

**STUDI KOMPARATIF KITAB *AL-DÛRR AL-ANÎQ*  
DENGAN *ASTRONOMICAL ALGORITHM* JEAN MEEUS  
DALAM PENENTUAN AWAL BULAN KAMARIAH**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk Memenuhi Tugas dan Melengkapi Syarat  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Strata 1 (S.1)  
dalam Ilmu Syari'ah dan Hukum



**Oleh:**

**RESTU TRISNA WARDANI**

**NIM: 132611011**

**JURUSAN ILMU FALAK  
FAKULTAS SYARI'AH DAN HUKUM  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
SEMARANG  
2018**

Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag.

Jl. Raya Bukit Beringin Lestari Barat Kav. C 131

Perumnas Bukit Beringin Lestari Barat, Wonosari, Ngaliyan, Semarang

**PERSETUJUAN PEMBIMBING**

Lamp. : 4 (empat) eks.

Hal : Naskah Skripsi

An. Sdr. Restu Trisna Wardani

Kepada Yth.

Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum

UIN Walisongo Semarang

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

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

Nama : Restu Trisna Wardani

NIM : 132611011

Judul : Studi Komparatif Kitab *Al-Dūrr Al-Anīq* Dengan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus Dalam Penentuan Awal Bulan Kamariah

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

Demikian harap menjadi maklum.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Pembimbing I



Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag.

NIP. 19720512 199903 1 003



Dr. H. Mashudi, M.Ag.

Jl. Tunas Inti, Pecangaan Kulon, RT 05 RW 01, Jepara

**PERSETUJUAN PEMBIMBING**

Lamp. : 4 (empat) eks.

Hal : Naskah Skripsi

An. Sdr. Restu Trisna Wardani

Kepada Yth.

Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum

UIN Walisongo Semarang

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

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

Nama : Restu Trisna Wardani

NIM : 132611011

Judul : Studi Komparatif Kitab *Al-Dūrr Al-Anīq* Dengan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus Dalam Penentuan Awal Bulan Kamariah

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

Demikian harap menjadi maklum.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Pembimbing II



Dr. H. Mashudi, M.Ag.

NIP. 19690121 200501 1 002





KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG  
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM

Jl. Prof. Dr. Hamka km. 2 Kampus III Ngaliyan Telp/Fax: (024) 7601291 Semarang 50185

PENGESAHAN

Nama : Restu Trisna Wardani  
NIM : 132611011  
Jurusan / Fakultas : Ilmu Falak / Syari'ah dan Hukum  
Judul : **Studi Komparatif Kitab *Al-Dûrr Al-Anîq* Dengan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus Dalam Penentuan Awal Bulan Kamariah**

Telah dimunaqosahkan oleh Dewan Penguji Fakultas Syari'ah dan Hukum Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang, dan dinyatakan **LULUS** dengan predikat **CUMLAUDE**, pada tanggal:

24 Januari 2018

Dan dapat diterima sebagai kelengkapan ujian akhir dalam rangka menyelesaikan Studi Program Sarjana Strata 1 (S.1) tahun akademik 2017/2018 guna memperoleh gelar Sarjana dalam Ilmu Syari'ah dan Hukum.

Dewan Penguji

Semarang, 02 Februari 2018

Ketua Sidang / Penguji,

Sekretaris Sidang / Penguji,

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

Dr. H. Mashudi, M.Ag.  
NIP. 19690121 200501 1 002

Penguji Utama I,

Penguji Utama II,

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

Supangat, M.Ag.  
NIP. 19710402 200501 1 004

Pembimbing I,

Pembimbing II,

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

Dr. H. Mashudi, M.Ag.  
NIP. 19690121 200501 1 002



## MOTTO

وَهُوَ الَّذِي خَلَقَ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ ۗ كُلٌّ فِي فَلَكٍ

يَسْبَحُونَ ﴿٣٣﴾

Artinya: “Dan Dialah yang telah menciptakan malam dan siang, matahari dan bulan. Masing-masing dari keduanya itu beredar di dalam garis edarnya.”

(QS. Al-Anbiya’ [21]: 33)





## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Bapak dan Ibu Tercinta

Umardani & Kristiati

*Beliau berdua adalah motivator terbesar penulis dalam menyelesaikan pendidikan Sarjana di UIN Walisongo Semarang*

Adik Tersayang

Ria Dewi Pangestu

*Dialah alasan penulis untuk senantiasa berusaha menjadi pribadi dan teladan yang lebih baik*

Para Kyai dan Guru Penulis

*Untuk para Kyai dan guru yang telah membimbing, mengajarkan, mendidik, dan mencurahkan segala ilmunya tanpa pamrih untuk penulis, semoga beliau semua senantiasa mendapatkan keberkahan dan semoga apa yang telah diberikan oleh beliau semua menjadi amal jariyah*

Keluarga Besar Pesantren Life Skill Daarun Najaah

*Keluarga penulis di perantauan yang telah mengajarkan makna kehidupan dengan saling memberi dan berbagi untuk meraih Sukses, Sholeh, Selamat dunia & akhirat  
Lahir Batin Selamanya*



## DEKLARASI

Dengan penuh kejujuran dan tanggung jawab, penulis menyatakan bahwa skripsi ini seluruhnya merupakan karya penulis sendiri dan belum pernah ditulis oleh orang lain atau diterbitkan. Demikian juga skripsi ini tidak berisi materi yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali informasi yang terdapat dalam referensi yang dijadikan bahan rujukan dalam penulisan skripsi ini.

