁵ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, (Virginia: Willman Bell.Inc., th. 1991), hlm. 320.

$$JDE^{66} = 2451550,09765 + 29,530588853 \times K + 0,0001337 \times T2 - 0,000000150 \times T3 + 0,00000000073 \times T4$$

- c. Menghitung M^{67} (rata-rata anomali Matahari)
 M adalah sun's mean anomaly pada waktu JDE $M = 2,5534 + 29,1053569 \times k - 0,0000218 \times T2 - 0,00000011 \times T3$.

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.

$$\begin{aligned} 8280 - 8234,262544 &= 45,73745559 \text{ derajat} \\ &= 45,73745559 \times \pi/180 \\ &= 0,798269192 \text{ radians} \end{aligned}$$

- d. Menghitung M' (rata-rata anomali Bulan)
 M'' adalah moon's mean anomaly.
 $M'' = 201,5643 + 385,81693528 \times k + 0,0107438 \times T2 + 0,00001239 \times T3 - 0,000000058 \times T4$.

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

- e. Menghitung F (argumen lintang bulan)
 F adalah argumen lintang Bulan.
 $F = 160,7108 + 390,67050274 \times k - 0,0016341 \times T2 - 0,00000227 \times T3 + 0,000000011 \times T4$.

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 $14^\circ - 21^\circ$, $159^\circ - 165^\circ$, $194^\circ - 201^\circ$,

⁶⁶ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, hlm. 319.

⁶⁷ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, hlm. 320.

atau $339^\circ - 345^\circ$ ini bisa terjadi gerhana bisa juga tidak terjadi gerhana.

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

- f. Menghitung Ω (omega)
 Ω 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^{68} (eksentrisitas orbit Bumi)
 E adalah eksentrisitas orbit Bumimengitari Matahari yang dikoreksi dengan T .
$$E = 1 - 0,002516 \times T - 0,0000074 \times T_2$$
- h. Menghitung koreksi untuk mengetahui tengah gerhana⁶⁹
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 :
$$= 0,0097 \times \sin (2 \times F_1)$$
 5. Koreksi kelima dengan rumus :
$$= 0,0073 \times E \times \sin (M'' - M)$$
 6. Koreksi keenam dengan rumus :
$$= -0,0050 \times E \times \sin (M'' + M)$$
 7. Koreksi ketujuh dengan rumus :
$$= -0,0023 \times \sin (M'' - (2 \times F_1))$$
 8. Koreksi kedelapan dengan rumus :
$$= 0,0021 \times E \times \sin 2M$$

⁶⁸ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, hlm. 308.

⁶⁹ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, hlm. 350.

9. Koreksi kesembilan dengan rumus :
 $= 0,0012x \sin (M'' + (2 \times F1))$
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 :
 $= -0,0002 \times E \times \sin (2xM'' - M)$
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, Y, dan U yang dihitung dengan langkah-langkah sebagai berikut⁷⁰ :

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

⁷⁰ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, hlm. 351.

- 3). Koreksi nilai P ketiga dengan rumus:

$$= -0,0392 \times \sin M''$$
 - 4). Koreksi nilai P keempat dengan rumus :

$$= 0,0116 \times \sin 2M'$$
 - 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 γ dengan rumus :

$$= (P \times \cos x F1 + Q \times \sin F1) \times (1 - 0,0048 \times W)$$
- Jika nilai γ adalah positif, maka pusat Bulan melewati bagian utara sumbu bayangan Bulan. Jika nilai γ 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 :
 $= 0,0059 + U_1 \text{ s/d } U_4$
- n. Menghitung magnitudo gerhana penumbra dengan rumus⁷¹ :
- $$= (1,5573 - u - \text{ABS}(\gamma)) / 0,545$$
- o. Menghitung magnitudo gerhana umbra dengan rumus :
- $$= (1,0128 - u - \text{ABS}(\gamma)) / 0,545$$
- Untuk langkah n dan o guna menentukan macam gerhana Bulan, langkahnya 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.
 - Jika hasil hisab magnitudo gerhana umbra negatif dan hasil hisab magnitudo gerhana penumbra negatif maka tidak terjadi gerhana.

⁷¹ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, hlm. 352.

- p. Menghitung P'' dengan rumus⁷² :
 $= 1,0128 - u$
- 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 :
 $= \frac{60}{n} \sqrt{h^2 - y^2}$
- u. Menghitung semi durasi parsial umbra dengan rumus :
 $= \frac{60}{n} \sqrt{p^2 - y^2}$
- v. Menghitung semi durasi fase total umbra dengan rumus :
 $= \frac{60}{n} \sqrt{T^2 - y^2}$
- w. Menghitung awal penumbra, awal umbra, awal total, akhir total, akhir umbra, akhir penumbra :
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

⁷² Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, hlm. 353.

- x. Menghitung JDE Terrestrial Dynamical Time (TDT) terkoreksi

$$\text{JDE (TDT)} = \text{JDE} + \text{koreksi tengah gerhana}$$
- y. Menghitung delta T⁷³

$$\text{Delta T} = ((102,3 + 123,5 \times T + 32,5 \times T^2)/3600)$$
- z. Menghitung JDE Universal Time (UT) dan Mengonversi JDE (UT) menjadi waktu lokal⁷⁴

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

E. Periodisasi Gerhana Bulan

Seperti yang kita ketahui bersama bahwa gerhana terjadi secara periodik, pada waktu-waktu tertentu yang dapat diketahui dengan *hisab* (perhitungan). Sama halnya seperti munculnya hilal atau timbul tenggelamnya bulan purnama. Ibnul Qayyim berkata: penyebab terjadinya gerhana bulan adalah posisi bumi yang berada diantara matahari dan bulan sehingga bulan terhalangi untuk memperoleh cahaya matahari hingga yang tertinggal hanyalah gelapnya bayangan bumi pada orbit (jalur edar)nya. Karena bulan tidak memiliki cahaya, tapi ia memperoleh cahayanya dari matahari.⁷⁵ Gerhana Bulan dalam satu tahun terjadi antara 2 sampai 3 kali dan dapat disaksikan oleh seluruh penduduk Bumi, meskipun demikian tidaklah heran gerhana dalam satu tahun tidak terjadi. Gerhana bulan lebih jarang terjadi dibandingkan dengan gerhana matahari. Apabila gerhana matahari dan bulan digabungkan, maka satu tahun akan terjadi 7 gerhana, yakni 5 adalah gerhana matahari dan 2 adalah gerhana bulan atau 4 gerhana matahari dan 3 gerhana bulan. Namun kebanyakan orang beranggapan sebaliknya, yakni gerhana bulan lebih sering terjadi.⁷⁶

⁷³ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, hlm. 73.

⁷⁴ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, hlm. 62-63.

⁷⁵ Sa'id bin Ali bin Wahf al-Qathani, *Shalatul Mu'min, Op. Cit.*, hlm 8.

⁷⁶ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004), 186.

Hal ini disebabkan karena gerhana bulan dapat dilihat hampir $\frac{2}{3}$ permukaan bumi yang mengalami malam hari, sedangkan gerhana matahari hanya bisa dilihat di daerah yang tidak terlalu luas di permukaan bumi yang mengalami siang hari.

Periode selama Matahari dekat dengan titik simpul, dinamakan dengan musim gerhana. Dan setiap tahunnya ada dua musim gerhana. Musim gerhana tepat terpisah selama 6 Bulan, karena titik simpul itu sendiri bergeser secara perlahan dengan laju 19° per tahun ke arah barat. Akibatnya musim gerhana terjadi dengan interval yang lebih pendek dari 6 Bulan yaitu 173,3 hari. 2 musim gerhana ini akan menyusun sebuah tahun gerhana dengan lama hari sekitar 346.6 hari. Tahun gerhana lebih pendek harinya dibandingkan satu tahunnya kalender Masehi.⁷⁷

Jumlah titik simpul ada 2 :

1. Titik simpul itu naik, maka titik ini tidak di ketahui oleh Bulan ketika bergerak dari selatan ekliptika menuju ekliptika.⁷⁸
2. Titik simpul turun titik yang dilalui Bulan ketika bergerak dari utara ekliptika menuju selatan ekliptika.

Jika suatu ketika terjadi Bulan Purnama, sedangkan pusat bayangan Bumi terletak pada $10,9'$ dari titik simpul, maka gerhana Bulan mungkin terjadi, akan tetapi gerhana Bulan total hanya akan terjadi jika pusat bayangan Bumi terletak $5,2'$ dari titik simpul. Daerah $10,9'$ ke Timur dan ke Barat dari titik simpul dinamakan zona Gerhana.

⁷⁷ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis*, hlm 110.

⁷⁸ Bidang lintasan bumi mengelilingi Matahari dalam peredaran revolusinya. Sumbu miring $66,5'$ terhadap bidang ekliptika. 2. Lingkaran besar pada bola langit nyang berpotongan dengan ekuator langit tempat. Matahari menjalani peredaran semu setahunnya. Ekliptika dengan ekuator langit membentuk sudut $23,5'$.

Pada satu kalender, setidaknya ada 2 Gerhana dan yang paling banyak terjadi adalah Gerhana Matahari. Sebaliknya, di dalam satu tahun kalender tidak ada gerhana Bulan lebih dari 3 kali dan mungkin tidak ada gerhana Bulan sama sekali. Apabila gerhana Bulan dan Matahari digabungkan maka satu tahun akan terdapat 7 Gerhana, akan tetapi gerhana tersebut akan terjadi dari 5 gerhana Matahari dan 2 gerhana Bulan atau 4 gerhana Matahari dan 3 gerhana Bulan, hanya saja gerhana Matahari tersebut terlihat gerhana sebagian.

Sebenarnya sudah sejak zaman babilonia dulu, observasi tentang gerhana sudah sering di lakukan secara rutin, dari pengamatan mereka diketahui bahwa yang mirip akan terulang tiap kira-kira 18 tahun 11 hari. Pada periode mereka dinamakan saros. Gerhana-gerhana yang di pisahkan oleh satu periode saros mempunyai karakteristik yang sangat mirip dan di kelompokkan dalam satu keluarga yang dinamakan seri saros⁷⁹.

1. Bulan Sinodis, adalah Interval waktu dari frase bulan kembali ke bulan. Panjang bulan sinodis adalah 29,53059 hari = 29 hari 12 jam 44 menit.
2. Tahun Gerhana, adalah Interval waktu yang di butuhkan 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 dibutuhkan bulan untuk bergerak dari perigee ke perigee lagi. Sedangkan panjang bulan anomalistic adalah 27,55455 hari = 27 hari 13 jam 19 menit.

Gerhana yang dipisahkan oleh 223 Bulan sinodis akan mempunyai karakteristik yang sama. Karena 223 Bulan sinodis (6585,321 hari) itu kurang lebih sama

⁷⁹ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis*, hlm 111.

dengan 19 tahun gerhana (6585,78 hari) keduanya hanya terpaut 11 jam. Artinya pada selang satu periode saros Bulan akan kembali ke fase yang sama dan 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 $\frac{1}{3}$ hari (8 jam), maka saat gerhana berikutnya yang terpisah oleh satuan periode saros, bumi berputar kira-kira $\frac{1}{3}$ hari. Karena itu lintasan gerhana yang di pisahkan oleh satu periode saros akan bergeser $120'$ ke arah barat. Dan tiap 3 periode saros (54 tahun 34 hari) gerhana dapat diamati oleh geografi yang sama.

Gerhana-gerhana yang dipisahkan oleh periode saros dikelompokkan menjadi sebuah seri saros, sebuah seri saros tidak akan bertahan selamanya. Seri saros lahir dan mati, dan beranggotakan sejumlah tertentu gerhana. Seri saros ini tidak akan bertahan lama karena satu periode saros lebih pendek $\frac{1}{3}$ hari dari 19 tahun gerhana. Akibatnya setelah satu periode saros lebih, simpul akan bergeser $0,5'$ ke arah timur. Oleh karena itu setelah lewat sejumlah periode saros tertentu, jarak simpul adalah sedemikian jauh dari matahari atau bulan sehingga tidak memungkinkan lagi akan terjadi gerhana. Pada saat terjadi maka seri saros yang bersangkutan akan mati dan seri saros baru akan lahir, ketika saros gerhana Bulan akan lahir ketika terjadi bulan purnama sedangkan jarak bulan

sebesar $16,5'$ di sebelah timur titik simpul, maka seri saros gerhana Bulan terjadi⁸⁰ :

1. Gerhana purnama yang terjadi adalah gerhana penumbra (semu) yang akan diikuti gerhana penumbra lainnya dengan jumlah sekitar 7 – 15 gerhana penumbra. Dari gerhana penumbra ke gerhana penumbra berikutnya, magnitudo Bulan akan semakin besar sedikit demi sedikit. Mengapa demikian, karena seperti yang kita ketahui bahwa satu periode saros lebih pendek dari 19 tahun gerhana, ini mengakibatkan setelah satu periode saros titik simpul akan bergeser ke arah timur sebesar 0.5° dan secara otomatis akan menggeser magnitudo gerhana penumbra berikutnya sampai Bulan mendekati penumbra bumi.
2. Berikutnya akan terjadi 10 – 20 gerhana bulan parsial dengan magnitudo yang semakin besar. Hingga akhirnya seluruh piringan Bulan akan masuk ke wilayah bayangan umbra bumi.
3. Berikutnya akan terjadi 12 – 30 gerhana bulan total yang diikuti dengan bertambahnya jarak Bulan ke arah barat dari pusat bayangan bumi.
4. Selanjutnya akan diikuti 10 – 20 gerhana bulan parsial. Dengan gerhana satu ke gerhana lainnya magnitudo semakin mengecil.
5. Seri saros akan berakhir sekitar 16.5° sebelah barat titik simpul setelah terjadi 7 – 15 gerhana penumbra.

Satu seri saros gerhana Bulan baru lahir sampai matinya memakan waktu sekitar 13-14 abad, yang dimana tiap seri saros beranggotakan 70-85 buah gerhana bulan dengan 45-55 di antaranya adalah gerhana umbra, selain itu juga periode bulan yang lain selain saros, meskipun tidak begitu terkenal dalam

⁸⁰ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis*, hlm 112

khazanah keilmuan Astronomi antara lain adalah : Tritos yang mempunyai periode 135 lunasi (11 tahun kurang 1 bulan), Matins Cycle yang periodenya 235 lunasi (19 tahun), dan Inex yang periodenya 358 lunasi (29 tahun kurang 20 hari).⁸¹

⁸¹ Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, 129.

BAB III

METODE PERHITUNGAN GERHANA BULAN DALAM VOLVELLE INOVASI DAN EPHEMERIS

A. Metode Perhitungan Gerhana Bulan Volvelle Inovasi

1. Biografi Intelektual Ehsan Hidayat

Ehsan Hidayat adalah seorang akademisi Ilmu Falak yang lahir di Pekalongan Pada Jumat Kliwon 28 Oktober 1994 oleh pasangan suami-istri Bapak Warnoto dan Ibu Tanimah di Desa Sidomulyo Kecamatan Kesesi Kabupaten Pekalongan, Jawa Tengah. Ehsan memiliki 7 saudara, kakaknya bernama Agus Subkhi, Ahmad Khaeron, Endang Suci Asih, Siti Khairiyah, Siti Nurul Hikmah, serta memiliki dua adik yang bernama Siti Khumaeroh dan Annisa Murni Asih.⁸²

Sejak kecil Ehsan hidup dengan kesedrhanaan, Ehsan memulai pendidikannya dari SD Negeri 2 Sidomulyo dan lulus tahun 2007, lalu melanjutkan pendidikannya di MTs N Kesesi, setelah lulus dari MTs pada Tahun 2010 Ehsan melanjutkan pendidikannya di MA Salafiyah Simbangkulon sekaligus mondok di Ma'had Takhassus Simbangkulon sampai 2013, yang itu semua berada di kampung halamannya Pekalongan.⁸³ Sejak kecil Ehsan memang sudah suka dengan pelajaran menghitung, sedikit berbeda dengan anak kecil biasanya.

Kecintaan terhadap Matematika membuat Ehsan terbebas dari uang buku mulai dari Madrasah Tsanawiyah Kesesi hingga Madrasah Aliyah di Simbangkulon Buaran Pekalongan. Kemudian pada tahun 2013 Ehsan melanjutkan pendidikan ke jenjang

⁸² Ehsan Hidayat, *Skripsi*, Analisis Pola Gerhana.

⁸³ Daftar riwayat hidup yang ditulis sendiri oleh Ehsan Hidayat tertanggal 11 Maret 2020.

perkuliahan di UIN Walisongo Semarang Jurusan Ilmu Falak Fakultas Syariah dan Hukum. Berkat prestasinya selama masa sekolah Ehsan pun kembali mengenyam pendidikan secara gratis atas perolehannya dalam Program Beasiswa Santri Berprestasi yang diberikan oleh Kementerian Agama. Layaknya mahasiswa pada umumnya, di kampus Ehsan Hidayat juga terkenal aktif dalam bidang organisasi dan UKM. Seperti Organisasi CSSMoRA⁸⁴ dan UKM JQH (Jami'yyatul Qurra' wal Huffadz). Atas kepandaiaannya dalam berorganisasi, beberapa kali Ehsan menjadi ketua dalam organisasi yang Ehsan ikuti seperti, ketua UKM JQH tahun 2015-2016, ketua Mahasiswa Alumni MA Salafiyah Simbangkulon di Semarang tahun 2015-2016, ketua Alka Designer (Multimedia Desain). Untuk menyambung biaya hidup selama di Semarang Ehsan juga menjadi Tutor di PKBM (Pusat Kegiatan Belajar Masyarakat) Tunas Melati Semarang Barat dari akhir tahun 2016 hingga tahun 2019. Melalui lembaga kursus tersebut Ehsan mengampu pelajaran Matematika⁸⁵, Komputer dan PPKn. Ehsan Hidayat menyelesaikan studi Strata satunya pada tahun 2017.

Pada masa awal kuliah pascasarjana, Ehsan dan beberapa teman kelasnya memutuskan membuat suatu kelompok diskusi tentang instrumen astronomi

⁸⁴ CSSMoRA merupakan singkatan dari Community of Santri Scholars of Ministry of Religious Affairs. Yang menurut istilah, merupakan sebuah organisasi kekeluargaan yg terdiri dari kumpulan kaum santri yang mendapatkan hak yg sama untuk bisa melanjutkan studi di perguruan tinggi negeri (PTN) melalui beasiswa dari Kementerian Agama. yang disebut Program Beasiswa Santri Berprestasi. CSSMoRA UIN Walisongo Semarang terdapat di Jurusan Ilmu Falak Fakultas Syariah dan Hukum. Departemen Pengembangan Sumber Daya Manusia CSSMora Nasional, *Buku Saku CSSMoRA* (Jawa Barat,2018).

⁸⁵ Hasil Wawancara langsung dengan Ehsan Hidayat, 09 Februari 2021 Pukul 13:16 di rumah Ehsan Hidayat, gang 8 desa Sidomulyo Kecamatan Kesesi Kabupaten Pekalongan Jawa Tengah.

atau falak klasik, hingga akhirnya terbentuklah kelompok diskusi yg diberi nama Padepokan Albiruni. Kajian tentang instrumen abad pertengahan akhirnya memberikan inspirasi-inspirasi hingga akhirnya mereka mengembangkan dan memproduksi beberapa instrumen astronomi klasik. Salah satunya adalah ketertarikannya pada Volvelle yang juga menjadi kajian tesisnya. Ehsan sendiri juga aktif membuat tulisan, diantara karya-karya ilmiahnya adalah ⁸⁶:

- a. Penentuan Jumlah Gerhana Matahari dengan Argument Lintang Bulan dan Teori Aritmatika (MIYAH : Jurnal Studi Islam Volume 15, Nomor 01, Januari 2019).
- b. Sejarah Perkembangan Hisab dan Rukyat (Elfalaky : Jurnal Ilmu Falak Vol 3, No.1 Tahun 2019 M/1440 H.
- c. Skripsi “Analisis Pola Gerhana Matahari Ditinjau dari Kriteria Nilai Argumen Lintang Bulan (F), Gamma (y), dan Magnitudo (u)”.
- d. Thesis “Inovasi Instrumen Volvelle Philippe De La Hire dalam Penentuan Waktu Gerhana”.
- e. The Art, History And New Of Volvelle “Instrumen Astronomi dari Kertas untuk Penentuan Waktu Gerhana” (Materi Seminar)
- f. Pengukuran Arah Kiblat dengan Digital Theodolite (Materi Seminar).