Semarang, 05 Januari 2018

Deklarator,



Restu Trisna Wardani  
NIM. 132611011



## PEDOMAN TRANSLITERASI

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

### A. Konsonan Tunggal

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Keterangan
ا	Alif	-	Tidak dilambangkan
ب	Ba	B	Be
ت	Ta	T	Te
ث	Sa	Ṣ	Es (dengan titik di atas)
ج	Jim	J	Je
ح	Ha	ḥ	Ha (dengan titik di bawah)
خ	Kha	Kh	Ka dan Ha
د	Dal	D	De
ذ	Zal	Ḍ	Zet (dengan titik di atas)
ر	Ra	R	Er
ز	Zai	Z	Zet
س	Sin	S	Es
ش	Syin	Sy	Es dan Ye
ص	Sad	ṣ	Es (dengan titik di bawah)
ض	Dad	ḍ	De (dengan titik di bawah)

ط	Ta	ṭ	Te (dengan titik di bawah)
ظ	Za	ẓ	Zet (dengan titik di bawah)
ع	‘ain	‘	Koma terbalik (di atas)
غ	Gain	G	Ge
ف	Fa	F	Ef
ق	Qaf	Q	Ki
ك	Kaf	K	Ka
ل	Lam	L	El
م	Mim	M	Em
ن	Nun	N	En
و	Waw	W	We
ه	Ha	H	Ha
ء	Hamzah	‘	Apostrof
ي	Ya	Y	Ye

## B. Konsonan Rangkap

Konsonan rangkap (tasydid) ditulis rangkap

Contoh : **مقدمة** ditulis Muqaddimah

## C. Vokal

### 1. Vokal Tunggal

Fathah ditulis “a”. Contoh : **فتح** ditulis fataha

Kasrah ditulis “i”. Contoh : **علم** ditulis ‘alima

Dammah ditulis “u”. Contoh : **كتب** ditulis kutub

### 2. Vokal Rangkap

Vokal rangkap (fathah dan ya) ditulis “ai”. Contoh : **اين** ditulis aina

Vokal rangkap (fathah dan wawu) ditulis “au”. Contoh : **حول** ditulis haula

#### **D. Vokal Panjang**

Fathah ditulis “a”. Contoh : **باع** = bā’a

Kasrah ditulis “i”. Contoh : **عليم** = ‘alîmun

Dammah ditulis “u”. Contoh : **علوم** = ‘ulûmun

#### **E. Hamzah**

Huruf hamzah (ء) di awal kata ditulis dengan vokal tanpa didahului oleh tanda apostrof (‘). Contoh : **ايمان** = îmân

#### **F. Lafzul Jalalah**

Lafzul - jalalah (kata **الله**) yang terbentuk frase nomina ditransliterasikan tanpa hamzah. Contoh : **عبدالله** ditulis Abdullah

#### **G. Kata Sandang “al-”**

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



## H. Ta marbuṭah (ة)

Bila terletak di akhir kalimat, ditulis h, misalnya : البقرة ditulis *al-baqarah*. Bila di tengah kalimat ditulis t. contoh : زكاة المال ditulis *zakâh al-mâl* atau *zakâtul mâl*.

## ABSTRAK

Hisab merupakan salah satu metode yang digunakan dalam penentuan awal bulan Kamariah. Metode ini menggunakan logika berfikir matematika dan astronomi, dengan metode ini posisi Matahari dan bulan dapat diperhitungkan secara akurat beserta keadaan karakteristiknya. Banyak algoritma yang digunakan untuk menyusun hisab penentuan awal bulan Kamariah, diantaranya kitab *al-Dûrr al-Anîq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus. Keduanya memiliki tingkat akurasi yang tinggi, walaupun kitab *al-Dûrr al-Anîq* merupakan kitab yang ditulis dalam literatur arab, sedangkan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus merupakan buku yang telah menerapkan algoritma astronomi modern dengan banyak melalui penelitian dan observasi. Kedua referensi metode hisab tersebut memiliki algoritma dan data yang berbeda, sehingga proses perhitungannya pun berbeda, namun nilai yang dihasilkan dari keduanya hanya memiliki selisih pada detik sampai menit. Hal ini membuat keingintahuan yang mendalam untuk meneliti algoritma yang digunakan pada kedua metode hisab tersebut.

Dari latar belakang yang telah dijelaskan, skripsi ini mengambil dua rumusan masalah. *Pertama*, bagaimana perhitungan awal bulan Kamariah yang diterapkan kitab *al-Dûrr al-Anîq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus? *Kedua*, bagaimana komparasi perhitungan awal bulan Kamariah dalam kitab *al-Dûrr al-Anîq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus?

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dengan jenis penelitian *library research* (studi pustaka) dengan menelaah data-data astronomi untuk perhitungan awal bulan Kamariah. Kemudian data-data ini dikumpulkan dan dianalisis dengan menggunakan metode komparatif melalui teknik diskriptif. Dalam menganalisis data perhitungan penulis menggunakan parameter algoritma *almanac nautica*.

Adapun hasil dari penelitian ini menemukan persamaan bahwa, kitab *al-Dûrr al-Anîq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus menggunakan metode hisab kontemporer dan persamaan dalam menghitung *azimuth* dan *altitude* bulan secara geosentris serta dalam menghitung umur bulan. Adapun perbedaan yang ditemukan dari keduanya antara lain, dalam menghitung waktu *ijtima'*, menghitung waktu maghrib, menghitung *altitude* bulan secara toposentrik, serta menghitung posisi Matahari dan bulan. Dalam penelitian ini juga ditemukan kelebihan dan kekurangan dari masing-masing algoritma, salah satunya kelebihan dari kitab *al-Dûrr al-Anîq* dalam perhitungannya terstruktur sesuai dengan yang tertera di dalam kitab, berbeda dengan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus. Namun nilai yang dihasilkan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus lebih akurat dibandingkan dengan kitab *al-Dûrr al-Anîq*, hal ini terbukti dari banyaknya suku koreksi benda-benda langit yang perlu diperhitungkan serta adanya proses iterasi yang tidak terdapat pada kitab *al-Dûrr al-Anîq*.

*Key Word:* Kitab *al-Dûrr al-Anîq*, *Astronomical Algorithm* Jean Meeus, Awal Bulan Kamariah

## KATA PENGANTAR



*Alhamdulillahirobbil'alamîn*, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Studi Komparatif Kitab *Al-Dûrr Al-Anîq* Dengan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus Dalam Penentuan Awal Bulan Kamariah** dengan baik.

Shalawat serta salam senantiasa penulis sanjungkan kepada baginda Rasulullah SAW beserta keluarga, sahabat-sahabat dan para pengikutnya yang telah membawa cahaya Islam dan masih berkembang hingga saat ini.

Penulis menyadari bahwa terselesaikannya skripsi ini bukanlah hasil jerih payah penulis sendiri, melainkan juga terdapat usaha dan bantuan baik berupa moral maupun spiritual dari berbagai pihak kepada penulis. Oleh karena itu, penulis hendak sampaikan terimakasih kepada:

1. Drs. H. Maksun, M.Ag., selaku Ketua Jurusan Ilmu Falak, atas bimbingan dan pengarahan yang diberikan dengan sabar dan tulus ikhlas, juga kepada dosen-dosen serta karyawan di lingkungan Jurusan Ilmu Falak Fakultas Syari'ah dan Hukum Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang atas seluruh bantuan dan kerjasamanya.
2. Ahmad Syifaul Anam, S.H.I, M.H., selaku dosen wali penulis yang memberikan arahan, dukungan dan motivasi kepada penulis untuk segera menyelesaikan jenjang pendidikan S1 dengan baik.
3. Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag., selaku pembimbing I, dosen inspiratif penulis dan juga pengasuh penulis di Pesantren Life Skill Daarun Najaah Semarang, beliau juga motivator

terbesar bagi penulis untuk segera menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

4. Dr. Mashudi, M.Ag., selaku pembimbing II yang selalu memberi semangat kepada penulis dan senantiasa membina serta membimbing dalam penulisan skripsi ini.
5. Kedua orang tua penulis beserta keluarga atas segala doa, perhatian, dukungan dan curahan kasih sayang yang tidak dapat penulis ungkapkan dalam kata-kata indah apapun.
6. Almamater penulis yaitu, TK Pembina Karanggeneng Boyolali, MIN Boyolali, SMP Al-Islam 1 Surakarta, MA Ali Maksum Yogyakarta yang telah mendidik, membina dan mengajarkan ilmu-ilmu agama dan ilmu-ilmu umum serta mendorong penulis untuk melanjutkan pendidikan di Perguruan Tinggi.
7. Keluarga besar Pesantren Life Skill Daarun Najaah Semarang yang telah memberikan dukungan sepenuhnya dan fasilitas kepada penulis selama penulis menimba ilmu di Perguruan Tinggi. Terutama teman-teman seperjuangan penghuni kamar KH. Noor Ahmad SS yang telah menjelma menjadi keluarga di tanah perantauan, Muhammad Shofa Mughtanim, Ahmad Rif'an Ulin Nuha, Moelki Fahmi Ardliansyah, Muhammad Himmatur Riza, Ahmad Ainul Yaqin, Muhammad Habiburrahman dan Muhammad Azkal Huda.
8. Keluarga Jurusan Ilmu Falak angkatan 2013, terutama kelas IF-B "Fariabel Solid" atas kebersamaannya selama berjuang di bangku perkuliahan, suka duka bersama, canda tawa bersama dan setiap keluh kesah serta semangat yang diberikan, terimakasih untuk kalian semua : Kang Zuber (Alm), Farid, Riza, Dimas, Ainul, Ibad, Anas, Fawaid, Rifqi, Farih, Munir, Rozikin, Muklisin, Hidayat, Haya, Linda, Novi, Endang, Iqna, Rohmah, Rini, Akatina, Keke, Nazla, Titin, Umi dan Metalica. Salam Solid sahabat tercinta.

9. Keluarga besar KKN Mandiri UIN Walisongo ke-3 Posko 20 Desa Jatibarang Kecamatan Mijen Kota Semarang yang luar biasa hebat, telah mengajarkan penulis bagaimana bermasyarakat dengan baik dan menyatukan pendapat dalam perbedaan. Terimakasih untuk Bang Shofi, Dimas, Ibad, Eka, Qiqy, Farida, Zumna, Farah, Endang, Firoh, Umi, Titin, Kunta dan Mbak Etika kalian luar biasa.
10. Dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu secara langsung maupun tidak langsung yang selalu memberikan bantuan, dorongan, semangat dan doa kepada penulis selama melaksanakan studi di UIN Walisongo Semarang.

Penulis berdoa semoga seluruh amal kebaikan dan jasa-jasa dari semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya skripsi ini diterima oleh Allah SWT serta mendapat balasan yang lebih baik. Penulis juga menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan yang disebabkan keterbatasan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang konstruktif dari pembaca demi sempurnanya skripsi ini.

Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca umumnya.