Beberapa karya ilmiah Ehsan Hidayat yang telah di terbitkan adalah Jurnal tentang “Penentuan jumlah Gerhana Matahari dengan argumen lintang Bulan dan

⁸⁶ Hasil Wawancara langsung dengan Ehsan Hidayat, 09 Februari 2021 Pukul 13:30 dirumah Ehsan Hidayat, gang 8 desa Sidomulyo Kecamatan Kesesi Kabupaten Pekalongan Jawa Tengah.

teori Aritmatika”⁸⁷ kemudian Jurnal tentang “Sejarah Perkembangan Hisab dan Rukyat”.⁸⁸

Ehsan Hidayat juga sering menjadi pembicara dalam diskusi dan seminar-seminar yang berkaitan dengan Ilmu Falak seperti; Pembicara pada acara Workshop Falakiyah “Implementasi Teori dan Praktik Ilmu Falak” yang diadakan oleh HMJ HKI IAIN Pekalongan pada 29 November 2019 dan Pembicara pada acara Seminar Nasional “Kajian Fungsional Perangkat Hisab Rukyat” dalam rangka Dies Natalies ke-XII CSSMoRA UIN Walisongo Semarang pada 12 Desember 2019. Hingga saat ini Ehsan memiliki kesibukan mengajar di PPQ Nurul Al Falah Simbangkulon Buaran Pekalongan, dan menjadi pengisi Kajian Bulanan Ilmu Falak di HMJ HKI IAIN Pekalongan. Dan masih tetap melakukan riset dalam mengembangkan *Volvelle* Inovasi.

2. Profil *Volvelle* Inovasi

Dalam astronomi dan ilmu falak, instrumen⁸⁹ memiliki peran yang sangat penting. Perkembangan instrumen ini tidak lepas dari peradaban suatu bangsa, yang berimplikasi bahwa keberadaan dan kemajuan instrumen juga menunjukkan kemajuan suatu bangsa. Bermula dari pengamatan-pengamatan sederhana yang kemudian dicatat, dibentuk dalam sebuah model

⁸⁷ Ehsan Hidayat, *Jurnal*, Penentuan Jumlah Gerhana Matahari Dengan Argument Lintang Bulan Dan Teori Aritmatika, (MIYAH : Jurnal Studi Islam Volume 15, Nomor 01, Januari 2019),12

⁸⁸ Ehsan Hidayat, *Jurnal*, Sejarah Perkembangan Hisab dan Rukyat (Elfalaky : Jurnal Ilmu Falak Vol 3, No.1 Tahun 2019 M/1440 H),56.

⁸⁹Istilah instrumen dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia didefinisikan sebagai alat yang digunakan untuk mengerjakan sesuatu, perkakas, sarana penelitian untuk mengumpulkan data sebagai bahan pengolahan. Instrumen merupakan alat bantu bagi peneliti yang dipergunakan untuk mengumpulkan sejumlah data yang dibutuhkan. Instrumen juga merupakan sesuatu yang penting dan strategis kedudukannya di dalam suatu riset. Lihat Riduan, *Skala Pengukuran Variabel-Variabel Penelitian*, (Bandung : Alfabeta,2002), 32

perhitungan, dan pengamatan yang pada akhirnya tercipta konsep alat.

Bermula pada awal abad 18, tokoh-tokoh astronom berusaha untuk dapat menemukan sebuah metode penentuan bujur geografis suatu tempat. Beberapa penelitian tersebut ada yang menggunakan bantuan satelit Jupiter dan ada pula yang menggunakan fenomena gerhana Bulan⁹⁰Metode yang memanfaatkan fenomena gerhana Bulan tersebut dimunculkan oleh astronom Prancis yaitu Philippe De La Hire.*Volvelle* menurut bahasa latin berasal dari kata *Volvella*. *Volvella* yang berarti sebuah instrumen yang terdiri dari satu atau lebih cakram kertas atau perkamen yang tersusun tumpang tindih dan dipasang pada halaman sebuah buku dengan pin (tali atau paku keling) pada pusatnya,⁹¹ sehingga setiap lapisan/lempengan memungkinkan untuk dapat diputar 360° secara bersamaan maupun independen. Pada saat itu *Volvelled* dimanfaatkan untuk perhitungan gerhana Matahari, gerhana Bulan dan untuk menentukan sebuah kalender.⁹²

Instrumen yang diciptakan oleh Philippe De La Hire dari Perancis ini berfungsi sebagai instru,men perkiraan gerhana matahari dan gerhana bulan, Instrumen milioik Philippe tersebut kemudian di kembangkan dan diberi nama oleh Ehsan Hidayat Volvelle Inovasi, mahasiswa pasca sarjana UIN Walisongo Semarang, karena Volvelle karya Philippe

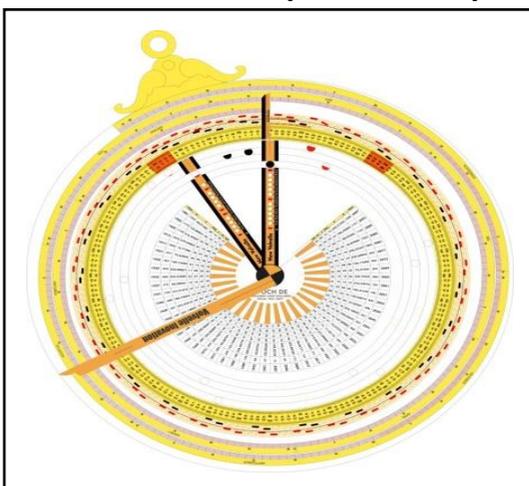
⁹⁰ Lars Gislen dan Chris Eade, Philippe,..46

⁹¹ Disampaikan Oleh Ehsan Hidayat saat Seminar Nasional Kajian Fungsional Perangkat Hisab Rukyat, dalam rangka Dies Natalis Ke-XII CSSMoRA UIN Walisongo Semarang, Hari Kamis Tanggal 12 Desember 2019 di Kampus 1 UIN Walisongo Semarang.

⁹² Ehsan Hidayat, materi Seminar Nasional “ Kajian Fungsional Perangkat Hisab Rukyat” yang diadakan oleh CSSMoRA UIN Walisongo Semarang pada 12 Desember 2019 di Audit 1 Lantai 1 Kampus 1 UIN Walisongo Semarang.

kurang sesuai dengan kebutuhan muslim (yang di syari'atkan melaksanakan shalat gerhana) yang dimanab hasil dari penentuan gerhana ini terbatas sampai pada perkiraan tanggal, belum sampai pada perkiraan jam. Volvelle Inovasi ini merupakan pembaruan suatu instrumen astronomi klasik yang berfungsi sebagai prediksi wqaktu terjadinya gerhana dengan masih mempertahankan konsep Phillippe, yaitu dengan menggunakan teori rata-rata bulan baru yang menganggap pergerakan bhulan dan matahari selalu sama, yaiotu 29 hari 12 jam 44 menit. Volvelle Inovasi ini terbuat dari bahan kayu mahoni sebagai piringan dasarnya, dan akrilik untuk piringan-piringan di atasnya, instrumen dengan berat sekitar 2,8 kilogram yang memiliki diameter 40 cm ini bukanlah instrumen observasi, melainkan sebagai instrumen kalkulasi.

Gambar 3.1
Volvelle Inovasi Karya Ehsan Hidayat⁹³



⁹³ Gambar Volvelle Inovasi didapat dari Ehsan Hidayat tanggal 12 Februari 2021.

Volvelle Inovasi ini terdiri dari lima piringan utama serta tiga penggaris. Dua penggaris bergabung dengan piringan Epoch, fungsinya adalah untuk start perhitungan sedangkan satu penggaris utama untuk mencocokkan data dari piringan Epoch ke piringan kalender. Berikut lima piringan Instrumen ini akan penulis paparkan sebagai berikut :

1). Piringan Kalender

Volvelle milik Phillipe mengacu pada kalender Gregorian dimulai dari Bulan Maret dengan bentuk design spiral yang masih diikuti oleh Ehsan Hidayat hingga sekarang⁹⁴ karena dapat mempermudah penambahan satu hari di akhir bulan Februari pada saat tahun panjang (kabisat).⁹⁵ Perbedaannya adalah ruang kalender milik Phillipe hanya sampai pada grid hari, dengan besaran sudut perhari sebesar 1,038575.⁹⁶ Sedangkan Volvelle Inovasi ini ruang kalender di perluas menjadi dua kali lipat dengan nilai besaran sudut 2,07720409, hal ini bertujuan agar grid kalender sampai kepada jam, yang mana dalam hal ini sisa ruang antara hari satu dengan setelahnya terdapat 12 baris kecil, dimana setiap barisnya mewakili 2 jam.⁹⁷ Selain itu yang membuat perbedaan piringan kalender Volvelle Phillipe dengan Volvelle Inovasi Ehsan terletak pada konsep awal kalender. Awal kalender menurut Phillipe dimulai dari 1 Maret sedangkan pada Volvelle Inovasi dimulai dari 1 Januari akan segaris dengan tanggal 22 Juni dan 11 Desember.

⁹⁴ Ehsan Hidayat, *Thesis*, Inovasi Instrumen,...130.

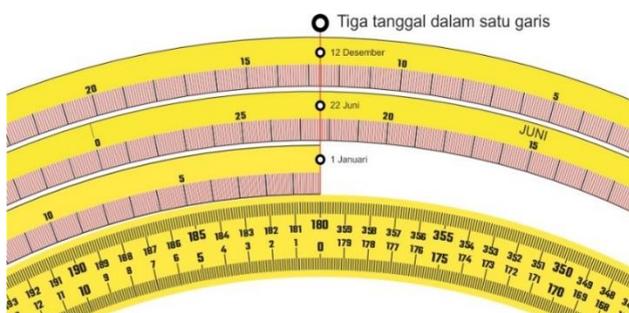
⁹⁵ Lars Gislen dan Chris Eade, *Philippe*,...47.

⁹⁶ Ehsan Hidayat, *Thesis*, Inovasi Instrumen,...131.

⁹⁷ Ehsan Hidayat, *Thesis*, Inovasi Instrumen,...136.

Konsep kalender instrumen pengembangan ini menggunakan 1 Januari sebagai awal dan akan segaris dengan tanggal 22 Juni jam 7 lebih dengan besar sudut $359,3563615$ derajat ($359^{\circ} 21' 22''$) serta segaris dengan 12 Desember jam 14 lebih dengan sudut mencapai $358,7127231$ derajat ($358^{\circ} 42' 45''$).⁹⁸

Gambar 3.2
Penampakan Model Spiral Piringan Kalender



2). Piringan Hari dan Pasaran

Dalam konsep ini, 1 Januari 2001 dijadikan sebagai patokan hari dan pasaran dalam instrumen yaitu pada Senin Pahing . Penerapan dalam penghitungan hari dan pasaran dalam instrumen ini adalah dengan meluruskan kode HP ke tanggal 1 Januari. Adapun untuk tahun selanjutnya dengan menambah 1 hari dan menetapkan jenis pasarnya. Sebagai contoh 1 Januari 2001 jatuh pada Senin Pahing maka 1 Januari 2002 jatuh pada hari Selasa Pahing, 1 Januari 2003 jatuh pada Rabu Pahing, dan seterusnya selama 4 tahun (1 siklus masehi).

⁹⁸ Skripsi Alifatun Khoiriyah dari Hasil wawancara dengan Ehsan Hidayat yang merupakan inovator dari Volvelle milik Philippe, pada tanggal 29 Februari 2020 di Pekalongan.

Piringan hari dan pasaran ini merupakan piringan yang terpisah.

Piringan pasaran ini dibuat berdasarkan hisab *urfi*⁹⁹. Piringan pasaran ini merupakan gagasan baru dari Ehsan yang sebelumnya belum ada di *Volvelle* Philippe. Pasaran merupakan salah satu sistem penanggalan yang sering kita jumpai dalam Kalender Jawa. Ehsan menjadikan tanggal 1 Januari sebagai permulaan hari dan pasaran di setiap tahun *Epoch*. Dengan menggunakan kode angka-angka sebagai alat bantu hitung di piringan teratas. Piringan ini mulai dihitung dari Pahing.

Tabel 3.1

Tabel Hari dan Pasaran Volvelle Inovasi

Kode	Nama Hari	Kode	Nama Pasaran
1	Senin	1	Pahing
2	Selasa	2	Pon
3	Rabu	3	Wage
4	Kamis	4	Kliwon
5	Jumat	5	Legi
6	Sabtu		
7	Minggu		

⁹⁹ Hisab *urfi* merupakan hisab yang mengacu pada siklus rata-rata gerakan benda langit yang menjadi acuan perhitungan kalender. Seperti konversi kalender Hijriyah, Kalender Jawa Islan,dll. Perhitungan hisab *urfi* adalah berdasarkan hitungan tradisional bahwa Bulan mengelilingi Bumi selama 354 11/10 hari. Lihat Tono Saksono, *Mengkompromikan Rukyat dan Hisab*, Jakarta : Amythas Publicita, 2007, 143.

3). Piringan F (Argumen Lintang Bulan)

Argumen Lintang Bulan (F) biasa digunakan sebagai informasi awal apakah terjadi gerhana atau tidak. Dalam hal ini Ehsan mencoba mengkombinasikan dengan persamaan aritmatika, selain itu pada piringan F ini terdapat kurva gerhana yang nantinya dapat membantu mengilustrasikan gambar gerhana. Kurva tersebut terdiri dari dua warna, yaitu warna merah untuk menandakan gerhana Bulan dan warna hitam untuk menandakan gerhana Matahari.

Pada piringan F terdapat 2 barisan skala derajat dimulai 0 hingga 360 derajat dengan arah berlawanan arah jarum jam. Piringan F pada Volvelle Inovasi ini berpatokan pada algoritma Jean Meeus namun diperbarui dengan rumus yang lebih sederhana berdasarkan persamaan aritmatika.

Tabel 3.2
Transformasi Rumus F (Argumen Lintang Bulan) dari Versi Jean Meeus Menjadi Versi Aritmatika

Rumus Awal Argumen Lintang Bulan (F) berdasarkan Jean Meeus	Rumus Baru Argumen Lintang Bulan (F) berdasarkan pola Aritmatika
$F = 160.7108 + 390.67050274k - 0.0016341T2 - 0.00000227T3 - 0.0000011T4$	$Fk = 130,04030 + (k+1).30,67050$

Nilai F diatas adalah untuk new moon. Pada instrumen dicantumkan data F new moon awal tahun dalam rentang waktu 200 tahun, yakni tahun 1901 hingga 2100. Komponen lain pada piringan F yaitu garis melingkar penunjuk lunasi (k) dan kurva penanda adanya gerhana Matahari maupun Bulan. Kurva itu dibentuk berdasarkan algoritma batas-batas gerhana Jean Meeus yang dikombinasikan dengan persamaan aritmatika. Kurva ini berpuncak di titik $0^\circ / 180^\circ / 360^\circ$ dan menipis hingga arah sudut $21^\circ / 159^\circ / 201^\circ / 339^\circ$.¹⁰⁰

4). Piringan Epoch

Epoch merupakan patokan waktu yang dijadikan untuk menghitung, sehingga sangat membantu orang untuk mempraktekkan sebuah instrumen. Periode ini dimulai dari 1900-2100 yang dikonsep berbentuk sayap dengan beberapa komponen. Sebagaimana Philippe, tabel epoch ini akan dipasang pada piringan atas yang juga memuat lubang untuk tanda *new moon* dan *full moon*.

Piringan *Epoch* Volvelle Inovasi ini berbentuk sayap dengan dilengkapi data-data yang dibutuhkan untuk perhitungan gerhana, seperti : Tahun, nilai K (lunasi), nilai F, nilai M' , nilai $2M'$, $2F$, tanggal, jam, menit, hari, dan pasaran. Khusus data M' , M , $2M'$, $2F$ merupakan data yang digunakan dalam koreksi. Tabel data *Epoch* ini terletak di piringan teratas lengkap beserta lubang untuk tanda *Full Moon* dan *New Moon*.¹⁰¹ Tahun *Epoch* dimuali dari

¹⁰⁰ Materi Seminar oleh Ehsan Hidayat “Kajian Fungsional Perangkat Hisab Rukyat” dalam rangka Dies Natalies ke-XII CSSMoRA UIN Walisongo Semarang pada 12 Desember 2019.

¹⁰¹ Ehsan Hidayat, *Thesis*, Inovasi Instrumen,..110.

1900 hingga 2100 M¹⁰² dengan menggunakan konsep 1 tahun untuk periode 4 tahun.

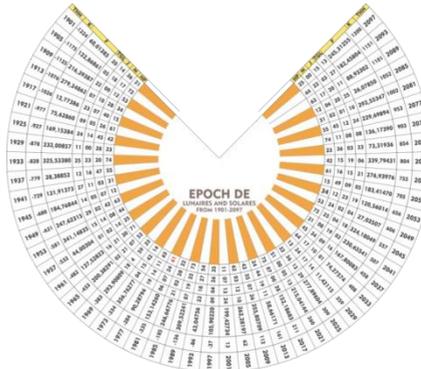
Terdapat 7 komponen dalam *Epoch* adalah sebagai berikut :¹⁰³

- a) Data tahun merupakan data tahun pendek pertama yaitu 1901, tahun ini digunakan untuk 4 tahun ke depan
- b) Nilai K atau lunasi merupakan kode untuk mengetahui nilai F dan Bulan Hijryah
- c) Nilai F (argument lintang Bulan) membantu memberikan informasi awal apakah terdapat gerhana ataupun tidak
- d) Nilai M (anomaly Matahari) digunakan sebagai koreksi
- e) Nilai M' dan 2M' (anomaly Bulan) digunakan sebagai koreksi
- f) Nilai 2F digunakan sebagai koreksi
- g) Tanggal, jam, dan menit digunakan untuk korelasi antara nilai F dengan kalender untuk awal prediksi adanya Gerhana
- h) HP(hari dan pasaran) digunakan sebagai penanggalan dimulai dari 1 januari dengan hari Senin dan pasaran Pahing.

¹⁰² Periode ini sengaja dipilih untuk meminimalisir selisih nilai F aritmatika dengan Konsep F Jean Meeus. Dari durasi ini selisih F di lunasi 1200 (tahun 2100) hanya 6,3 detik busur dan di lunasi -1200 (tahun 1900) hanya 17,3 detik busur.

¹⁰³ Ehsan Hidayat, *Thesis*, Inovasi Instrumen,..110.

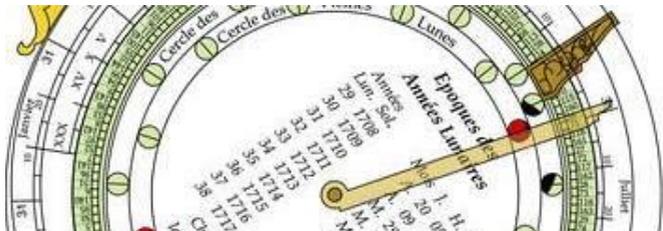
Gambar 3.3
Data Epoch¹⁰⁴



5). Tiga Penggaris

Tiga penggaris, dua penggaris bergabung dengan piringan epoch yang digunakan untuk star perhitungan dan satu penggaris utama untuk transfer data dari piringan epoch ke piringan kalender. Penggunaanya dengan cara diputar-putar sebagaimana asalnya.