Semarang, 05 Januari 2018  
Penulis,

**Restu Trisna Wardani**  
NIM. 132611011



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>... i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING.....</b>	<b>... ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>... iv</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>... v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>... vi</b>
<b>HALAMAN DEKLARASI .....</b>	<b>... vii</b>
<b>HALAMAN PEDOMAN TRANSLITERASI.....</b>	<b>... viii</b>
<b>HALAMAN ABSTRAK .....</b>	<b>... xii</b>
<b>HALAMAN KATA PENGANTAR.....</b>	<b>... xiv</b>
<b>HALAMAN DAFTAR ISI.....</b>	<b>... xvii</b>
<b>HALAMAN DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>... xxii</b>
<b>HALAMAN DAFTAR TABEL.....</b>	<b>... xxiii</b>

### **BAB I PENDAHULUAN**

A. Latar Belakang Masalah .....	... 1
B. Rumusan Masalah.....	... 9
C. Tujuan Penelitian.....	... 10
D. Manfaat Penelitian.....	... 10
E. Tinjauan Pustaka.....	... 11
F. Metodologi Penelitian.....	... 15
1. Jenis dan Pendekatan Penelitian .....	... 15
2. Sumber dan Jenis Data .....	... 16
3. Teknik Pengumpulan Data .....	... 16
4. Teknik Analisis Data .....	... 17
G. Sistematika Penulisan .....	... 17



## **BAB II KONSEP ASTRONOMI AWAL BULAN KAMARIAH**

A. Penanggalan Kamariah .....	20
1. Dalil Syar’i.....	20
2. Sistem Penanggalan Kamariah.....	22
B. Sistem Koordinat Benda Langit .....	24
1. Sistem Koordinat Ekliptika Heliosentrik . ...	26
2. Sistem Koordinat Ekliptika Geosentrik ... ..	27
3. Sistem Koordinat Ekuator Geosentrik .....	30
4. Sistem Koordinat Horizontal .....	30
C. Metode-Metode Penentuan Awal Bulan Kamariah.....	32
1. Rukyatul Hilal .....	32
2. Hisab atau Perhitungan .....	33
a. Hisab ‘ <i>Urfi</i> .....	34
b. Hisab <i>Haqiqi</i> .....	36
D. Parameter Penentuan Awal Bulan Kamariah ...	48
1. <i>Ijtima’</i> .....	48
2. <i>Gurub</i> .....	50
3. <i>Irtifa’ Hilal</i> .....	50
4. Sudut Elongasi .....	52
5. Umur Hilal .....	52
6. Azimuth Matahari dan Bulan.....	53

## **BAB III ALGORITMA PENENTUAN AWAL BULAN KAMARIAH DALAM KITAB *AL-DŪRR AL-ANĪQ* DAN *ASTRONOMICAL ALGORITHM* JEAN MEEUS**

A.	Deskripsi Kitab <i>Al-Dūrr Al-Anīq</i> Karya KH. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah .....	55
	1. Bagian Pendahuluan.....	55
	2. Bagian Utama.....	55
	3. Bagian Lampiran.....	62
B.	Sistem Hisab Kitab <i>Al-Dūrr Al-Anīq</i> Karya KH. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah .....	63
	1. Menghitung <i>Ijtima'</i> .....	63
	2. Mengetahui Waktu <i>Ghurub Wasaty</i> .....	67
	3. Posisi Rata-Rata Matahari dan Bulan .....	68
C.	Deskripsi <i>Astronomical Algorithm</i> Jean Meeus.....	76
D.	Sistem Hisab <i>Astronomical Algorithm</i> Jean Meeus.....	78
	1. Menentukan Konjungsi / <i>Ijtima'</i> .....	52
	2. Menkonversi JD ( <i>Julian Day</i> ) ke Tanggal ...	85
	3. Menentukan Waktu Maghrib dan Umur Hilal .....	87
	4. Koreksi Nutasi pada Bujur dan Koreksi Kemiringan Ekliptik.....	96
	5. Sidereal Time .....	99
	6. Posisi Matahari.....	101
	7. Posisi Bulan .....	104
	8. Kecerlangan Bulan.....	110
	9. Posisi Sudut Bagian Bulan yang Bercahaya.....	111

**BAB IV ANALISIS TERHADAP KOMPARASI  
PENENTUAN AWAL BULAN KAMARIAH**

**DALAM KITAB *AL-DŪRR AL-ANĪQ* DAN  
*ASTRONOMICAL ALGORITHM* JEAN MEEUS**

A. Perhitungan Awal Bulan Kamariah Dalam Kitab <i>Al-Dūrr Al-Anīq</i> Dan <i>Astronomical Jean Meeus</i> ..	113
1. Perhitungan Awal Bulan Kamariah Dalam Kitab <i>Al-Dūrr Al-Anīq</i> .....	113
a. Teori yang Membangun .....	115
b. Sumber Data yang Digunakan.....	106
c. Interpolasi ( <i>Ta'dil</i> ) .....	117
d. Ketinggian Hilal .....	109
1) Refraksi.....	120
2) Semi Diameter .....	121
3) Kerendahan Ufuk (Dip).....	122
4) Parallaks .....	123
e. Markaz.....	123
2. Perhitungan Awal Bulan Kamariah Dalam <i>Astronomical Algorithm</i> Jean Meeus .....	125
a. Teori yang Membangun .....	126
b. Sumber Data yang Digunakan.....	127
c. Akurasi .....	127
1) Akurasi yang Diperlukan untuk Masalah Tertentu.....	128
2) Akurasi Komputer .....	131
3) Pembulatan Hasil Akhir .....	132
d. Interpolasi.....	134
e. Iterasi.....	136
f. Penyortiran Bilangan.....	137

B. Komparasi Perhitungan Awal Bulan Kamariah Kitab <i>Al-Dūrr Al-Anīq</i> dan <i>Astronomical Algorithm</i> Jean Meeus.....	138
1. Perhitungan Awal Bulan Kamariah dalam Kitab <i>Al-Dūrr Al-Anīq</i> .....	138
2. Perhitungan Awal Bulan Kamariah dalam <i>Astronomical Algorithm</i> Jean Meeus.....	146
3. Perhitungan Awal Bulan Kamariah dalam Almanac Nautica.....	158

## **BAB V PENUTUP**

A. Kesimpulan .....	167
B. Saran .....	168
C. Penutup .....	170

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN-LAMPIRAN**

## **DAFTAR RIWAYAT HIDUP**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: <i>Sistem Koordinat Ekliptika Heliosentrik</i> .....	25
Gambar 2.2: <i>Sistem Koordinat Ekliptika Geosentrik</i> .....	26
Gambar 2.3: <i>Sistem Koordinat Ekuator Geosentrik</i> .....	28
Gambar 2.4: <i>Sistem Koordinat Horizontal</i> .....	30