Gambar 3.4
Tiga Penggaris Yang Tergabung dalam Epoch¹⁰⁵



¹⁰⁴ Ehsan Hidayat, *Thesis*, Inovasi Instrumen...110.

¹⁰⁵ Gambar diambil dari Tesis Ehsan Hidayat “Inovasi Instrumen Volvelle Philippe De La Hire Dalam Penentuan Waktu Gerhana”, *Tesis*, Fakultas Syariah Dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2019,110.

3. Konsep Perhitungan Gerhana Bulan Volvelle Inovasi & Koreksi

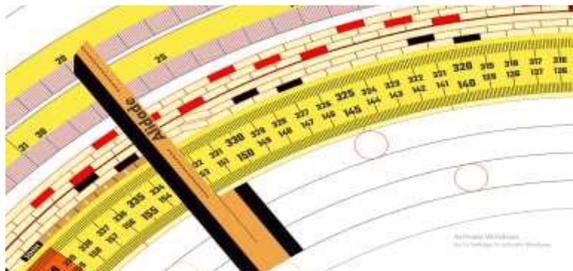
Instrumen Volvelle Inovasi ini sebenarnya mudah di gunakan, yaitu dengan cara memutar piringan-piringan yang sudah ada. Adapun langkah-langkah penggunaannya, akan penulis paparkan dengan disertakan contoh untuk memudahkan.

- a) Tentukan tahun yang ingin dicari. Misal tahun 2021 M yang bertepatan dengan nilai F New Moon pertama pada 13 Januari 13 jam 13 menit sebesar 215,0414402 dan nilai K 260.

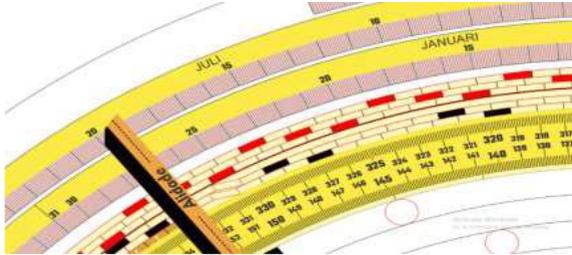
Tabel 3.3

Tahun	K	F	Tgl	Jam	Menit	Hp
2021	260	215,0414402	13	13	13	51

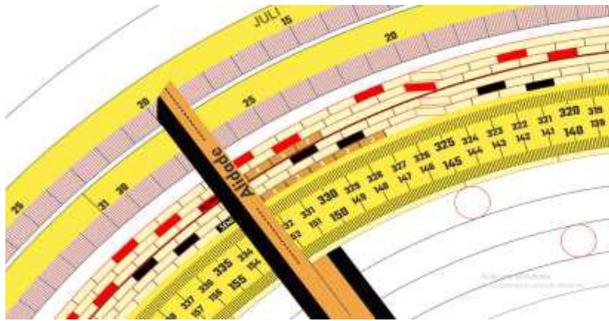
- b) Atur (luruskan) tab piringan epoch ke angka F sesuai tahun pada piringan tengah.



- c) Pindahkan dua piringan atas (piringan epoch dan F) bersama-sama sampai tab (penggaris tepi) menunjuk ke tanggal permulaan New Moon sesuai dengan tabel.



- d) Atur piringan hari dan pasaran berdasarkan kode sebagai berikut.

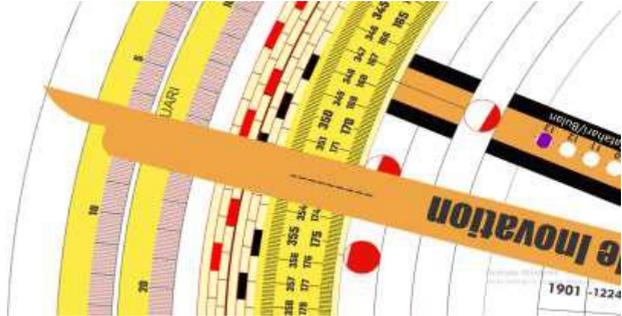


- e) Setelah itu, amati lubang yang ada di piringan epoch, jika ada warna hitam maka artinya ada gerhana Matahari dan jika merah berarti Gerhana Bulan.



- f). Atur penggaris panjang pada pusat lubang untuk mengetahui waktu terjadinya gerhana

pada piringan, meliputi tanggal dan jam. Untuk tahun 2021 terdapat beberapa gerhana, salah satunya gerhana bulan sebagian pada 26 Mei jam 10 (penggaris berada pada garis jam ke 5 yang setiap gasrisnya mewakili 2 jam) dengan nilai F sebesar 173,0587.



Jika yang di hitung adalah tahun kabisat, maka pengambilan data setelah tanggal 28 februari adalah dengan mengurangi 1 hari karena jumlah tanggal Februari 29 hari. Itu dilakukan karena konsep permulaan kalender yang di gunakan dalam instrumen Volvelle Inovasi ini adalah 1 Januari. Dan jika kita ingin mengetahui gerhana setelah tahun yang bersangkutan, maka pada New Moon yang melewati tanggal 31 Desember, piringan F harus diputar sebesar 18 hari 9 jam (untuk tahun pendek) 19 hari 9 jam.¹⁰⁶

4. Konsep Perhitungan Volvelle Inovasi Koreksi

Kehadiran Volvelle Inovasi ini seakan menjadi daya tarik tersendiri bagi kajian Gerhana, hal ini

¹⁰⁶ Secara garis lurus, maka tanggal 1 Januari akan sama dengan 346 hari 14 jam 52 menit 23 detik, sehingga tanggal setelah itu sebesar 18 hari 9 jam 7 menit 36 detik (tahun pendek) dan 19 hari 9 jam 7 menit 36 detik untuk tahun panjang. Konsep ini sebagaimana dilakukan oleh Philippe yaitu dengan memindahkan dua disk teratas kembali 19 hari karena tanggal melewati batas 29 Februari, sedangkan di instrumen ini karena melewati tanggal 31 Desember.

karena Volvelle Inovasi menjadi Instrumen Gerhana pertama yang ada di Indonesia. Hanya saja di balik kemudahan dan kecepatan kita mengetahui gerhana, data jam dan hari masih menjadi kekurangna besar bagi Volvelle Inovasi apabila menghendaki untuk di jadikan alat hitung dan pijakan dalam menjalankan ibadah shalat gerhana.¹⁰⁷

Shalat gerhana membutuhkan informasi jam yang akurat. Mengingat dari jenis-jenis gerhana, ada variasi durasi gerhana. Waktu ini pula yang di gunakan umat islam untuk memulai takbiratul ikhram dan khutbah. Maka mampukah Volvelle Inovasi ini berkembang secara kesatuan ataupun terpisah untuk bisa mendekati hasil jam yang akurat ? sehingga, ke depannya Volvelle Inovasi ini tidak sekedar alat edukasi melainkan alat hitung¹⁰⁸ yang bisa digunakan sebagai pijakan hukum, tentunya Volvelle Inovasi ini harus berubah untuk menyongsong tantangan tersebut.

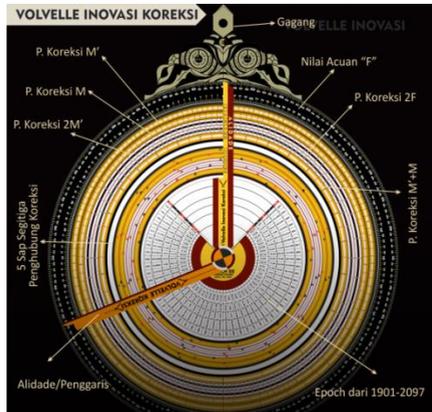
Berbicara mengenai koreksi dalam instrumen, maka kita akan terbawa pada Thabaq Al- Manatiq milik Al-Kashyl, Ia pun memiliki instrumen gerhana dengan melibatkan adanya koreksi-koreksi. Sangat berbeda dengan instrumen lain seperti Rubuk Mujayyab, Astrolabe, Sundial, Sextant dan lainnya yang selama ini tidak membutuhkan komponen koreksi. Maka, memang penggunaan koreksi dalam instrumen sudah ada sejak dulu. Namun, bagaimana Volvcelle Inovasi ini mengadopsi koreksi-koreksi di era Algoritma yang semakin banyak dan memiliki akurasi tinggi.

¹⁰⁷ Ehsan Hidayat, Modul Volvelle Koreksi : Upaya dalam memperhalus data jam, Hlm 01.

¹⁰⁸ Ehsan Hidayat, Modul Volvelle Koreksi : Upaya dalam memperhalus data jam, Hlm 01.

Kiranya perlu disajikan data selisih antara jam Volvelle Inovasi dengan Jean Meeus.

Gambar 3.5
Volvelle Inovasi Koreksi¹⁰⁹



Volvelle Inovasi Koreksi sebagai instrumen dua dimensi hanya mengadopsi 5 (lima) jenis koreksi, yaitu M' , M , $2M$, $2F$ dan $M'+M$, pemilihan ini dikarenakan sumbangan koreksi yang cukup besar seperti koreksi M' (anomali rerata bulan) bisa memberi sumbangan koreksi 9 jam-an, begitu juga dengan M (anomali rerata matahari) yang memberikan koreksi 4 jam-an, disamping itu pemilihan koreksi ini juga melalui peninjauan aspek singularity (ke-pola-an) sehingga memungkinkan untuk di terapkan dalam Instrumen ini. Maka dari itu, Volvelle Inovasi Koreksi ini hadir sebagai upaya untuk memperhalus data jam gerhana hingga satuan

¹⁰⁹ Ehsan Hidayat, Modul Volvelle Koreksi : Upaya dalam memperhalus data jam, Hlm 45.

menit, berikut adalah proses pendapatan 5 koreksi sebagai berikut:

- a. Menilik pada koreksi pertama¹¹⁰ yaitu anomali rerata bulan (M'). Secara acuan jumlah new moon dan full moon dalam satu tahun kalender, maka ada 26 lingkaran (segitiga) kecil yang menjadi alat bantu untuk mengoreksi gerhana baik matahari maupun bulan. Secara aritmatika, nilai M' di setiap new moon/full moon akan bertambah konstan sebesar 25, 81692 derajat. Nilai inilah yang akan didistribusikan untuk membuat 13 segitiga dengan sudut tersebut. Namun karena nilai acuan Volvelle Inovasi Koreksi ini adalah nilai F dan itu memecah kaidah bahwa $360 = 0$ menjadi $0 = 180$, maka jarak sudut antara segitiga M' pertama dengan berikutnya adalah $25,81692 \times 2 = 51.62584$. Perlu di ingat juga bahwa nilai M' antara new moon dan full moon adalah beda. Perbedaan ini bisa kita sadari dari rumus inputnya. Sebagaimana contoh 2021 di mana M' pada new moon bernilai 73, 96795 dan nilai k 260. Sedangkan pada full moonnya M' bernilai 266,87642 dari nilai k 260,5. Maka tata cara pembacaan nilai M' pada instrumen adalah jika nilai M' epoch 200 derajat, maka segitiga satu pada full moon akan mengarah pada $200 + 180 = 380 / 20$ derajat.
- b. Konsep koreksi yang kedua¹¹¹ adalah anomali rerata matahari atau yang di simbolkan dengan "M". Konsep ini juga menggunakan

¹¹⁰ Ehsan Hidayat, Modul Volvelle Koreksi : Upaya dalam memperhalus data jam, Hlm 17.

¹¹¹ Ehsan Hidayat, Modul Volvelle Koreksi : Upaya dalam memperhalus data jam, Hlm 18.

26 segitiga sebagai alat bantu untuk mengambil data jam koreksi. Tigabelas segitiga hitam melambangkan posisi new moon dan 13 lainnya melambangkan full moon. Sebagai contoh ada gerhana bulan pada full moon ke-7, maka artinya kita akan mengambil koreksi dari segitiga merah bernomor 7 di luruskan hingga piringan koreksi M. Perlu diingat bahwa segitiga yang berwarna merah untuk full moon dan berwarna hitam untuk new moon. Secara aritmatika, nilai M di setiap new moon/full moon akan bertambah 29,10536 derajat. Nilai inilah yang akan didistribusikan untuk membuat tiga belas segitiga dengan sudut tersebut. Namun karena nilai acuan di Volvelle Inovasi koreksi ini adalah nilai F dan itu memecah kaidah bahwa $360 = 0$ menjadi $180 = 0$, maka jarak sudut antara M dengan berikutnya menjadi $29,10536 \times 2 = 58,21072$. Perlu di ingat bahwa nilai M antara new moon dan full moon adalah beda, perbedaan ini bisa kita amati dari rumus inputnya. Sebagaimana contoh tahun 2021 dimana M pada new moon pertama bernilai 9, 94614 dari nilai k 260 sedangkan pada full moonnya, M bernilai 24,49882 dari nilai k 260,5. Maka tata cara pembacaan nilai M pada instrumen adalah jika M epoch 210 derajat, maka segitiga 1 pada full moon akan mengarah pada $210 + 14 = 224$.

- c. Koreksi yang ketiga¹¹² ini adalah $2x$ anomali rerata bulan ($2M'$). Konsep ini juga menggunakan 26 segitiga sebagai alat bantu

¹¹² Ehsan Hidayat, Modul Volvelle Koreksi : Upaya dalam memperhalus data jam, Hlm 18.

untuk mengambil data jam koreksi. Tigabelas segitiga berwarna merah melambangkann posisi full moon dan 13 lainnya berwarna hitam melambangkan posisi new moon. Contoh ada gerhana bulan pada full moon ketiga, maka artinya kita akan mengambil koreksi dari segitiga berwarna merah bernomor 3 di luruskan ke piringasn koreksi 2M'. Maka angka yang berhimpit dengan alidade itulah jam koreksinya. Secara aritmatika, nilai 2M' di setiap new moon/full moon akan bertambah konstan sebesar 51,63384 derajat. Nilai inilah yang akan didistribusikan untuk membuat 13 segitiga dengan sudut tersebut. Namun karena nilai acuan Volvelle Inovasi koreksi ini adalah nilai F dan itu memecah kaidah bahwa $360 = 0$ menjadi $0 = 180$, maka jarak sudut antara segitga 2M' pertama dengan berikutnya adalah $51,63384 \times 2 = 103, 26768$ derajat. Perlu diingat bahwa nilai 2M' antara new moon dan full moon adalah beda. Perbedaan ini bisa kita sadari dari rumus inputnya. Sebagaimana contoh 2021 dimana 2M' pada new moon bernilai 248,32936 dari jarak nilai k 260. Sedangkan pada full moon 2M' bernilai 274, 14630 dari nilai k 260,5. Maka ada selisih 25 derjat-an, sehingga tata cara pembacaan nilai 2M' pada instrumen diatas adalah jika nilai 2M' epoch 140 derajat, maka segitga satu pada full moon akan mengarah pada $140 + 25 = 165$ derajat.

d. Konsep koreksi yang ke empat¹¹³ yaitu $2x$ argumen lintang bulan ($2F$). Konsep ini juga menggunakan 26 segitiga sebagai alat bantu untuk mengambil data jam koreksi. Tigabelas segitiga hitam melambangkan posisi new moon dan 13 lainnya melambangkan full moon. Sebagai contoh ada gerhana matahari pada sebuah tahun, maka artinya kita akan mengambil koreksi dari segitiga hitam bernomor 9 diluruskan hingga piringan koreksi $2F$ yang terletak pada urutan ke-4 dari atas. Secara aritmatika, nilai $2F$ di setiap new moon/full moon akan bertambah 61,341 derajat. Nilai inilah yang akan didistribusikan untuk membuat 13 segitiga dengan sudut tersebut. Namun karena nilai acuan di Volvelle Inovasi koreksi ini adalah nilai F dan itu memecah kaidah bahwa $360 = 0$ menjadi $180 = 0$ maka jarak sudut antara $2F$ dengan berikutnya menjadi $61,341 \times 2 = 122,68200$. Perlu diingat juga bahwa nilai $2F$ antara new moon dan full moon adalah beda, perbedaan ini bisa kita amati dari rumus inputnya. Sebagaimana contoh tahun 2021 dimana $2F$ pada new moon pertama bernilai 53,99083 dari lunasi ke 260 sedangkan pada full moonnya, $2F$ bernilai 84, 66133 dari nilai ke 260,5. Maka ada selisih 30,6 derajat-an, sehingga tata cara pembacaan nilai $2F$ pada instrumen adalah jika $2F$ epoch 100 derajat, maka segitiga 1 pada full moon akan mengarah pada $100 + 30,6 = 130,6$.

¹¹³ Ehsan Hidayat, Modul Volvelle Koreksi : Upaya dalam memperhalus data jam, Hlm 19.

- e. Terakhir adalah koreksi ke lima¹¹⁴ yaitu anomali rerata bulan ditambah dengan anomali rerata matahari ($M' + M$) dengan konsep yang sama, ada 26 segitiga yang menjadi alat bantu untuk mengambil data jam koreksi. Tigabelas berwarna merah melambangkan posisi fool moon dan 13 lainnya melambangkan posisi new moon. Contoh ada gerhana matahari pada new moon kesebelas, maka artinya kita akan mengambil koreksi dari segitiga berwarna hitam bernomor 11 diluruskan ke piringan koreksi $M' + M$. Maka angka yang berhimpit dengan alidade itulah jam koreksinya. Secara aritmatika, nilai $M' + M$ di setiap new moon/full moon akan bertambah konstan sebesar 54,92227 derajat, nilai inilah yang nantinya didistribusikan untuk membuat 13c segitiga dengan sudut tersebut. Namun karena nilai acuan Volvelle Inovasi Koreksi ini adalah nilai F dan itu memecah kaidah bahwa $360 = 0$ menjadi $0 = 180$, maka jarak sudut antara segitiga $M' + M$ pertama dengan berikutnya adalah $54,92227 \times 2 = 109,84454$ derajat. Perlu diingat bahwa nilai $M' + M$ antara new moon dan full moon adalah beda. Perbedaan ini bisa kita sadari dari rumus inputnya. Sebagaimana contoh 2021 dimana $M' + M$ pada new moon bernilai 83,91409 dari nilai k 260. Sedangkan pada full moonnya $M' + M$ bernilai 291,37523 dari nilai k 260,5. Maka ada selisih 207 derajat-an, sehingga tata cara pembacaan nilai $M' + M$

¹¹⁴ Ehsan Hidayat, Modul Volvelle Koreksi : Upaya dalam memperhalus data jam, Hlm 20.

pada instrumen adalah jika nilai $M + \text{epoch } 80$ derajat, maka segitiga satu pada full moon akan mengarah pada $80 + 207 =$ derajat.

B. Metode Perhitungan Gerhana Bulan Dalam Ephemeris

1. Konsep Perhitungan Gerhana Bulan Dalam Ephemeris

Gerhana Bulan merupakan fenomena langit yang tidak dapat dipisahkan dari masalah penentuan fase-fase Bulan khususnya fase purnama, sebab gerhana bulan terjadi ketika Bulan berada pada kedudukan oposisi terhadap Matahari dan letaknya dekat dengan sumbu bayang-bayang Bumi.¹¹⁵ Dalam perhitungan gerhana bulan, wajarnya hanya memprediksikan waktu gerhana dan posisi Bulan saat terjadinya gerhana, algoritma untuk mengetahui arah bayangan yang jatuh di Bulan tidak dijelaskan secara gamblang. Padahal prediksi ini sangat penting, guna untuk memperkirakan dari arah mana bayangan muncul dan perlahan bergerak menutupi cahaya purnama, sehingga diharapkan gerhana Bulan dapat disimulasikan secara detail dan jelas, dengan menampilkan ilustrasi arah bayangan masuk, lalu arah bayangan saat mulai beranjak terang dan arah bayangan terakhir menyentuh piringan Bulan. Dalam menentukan gerhana bulan juga mengambil data dari tabel Winhisab atau Ephemeris Hisab Rukyah. Perhitungan Gerhana Bulan dengan data Ephemeris Hisab Rukyah ditempuh dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menghitung kemungkinan terjadinya gerhana bulan dengan menggunakan tabel gerhana, dengan cara menjumlahkan data dari

¹¹⁵ Badan Hisab & Rukyat Departemen Agama, Almanak Hisab Rukyat, (Jakarta: Departemen Agama, 1981), h. 145.

Kelompok Tahun, Satuan Tahun dan Gerhana Bulan. Gerhana Bulan dimungkinkan terjadi apabila hasil penjumlahan tersebut berkisar antara: 000° s/d 014° , 165° s/d 194° dan 345° s/d 360° .

2. Melakukan konversi dari penanggalan hijriyah ke penanggalan masehi untuk tanggal kemungkinan terjadi gerhana bulan tersebut. Ingat bahwa gerhana bulan hanya akan terjadi saat bulan purnama, sekitar tanggal 15 bulan kamariyah. Jadi yang harus dilakukan adalah menghitung tanggal 15 bulan kamariyah yang ada kemungkinan terjadi gerhana bulan dan bertepatan tanggal berapa menurut penanggalan masehi. Lalu menyiapkan data astronomis untuk tanggal masehi tersebut.
3. Mencari FIB terbesar pada kolom Fraction Illumination Bulan, periksa FIB terbesar terjadi pada jam berapa waktu Greenwich. Lalu periksa lagi adanya kemungkinan gerhana bulan dengan melihat harga mutlak lintang bulan (pada kolom Apparent Latitude Bulan) saat FIB terbesar.

Contoh :

- Jika harga mutlak Lintang Bulan lebih besar dari $1^{\circ} 05' 07''$ maka tidak akan terjadi gerhana bulan.
 - Jika harga mutlak Lintang Bulan lebih kecil dari $1^{\circ} 00' 24''$ maka akan terjadi gerhana bulan.
4. Menghitung Sabaq Matahari (B1) atau gerak matahari setiap jam dengan cara menghitung harga mutlak selisih antara dara ELM pada jam FIB terbesar dengan satu jam berikutnya.
 5. Menghitung Sabaq Bulan (B2) atau gerak bulan setiap jam dengan cara menghitung harga

- mutlak selisih antara ALB pada jam FIB terbesar dengan satu jam berikutnya.
6. Menghitung jarak Matahari dan Bulan (MB) dengan rumus: $MB = ELM - (ALB - 180)$
 7. Menghitung Sabaq Bulan Mu'addal (SB) dengan rumus: $SB = B1 - B2$
 8. Menghitung Titik Istiqbal (TI) dengan rumus: $TI = MB : SB$
 9. Menghitung waktu Istiqbal (Is) dengan rumus: $Is = \text{Waktu FIB} + TI - 00 : 01 : 49.29$
 10. Melacak data dari Ephemeris saat terjadi istiqbal secara interpolasi:
 - a) Semi Diameter Bulan (SD_{\square}) pada kolom semidiameter bulan
 - b) Horizon Parallax Bulan (HP_{\square}) pada kolom Horizon Parallax Bulan
 - c) Lintang Bulan (L_{\square}) pada kolom Apparent Latitude Bulan
 - d) Semi Diameter Matahari (SD_{\odot}) pada kolom Semi Diameter Matahari
 - e) Jarak Bumi (JB) pada kolom True Geocentric Distance Matahari
 11. Menghitung Horizon Parallax (HP_{\odot}) dengan rumus: $\sin HP_{\odot} = \sin 08.794'' : JB$
 12. Menghitung jarak bulan dari titik simpul (H) dengan rumus: $\sin H = \sin L_{\square} : \sin 5^{\circ}$
 13. Menghitung lintang bulan maksimum terkoreksi (U) dengan rumus: $\tan U = [\tan L_{\square} : \sin H]$
 14. Menghitung lintang bulan minimum terkoreksi (Z) dengan rumus: $\sin Z = [\sin U \times \sin H]$
 15. Menghitung koreksi kecepatan bulan relatif terhadap matahari (K) dengan rumus: $K = \cos L_{\square} \times SB : \cos U$

16. Menghitung besarnya semidiameter bayangan inti bumi (D) dengan rumus: $D = (HP_{\square} + HP_o - SD_o) \times 1,02$
17. Menghitung jarak titik pusat bayangan inti bumi sampai titik pusat bulan ketika piringan bulan mulai bersentuhan dengan bayangan inti bumi (X) dengan rumus: $X = D + SD_{\square}$
18. Menghitung jarak titik pusat bayangan inti bumi sampai titik pusat bulan ketika seluruh piringan bulan mulai masuk pada bayangan inti bumi (Y) dengan rumus: $Y = D - SD_{\square}$
19. Menghitung jarak titik pusat bulan ketika piringan bulan mulai bersentuhan dengan bayangan inti bumi (C) dengan rumus: $\cos C = \cos X : \cos Z$
20. Menghitung waktu yang diperlukan oleh bulan untuk berjalan mulai ketika piringan bulan bersentuhan dengan bayangan inti bumi sampai ketika titik pusat bulan segaris dengan bayangan inti bumi (T1) dengan rumus: $T1 = C : K$
 Catatan : Bila Y lebih kecil daripada Z maka akan terjadi gerhana bulan sebagian. Oleh karena itu, E dan T2 berikut ini tidak perlu dihitung
21. Menghitung jarak titik pusat bulan saat segaris dengan bayangan inti bumi sampai titik pusat bulan ketika seluruh piringan bulan masuk pada bayangan inti bumi (B) dengan rumus: $\cos E = \cos Y : \cos Z$
22. Menghitung waktu yang diperlukan oleh bulan untuk berjalan mulai titik pusat bulan saat segaris dengan bayangan inti bumi sampai titik pusat bulan ketika seluruh piringan bulan masuk pada bayangan inti bumi (T2) dengan rumus: $T2 = E : K$

23. Koreksi pertama terhadap kecepatan bulan (Ta) dengan rumus :

$$T_a = \cos H : \sin K$$

24. Koreksi kedua terhadap kecepatan bulan (Tb) dengan rumus :

$$T_b = \sin L : \sin K$$

25. Menghitung waktu gerhana (T0) dengan rumus :

$$T_0 = [\sin 0.05 \times T \times T_b]$$

26. Menghitung waktu titik tengah gerhana (**Tgh**) dengan cara : Perhatikan Lintang Bulan (L_{Δ}) dalam kolom *Apparent Latitude Bulan* pada jam FIB terbesar dan pada satu jam berikutnya.

- Jika harga mutlak Lintang Bulan semakin mengecil maka $T_{gh} = \text{Istiqbal} + T_0 - \Delta T$

- Jika harga mutlak Lintang Bulan semakin membesar maka $T_{gh} = \text{Istiqbal} - T_0 - \Delta T$

Catatan :

- ΔT adalah koreksi waktu TT menjadi GMT
- Bila dikehendaki dengan waktu WIB, tambahkanlah 7 jam.
- Bila hasil penambahan terbenut lebih dari 24, maka kurangilah dengan 24. Sisanya itulah waktu titik tengah gerhana tetapi pada tanggal berikutnya dari tanggal Ephemeris.

27. Menghitung waktu mulai gerhana dengan rumus :

$$\text{Mulai Gerhana} = T_{gh} - T_1$$

28. Menghitung waktu mulai gerhana total dengan rumus :

$$\text{Mulai Total} = T_{gh} - T_2$$

29. Menghitung waktu selesai gerhana total dengan rumus :

$$\text{Selesai Total} = T_{gh} + T_2$$

30. Menghitung waktu selesai gerhana dengan rumus :

$$\text{Selesai Gerhana} = T_{gh} + T_1$$

Catatan:

- Gerhana bulan akan terlihat pada malam hari, sehingga jika awal gerhana lebih besar daripada waktu terbit matahari, atau akhir gerhana lebih kecil daripada waktu terbenam matahari di suatu tempat maka gerhana bulan tersebut tidak dapat terlihat dari tempat yang bersangkutan.

31. Jika terjadi gerhana bulan sebagian ($Y < Z$), maka untuk menghitung lebar gerhana (LG) atau *magnitudo* yakni lebar piringan bulan yang masuk dalam bayangan inti bumi dapat dilakukan dengan rumus :

$$LG = ((D + SD_{\square} - Z) : 2 \times SD_{\square}) \times 100\%$$

Apabila dikehendaki satuan ukurnya dengan "ushbu" (jari), maka hasil perhitungan lebar gerhana ini dikalikan 12.

32. Mengambil kesimpulan dari perhitungan yang telah dilakukan, yakni menyatakan hari apa, tanggal, dan jam berapa terjadi kontak-kontak gerhana bulan, serta menyatakan lebar gerhana untuk gerhana sebagian.

2. Sejarah Ephemeris

Ephemeris biasa disebut *astronomical handbook*, merupakan table yang memuat data-data astronomis

benda-benda langit. Ephemeris dibuat oleh IQsoft yang pada tahun 1993 dipelopori oleh Taufik beserta putranya atas biaya Departemen Agama RI. Taufik lahir di Babat-Lamongan pada tanggal 2 Januari 1938 M. Taufik adalah seorang yang aktif, mulai dari mengikuti seminar, studi perbandingan sampai konferensi tentang hisab dan rukyat, baik tingkat regional maupun internasional, antara lain Malaysia, Brunei Darussalam dan Saudi Arabia. Gelar sarjana Syari^h diraihnya di IAIN Sunan Kalijaga Yogyakarta pada tahun 1967 M / 1387 H, sedang gelar Master Hukum diperolehnya dari Universitas Airlangga Surabaya.¹¹⁶

Secara etimologis, kata hisab berasal dari bahasa Arab yang berarti al-Adad wa al-Ihsha', bilangan atau hitungan.¹¹⁷Ephemeris ini berbentuk program software data astronomis yang dikenal dengan "Hisab for Windows versi 1.0" yang hasilnya juga mirip dengan Nautical Almanac atau semacamnya. Pada tahun 1998, program ini disempurnakan dan berganti nama menjadi "WinHisab versi 2.0" dengan hak lisensi pada Badan Hisab Rukyat Departemen Agama RI. Perhitungan yang menggunakan data dari program WinHisab ini dikenal dengan sistem ephemeris hisab rukyat atau sistem ephemeris.¹¹⁸

Tabel ephemeris tersebut data-datanya sudah diolah dengan menggunakan persamaan rumus-rumus *spherical trigonometri*, sehingga menghasilkan data-

¹¹⁶ Susiknan Azhari, *Ensiklipedi Hisab Rukyah*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2005, hlm 50.

¹¹⁷ Fika Afhamul Fuscha, *VERIFICATION OF THE HISAB EPHEMERIS SYSTEM AGAINST THE HIJRI CALENDAR LEAP YEAR PATTERN WITH CRITERIA IMKAN AL-RUKYAH MABIMS (Case Study in Kudus District)*, Al-Hilal : Journal of Islamic Astronomy, Vol. 3, No. 1, 2021.

¹¹⁸ Muhyidin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktek*, Jogjakarta: Buana Pustaka, Cet ke 3, 2008, hlm 36 37.

data setengah jadi, dan ini memudahkan bagi orang yang menggunakannya. Dalam tabel tersebut terdapat tiga data astronomi penting, yaitu:

1. Data tentang keadaan matahari dan bulan

Pada tabel ini ditampilkan bermacam-macam data keadaan matahari dan bulan pada tanggal tertentu, untuk setiap jam-nya. Mungkin data ini sangat asing bagi kita, karena terlihat sangat spesifik untuk bidang astronomi. Data matahari yang disediakan adalah¹¹⁹ :

- a. Ecliptic Longitude, data disini adalah Bujur Astronomi Matahari, yaitu jarak matahari dari titik aries diukur sepanjang lingkaran ekliptika.
- b. Ecliptic Latitude, data ini adalah jarak titik pusat matahari dari lingkaran Ekliptika. Sebetulnya Ekliptika adalah lingkaran yang ditempuh oleh gerak semu matahari secara tahunan. Oleh karena itu matahari selalu berada di lingkaran Ekliptika. Namun jalannya tidak selalu rata, tapi ada sedikit geseran, hal ini dapat dilihat dari nilainya yang selalu mendekati nol.
- c. Apparent Right Ascension lebih dikenal dengan Asensio Rekta atau panjatan tegak, ini adalah jarak matahari dari titik aries diukur sepanjang Lingkaran Equator.
- d. Apparent Declination adalah jarak matahari dari Equator. Bila nilai Deklinasi positif berarti matahari berada di sebelah utara Equator, tapi bila nilai Deklinasi negatif berarti matahari berada di sebelah selatan Equator.

¹¹⁹ Departemen Agama RI, *Ephemeris Hisab Rukyah*, Jakarta: Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah Ditjen Bimbingan Masyarakat Islam, 2007, hlm 1-2.

- e. True Geocentric Distance atau sering disebut dengan jarak Geocentric. Data ini menggambarkan jarak antara bumi dan matahari dalam satuan AU (Astronomical Unit). Oleh karena bumi mengelilingi matahari tidak berbentuk bulat bola, melainkan berbentuk ellips, sehingga terkadang dekat dan terkadang jauh. Jarak terdekat antara bumi dengan matahari disebut perigee, sedangkan jarak terjauhnya disebut apogee.
- f. Semi Diameter, data disini adalah jari-jari matahari yaitu jarak titik pusat matahari dengan piringan luarnya.
- g. True Obliquity atau Kemiringan Ekliptika adalah Kemiringan Ekliptika dari Equator.
- h. Equation of Time adalah selisih antara waktu kulminasi matahari hakiki dengan waktu kulminasi matahari rata-rata.

Data Bulan yang disediakan antara lain¹²⁰ :

- a. Apparent Longitude yaitu Bujur Astronomi, data disini adalah Bujur Astronomi Matahari, yaitu jarak antara titik aries sampai bulan diukur sepanjang lingkaran ekliptika.
- b. Apparent Latitude, atau Lintang Astronomi, data ini adalah jarak antara bulan dengan lingkaran Ekliptika diukur sepanjang lingkaran kutub Ekliptika. Nilai maksimum lintang Astronomi Bulan adalah 5° $8'$. Nilai positif berarti bulan berada di utara Ekliptika dan nilai

¹²⁰ Departemen Agama RI, *Ephemeris Hisab Rukyah*, Jakarta: Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah Ditjen Bimbingan Masyarakat Islam, 2007, hlm 3-4.

negatif berarti bulan berada di selatan Ekliptika.

- c. Apparent Right Ascension dalam bahasa Indonesia dikenal dengan Asensio Rekta atau panjatan tegak, ini adalah jarak titik pusat bulan dari titik aries diukur sepanjang Lingkaran Equator.
- d. Apparent Declination, data ini adalah jarak bulan dari Equator. Nilai Deklinasi positif jika bulan di sebelah utara Equator dan nilai Deklinasi negatif jika bulan di sebelah selatan Equator.
- e. Horizontal parallax adalah besaran sudut yang ditarik dari titik pusat bulan ketika di ufuk (horizon) ke titik pusat Bumi dan garis yang ditarik dari titik pusat bulan ketika itu ke permukaan bumi.
- f. Semi Diameter disini adalah jari-jari bulan atau adalah jarak sudut antara titik pusat bulan dengan piringan luarnya.
- g. Angle Bright Limb atau sudut kemiringan hilal, adalah sudut kemiringan piringan hilal yang memancarkan sinar sebagai akibat arah posisi hilal dari matahari. Sudut ini diukur dari garis yang menghubungkan titik pusat bulan dengan titik zenith ke garis yang menghubungkan titik pusat hilal dengan titik pusat matahari searah dengan perputaran jarum jam.

- h. Fraction Illumination adalah besar atau luas piringan bulan yang menerima sinar matahari yang tampak dari bumi. Jika seluruh piringan yang menerima sinar matahari terlihat dari bumi, maka bentuknya akan berupa bulatan penuh. Dalam keadaan seperti ini nilai Fraction Illumination bulan adalah 1, yaitu persis saat bulan purnama. Setelah bulan purnama, nilai Fraction Illumination akan semakin mengecil sampai pada nilai yang paling kecil, yaitu pada saat ijtima' Setelah itu nilai akan kembali membesar sampai mencapai nilai 1 pada saat bulan purnama. Dengan demikian, data Fraction Illumination ini dapat dijadikan pedoman untuk mengetahui kapan terjadinya ijtima' dan istiqbal.

BAB IV

ANALISIS METODE HISAB GERHANA BULAN DALAM VOLVELLE INOVASI DAN EPHEMERIS

A. Analisis Terhadap Metode Hisab Gerhana Bulan Volvelle Inovasi &Ephemeris

Pengetahuan mengenai keadaan benda-benda langit memberikan manfaat dalam kehidupan nyata manusia. Berawal dari imajinasi, pengamatan-pengamatan sederhana yang kemudian dicatat, dibentuk dalam sebuah model perhitungan, baik berupa kitab, teks tertulis lain maupun berupa instrumen. Pada akhirnya pengamatan tersebut banyak diturunkan kepada generasi selanjutnya yang dapat dijadikan sebagai khazanah peradaban pada suatu masa.

Di antara ilmu pengetahuan dari langit yang bisa kita gunakan dalam kehidupan nyata ada yang langsung bisa dimanfaatkan oleh syari'at islam. Terutama ilmu yang berkaitan dengan penentuan waktu-waktu ibadah, penentuan awal atau akhir bulan islam (kamariyah), serta pengetahuan tentang terjadinya gerhana bulan, dalam perkembangannya khususnya dalam bidang ilmu falak, perangkat yang berbentuk seperti instrumen, buku maupun kitab terus mengalami perkembangan. Dengan diciptakannya berbagai perangkat ilmu falak bermula dari pencatatan observasi sederhana tersebut, lalu kemudian di bentuk dengan sebuah model perhitungan dan pengamatan yang akan terciptalah adanya sebuah konsep¹²¹. Dalam khazanah keilmuan islam di Indonesia, perkembangan ilmu pengetahuan begitu pesat dan canggihnya teknologi serta meningkatnya peradaban dan sumber daya manusia, ilmu hisab juga mengalami perkembangan dan kemajuan, bermula dari hisab 'urfi atau hisab istilah baru kemudian muncul generasi hisab haqiqi lalu hisab kontemporer.

¹²¹ Siti Tatmainul Qulub, *Ilmu Falak (Dari Sejarah ke Teori dan Aplikasi)*, (Depok : PT Raja Grafindo Persada, 2017), 17.

Berkaitan dengan permasalahan gerhana ini terdapat sebuah instrumen kalkulasi untuk memprediksi gerhana yang di sebut dengan Volvelle. Instrumen yang dikenal pada awal abad ke – 18 oleh Philippe De La Hire¹²² ini kemudian data-datanya diperbarui oleh Ehsan Hidayat, Mahasiswa ilmu falak pascasarjana UIN Walisongo Semarang yang di beri nama lanjutan Volvelle Inovasi.

Perkembangan ilmu pengetahuan memunculkan metode maupun peralatan perhitungan yang canggih beserta sajian data yang beragam. Perbandingan antara satu metode dengan yang lainnya perlu dilakukan guna mengetahui tingkat akurasi, kelebihan serta kekurangannya. Dengan demikian, pada akhirnya memungkinkan adanya koreksi maupun pengembangan supaya didapatkan hasil yang maksimal, Karena memang tidak dapat dipungkiri bahwa kesemuanya memiliki peran yang sangat penting. Penemuan ini bertujuan agar hal-hal terkait dengan aplikasi praktis ilmu falak dapat digunakan dengan mudah dan dikenal masyarakat luas. Seperti halnya untuk mengetahui waktu shalat, arah kiblat, awal bulan kamariyah, gerhana, dan lain sebagainya.