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	: Hasil Perhitungan Ijtima' Awal Bulan Ramadhan 1439 H dengan Metode Hisab Kitab al-Dûrr al-Anîq ....	138
Tabel 4.2	: Hasil Perhitungan Awal Bulan Ramadhan 1439 H dengan Metode Hisab Kitab al-Dûrr al-Anîq .....	140
Tabel 4.3	: Hasil Perhitungan Ijtima' Awal Bulan Ramadhan 1443 H dengan Metode Hisab Kitab al-Dûrr al-Anîq ....	140
Tabel 4.4	: Hasil Perhitungan Awal Bulan Ramadhan 1443 H dengan Metode Hisab Kitab al-Dûrr al-Anîq .....	141
Tabel 4.5	: Hasil Perhitungan Ijtima' Awal Bulan Syawal 1439 H dengan Metode Hisab Kitab al-Dûrr al-Anîq .....	141
Tabel 4.6	: Hasil Perhitungan Awal Bulan Syawal 1439 H dengan Metode Hisab Kitab al-Dûrr al-Anîq .....	143
Tabel 4.7	: Hasil Perhitungan Ijtima' Awal Bulan Syawal 1443 H dengan Metode Hisab Kitab al-Dûrr al-Anîq .....	143
Tabel 4.8	: Hasil Perhitungan Awal Bulan Syawal 1443 H dengan Metode Hisab Kitab al-Dûrr al-Anîq .....	144
Tabel 4.9	: Hasil Perhitungan Ijtima' Awal Bulan Dzulhijah 1443 H dengan Metode Hisab Kitab al-Dûrr al-Anîq....	145
Tabel 4.10	: Hasil Perhitungan Awal Bulan Dzulhijah 1443 H dengan Metode Hisab Kitab al-Dûrr al-Anîq .....	146
Tabel 4.11	: Hasil Perhitungan Ijtima' Awal Bulan Ramadhan 1439 H dengan Metode Hisab Astronomical Algorithm Jean Meeus.....	146
Tabel 4.12	: Data Matahari pada Awal Bulan Ramadhan 1439 H dengan Metode Hisab Astronomical Algorithm Jean Meeus.....	147



Tabel 4.13 : <i>Data Bulan pada Awal Bulan Ramadhan 1439 H dengan Metode Hisab Astronomical Algorithm Jean Meeus.....</i>	148
Tabel 4.14 : <i>Hasil Perhitungan Awal Bulan Ramadhan 1439 H dengan Metode Hisab Astronomical Algorithm Jean Meeus.....</i>	148
Tabel 4.15 : <i>Hasil Perhitungan Ijtima' Awal Bulan Ramadhan 1443 H dengan Metode Hisab Astronomical Algorithm Jean Meeus.....</i>	149
Tabel 4.16 : <i>Data Matahari pada Awal Bulan Ramadhan 1443 H dengan Metode Hisab Astronomical Algorithm Jean Meeus.....</i>	149
Tabel 4.17 : <i>Data Bulan pada Awal Bulan Ramadhan 1443 H dengan Metode Hisab Astronomical Algorithm Jean Meeus.....</i>	150
Tabel 4.18 : <i>Hasil Perhitungan Awal Bulan Ramadhan 1443 H dengan Metode Hisab Astronomical Algorithm Jean Meeus.....</i>	151
Tabel 4.19 : <i>Hasil Perhitungan Ijtima' Awal Bulan Syawal 1439 H dengan Metode Hisab Astronomical Algorithm Jean Meeus.....</i>	151
Tabel 4.20 : <i>Data Matahari pada Awal Bulan Syawal 1439 H dengan Metode Hisab Astronomical Algorithm Jean Meeus.....</i>	152
Tabel 4.21 : <i>Data Bulan pada Awal Bulan Syawal 1439 H dengan Metode Hisab Astronomical Algorithm Jean Meeus.....</i>	152
Tabel 4.22 : <i>Hasil Perhitungan Awal Bulan Syawal 1439 H dengan Metode Hisab Astronomical Algorithm Jean Meeus.....</i>	153

Tabel 4.23 : Hasil Perhitungan Ijtima' Awal Bulan Syawal 1443 H dengan Metode Hisab Astronomical Algorithm Jean Meeus.....	153
Tabel 4.24 : Data Matahari pada Awal Bulan Syawal 1443 H dengan Metode Hisab Astronomical Algorithm Jean Meeus.....	154
Tabel 4.25 : Data Bulan Pada Awal Bulan Syawal 1443 H dengan Metode Hisab Astronomical Algorithm Jean Meeus.....	154
Tabel 4.26 : Hasil Perhitungan Awal Bulan Syawal 1443 H dengan Metode Hisab Astronomical Algorithm Jean Meeus.....	155
Tabel 4.27 : Hasil Perhitungan Ijtima' Awal Bulan Dzulhijah 1443 H dengan Metode Hisab Astronomical Algorithm Jean Meeus.....	155
Tabel 4.28 : Data Matahari pada Awal Bulan Dzulhijah 1443 H dengan Metode Hisab Astronomical Algorithm Jean Meeus.....	156
Tabel 4.29 : Data Bulan pada Awal Bulan Dzulhijah 1443 H dengan Metode Hisab Astronomical Algorithm Jean Meeus.....	157
Tabel 4.30 : Hasil Perhitungan Awal Bulan Dzulhijah 1443 H dengan Metode Hisab Astronomical Algorithm Jean Meeus.....	157
Tabel 4.31 : Hasil Perhitungan Ijtima' Awal Bulan Ramadhan 1439 H dengan Metode Hisab Almanac Nautica..	158
Tabel 4.32 : Hasil Perhitungan Awal Bulan Ramadhan 1439 H dengan Metode Hisab Almanac Nautica ..	159
Tabel 4.33 : Hasil Perhitungan Ijtima' Awal Bulan Ramadhan 1443 H dengan Metode Hisab Almanac Nautica..	159
Tabel 4.34 : Hasil Perhitungan Awal Bulan Ramadhan 1443 H	