Volvelle Inovasi yang merupakan instrumen kalkulasi (bukan observasi) mempertahankan konsep Volvelle Phillipe yakni konsep rata-rata dari pergerakan Bulan dan Matahari yang dianggap selalu sama sehingga tidak heran jika nantinya bisa menimbulkan perbedaan waktu munculnya bulan baru dan bulan purnama, serta gerhana yang ada pada ephemeris¹²³.

¹²² Philippe de la hire lahir pada 18 maret 1640 di Paris. Ia menerbitkan berbagai karya dalam beberapa bidang keilmuan. Karya terbesarnya adalah *tabulae astronomicae*. Hingga kematiannya ia terus dengan gigih melakukan pengamatan astronomi secara teratur,seringkali menerbitkan catatan-catatan yang juga menekankan ilmu matematika. lihat Ehsan Hidayat, Inovasi Instrumen Volvelle Philippe De La Hire Dalam Penentuan Waktu Gerhana, *Tesis*, Fakultas Syariah Dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2019, 74.

¹²³ Ephemeris biasa disebut *astronomical handbook*, meruakan tabel yang memuat data-data astronomis benda-benda langit. Dalam tabel ephemeris tersedia beberapa data mengenai matahari dan bulan yang dapat digunakan untuk kegiatan

Basis teori rata-rata jarak antara *new moon* yaitu 29 hari 12 jam 44 menit, yang berimplikasi pada jarak antar lubang pada instrumennya.

Penulis menggunakan data-data yang ada pada Volvelle Inovasi yang merupakan objek penelitian, dengan membandingkan pada data-data yang terdapat dalam Ephemeris yang termasuk sistem hisab kontemporer, ilmu pengetahuan yang semakin berkembang, metode perhitungan yang semakin canggih guna menyediakan data-data yang akurat, sehingga perbandingan dari satu metode dengan metode yang lain sangat diperlukan. Hal ini perlu untuk mengukur tingkat akurasi dan supaya tahu titik kelemahan antara satu metode dengan metode pembandingnya. Dengan diketahuinya kelemahan dari metode tersebut, agar supaya ada upaya untuk pengembangan dan guna mendapatkan hasil yang maksimal. Dari beberapa model hisab, tentunya hasil perhitungan yang dihasilkan oleh hisab-hisab tersebut berbeda. Salah satunya disebabkan oleh sumber data yang diambil oleh masing-masing hisab, dalam perbandingan ini penulis menggunakan data-data yang ada pada Volvelle Inovasi yang merupakan objek penelitian dengan membandingkan data-data hisab Ephemeris yang mana tingkat keakurasiannya lebih tinggi.

Hisab ephemeris merupakan salah satu hisab kontemporer yang menggunakan tabel untuk mendapatkan data Bulan-matahari, yang mana tabel tersebut sudah diprogram dalam komputer yang bernama WinHisab. Dalam tabel ephemeris tersedia beberapa data mengenai matahari dan bulan yang dapat digunakan untuk kegiatan hisab maupun rukyat, baik untuk menentukan arah kiblat, waktu-waktu shalat, awal bulan kamariyah dan gerhana. Data tersebut juga bisa di dapat dalam sebuah buku yang berjudul Ephemeris Hisab Rukyah yang setiap tahun diterbitkan oleh Departemen

hisab maupun rukyat, baik untuk menentukan arah kiblat, awal waktu shalat, awal bulan kamariyah, dan gerhana.

RI¹²⁴ (sejak tahun 2005 ditangani oleh Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah).

Data-data matahari yang disediakan adalah Bujur Astronomi, Lintang Astronomi, Asensio Rekta, Deklinasi, Jarak Geosentris, Semi Diameter, Kemiringan Ekliptika, dan Perata Waktu, sedangkan data-data bulan yang disediakan adalah Bujur Astronomi, Lintang Astronomi, Asensio Rekta, Deklinasi, Horizontal Paralaks, Semi Diameter, Semi Kemiringan Bulan, dan Luas Cahaya Bulan.¹²⁵ Standar perbandingannya adalah karena Hisab Ephemeris ini tergolong dalam hisab kontemporer yang mana hasilnya akurat dan banyak digunakan oleh para ahli falak masa kini, sehingga hal ini memungkinkan keduanya untuk dibandingkan, supaya dapat diketahui besarnya perbedaan hasil hisab dan tingkat keakurasiannya.

1. Analisis Perhitungan Gerhana Bulan Volvelle Inovasi

Dalam menganalisis metode perhitungan maka dapat dilihat terlebih dahulu data-data yang digunakan oleh rumus-rumus dalam proses perhitungannya. Data yang digunakan oleh volvelle inovasi adalah bersumber dari data-data kontemporer yang bervariasi. Adapun yang digunakan meliputi tahun, lunasi (k), argumen lintang bulan (F), tanggal, jam, menit, hari serta pasaran new moon pertama suatu tahun.

- a. Data tahun pada instrumen adalah rentang tahun 1900-2000. Data ini tidak tersaji pertahun, melainkan yang diambil adalah tahun pendek pertama yaitu dimulai dari 1901 dan berakhir pada tahun 2097.
- b. Nilai k atau lunasi digunakan sebagai kode untuk mengetahui nilai F dan bulan hijriyah. Nilai k didapatkan berdasarkan rumus Jean Meuss. Dalam

¹²⁴ Muhyidin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktek*, Jogjakarta: Buana Pustaka, Cet ke 3, 2008, hlm 152 153.

¹²⁵ Departemen Agama RI, *Ephemeris Hisab Rukyah*, Jakarta: Rektorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah Ditjen Bimbingan Masyarakat Islam, 2007, hlm 1.

pembahasan mengenai penentuan adanya gerhana nilai k bilangan bulat untuk gerhana Matahari dan nilai k bilangan bulat + 0,5 untuk gerhana Bulan. $k = (\text{perkiraan tahun} - 2000) \times 12.3685$.¹²⁶

- c. Nilai F adalah nilai argumen lintang bulan yang menjadi informasi awal ada tidaknya gerhana Matahari atau gerhana Bulan. Nilai F (argumen lintang bulan) direduksi dari algoritma Jean Meeus menjadi lebih sederhana berdasarkan persamaan aritmatikayang mengindikasikan bahwa jarak tiap new moon ke new moon selanjutnya adalah konstan.¹²⁷ Nilai F yang dihasilkan ini telah diuji selama 1000 lunasi yaitu sejak 2000 sampai 2100 dan memiliki perbedaan terbesar dengan nilai F algoritma Jean Meeus 5,73 detik dan selisih terkecil 0,1 detik.¹²⁸
- d. Tanggal, jam dan menit digunakan sebagai korelasi antara nilai F dan kalender yang menjadi star memprediksi adanya gerhana di suatu tahun. Tanggal, jam, dan menit yang dihasilkan ini menunjukkan waktu new moon pertama suatu tahun. Data ini bersumber dari buku Rinto Anugrahayang berjudul Mekanika Benda Langit¹²⁹yang kemudian diolah

¹²⁶ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*,(Virginia: Willman Bell. Inc, 1991), 319-320.

¹²⁷ Suatu pola matematika dimana satu bilangan tertentu bisa ditambahkan pada suku ke berapapun untukmendapatkan suku berikutnya atau suku sebelumnya. Suku-suku yang berurutan memiliki suatu perbedaan yang tetap. Lihat Afidah Khairunnisa, *Matematika Dasar*, (Jakarta : Rajawali Press, 2014), 180-181.

¹²⁸ Ehsan Hidayat, *Inovasi Instrumen Volvelle Philippe De La Hire Dalam Penentuan Waktu Gerhana*, *Tesis*, Fakultas Syariah Dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2019,158.

¹²⁹ Buku mekanika benda langit merupakan buku teks untuk mata kuliah mekanika benda langit yang diajarkan di program S1 dan S2 Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada. Buku ini merupakan kumpulan tulisan rinto anugraha di internet tentang ilmu hisab/ilmu falak dengan disertai beberapa tambahan. Buku ini terdiri dari 200 halaman dan terbagi menjadi 7 bab. Dijelaskan di dalamnya berbagai macam algoritma hisab

menjadi program excel, yakni metode pengubahan Julian Day menjadi tanggal.¹³⁰

- e. HP adalah kode hari dan pasaran tiap awal tahun yang bisa digunakan sebagai penanggalan. 1 Januari 2001 dijadikan sebagai patokan hari dan pasaran dalam instrumen yaitu pada Senin Pahing. adapun untuk tahun selanjutnya dengan menambah 1 hari dan menetapkan jenis pasarannya. Untuk tahun kelima loncat 2 hari dan 1 pasaran. Sebagaimana contoh 1 Januari 2003 jatuh pada hari Rabu Pahing, 1 Januari 2005 jatuh pada hari Sabtu Pon dan begitu seterusnya. Adapun alasan untuk penambahan 2 hari dan 1 pasaran setelah tahun ke empat karena siklus yang berisi 4 tahun akan memenuhi aturan B B B K (3 Basithah dan 1 Kabisat). Beda 1 hari ditahun kabisat atau tahun keempat ini yang mengharuskan loncat 2 hari (1 hari kabisat + 1 hari aturan).

Berikut adalah Hasil data yang didapat dari rumus asal melalui program excel yang dibuat oleh Rinto Anugraha.¹³¹

seperti waktu dan kalender, membahas tentang bumi, koordinat bola, jarak antara dua tempat di permukaan bumi, arah kiblat, fase-fase bulan, gerhana bulan dan matahari dan lain-lain. Lihat Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, (Jurusan Fisika Fakultas MIPA, 2012).

¹³⁰ Hasil Wawancara langsung dengan Ehsan Hidayat, 09 Februari 2021 Pukul 14:01 di rumah Ehsan Hidayat, gang 8 desa Sidomulyo Kecamatan Kesesi Kabupaten Pekalongan Jawa Tengah.

¹³¹ Rinto Anugraha merupakan dosen fisika fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada Yogyakarta yang juga aktif sebagai pembina JAC (Jogja Astro Club). Selain itu, ia juga sering menjadi pembicara dalam seminar-seminar ilmu falak baik oleh ormas maupun oleh perguruan tinggi. Ia juga aktif menjadi pembina ahli hisab dan berpengalaman menangani pelatihan-pelatihan. Lihat Jafar Shodiq, Studi Analisis Hisab Gerhana Matahari Menurut Rinto Anugraha dalam Buku *Mekanika Benda Langit*, *Skripsi* Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2016, 54-55.

Tabel 4.1
Tabel Nilai (F) Argumen Lintang Bulan

Nilai K	Hasil F
0	160,71080
1	191,38130
2	222,05181
3	252,72231
4	283,39281
5	314,06331
6	344,73382
7	15,40432
8	46,07482
9	76,74532
10	107,41583
11	138,08633
12	168,75683

Pola teratur nilai F diatas memberi ruang positif untuk aritmatika dalam transformasi rumus awal menghitung nilai F kepada rumus baru yang lebih sederhana.

Adapun rumus umum persamaan aritmatika adalah : $U = a + (n-1) b$, dengan a adalah suku pertama yaitu 160,71080, b adalah 30,6705 dan n adalah nilai F kesekian yang akan dihitung. Perlu diketahui bahwa n disini disimbolkan sebagai nilai k yang dalam perhitungan gerhana adalah representatif dari new moon, dan nilai k new moon tersebut adalah 0 sebagai patokan awal. Berikut adalah rumus baru untuk menghitung nilai argumen lintang bulan (F) :

$$\begin{aligned}
 U_n &= 160,71080 + (n - 1) 30,6705 \\
 &= 160,71080 + 30,67050n - 30,67050 \\
 &= 130,04030 + n.30,67050
 \end{aligned}$$

Sehingga nilai F ke sekian adalah : $F_k = 130,04030 + (k+1) \times 30,67050$.

Analoginya adalah nilai bilangan bulat yang disimbolkan dengan n dimulai dari 1, sedangkan nilai k new moon untuk gerhana matahari dimulai dari 0, sehingga nilai n bar memenuhi persamaan diatas $k+1$.

Tabel 4.2

Tabel perbandingan nilai bilangan bulat (n) dan nilai lunasi (k) New Moon

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
K	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Sedangkan untuk nilai argumen lintang bulan untuk gerhana bulan¹³² adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3

Data F Selama 13 Full Moon

Nilai K	Hasil F
0,5	356,04605
1,5	26,71655
2,5	57,38706
3,5	88,05756
4,5	118,72806
5,5	149,39857
6,5	180,06907
7,5	210,73957
8,5	241,41007
9,5	272,08058
10,5	302,75108
11,5	33,42158

¹³² Hasil data-data yang ada di dalam tabel merupakan hasil yang didapatkan dari rumus asal melalui program excel yang dibuat oleh Rinto Anugraha.

12,5	4,09208
------	---------

Sebagaimana yang dijelaskan diatas, hal yang perlu diperhatikan disini adalah bahwa n merupakan simbol untuk nilai k yang dalam perhitungan gerhana bulan adalah representatif dari full moon dan nilai k full moon tersebut adalah 0,5 sebagai patokan awal.

Tabel 4.4

Tabel perbandingan nilai bilangan bulat (n) dan lunasi (nilai k)
Full Moon

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
K	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga, } U_n &= 356,04605 + (n - 1) 30,6705 \\
 &= 356,04605 + 30,67050n \\
 &- 30,67050 \\
 &= 325,37555 + n.30,67050 \\
 F_k &= 325,37555 + (k+0,5) x \\
 &30,67050
 \end{aligned}$$

Dengan melihat tabel tersebut diatas, meyakinkan kita akan pernyataan yang disampaikan oleh Jean Meeus dalam karyanya *Astronomical Alghoritm* bahwa disetiap satu lunasi nilai F akan bertambah¹³³ 30,67050. Contoh, pengurangan nilai F 57,38706 – 26,71655 = 30,67050. Begitupun dengan pola yang dihasilkan menggambarkan keteraturan, penurunan dari lunasi ke 0,5 menuju 1,5 serta 11,5 menuju 12,5 bukan suatu permasalahan, melainkan karena mengikuti aturan 360 derajat, sehingga memang nilai-nilai yang melebihi

¹³³ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*,(Virginia: Willman Bell. Inc, 1991), 350.

aturan harus dikurangi 360 derajat. Berdasar dengan pola-pola dan rumus-rumus di atas jika tabel yang ada pada instrumen telah habis maka bisa ditambah dengan acuan rumus sederhana di atas.

2. Analisis Perhitungan Gerhana Bulan Volvelle Inovasi Koreksi

Dalam hal ini Volvelle Inovasi yang akan diteliti oleh penulis adalah Volvelle yang belum disertai dengan koreksi dan dengan yang sudah di koreksi untuk melakukan pengembangan lebih lanjut guna memperhalus data yang dihasilkan, diakui oleh Ehsan Hidayat sendiri bahwa Volvelle Inovasi ini sebagai prediksi gerhana yaitu masuk dalam hisab taqribi berdasarkan dengan jamnya yang dihasilkan, akan tetapi berdasarkan prediksi ada atau tidaknya gerhana masuk dalam kategori hisab kontemporer.

Hadirnya upaya beberapa jenis koreksi yang terdapat pada instrumen Volvelle Inovasi koreksi ini adalah kita akan mendapatkan hasil yang cukup baik, dengan adanya minimalisasi jarak selisih antara jam awal Volvelle Inovasi dengan jam akhir Volvelle Inovasi Koreksi. Semua data jam gerhana mampu direduksi dengan kontribusi jam koreksi yang dihasilkan.¹³⁴

Dari hasil uji coba yang dilakukan oleh penulis dan Ehsan Hidayat sendiri bahwa ia menemukan selisih terkecil antara instrumen Volvelle terkoreksi dengan data NASA yang mempunyai selisih terkecil 0 jam 01 menit (gerhana matahari parsial pada 10 juni 2021). Dalam pembacaan sebuah instrumen, nilai selisih ini sudah cukup baik dan sudah layak untuk digunakan, seandainya jika grid kalender lebih dkecilkan lagi dari 2 jam,

¹³⁴ Ehsan Hidayat, Modul Volvelle Koreksi : Upaya dalam memperhalus data jam, Hlm 37.

kemungkinan prediksi hasil jamnya semakin halus, pungkasnya.

Ada beberapa hal menarik yang perlu kita ketahui bahwa dari sekian banyaknya koreksi, pemilihan lima jenis koreksi yang penulis jelaskan pada bab sebelumnya, ini mampu menghalus data jam gerhana dengan lumayan baik, pemilihan koreksi inipun diambil secara ilmiah, yaitu dengan efisiensi penggunaan instrumen (bisa dikaji & dibuktikan). Jika seluruh jenis koreksi (ada sekitar 30 jenis koreksi) digunakan, maka instrumen tidak akan efektif karena komposisi yang digunakan berlebihan, alasan selanjutnya adalah “increasing pole” atau pola angka naik. Dari sekian jenis koreksi tersebut, lima koreksi ini sudah memenuhi ketentuan yaitu pola angka yang ditampilkan akan selalu naik pada fase berikutnya, sedangkan contoh yang tidak memenuhi $M' \cdot M$, karena pola yang dihasilkan malah kebalikannya, disamping itu juga nilai koreksi menjadi alasan ketiga kenapa harus dilibatkan.¹³⁵

Jean Meeus menyebut M' sebagai anomali rerata bulan, yaitu bahwa disetiap New Moon bulan memiliki gerak revolusinya yang cukup konstan, disini akan terbagi menjadi dua rumus, Rumus yang pertama M' adalah $0,4072 \times \sin M'$ yang digunakan pada saat New Moon untuk koreksi Gerhana Matahari, dan $0,40614 \times \sin M'$ yang digunakan saat Full Moon untuk Gerhana Bulan.

Berikut adalah rumus perhitungan untuk mendapatkan nilai M' (Anomali Rerata Bulan) :

$$M = 201,5643 - 385,81693528k + 0,0107438T2 + 0,00001239T3 - 0,000000058T4$$

¹³⁵ Ehsan Hidayat, Modul Volvelle Koreksi : Upaya dalam memperhalus data jam, Hlm 38.

Dengan menggunakan teknik aritmatika, kita mencoba untuk menghitung M' (Anomali Rerata Bulan) dalam 12 New Moon, untuk contoh adalah tahun 2021 M :

Tabel 4.5

Nilai k	Hasil M'	Selisih
260	73,94795	25,81692
261	99,78487	25,81692
262	125,60178	25,81692
263	151,41870	25,81692
264	177,23562	25,81692
265	203,05254	25,81692
266	228,86946	25,81692
267	254,68637	25,81692
268	280,50329	25,81692
269	306,32021	25,81692
270	332,13713	25,81692
271	357,95405	25,81692

Dari yang kita lihat diatas kita telah mendapatkan selisih konstan antara nilai M' pada satu New Moon dengan setelahnya sebesar, 2581692 derajat. Dengan keadaan yang seperti ini maka ada peluang untuk perumusan baru yang lebih sederhana dengan konsep aritmatika $U_n = a + (n-1)b$, cara ini adalah yang diterapkan pada nilai F di Volvelle Inovasi Un-koreksi. Hasil rumus yang didapat adalah $M' = 175,74738 + (k+1) \cdot 25,81692$. Disinilah proyeksi instrumen itu sendiri yaitu dengan nilai stabil pada setiap New

Moonnya. Langkah selanjutnya adalah mendapatkan nilai M' pada Full Moon, rumus yang digunakan pun sama, hanya saja nilai k -nya ditambahkan 0,5, hal ini adalah keterangan dari Jean Meeus bahwa k bulat untuk gerhana matahari dan ditambahkan 0,5 pada gerhana bulan.