	<i>dengan Metode Hisab Almanac Nautica .....</i>	161
Tabel 4.35	: <i>Hasil Perhitungan Ijtima' Awal Bulan Syawal 1439 H dengan Metode Hisab Almanac Nautica .....</i>	161
Tabel 4.36	: <i>Hasil Perhitungan Awal Bulan Syawal 1439 H dengan Metode Hisab Almanac Nautica .....</i>	162
Tabel 4.37	: <i>Hasil Perhitungan Ijtima' Awal Bulan Syawal 1443 H dengan Metode Hisab Almanac Nautica .....</i>	163
Tabel 4.38	: <i>Hasil Perhitungan Awal Bulan Syawal 1443 H dengan Metode Hisab Almanac Nautica .....</i>	164
Tabel 4.39	: <i>Hasil Perhitungan Ijtima' Awal Bulan Dzulhijah 1443 H dengan Metode Hisab Almanac Nautica .....</i>	164
Tabel 4.40	: <i>Hasil Perhitungan Awal Bulan Dzulhijah 1443 H dengan Metode Hisab Almanac Nautica.....</i>	166

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

Penentuan waktu begitu penting bagi peradaban manusia<sup>1</sup>, sebab waktu dijadikan acuan utama dalam segala hal yang terjadi di alam semesta. Realitas pergantian waktu dari siang ke malam, dari malam ke siang dan begitu seterusnya, menjadikan manusia harus memaksimalkan kecerdasannya untuk membentuk notasi dan simbol satuan tertentu penunjuk waktu<sup>2</sup>. Waktu dioalah menjadi tanggal yang didalamnya memuat detik, menit, jam, hari, pasaran<sup>3</sup>, bulan, sampai tahun. Tanggal disusun menjadi sebuah kalender yang runut, yang dapat mengakomodir waktu itu sendiri. Setiap peradaban, suku, dan agama memiliki sistem kalender yang berbeda, walaupun semuanya sama menunjukkan waktu<sup>4</sup>. Dalam Islam

---

<sup>1</sup> Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis (Metode Hisab Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya)*, Semarang: PT. Pustaka Rizki Putra, Cetakan kedua, Oktober 2012, hlm. 6.

<sup>2</sup> Slamet Hambali, *Almanak Sepanjang Masa (Sejarah Sistem Penanggalan Masehi, Hijriyah dan Jawa)*, Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, Cetakan Pertama, November 2011, hlm. 1-2.

<sup>3</sup> Istilah yang dipakai dalam Kalender Saka (Kalender Jawa).

<sup>4</sup> Muh. Nashirudin, *Kalender Hijriah Universal (Kajian Atas Sistem dan Prospeknya di Indonesia)*, Semarang: Rafi Sarana Perkasa, Cetakan Pertama, April 2013, hlm 1-2.

dikenal dengan kalender Kamariah, acuan penentuan kalender Kamariah adalah pada peredaran bulan<sup>5</sup>.

Sebagai wilayah yang mayoritas penduduknya beragama Islam dengan berbagai aliran yang memiliki berbagai metode berbeda dalam penentuan awal bulan Kamariah, di Indonesia penentuan awal bulan Kamariah selalu menjadi polemik yang tak terselesaikan. Persoalan ini klasik namun akan terus menjadi aktual dan hangat untuk dibahas, sebab persoalan ini sampai sekarang belum menemukan benang merah penyelesaian. Hal yang menjadikan penentuan awal bulan Kamariah tak pernah menemukan titik kesepahaman adalah sebab setiap golongan yang memiliki metode penentuan masing-masing dan dari setiap golongan tersebut berpegang teguh padanya<sup>6</sup>. Penentuan awal bulan Kamariah menjadi sangat sensitif dan selalu terangkat ke permukaan, ketika pada penentuan bulan-bulan yang didalamnya terdapat syari'at ibadah umat Islam seperti awal puasa, awal 'idul fitri dan kapan 'idul adha<sup>7</sup>.

---

<sup>5</sup> Slamet Hambali, *Almanak Sepanjang Masa.....*, hlm. 13.

<sup>6</sup> Ali Musthafa Yaqub, *Isbat Ramadhan, Syawal dan Zulhijah (Menurut Al-Kitab dan Sunnah)*, Jakarta: PT. Pustaka Firdaus, Cetakan Pertama, Mei 2013, hlm. 3-4.

<sup>7</sup> Ali Musthafa Yaqub, *Isbat Ramadhan, Syawal.....*, hlm. 2.

Ilmu Falak (Ilmu Astronomi) sangat erat hubungannya dengan waktu, dan waktu tak luput dari regulasi pergantian siang dan malam. Tentang pergantian siang dan malam Allah SWT berfirman dalam QS. Yasin (36) ayat 38-40 yang berbunyi:

وَالشَّمْسُ تَجْرِي لِمُسْتَقَرٍّ لَهَا ۚ ذَٰلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ  
 وَالْقَمَرَ قَدَرْنَاهُ مَنَازِلَ حَتَّىٰ عَادَ كَالْعُرْجُونِ الْقَدِيمِ ﴿٣٨﴾  
 لَا الشَّمْسُ يَنْبَغِي لَهَا أَنْ تُدْرِكَ الْقَمَرَ وَلَا اللَّيْلُ سَابِقُ  
 النَّهَارِ ۚ وَكُلٌّ فِي فَلَكٍ يَسْبَحُونَ ﴿٣٩﴾

Artinya: “Dan matahari berjalan ditempat peredarannya. Demikianlah ketetapan Yang Maha Perkasa lagi Maha Mengetahui. Dan telah Kami tetapkan bagi bulan manzilah-manzilah, sehingga (setelah dia sampai ke manzilah yang terakhir) kembalilah dia sebagai bentuk tandan yang tua<sup>8</sup>. Tidaklah mungkin bagi matahari mendapatkan bulan dan malam pun tidak dapat mendahului siang. Dan masing-masing beredar pada garis edarnya.” (QS. Yasin [36]: 38-40).