Tabel 4.6

Nilai k	Hasil M'	Selisih
260,5	266,87642	25,81694
261,5	292,69336	25,81694
262,5	318,51030	25,81694
263,5	344,32723	25,81694
264,5	10,14417	25,81694
265,5	35,96111	25,81694
266,5	61,77805	25,81694
267,5	87,59499	25,81694
268,5	113,41193	25,81694
269,5	139,22887	25,81694
270,5	165,04581	25,81694
271,5	190,86275	25,81694

Nilai berbeda yang ditunjukkan oleh M' pada Full Moon, dimana selisih konstantanya sebesar 25,81694 (berbeda 0,00002). Selisih ini tidak terlalu signifikan, jika kita bandingkan nilai M' antara New Moon dan Full Moon, terdapat perbedaan 180 derajat (266,87642-7396795). Sehingga jika kita menggunakan instrumen volvelle koreksi ini, maka perlu di ingat bahwa jarak nilai M' antara New Moon dan Full Moon adalah 180 derajat.

Berikut adalah kontribusi koreksi yang diberikan nilai M' baik di New Moon maupun Full Moon :

Tabel 4.7

Rumus Koreksi	Sudut	Hasil Jam
$-0,4072 \times \sin M'$	0	00:00:00
$-0,4072 \times \sin M'$	90	-09:46:22
$-0,4072 \times \sin M'$	180	00:00:00
$-0,4072 \times \sin M'$	270	+09:46:22
$-0,4072 \times \sin M'$	360	00:00:00

Tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai M' memberi kontribusi sangat besar, yaitu mencapai 9 jam 46 menit 22 detik, apabila sudut M' adalah 90 derajat, maka untuk mengurangi dan sebaliknya di 270, maka data ini untuk menambahi. Sedangkan apabila nilai M' adalah 0 / 180 / 360 derajat, maka dipastikan kontribusi koreksinya hanya 0 jam, keadaan seperti ini berbeda 1 menit 32 detik dengan koreksi maksimal yang diberikan oleh nilai M' pada Full Moon.

Selanjutnya koreksi yang kedua adalah M (Anomali Rerata Matahari) yang didefinisikan sebagai gerak rerata yang dilakukan oleh Matahari setiap satu New Moon, untuk mendapatkan sumbangsiah joreksi nilai M terdapat dua rumus, yang pertama yaitu $0,17241 \times \sin M$, yang digunakan pada saat New Moon untuk koreksi gerhana matahari dan kedua $0,17302 \times \sin M$, yang digunakan pada Full Moon untuk koreksi gerhana Bulan, berikut adalah rumus untuk mendapatkan nilai M :

$$M = 2,5334 + 29, 105356k - 0,000028T^2 - 0, 00000011T^3$$

Percobaan perhitungan M (Anomali Rerata Matahari) dalam 12 New Moon di tahun 2021 M:

Tabel 4.8

Nilai k	Hasil M	Selisih
260	9,94614	29,10536
261	39,05150	29,10536
262	68,15685	29,10536
263	97,26221	29,10536
264	126,36757	29,10536
265	155,47292	29,10536
266	184,57828	29,10536
267	213,68364	29,10536
268	242,78899	29,10536
269	271,89435	29,10536
270	300,99971	29,10536
271	330,10560	29,10536

Dari tabel ini kita akan mendapatkan selisih konstan antara nilai M pada satu New Moon dengan sesudahnya, yaitu sebesar 29,10536 derajat. Dengan keadaan seperti ini maka ada peluang untuk perumusan baru yang lebih sederhana dengan konsep aritmatika $U_n = a + (n-1) \cdot b$. Cara ini yang sebagaimana diterapkan pada nilai F dan M' sebelumnya. Hasil rumus yang didapatkan adalah $M = -26,55196 + (k+1) \cdot 29,10536$. Sedangkan untuk nilai M pada Full Moon menggunakan rumus yang sama hanya saja nilai k-nya ditambahkan 0,5 untuk nilai bulat gerhana Bulan. Adapun tabelnya:

Tabel 4.9

Nilai k	Hasil M	Selisih
260,5	24,49882	29,10536
261,5	53,60417	29,10536
262,5	82,70953	29,10536
263,5	111,81489	29,10536
264,5	140,92024	29,10536
265,5	170,02560	29,10536
266,5	199,13096	29,10536
267,5	228,23631	29,10536
268,5	257,34167	29,10536
269,5	286,44703	29,10536
270,5	315,55238	29,10536
271,5	344,65774	29,10536

Karakter nilai yang bagus ditunjukkan oleh M pada Full Moon dan New Moon dimana selisih konstantanya sama yaitu 29,10536. Kemudian jika kita sandingkan nilai M antara New Moon dan Full Moon, maka terdapat perbedaan 14,55268 derajat (24,49882-9,94614), sehingga jika kita menggunakan instrumen Volevelle Inovasi Koreksi ini, maka perlu diingat bahwa jarak nilai M antara New Moon dan Full Moon adalah 14 derajat.

Berikut adalah kontribusi koreksi yang diberikan nilai M baik New Moon maupun Full Moon:

Tabel 4.10

Rumus Koreksi	Sudut	Hasil Jam
$-0,17241 \times \sin M$	0	00:00:00
$-0,17241 \times \sin M$	90	+04:08:16
$-0,17241 \times \sin M$	180	00:00:00
$-0,17241 \times \sin M$	270	-04:08:16
$-0,17241 \times \sin M$	360	00:00:00

Tabel diatas menunjukkan bahwa nilai M (Anomali Rerata Matahari) memberi kontribusi koreksi cukup besar, yaitu mencapai 4 jam 8 menit 16 detik. Apabila sudut M adalah 90 derajat, maka untuk menambahi dan sebaliknya apabila di 270, maka data ini untuk mengurangi. Sedangkan apabila nilai M adalah 0 / 180 / 360 derajat, maka dapat dipastikan kontribusi koreksinya hanya 0 jam. Keadaan seperti ini berbeda 53 detik dengan koreksi maksimal yang diberikan oleh nilai M pada Full Moon 04 : 09 : 09.

Koreksi yang ketiga adalah $2M'$ (2x Anomali Rerata Bulan) yangf turut serta memberikan kontribusi selisih yang cukup banyak, yang dimana ini juga mengikuti jejak yang diberikan oleh M' (Anomali Rerata Bulan) yang memberi koreksi terbanyak, karena $2M'$ adalah kelanjutan dari hasil M' , maka cara mendapatkannya pun tinggal dikalikan dua, yaitu $M' \times 2$. Hasil dari sudut inipun kemudian diproses untuk berubah menjadi data jam koreksi, seperti yang diterapkan pada M' dan M. Adapun rumus yang digunakan adalah pertama, $0,01608 \times \sin 2M'$, yang digunakan pada saat New Moon untuk koreksi gerhana Matahari dan yang kedua, $0,01614 \times \sin 2M'$, yang digunakan pada saat Full Moon untuk koreksi

gerhana Bulan, coba kita hitung $2M'$ dalam 12 New Moon dengan menggunakan tehknik aritmatika pada tahun 2021 M:

Tabel 4.11

Nilai k	Hasil $2M'$	Selisih
260	147,93590	51,63384
261	199,56973	51,63384
262	251,20357	51,63384
263	302,83740	51,63384
264	354,47124	51,63384
265	46,10508	51,63384
266	97,73891	51,63384
267	149,37275	51,63384
268	201,00659	51,63384
269	252,64042	51,63384
270	304,27426	51,63384
271	355,90809	51,63384

Dikarenakan $2M'$ itu simbol dari 2 kali nilai M' , maka kita akan mendapatkan selisih konstan sebesar 51,63384 derajat. Dengan keadaan yang demikian maka terdapat peluang baru untuk merumuskan $2M'$ versi aritmatika yaitu $2M' = -8,50524 + (k+1) \cdot 51,63384$, sedangkan untuk mendapatkan nilai $2M'$ pada Full Moon, cara yang digunakan dengan mengalikan nilai M' Fuoll Moon dengan angka 2, hal ini dikarenakan hukum $2M'$ mengikuti M' itu sendiri, berikut tabel untuk mendapatkan nilai $2M'$ pada Full Moon :

Tabel 4.12

Nilai k	Hasil $2M'$	Selisih
260,5	173,75283	51,63384
261,5	225,38667	51,63384
262,5	277,02051	51,63384
263,5	328,65434	51,63384
264,5	20,28818	51,63384

265,5	71,92202	51,63384
266,5	123,55585	51,63384
267,5	175,18969	51,63384
268,5	226,82352	51,63384
269,5	278,45736	51,63384
270,5	330,09120	51,63384
271,5	21,72503	51,63384

Jika kita sandingkan nilai $2M'$ antara New Moon dan Full Moon, maka terdapat perbedaan 25, 81694 derajat (173,75283-147,93590), maka jika kita menggunakan instrumen Volvelle Inovasi Koreksi, maka perlu diingat bahwa jarak nilai $2M'$ antara New Moon dan Full Moon adalah 25 derajat. Berikut kontribusi koreksi yang diberikan nilai $2M'$ baik di New Moon maupun Full Moon :

Tabel 4.13

Rumus Koreksi	Sudut	Hasil Jam
$0,1608 \times \sin 2M'$	0	00:00:00
$0,1608 \times \sin 2M'$	45	+00:23:09
$0,1608 \times \sin 2M'$	90	00:00:00
$0,1608 \times \sin 2M'$	135	-00:23:09
$0,1608 \times \sin 2M'$	180	00:00:00
$0,1608 \times \sin 2M'$	225	+00:23:09
$0,1608 \times \sin 2M'$	270	00:00:00
$0,1608 \times \sin 2M'$	315	-00:23:09

$0,1608 \times \sin 2M'$	360	00:00:00
--------------------------	-----	----------

Kita akan menemukan perbedaan dari yang sebelumnya (M' dan M'') dikarenakan puncak koreksi ada di sudut 451, 135, 2215, dan 31151 derajat yaitu dengan nilai maksimal 231 menit 9 detik. Apabila nilai $2M'$ 415 dan 225 derajat, maka data jam untuk menambahi, dan jika di angka 135 dan 315, maka data jam untuk mengurangi, sedangkan pada sudut 0, 90, 180, 270, dan 360 derajat, maka nilai koreksi 0 jam. Keadaan ini berbeda 5 detik dengan koreksi maksimal $21M'$ pada Full Moon.

Selanjutnya pada koreksi yang keempat adalah $2F$ ($2x$ Argumen Lintang Bulan) yang sebelumnya F sudah mengambil peran dalam penentuan ada tidaknya suatu gerhana. Kini $2F$ sebagai turunannya juga memberikan kontribusi koreksi meskipun tidak sebanyak M' dan M . Cara mendapatkan $2F$ ini sebagaimana $2M'$ tinggal mengalikan 2 dengan F , hasil dari sudutnya kemudian di proses menjadi jam koreksi. Begitu juga rumus yang digunakan adalah pertama pada New Moon menggunakan $0,01039 \times \sin 2F$ untuk koreksi gerhana Matahari dan rumus kedua pada Full Moon $0,01042 \times \sin 2F$ untuk koreksi gerhana Bulan.

Berikut perhitungan $2F$ dalam 12 New Moon di tahun 2021 M dengan tehnik aritmatika:

Tabel 4.14

Nilai k	Hasil $2F$	Selisih
260	70,08288	61,341
261	131,42388	61,341
262	192,76488	61,341
263	254,10588	61,341
264	315,44688	61,341
265	16,78788	61,341
266	78,12888	61,341

267	139,46988	61,341
268	200,81088	61,341
269	262,15188	61,341
270	323,48288	61,341
271	24,83388	61,341

Karena 2F itu simbol dari 2 kali nilai F, maka kita akan mendapatkan selisih konstan sebesar 61,341 derajat. Dengan seperti ini maka sudah dapat dipastikan bahwa ada peluang baru untuk merumuskan 2F versi aritmatika yaitu $2F = 260,08060 + (k+1) \cdot 61,341$. Sedangkan untuk mendapatkan nilai 2F pada Full Moon, maka cara yang digunakan dengan mengalikan nilai F Full Moon dengan angka 2. Hal ini dikarenakan hukum 2F itu mengikuti F itu sendiri dan nilai F antara New Moon dan Full Moon itu berbeda, berikut adalah data 2F Full Moon akan ditampilkan dalam tabel:

Tabel 4.15

Nilai k	Hasil 2F	Selisih
260,5	100,75338	61,341
261,5	162,09438	61,341
262,5	223,43538	61,341
263,5	284,77638	61,341
264,5	346,11738	61,341
265,5	47,45838	61,341
266,5	108,79938	61,341
267,5	170,14038	61,341
268,5	231,48138	61,341
269,5	292,82238	61,341
270,5	354,16338	61,341
271,5	55,50438	61,341

Nilai selisih yang sama ditampilkan pada New Moon dan Full Moon memiliki karakter nilai yang bagus yaitu sebesar 61,341 derajat, kemudian jika dibandingkan

antara nilai 2F New Moon dan Full Moon, maka ada jarak sebesar 30,67050 derajat (100,75338-70,08288). Sehingga apabila kita menggunakan instrumen Volvele Inovasi Koreksi ini, maka perlu diingat bahwa jarak nilai 2F antara New Moon dan Full Moon adalah 30 derajat.

Adapun kontribusi koreksi yang diberikan pada nilai 2F baik di New Moon maupun di Full Moon adalah sebagai berikut :

Tabel 4.16

Rumus Koreksi	Sudut	Hasil Jam
0,01039 x Sin 2F	0	00:00:00
0,01039 x Sin 2F	45	+00:14:58
0,01039 x Sin 2F	90	00:00:00
0,01039 x Sin 2F	135	-00:14:58
0,01039 x Sin 2F	180	00:00:00
0,01039 x Sin 2F	225	+00:14:58
0,01039 x Sin 2F	270	00:00:00
0,01039 x Sin 2F	315	-00:14:58
0,01039 x Sin 2F	360	00:00:00

Dari tabel diatas tersebut kita akan mendapati karakter yang sama dari 2M', dikarenakan puncak jam koreksi berada di sudut 45,135, 225 dan 315 derajat yaitu dengan nilaimaksimal 14 menit 58 detik, dan jika apabila nilai 2F 45, dan 225 derajat, maka data jam untuk menambahi, jika di angka 135 dan 315, maka data jam untuk mengurangi. Sedangkan pada sudut 0, 90, 180, 270 dan 360 derajat, maka nilai koreksi 0 jam, keadaan seperti ini berbeda 2 detik dengan koreksi maksimal 2F pada Full Moon.

Koreksi yang terakhir untuk Volvele Inovasi Koreksi ini adalah M' + M (Kombinasi Bulan Dan Matahari) sering disebut dengan kombinasi dari gerak rerata bulan dan matahari ini dalam kontribusinya menempati urutan yang kelima atau terakhir setelah 21F yang mampu memberi koreksi maksimal hampir 15

menit. Cara untuk mendapatkan nilai $M'+M$ ini adalah dengan menambahkan sudut M' dengan sudut M yang keduanya sudah dijelaskan di atas, adapun untuk merubah hasil sudut ke bentuk data jam koreksi, maka dapat melalui satu rumus yaitu $0,00514 \times \sin M'+M$, baik mengoreksi data New Moon guna koreksi gerhana Matahari dan pada Full Moon untuk mengoreksi data gerhana Bulan. Dengan teknik aritmatika, coba kita menghitung $M'+M$ dalam 12 New Moon dalam tahun 2021 M:

Tabel 4.17

Nilai k	Hasil $M'+M$	Selisih
260	83,91409	54,92227
261	138,83636	54,92227
262	193,75864	54,92227
263	248,68091	54,92227
264	303,60319	54,92227
265	358,52546	54,92227
266	53,44774	54,92227
267	108,37001	54,92227
268	163,29228	54,92227
269	218,21456	54,92227
270	273,13683	54,92227
271	328,05911	54,92227

Dari tabel tersebut kita akan mendapati nilai selisih stabil sebesar 54,92227 derajat. Keadaan seperti ini sangat menguntungkan dalam proyeksi instrumen dan perumusan baru versi aritmatika, yaitu $M'+M = 149,19543 + (K+1) \cdot 54,92227$. Disinilah posisi proyeksi instrumen $M'+M$ terbentuk yaitu dengan adanya nilai stabil di setiap New Moon / Full Moon.

Sedangkan untuk mendapatkan nilai $M'+M$ pada Full Moon caranya juga sama yaitu M' Full Moon ditambah M Full Moon. Hal ini dikarenakan hukum

$M'+M$ mengikuti M' dan M , nilai M' , M antara New Moon dan Full Moon itu berbeda, sebagai berikut:

Tabel 4.18

Nilai k	Hasil $M'+M$	Selisih
260,5	291,37523	54,92227
261,5	346,29751	54,92227
262,5	41,21978	54,92227
263,5	96,14206	54,92227
264,5	151,06433	54,92227
265,5	205,98661	54,92227
266,5	260,90888	54,92227
267,5	315,83116	54,92227
268,5	10,75343	54,92227
269,5	65,67571	54,92227
270,5	120,59798	54,92227
271,5	175,52026	54,92227

Karakter nilai yang bagus ditampilkan $M'+M$ pada Full Moon dan New Moon dengan selisih yang sama sebesar 54,92227 derajat. Kemudian jika dibandingkan antara nilai $M'+M$ New Moon dan Full Moon, maka ada jarak sebesar 207,46115 derajat (291,37523-83,91409), sehingga apabila kita menggunakan instrumen Volvelle Inovasi Koreksi ini, maka perlu diingat bahwa jarak nilai $M'+M$ antara New Moon dan Full Moon adalah 207 derajat, berikut kontribusi koreksi yang diberikan nilai $M'+M$ baik New Moon maupun Full Moon:

Tabel 4.19

Rumus Koreksi	Sudut	Hasil Jam
$0,00514 \times \sin M'+M$	0	00:00:00
$0,00514 \times \sin M'+M$	90	+00:07:24
$0,00514 \times \sin M'+M$	180	00:00:00
$0,00514 \times \sin M'+M$	270	-00:07:24
$0,00514 \times \sin M'+M$	360	00:00:00

Dari tabel tersebut kita akan kembali mendapatkan karakter yang sama dengan M' dan M dikarenakan puncak jam koreksi ada di sudut 90 dan 270 derajat yaitu dengan nilai maksimal 7 menit 24 detik, apabila nilai $M'+M$ di sudut 90 derajat, maka data jam untuk menambahi dan apabila di sudut 270 derajat maka data jam untuk mengurangi. Sedangkan nilai $M'+M$ pada sudut 0, 180 dan 360 derajat, maka nilai koreksinya 0 jam. Keadaan ini sama antara New Moon dan Full Moon.

3. Analisis Perhitungan Gerhana Bulan Dalam Ephemeris

Ilmu pengetahuan yang semakin berkembang, peralatan perhitungan semakin canggih dan menyediakan data yang akurat, sehingga perbandingan dari satu metode dengan metode lainnya sangat perlu. Hal ini untuk mengukur tingkat akurasi dan supaya tahu titik kelemahan antara satu metode dengan metode pembandingnya. Dengan diketahuinya titik kelemahan dari metode itu, supaya ada upaya untuk pengembangan dan untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

Pada pembahasan sebelumnya sudah sedikit penulis singgung tentang hisab yang termasuk ke dalam metode

kontemporer. Hisab tersebut tertuang dalam beberapa model. Beberapa hisab data yang disajikan tertuang dalam bentuk tabel seperti *Astronomical Almanac* dan *Ephemeris*. Sedangkan yang lain dalam sebuah program komputer seperti mawaqit karya Ing Khafid. Dari beberapa model hisab tersebut, tentunya hasil perhitungan yang dihasilkan oleh hisab-hisab tersebut berbeda. Salah satunya disebabkan oleh sumber data yang diambil oleh masing-masing hisab. Dalam perbandingan ini, Penulis menggunakan data-data *Instrumen Volvelle Inovasi* yang merupakan objek penelitian & membandingkan dengan data-data kontemporer yang tingkat akurasi sudah tinggi, dalam hal ini adalah hisab *Ephemeris*.