---

<sup>8</sup> Maksudnya ialah: bulan pada awal bulan, ketika memasuki manzilah pertama bulan berbentuk sabit, kemudian ketika menempati manzilah pertengahan, bulan menjadi purnama, selanjutnya pada manzilah terakhir bulan kelihatan seperti tandan tua kering yang melengkung.

Kata *tajrî* merupakan *fi'il mudâri* dari kata *jarâ-yajrî-jaryan-jiryân(an)*, yang artinya pergi, berjalan, beredar, atau mengalir. Karena subjeknya disini adalah matahari, maka maknanya yang tepat adalah beredar, dalam arti bahwa matahari beredar menuju tempat pemberhentiannya. Menurut Ibnu Jauzi matahari tidaklah berdiam saja di suatu tempat, melainkan bergerak dan beredar pada garis edarnya, dan terus beredar sampai hari Kiamat<sup>9</sup>.

Kata *al-'urjûn* disebut hanya sekali dalam al-Qur'an, yaitu dalam ayat ini. Ia berwazan fu'lun, berasal dari kata *al-in'iraj*, yang artinya menjadi bengkok. Menurut para mufasir, tempat beredar bulan selama satu bulan berjumlah 28 (dua puluh delapan) *manâzil*, yang dilaluinya sejak awal bulan sampai akhir bulan. Apabila bulan memasuki garis edarnya pada akhir peredarannya, maka ia tampak seperti tandan tua kering yang bengkok, mirip seperti pada saat ia memasuki awal peredarannya pada awal bulan<sup>10</sup>.

Kata *yasbahûn* yang berhubungan dengan penggambaran fenomena alam, disebutkan dua kali dalam al-Qur'an, yaitu dalam QS. Al-Anbiya' ayat 33 dan dalam QS.

---

<sup>9</sup> Kementerian Agama Republik Indonesia, *Al-Qur'an Dan Tafsirnya*, Jakarta: PT. Sinergi Pustaka Indonesia, 2012, hlm. 224.

<sup>10</sup> Kementerian Agama Republik Indonesia, *Al-Qur'an Dan Tafsirnya.....*, hlm. 225.

Yasin ayat 40. Kata ini berasal dari kata *sabaha-yasbahu-sibahatan* yang secara harfiah artinya mengapung atau berenang. Seperti halnya orang yang berenang dalam keadaan mengapung di atas air, demikian pula benda-benda alam di langit juga berenang mengapung ditopang secara kokoh oleh sesuatu yang ada disekelilingnya. Mengapungnya benda-benda alam di langit pada orbitnya masing-masing adalah pernyataan di luar ilmu pengetahuan orang Arab lima belas abad yang lampau. Al-Qur'an adalah kitab yang berisi petunjuk bagi hati dan rohani manusia, tetapi ia juga banyak membuka rahasia kebenaran ilmu pengetahuan yang belum diketahui oleh manusia pada waktu al-Qur'an diturunkan<sup>11</sup>.

Dari regulasi pergantian siang dan malam inilah tercipta waktu. Dalam kajian ilmu falak modern sekarang ini, waktu-waktu dan peredaran benda-benda langit pada orbitnya yang terjadi di alam semesta menghasilkan data-data astronomis<sup>12</sup>. Nantinya data-data inilah yang dijadikan parameter hisab penentuan awal bulan Kamariah.

---

<sup>11</sup> Kementerian Agama Republik Indonesia, *Al-Qur'an Dan Tafsirnya.....*, hlm. 225.

<sup>12</sup> Ahmad Izzuddin, *Fiqh Hisab Rukyah (Menyatukan NU dan Muhammadiyah dalam Penentuan Awal Ramadhan, Idul Fitri dan Idul Adha)*, Jakarta: Erlangga, 2007, hlm 52-53.



Hisab penentuan awal bulan Kamariah<sup>13</sup> dalam kajian Ilmu Falak diklasifikasikan dalam beberapa metode, mulai dari *hisab ‘urfi*<sup>14</sup>, *hisab taqribi*<sup>15</sup>, *hisab haqiqi*<sup>16</sup> sampai hisab kontemporer yang saat ini dianggap paling akurat hasilnya. Algoritma Jean Meeus masuk dalam klasifikasi hisab kontemporer, berbeda dengan kitab *al-Dûrr al-Anîq* ternyata *mushonif*<sup>17</sup> mengklasifikasikan metode hisab dalam kitab

---

<sup>13</sup> Berkaitan dengan kalender atau penanggalan yang dihitung berdasarkan peredaran bulan, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Jakarta: Balai Pustaka, Cet. Ke-2, 1995, hlm. 436.

<sup>14</sup> Sistem hisab awal bulan Kamariah yang berdasarkan pada peredaran bulan rata-rata mengelilingi bumi dan ditetapkan secara konvensional. Sistem hisab ‘urfi bisa dikatakan seperti kalender syamsiyah (miladiyah) yang bilangan hari pada tiap bulannya tetap kecuali pada bulan-bulan tertentu pada tahun-tahun tertentu yang jumlahnya lebih panjang satu hari (tahun kabisat / leap year), sehingga metode hisab ini tidak dapat digunakan dalam hisab penentuan awal bulan Kamariah untuk pelaksanaan ibadah. Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat Edisi Revisi*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, Cet. Ke-2, 2008, hlm. 79-80.