Hisab *ephemeris* merupakan salah satu hisab kontemporer yang menggunakan tabel untuk mendapatkan data Bulan-matahari, yang mana tabel tersebut sudah diprogram dalam komputer yang bernama *WinHisab*. Dalam tabel *ephemeris* tersedia beberapa data mengenai matahari dan bulan yang dapat digunakan untuk kegiatan hisab maupun rukyat, baik untuk menentukan arah kiblat, waktu-waktu shalat, awal bulan kamariah dan gerhana. Data tersebut juga bisa di dapat dalam sebuah buku yang berjudul *Ephemeris Hisab Rukyah* yang setiap tahun diterbitkan oleh Departemen RI (sejak tahun 2005 ditangani oleh Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah).¹³⁶

Standar perbandingannya adalah karena hisab *Ephemeris* sudah tergolong hisab kontemporer yang mana hasilnya akurat dan hisab kontemporer ini banyak digunakan oleh para ahli falak masa kini, sehingga hal ini memungkinkan keduanya untuk dibandingkan. Selain itu, hal ini dilakukan supaya diketahui besarnya

¹³⁶ Muhyidin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktek*, Jogjakarta: Buana Pustaka, Cet ke 3, 2008, hlm 152-153.

perbedaan hasil hisab dan mengetahui besar tingkat akurasi.

Dalam Ephemeris untuk mencari data bulan dan matahari hanya melihat pada tabel WinHisab atau buku ephemeris hisab rukyah. Akan tetapi dalam menyajikan data bulan dan matahari ini berdasarkan tanggal, bulan dan tahun masehi. Sehingga apabila akan menghitung waktu *istiqbal* yang biasanya terjadi pada pertengahan bulan kamariah, maka harus dikonversi terlebih dahulu dengan kalender syamsiyah.¹³⁷ Begitu halnya dengan menghitung awal dan akhir terjadinya gerhana, pengambilan datanya juga mengambil dari tabel tersebut, yang kemudian dimasukkan dalam rumus matematika yang sudah tersedia. Data bulan dan matahari disajikan setiap jam, sehingga data bulan dan matahari untuk menit dan detiknya dapat diperoleh dengan melakukan penta'dilan atau interpolasi terhadap data yang ada.

Pada tanggal 26 Mei 2021 telah terjadi Gerhana Bulan Total, sebagai berikut :

FIB (Fraction Illumination Bulan) Terbesar pada tanggal 26 Mei 2021 adalah 0,9998 pada jam : 11.00 GMT.

ELM (Ecliptic Longitude Matahari) pada jam 11.00 GMT : $65^{\circ} 25' 46''$.

ALB (Apparent Longitude Bulan) pada jam 11.00 GMT : $245^{\circ} 15' 23''$.

Menghitung Sabaq Matahari (B1) :

- ELM jam 11.00 GMT = $65^{\circ} 25' 46''$
 - ELM jam 12.00 GMT = $65^{\circ} 28' 10''$
- ELM jam 11.00 GMT – ELM jam 12.00 GMT
= $65^{\circ} 25' 46'' - 65^{\circ} 28' 10''$

¹³⁷ Muhyidin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktek*, hlm 154-155.

$$= 0^{\circ} 2' 24'' \text{ (B1)}$$

Menghitung Sabaq Bulan (B2) :

$$\text{- ALB pada jam 11.00 GMT : } 245^{\circ} 15' 23''$$

$$\text{- ALB pada jam 12.00 GMT : } 245^{\circ} 53' 51''$$

$$\text{ALB jam 11.00 GMT - ALB jam 12.00 GMT}$$

$$= 245^{\circ} 15' 23'' - 245^{\circ} 53' 51''$$

$$= 0^{\circ} 38' 28'' \text{ (B2)}$$

Menghitung jarak Matahari dan Bulan

(MB)

$$\begin{aligned} \text{- MB} &= \text{ELM} - (\text{ALB} + 180) \\ &= 65^{\circ} 25' 46'' - (245^{\circ} 15' 23'' + 180) \\ &= 0^{\circ} 10' 23'' \end{aligned}$$

Menghitung Sabaq Bulan Mu'addal (SB)

$$\begin{aligned} \text{- SB} &= \text{B2} - \text{B1} \\ &= 0^{\circ} 38' 28'' - 0^{\circ} 2' 24'' \\ &= 0^{\circ} 36' 4'' \end{aligned}$$

Menghitung Titik Istiqbal (TI)

$$\begin{aligned} \text{- TI} &= \text{MB} : \text{SB} \\ &= 0^{\circ} 10' 23'' : 0^{\circ} 36' 4'' \\ &= 0^{\circ} 17' 16,414'' \end{aligned}$$

Menghitung Waktu Istiqbal

$$\begin{aligned} \text{- Is} &= (\text{Waktu FIB} + \text{TI}) - 00 : 01 : 49.29 \\ &= (11^{\circ} 0' 0'' + 0^{\circ} 17' 16,414'') \\ &- 00 : 01 : 49.29 \\ &= 11^{\circ} 15' 27,12'' \end{aligned}$$

Data yang dibutuhkan dalam penggarapan Gerhana Bulan ini diantaranya : Semi Diameter Matahari (**SD_o**), Semi Diameter Bulan (**SD_☾**), Horizontal Parallax Bulan, Apparent Latitude Bulan dan Jarak Bulan.

Data diambil dengan jalan Interpolasi :

Rumus A- (A-B) X C/I

- Semi Diameter Bulan jam 11.00
GMT = 0° 16' 42,99"

Semi Diameter Bulan jam 12.00
GMT = 0° 16' 42,89"

**Semi Diameter Bulan= 0° 16'
42,964"**

- Horizontal Parallax Bulan jam 11.00
GMT = 01° 01' 21"

Horizontal Parallax Bulan jam 12.00
GMT = 01° 01' 20"

**Horizontal Parallax Bulan= 01° 01'
20,742"**

- Apparent Lattitude Bulan jam 11.00
GMT = 0° 30' 11"

Apparent Lattitude Bulan jam 12.00
GMT = 0° 26' 40"

**Apparent Lattitude Bulan= 0° 29'
16,66"**

- Semi Diameter Matahari jam 11.00
GMT = 0° 15' 47,25"

Semi Diameter Matahari jam 11.00
GMT = 0° 15' 47,25"

**Semi Diameter Matahari = 0° 15'
47,25"**

- **Jarak Bumi jam 11.00 GMT =
1.0130663**

Dengan melihat besar harga mutlak dari Apparent Lattitude Bulan, maka penentuan batas terjadi Gerhana Bulan sebagai berikut¹³⁸ :

- a. $L \square > 1^\circ 36' 38''$: Tidak mungkin terjadi Gerhana Bulan

¹³⁸ Ahmad Izzuddin, Ilmu Falak Praktis Ha 1-119.

- b. $1^{\circ} 26' 19'' < L_{\square} < 1^{\circ} 36' 38''$:
Mungkin terjadi Gerhana Bulan Semu
- c. $1^{\circ} 3' 46'' < L_{\square} < 1^{\circ} 26' 19''$: Pasti terjadi Gerhana Bulan Semu, namun tidak terjadi Gerhana Bulan (Umbra)
- d. $0^{\circ} 53' 26'' < L_{\square} < 1^{\circ} 3' 46''$: Pasti terjadi Gerhana Bulan Semu dan Mungkin terjadi Gerhana Bulan (Umbra)
- e. $L_{\square} < 0^{\circ} 53' 26''$: Pasti terjadi Gerhana Bulan

Ket : Karena harga L_{\square} lebih kecil dari $0^{\circ} 53' 26''$ yaitu bernilai **$0^{\circ} 29' 16,66''$** , maka terjadi Gerhana Bulan.

Menghitung Horizon Parallax Matahari :

$$\begin{aligned}
 - \sin H_{Po} &= \sin 08,794 : JB \\
 &= \sin \\
 & \quad 08,79 \\
 & \quad 4 \quad : \\
 & \quad 1.013 \\
 & \quad 0663
 \end{aligned}$$

H_{Po}

$$= 0^{\circ} 0' 8.68''$$

Menghitung Jarak Bulan dari titik simpul (H)

$$\begin{aligned}
 - \sin H &= \sin L_{\square} : \sin 5^{\circ} \\
 &= \sin 0^{\circ} 29' 16,66'' : \sin 5^{\circ}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \\
 & \quad 05^{\circ} \\
 & \quad 36' \\
 & \quad 27.
 \end{aligned}$$

385

"

Menghitung lintang Bulan maksimum terkoreksi (U)

$$\begin{aligned}
 - \text{Tan } U &= [\tan L_{\square} : \text{Sin } H] \\
 &= [\tan 0^{\circ} 29' 16,66'' : \text{Sin } 05^{\circ} 36' 27,385'']
 \end{aligned}$$

$$U = 4^{\circ} 58' 53,497''$$

Menghitung lintang bulan minimum terkoreksi (Z)

$$\begin{aligned}
 - \text{Sin } Z &= [\text{Sin } U \times \text{Sin } H] \\
 &= [\text{Sin } 4^{\circ} 58' 53,497'' \times \text{Sin } 05^{\circ} 36' 27,385'']
 \end{aligned}$$

$$Z = 0^{\circ} 29' 10,089''$$

Menghitung koreksi kecepatan bulan relatif terhadap matahari (K)

$$\begin{aligned}
 - K &= \text{Cos } L_{\square} \times \text{SB} : \text{Cos } U \\
 &= \text{Cos } 0^{\circ} 29' 16,66'' \times 0^{\circ} 36' 4'' : \text{Cos }
 \end{aligned}$$

$$4^{\circ} 58' 53,497''$$

$$K = 0^{\circ} 36' 12,125''$$

Menghitung besarnya semi diameter bayangan inti bumi (D)

$$\begin{aligned}
 - D &= (\text{HP}_{\square} + \text{HP}_o - \text{Sdo}) \times 1.02 \\
 &= (01^{\circ} 01' 20,742'' + 0^{\circ} 0' 8,68'' - 0^{\circ} 15'
 \end{aligned}$$

$$47,25'') \times 1.02$$

$$D = 0^{\circ} 46' 28,162''$$

Menghitung jarak titik pusat bayangan inti bumi sampai titik pusat bulan ketika piringan bulan mulai bersentuhan dengan bayangan inti bumi (X)

$$\begin{aligned}
 - X &= D + \text{SD}_{\square} \\
 &= 0^{\circ} 46' 28,162'' + 0^{\circ} 16' 42,964''
 \end{aligned}$$

$$= 01^{\circ} 3' 11,127''$$

Menghitung jarak titik pusat bayangan inti bumi sampai titik pusat bulan ketika seluruh piringan bulan mulai masuk pada bayangan inti bumi (Y)

$$\begin{aligned} - Y &= D - SD \\ &= 0^{\circ} 46' 28,162'' - 0^{\circ} 16' 42,964'' \\ Y &= 0^{\circ} 29' 45,198'' \end{aligned}$$

Nilai Y lebih besar daripada Z, maka terjadi Gerhana Bulan Total
Menghitung jarak titik pusat bulan ketika piringan bulan mulai bersentuhan dengan bayangan inti bumi (C)

$$\begin{aligned} - \cos C &= \cos X : \cos Z \\ &= \cos 01^{\circ} 3' 11,127'' : \cos 0^{\circ} 29' 10,089'' \\ C &= 0^{\circ} 56' 3,0493'' \end{aligned}$$

Menghitung waktu yang diperlukan oleh bulan untuk berjalan mulai ketika piringan bulan bersentuhan dengan bayangan inti bumi sampai ketika titik pusat bulan segaris dengan bayangan inti bumi (T1)

$$\begin{aligned} - T1 &= C : K \\ &= 0^{\circ} 56' 3,0493'' : 0^{\circ} 36' 12,125'' \\ T1 &= 01^{\circ} 32' 53,793'' \end{aligned}$$

Menghitung jarak titik pusat bulan saat segaris dengan bayangan inti bumi sampai titik pusat bulan ketika seluruh piringan bulan masuk pada bayangan inti bumi (E)

$$\begin{aligned} - \cos E &= \cos Y : \cos Z \\ &= \cos 0^{\circ} 29' 45,198'' : \cos 0^{\circ} 29' 10,089'' \end{aligned}$$

$$E = 0^{\circ} 5' 52,312''$$

Menghitung tenggang waktu yang dibutuhkan bulan untuk berjalan mulai titik pusat bulan saat segaris dengan bayangan inti bumi sampai titik pusat bulan ketika seluruh piringan bulan masuk pada bayangan inti bumi (T2)

$$\begin{aligned} - T2 &= E : K \\ &= 0^{\circ} 5' 52,312'' : 0^{\circ} 36' 12,125'' \\ T2 &= 0^{\circ} 09' 43,909'' \end{aligned}$$

Koreksi pertama terhadap kecepatan bulan (Ta)

$$\begin{aligned} - Ta &= \cos H : \sin K \\ &= \cos 0^{\circ} 36' 27,385'' : \sin 0^{\circ} 36' 12,125'' \\ Ta &= 94^{\circ} 30' 25,968'' \end{aligned}$$

Koreksi pertama terhadap kecepatan bulan (Tb)

$$\begin{aligned} - Tb &= \sin L_{\square} : \sin K \\ &= \sin 0^{\circ} 29' 16,66'' : \sin 0^{\circ} 36' 12,125'' \\ Tb &= 0^{\circ} 48' 31,422'' \end{aligned}$$

Menghitung waktu gerhana (T0)

$$\begin{aligned} - T0 &= [\sin 0,05 \times Ta \times Tb] \\ &= [\sin 0,05 \times 94^{\circ} 30' 25,968'' \times 0^{\circ} 48' 31,422''] \\ T0 &= 0^{\circ} 4' 0,1156'' \end{aligned}$$

Menghitung waktu titik tengah gerhana (Tgh)

- Jika harga mutlak Lintang Bulan semakin mengecil, maka : $Tgh = Istiqbal + T0$
- Jika harga mutlak Lintang Bulan semakin membesar, maka:

$$Tgh = \text{Istiqbal} - T0$$

Karena harga mutlak lintang bulan semakin mengecil maka :

$$\begin{aligned} - \quad Tgh &= \text{Istiqbal} + T0 \\ &= 11^{\circ} 15' 27,12'' + 0^{\circ} 4' \\ & \quad 0,1156'' \end{aligned}$$

$$Tgh = 11^{\circ} 19' 27,24'' \text{ GMT}$$

$$\begin{aligned} Tgh + 7 &= 11^{\circ} 19' 27,24'' + 7 \\ &= 18^{\circ} 19' 27,24'' \text{ WIB} \end{aligned}$$

Menghitung waktu mulai gerhana

$$\begin{aligned} - \quad Tgh - T1 &= 18^{\circ} 19' 27,24'' - 01^{\circ} \\ & \quad 32' 53,793'' \\ &= 16^{\circ} 46' 33,45'' \end{aligned}$$

WIB

Menghitung Mulai Total Gerhana

$$\begin{aligned} - \quad Tgh - T2 &= 18^{\circ} 19' 27,24'' - 0^{\circ} \\ & \quad 09' 43,909'' \\ &= 18^{\circ} 09' 43,33'' \end{aligned}$$

WIB

Menghitung Selesai Total Gerhana

$$\begin{aligned} - \quad Tgh + T2 &= 18^{\circ} 19' 27,24'' + 0^{\circ} \\ & \quad 09' 43,909'' \\ &= 18^{\circ} 29' 11,149'' \end{aligned}$$

WIB

Menghitung Selesai Gerhana

$$\begin{aligned} - \quad Tgh + T1 &= 18^{\circ} 19' 27,24'' + 01^{\circ} \\ & \quad 32' 53,793'' \\ &= 19^{\circ} 52' 21,033'' \end{aligned}$$

WIB

Gerhana Bulan Total terjadi pada Rabu Pahing, 26 Mei 2021, gerhana ini dapat dilihat diseluruh wilayah Indonesia bagian barat sebagai berikut :

Tabel 4.20

No.	Awal – Akhir Gerhana	Keterangan
1.	Mulai Gerhana	16 : 46 : 33,44 WIB
2.	Mulai Total	18 : 09 : 43,33 WIB
3.	Puncak Gerhana	18 : 19 : 27,23 WIB
4.	Selesai Total	18 : 29 : 11,14 WIB
5.	Selesai Gerhana	19 : 52 : 21,03 WIB

B. Analisis Keakurasian Hisab Volvelle Inovasi dan Ephemeris dalam Penentuan Waktu Gerhana Bulan

Dengan berkembangnya zaman yang semakin modern, hisab atau perhitungan falak pun semakin berkembang, hasil perhitungan dari suatu instrumen menjadi penting untuk diketahui. Tidak terkecuali Volvelle Inovasi, sebuah instrumen lama yang baru saja diperbaharui data-datanya ini tidak lain karena pada dasarnya untuk mengetahui keakurasian suatu sistem hisab atau perhitungan adalah untuk menghindari keraguan apalagi jika hasil itu digunakan untuk keperluan ibadah.

Untuk akurasi hasil perhitungan Volvelle Inovasi, metode hisab yang dijadikan tolak ukur adalah metode hisab haqiqi bi al-taqrib untuk Volvelle Inovasi Un-Koreksi, hadirnya koreksi dalam Instrumen ini kita akan mendapatkan hasil cukup baik yaitu dengan meminimalisasi jarak selisih antara jam awal Volvelle Inovasi dengan jam akhir dalam Volvelle terkoreksi, dalam hal ini penulis mengkomparasikan hasil perhitungan dari Volvelle Inovasi ini dengan Volvelle Inovasi yang sudah terkoreksi dan juga dengan Ephemeris.

Penulis membandingkan dengan hasil perhitungan menurut Ephemeris, karena standar perbandingannya adalah dikarenakan Ephemeris sudah termasuk dalam hisab kontemporer yang banyak digunakan oleh pakar

falak masa kini, untuk memperoleh data-data Ephemeris ini bisa menggunakan tabel yang sudah di program dalam komputer yang bernama Winhisab.

Berikut penulis tampilkan hasil perhitungan Gerhana Bulan total atau parsial dalam Instrumen Volvelle Inovasi Un-Koreksi, Terkoreksi & Ephemeris. Tabel dibawah ini sudah dikonversi menjadi Waktu Indonesia Barat (WIB).

Tabel : Tabel Perbandingan Hisab Gerhana Bulan Volvelle Inovasi Un-Koreksi, Terkoreksi, Dan Ephemeris.

Tabel 4.21

No.	Waktu	Jam Volvelle Un-Koreksi (WIB)	Jam Volvelle Terkoreksi (WIB)	Jam Ephemeris (WIB)	Selisih Dengan Ephemeris	
					Volvelle Un-Koreksi	Volvelle Terkoreksi
1.	15 Juni 2011	11:00	03:16	03:12	7 Jam 48 Menit	4 Menit
2.	10 Desember 2011	16:00	21:43	21:31	5 Jam 31 Menit	12 Menit
3.	4 Juni 2012	20:00	18:30	18:03	1 Jam 57 Menit	27 Menit
4.	25 April 2013	05:00	03:09	03:09	1 Jam 41 Menit	0 menit
5.	15 April 2014	01:00	14:36	14:48	13 Jam 48 Menit	12 Menit
6.	8 Oktober 2014	05:00	17:38	17:53	12 Jam 53 Menit	15 Menit

7.	4 April 2015	10:00	18:42	19:01	9 Jam 1 Menit	19 Menit
8.	23 Maret 2016	19:00	18:43	18:47	13 Menit	4 Menit
9.	8 Agustus 2017	19:00(7 Agustus 2017)	01:14	01:22	6 Jam 22 Menit	8 Menit
10.	31 Januari 2018	23:00	20:36	20:28	2 Jam 32 Menit	8 Menit
11.	27 Juli 2018	04:00	03:30	03:23	37 Menit	7 Menit
12.	17 Juli 2019	13:00	04:45	04:31	15 Jam 31 Menit	14 Menit
13.	5 Juni 2020	09.00	02:15	02:25	6 Jam 35 Menit	10 Menit
14.	26 Mei 2021	18.00	18:29	18:19	19 Menit	10 Menit
15.	16 Mei 2022	02:00	11:32	11:10	9 Jam 10 Menit	12 Menit
16.	29 Oktober 2023	16:00(28 Oktober 2023)	03:26	03:14	11 Jam 14 Menit	12 Menit
17.	25 Maret 2024	07:00	13:28	14:11	7 Jam 11 Menit	43 Menit
18.	7 September 2025	20:00	00:55	01:11(8 September 2025)	5 Jam 11 Menit	16 Menit
19.	3 Maret 2026	01:00(4 Maret 2026)	18:41	18:34	6 Jam 26 Menit	7 Menit

20.	20 Februari 2027	10:00	06:42	06:11	3 Jam 49 Menit	31 Menit
21.	7 Juli 2028	10:00	01:07	01:18	9 Jam 42 Menit	11 Menit
22.	26 Juni 2029	19:00	10:24	10:22	9 Jam 38 Menit	2 Menit
23.	16 Juni 2030	04:00	01:54	01:32	2 Jam 28 Menit	22 Menit
24.	30 Oktober 2031	04:00	14:39	14:44	10 Jam 44 Menit	5 Menit
25.	25 April 2032	09:00	22:03	22:14	13 Jam 14 Menit	11 Menit
26.	8 Oktober 2033	22:00	17:38	17:55	4 Jam 5 Menit	3 Menit
27.	3 April 2034	02:00	02:02	02:05	5 Menit	3 Menit
28.	22 Februari 2035	22:00	15:55	16:06	5 Jam 54 Menit	11 Menit
29.	7 Agustus 2036	12:00	10:01	09:51	2 Jam 9 Menit	10 Menit
30.	31 Januari 2037	16:00	21:12	21:01	5 Jam 1 Menit	11 Menit
31.	21 Januari 2038	01:00	11:01	10:50	9 Jam 50 Menit	11 Menit
32.	7 Juni 2039	01:00	01:59	01:53	53 Menit	6 Menit

33.	26 Mei 2040	10:00	19:03	18:45	8 Jam 45 Menit	18 Menit
34.	15 Mei 2041	19:00	08:01	07:43(16 Mei 2041)	12 Jam 43 Menit	18 Menit
35.	29 September 2042	19:00	17:07	17:45	1 Jam 15 Menit	38 Menit
36.	25 Maret 2043	24:00	21:05	21:30	2 Jam 30 Menit	25 Menit
37.	13 Maret 2044	08:00	02:44	02:37	5 Jam 23 Menit	7 Menit
38.	3 Maret 2045	17:00	15:14	14:41	2 Jam 19 Menit	33 Menit
39.	22 Januari 2046	13:00	19:48	20:01	7 Jam 1 Menit	13 Menit
40.	7 Juli 2047	03:00	17:32	17:35	14 Jam 35 Menit	3 Menit
41.	26 Juni 2048	11:00	09:17	09:02	1 Jam 58 Menit	15 Menit
42.	17 Mei 2049	08:00	18:23	18:25	10 Jam 25 Menit	2 Menit
43.	7 Mei 2050	16:00(6 Mei 2049)	05:20	05:31	13 Jam 31 Menit	11 Menit
44.	30 Oktober 2050	21:00	10:05	10:20	10 Jam 40 Menit	15 Menit

Tabel diatas menjelaskan nilai selisih waktu terjadinya gerhana bulan antara Volvelle Inovasi Un-Koreksi, Terkoreksi dan Ephemeris dengan acuan gerhana bulan dari tahun 2011 sampai 2050. Untuk selisih Volvelle Inovasi Un-Koreksi dengan Ephemeris, besar nilai selisih minimum terjadi pada tanggal 3 April 2034 dengan nilai 0 jam 5 menit, besar nilai selisih maksimum terjadi pada tanggal 17 Juli 2019 dengan nilai 15 jam 31 menit, dan besar selisih rata-rata 9 jam 51,5 menit.

Sedangkan untuk selisih Volvelle Inovasi Terkoreksi dengan Ephemeris, besar nilai selisih minimum terjadi pada tanggal 25 April 2013 dengan nilai 0 jam 0 menit, besar nilai selisih maksimum terjadi pada tanggal 25 Maret 2024 sebesar 0 Jam 43 menit, besar selisih rata-rata 0 jam 11 menit.

Dengan membandingkan hasil perhitungan tersebut, dikarenakan instrumen ini adalah alat untuk prediksi bukan observasi, masing-masing dari instrumen Volvelle Inovasi Un-koreksi dengan Ephemeris memperoleh hasil yang jelas tidak sama, begitupun dengan Volvelle Inovasi Terkoreksi masih terdapat perbedaan hasil perhitungan meskipun tidak begitu signifikan perbedaannya. Maka dari itu, hasil dari perhitungan Volvelle Inovasi Un-Koreksi maupun Volvelle Inovasi Terkoreksi ini belum bisa dijadikan acuan seperti halnya sistem hisab Ephemeris dalam penentuan Gerhana.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Dalam perhitungan waktu terjadinya gerhana bulan, Instrumen Volvelle Inovasi menggunakan metode hisab hakiki taqribi sehingga hasil akurasinya masih merupakan perkiraan dibandingkan dengan sistem hisab kontemporer yang mana dalam hal ini adalah sistem hisab Ephemeris. Data astronomis yang diperoleh oleh Instrumen Volvelle Inovasi ini bersumber dari Algoritma Jean Meuus, terkhusus nilai F (Argumen lintang bulan) ditransformasikan menjadi lebih sederhana berdasarkan persamaan aritmatika. Kehadiran Volvelle Inovasi ini tentunya menjadi daya tarik tersendiri bagi kajian gerhana, pasalnya hal ini karena Volvelle Inovasi ini menjadi instrumen pertama yang ada di Indonesia, hanya saja salah satu kekurangan dari Instrumen ini adalah data jam yang masih kasar, untuk itulah perlu adanya koreksi guna memperhalus data jam yang dihasilkan, berbicara koreksi dalam instrumen ini mengadopsi 5 koreksi, pemilihan 5 koreksi ini karena sumbangan koreksinya yang cukup besar, seperti halnya M' (Anomali Rerata Bulan), M (Anomali Rerata Matahari), $2M'$ (2x Anomali Rerata Bulan), $2F$ (2x Argumen Lintang Bulan), dan $M' + M$ (Kombinasi Bulan Dan Matahari), pemilihan koreksi ini juga melalui peninjauan aspek singularity (ke-pola-an), untuk itulah Volvelle Inovasi Koreksi ini hadir untuk memperhalus data jam hingga satuan menit. Perhitungan Volvelle Inovasi ini setidaknya hampir setara dengan hisab kontemporer Ephemeris yang banyak digunakan karena data-datanya sama-sama sudah berdasarkan pada gerak matahari dan bulan. Sistem hisab apapun akan masih memiliki kekurangan dan kelebihan didalamnya karena sistem ini hanya bersifat kalkulasi, begitu

halnya dengan Volvelle Inovasi Un-koreksi maupun Koreksi dan Ephemeris.

2. Hasil komparasi perhitungan yang dihasilkan antara Volvelle Inovasi Un-Koreksi, Terkoreksi dengan Ephemeris dalam terjadinya gerhana bulan selisih minimum berkisar pada menit. sebagai contoh dalam tabel bab 4, bahwa dalam terjadinya gerhana bulan pada tanggal 3 April 2034 antara Volvelle Inovasi Un-Koreksi dengan Ephemeris menunjukkan adanya selisih perbedaan minimum 0 jam 5 menit, dan besar nilai maksimum 15 jam 31 menit pada tanggal 17 Juli 2019, serta nilai besar selisih rata-rata 9 jam 51,5 menit, sedangkan jika dibandingkan Volvelle Inovasi Koreksi dengan Ephemeris nilai besar selisih minimum yang dihasilkan adalah 0 jam 0 menit pada tanggal 25 April 2013, dan nilai besar selisih maksimum 0 jam 43 menit pada tanggal 25 Maret 2024, serta nilai besar selisih rata-rata 0 jam 11 menit. Dengan jatuhnya perbedaan hasil perhitungan antara keduanya dengan hisab kontemporer yakni Ephemeris Instrumen Volvelle Inovasi Koreksi maupun Un-Koreksi belum dapat dijadikan sebagai acuan.

B. Saran

1. Meskipun telah banyak metode-metode dalam penentuan gerhana bulan yang lebih mudah dan praktis serta akurat, namun setidaknya metode-metode yang terdapat dalam Instrumen ini masih akan tetap dipelajari sebagai khazanah keilmuan yang sangat penting.
2. Masih diperlukan adanya penelitian lebih lanjut dalam perhitungan yang ada pada kedua metode Instrumen ini, serta menambahkan koreksi-koreksi sehingga bisa menjadikannya lebih sempurna dan lebih mudah untuk dipelajari oleh masyarakat awam agar dapat tertarik dan ikut mempelajari akan ilmu falak.

3. Perlu kita semua sadari bahwa setiap metode sudah pasti memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, sehingga kita dapat bertoleran dalam perbedaan yang dihasilkan, perbedaan bukan untuk saling membenarkan, namun sebagai bagian dalam khazanah keilmuan.

C. Penutup

Alhamdulillah Puji Syukur kehadiran Allah Subhanahuwata'ala atas rahmat yang telah dikaruniakan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik. Pasti masih jauh dari kata sempurna, penulis berharap semoga skripsi ini mampu memberikan manfaat baik bagi penulis maupun bagi para pembaca. Kritik dan saran sangat penulis harapkan untuk kebaikan penulisan skripsi ini. Demikian yang dapat penulis sampaikan, kurang lebihnya penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya, Wallahu a'lam bishshawab.

DAFTAR PUSTAKA

A. Buku

Hidayat, Ehsan. 2019. *Inovasi Instrument Volvelle Philippe De La Hire Dalam Penentuan Waktu Gerhana*, Semarang: Program Studi S2Ilmu Falak UIN Walisongo Semarang.

Tatmainul Qulub, Siti. 2017. *Ilmu Falak dari Sejarah ke Teori dan Aplikasi*, Depok : PT Raja Grafindo Persada.

Kementrian Agama RI. 2000. *Islam Untuk Disiplin Astronomi*, Jakarta: Direktorat Jenderal Pembinaan Kelembagaan Agama Islam.

Raharto, Mudji. 2000. *Fenomena Gerhana dalam kumpulan tulisan*. Mudji Raharto, Lembang; Pendidikan Pelatihan Hisab Rukyah Negara-negara MABIMS.

Badan Hisab dan Rukyat Dep. Agama, *Almanak Hisab Rukyat*, Jakarta: Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam, 1981, hlm 20.

S. Cayne, Berdnard dkk. 2005 *Ilmu Pengetahuan Populer*, Edisi 13, Jakarta: CV Prima Printing.

Khazin, Muhyiddin. 2005 *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta: Buana Pustaka.

Abdul Karim, *Mengenal Ilmu Falak*, Semarang Timur: Intra Pustaka Utama, Cet ke 1, 2006, hlm 28.

Bashori, Muh. Hadi. 2013. *Penanggalan Islam (Peradaban Tanpa Penanggalan, Inikah Pilihan Kita?.,* Jakarta : Elex Media Komputindo, 2013.

Bion, Nicolas 1752 *The Traite De La Construction Et Des Principaux Usages Des Instrumens De Mathematique*, Paris : Pres La Rue Gille.

Sugondo, Dendy 2008 *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Jakarta : Pusat Bahasa.

M. Echols, John. 2003. *An Indonesian-English Dictionary*, Hassan Shadily, "Kamus Indonesia-Inggris", edisi ketiga, Jakarta: PT Garmedia Pustaka Utama.

Oxford. 2003 *Oxford Learner's Pocket Dictionary*, New York: Oxford University P

- Soetjipto dkk. 1983. *Islam dan Ilmu Pengetahuan tentang Gerhana*, Yogyakarta: LPPM IAIN Sunan Kalijaga.
- Anugraha, Rinto. 2012. *Mekanika Benda Langit* Yogyakarta: Jurusan Fisika Fmipa UGM, 2012.
- Hambali, Slamet. 2012. *Pengantar Ilmu Falak*, Banyuwangi : Bismillah Publisher.
- Shihab, Quraish. 2005. *Tafsir al-Misbah (Pesan, Kesan dan Keserasian al-Qur'an)*, Vol. 4, Jakarta: Lentera Hati.
- Departemen Agama Republik Indonesia. 2005. *Al-Quran dan Terjemahnya*, Bandung : CV Penerbit Diponegoro.
- Muhammad Bin Jarir Ath-Thabari, Abu Ja'far. 2008. *Tafsir Ath-Thabari, Terj., Dari Jami' Al-Bayan An Ta'wil Ayi Al Quran Oleh Akhmad Affandi, Dkk*, Jakarta : Pustaka Azam.
- Ali, Ahmad. 2013. *Kitab Shahih al-Bukhari dan Muslim*, (Jakarta: Alita Aksara Media.
- Bashori, Muhammad Hadi. 2015 *Pengantar Ilmu Falak*, (Jakarta: Pustaka Al-Kautsar.
- Izzuddin, Ahmad. 2017. *Ilmu Falak Praktis (Metode Hisab Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*, Semarang : PT. Pustaka Rizki Putra.
- Meeus, Jean. 1991. *Astronomical Algorithms*, Virginia: Willman Bell, Inc.
- Khazin, Muhyiddin. 2004. *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pustaka.
- Ridua. 2002, *Skala Pengukuran Variabel-Variabel Penelitian*, (Bandung : Alfabeta.
- Badan Hisab & Rukyat Departemen Agama, 1981. *Almanak Hisab Rukyat*, Jakarta: Departemen Agama.
- Azhari, Susiknan. 2005, *Ensiklopedia Hisab Rukyah*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Qulub, Siti Tatmainul. 2017. *Ilmu Falak (Dari Sejarah ke Teori dan Aplikasi)*, (Depok : PT Raja Grafindo Persada.

Khairunnisa, Afidah. 2014. *Matematika Dasar*, Jakarta: Rajawali Press.

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

B. Jurnal

Pasrah, Heri Romli. 2008. “Kode Etik Jurnalistik Dan Kebebasan Pers Dalam Prespektif Islam”. *Jurnal Dakwah*, Vol. IX No. 2

Crupi, Gianfranco. 2016 “Mirabili Visioni”: From Movable Books to Movable Texts”, *Italian Journal of Library, Archives, and Information Science (JLIS.it)*, Vol. 7.

Chris Eade, Lars Gislén. 2016. Philippe De La Hire’s Eighteenth Century Eclipse Predictor, *Journal of Astronomical History and Heritage*.

Fuscha, Fika Afhamul, 2021. *VERIFICATION OF THE HISAB EPHEMERIS SYSTEM AGAINST THE HIJRI CALENDAR LEAP YEAR PATTERN WITH CRITERIA IMKAN AL-RUKYAH MABIMS (Case Study in Kudus District)*, *Al-Hilal : Journal of Islamic Astronomy*, Vol. 3, No. 1.

C. Skripsi

Wahyu Fitria, 2011. Studi Komparatif Hisab Gerhana Bulan Dalam Kitab Khulasah Al-Wafiyah dan Ephemeris, Skripsi Fakultas Syariah IAIN Walisongo.

‘Alamul Yaqin, 2017. Algoritme Hisab Gerhana Bulan Menurut Rinto Anugraha Dalam Buku Mekanika Benda Langit, Skripsi Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo.

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

Mujab, Syaiful, 2007, Studi Analisis Pemikiran Hisab KH. Moh. Zubair Abdul Karim dalam Kitab Ittifaq Dzatil Bain, *Skripsi* Fakultas Syaria“h, (Semarang: Perpustakaan IAIN Walisongo).

Tesis Ehsan Hidayat, 2019. “Inovasi Instrumen Volvelle Philippe De La Hire Dalam Penentuan Waktu Gerhana”, *Tesis*, Fakultas Syariah Dan Hukum UIN Walisongo Semarang.

D. Wawancara

Wawancara dengan Ehsan Hidayat.

E. Lain-Lain

Data Ephemeris Hisab Rukyat.

Materi Seminar oleh Ehsan Hidayat “Kajian Fungsional Perangkat Hisab Rukyat” dalam rangka Dies Natalies ke-XII CSSMoRA UIN Walisongo Semarang.

LAMPIRAN



Wawancara & Diskusi Bareng dengan Ehsan Hidayat

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ehsan Hidayat
Alamat : Desa Sidomulyo RT/RW 008/002, Kec. Kesesi, Kab.
Pekalongan
Tempat Tanggal Lahir : Pekalongan, 28 Oktober 1994
No. Handphone : 0823 2827 1750
Email : ehsan.hidayat@gmail.com

Menyatakan Bahwa :

Nama : Putra Bagus Adityas
NIM : 1502046063
Tempat Tanggal Lahir : Kudus 12 Agustus 1997
Universitas : UIN Walisongo Semarang
Fakultas : Syari'ah & Hukum
Judul Skripsi :

**" STUDI KOMPARATIF SISTEM PERHITUNGAN GERHANA BULAN PADA
INSTRUMEN VOLVELLE INOVASI DAN EPHEMERIS "**

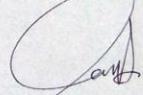
Benar-benar telah melakukan wawancara pada kami pada :

09 Februari 2021

Demikian surat pernyataan ini kami buat dengan sebaik-baiknya dan dapat digunakan sebagai mana mestinya.

Pekalongan, 09 Februari 2021

Yang Menyatakan



Ehsan Hidayat

Surat Bukti Wawancara

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Putra Bagus Adityas
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat, Tanggal Lahir : Kudus, 12 Agustus 1997
Alamat Rumah : Dukuh Karangrejosari RT 04 RW 02, Desa
Jurang, Kec. Gebog, Kab. Kudus
Alamat Domisili : Kel. Kedungpane Kec. Ngaliyan Kota
Semarang
Email : putrabagusadityas12@gmail.com
Nomor HP/WA : 085713334781

Pendidikan Formal:

1. SD/MI: SDN 1 Ngetuk
2. SMP/MTs : MTs NU TBS Kudus
3. SMA/MA/SMK : SMA NU Al-Ma'ruf Kudus
4. Perguruan Tinggi : UIN Walisongo Semarang
 - A. Fakultas : Syari'ah dan Hukum
 - B. Jurusan : Ilmu Falak

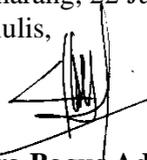
Pengalaman Organisasi:

1. PMII UIN Walisongo Semarang
2. Pengurus ancangbaca.com
3. SEMA Fakultas Syariah dan Hukum
4. BEM UIN Walisongo

Demikiran daftar riwayat hidup ini saya buat dengan keadaan yang sebenar-benarnya dan dapat dipertanggungjawabkan.

Semarang, 22 Juni 2021

Penulis,



Putra Bagus Adityas

NIM. 1502045063