<sup>15</sup> Sistem hisab awal bulan Kamariah ini menggunakan data bulan dan data matahari berdasarkan data dan tabel Ulugh Bek dengan proses perhitungan yang sederhana. Hisab ini dilakukan hanya dengan cara penambahan, pengurangan, perkalian, pembagian, tanpa mempergunakan ilmu ukur segitiga bola (*spherical trigonometry*).

<sup>16</sup> Sistem hisab awal bulan Kamariah yang didasarkan pada peredaran bumi dan bulan sebenarnya. Menurut metode hisab ini umur tiap bulan itu tidak konstan dan tidak beraturan, tetapi tetap acuannya pada posisi hilal di setiap awal bulan. Bisa saja hilal terbit di tanggal yang sama pada dua bulan berturut-turut antara 29 hari atau 30 hari dan bisa pula bergantian sebagaimana terdapat pada sistem hisab ‘urfi. Praktisnya metode ini menggunakan data-data astronomis tentang pergerakan bulan dan bumi. Lihat Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat.....*, hlm. 78.

<sup>17</sup> Seorang pengarang, penyusun dan penulis Kitab. Lihat kamus Al Munawwir, hlm. 273.

karangannya tersebut dengan istilah *hisab haqiqi bi al tadqiqi*<sup>18</sup>.

*Hisab haqiqi bi al tadqiqi* ini dianggap setara keakuratannya dengan hisab kontemporer, sebab hasil hisab dari keduanya hampir sama, jika ada selisih maka selisihnya hanya pada detik. Suatu karya tulis luar biasa dalam khazanah Ilmu Falak yang dikarang oleh Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah, seorang Ulama dari Sampang Madura yang dituangkan ke dalam bentuk kitab yang keakuratan hasil hisabnya menyamai pakar *mathematic astronomy* seperti Jean Meeus dalam karyanya *Astronomical Algorithm* (Algoritma Astronomi)<sup>19</sup>.

Algoritma Jean Meeus ini merupakan versi perbaikan besar-besaran dari versi yang lama. Topik bahasannya diperluas dan isinya telah diperbaiki. Beberapa perubahan memang diperlukan, terlebih sebab adanya resolusi baru dari *The International Astronomical Union*, khususnya terkait penerapan epoch standar baru. Selain itu kita diuntungkan

---

<sup>18</sup> Metode hisab awal bulan Qamariah yang ketelitian (keakuratan) hasilnya sampai pada detik, Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah, *kitab al-Dûrr al-Anîq*, hlm 4.

<sup>19</sup> Lihat pada kesimpulan hasil analisis dari Ria Agustin, dalam skripsi yang berjudul “Studi Analisis Metode Penentuan Awal Bulan Qamariah Dalam kitab *al-Dûrr al-Anîq* Karya Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah”.

dengan adanya teori-teori baru terkait planet dan bulan yang dikembangkan oleh *The Bureau des Longitudes* di Paris. Algoritma Jean Meeus hanya dibatasi pada matematika astronomi, sebab hal ini dimaksudkan untuk menjadi panduan bagi astronom (profesional maupun amatir) untuk melakukan perhitungan astronomi<sup>20</sup>.

Kitab *al-Dûrr al-Anîq* yang ditulis oleh *mushonif* dengan pengantar bahasa arab yang notabeneanya digunakan di pesantren-pesantren ternyata mampu bersaing dalam keakuratan hasil dengan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus, seorang mathematic astronomy fenomenal yang karyanya diakui oleh para pakar astronomi, bahkan keakuratan hasil perhitungannya dapat disandingkan dengan hasil perhitungan yang diterbitkan oleh NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). Banyak pakar astronomi yang mengutip dan menggunakan karya Jean Meeus dalam berbagai perhitungan astronomi sampai sekarang, hal ini membuktikan bahwa memang instruksi dan metode yang dijelaskan di dalamnya belum ada yang menandingi<sup>21</sup>.

---

<sup>20</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithm Second Edition*, Virginia: Willman-Bell, 1991, hlm. 4-5. Diterjemahkan oleh Dr. Ing. Khafid.

<sup>21</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithm Second.....*, hlm. 1.

Banyak yang dapat digali dari isi kitab *al-Dûrr al-Anîq*, bagaimana sebuah kitab hasil keakuratan perhitungannya hampir sama dengan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus, bahkan setara dengan hasil perhitungan yang diterbitkan oleh NASA. Analisisnya dapat bertumpu pada sumber data yang dipakai atau dari sisi algoritma perhitungannya. Inilah yang akan penulis kupas dalam karya tulis ilmiah ini.

Beranjak dari latar belakang yang telah dikemukakan diatas tersebut, penulis tertarik untuk mengkaji dan menganalisis hasil komparasi penentuan awal bulan Kamariah antara *Astronomical Algorithm* Jean Meeus dengan kitab *al-Dûrr al-Anîq*.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan pada uraian latar belakang yang dipaparkan penulis diatas, maka dapat diambil dua rumusan masalah, yaitu:

1. Bagaimana perhitungan awal bulan Kamariah yang diterapkan kitab *al-Dûrr al-Anîq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus?

2. Bagaimana komparasi perhitungan awal bulan Kamariah dalam kitab *al-Dûrr al-Anîq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus?

### **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian yang ingin dicapai penulis adalah:

1. Mengetahui algoritma perhitungan yang diterapkan dalam kitab *al-Dûrr al-Anîq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus.
2. Mengetahui hasil komparasi perhitungan antara kitab *al-Dûrr al-Anîq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus.

### **D. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bermanfaat untuk menambah dan memperkaya wawasan ilmu pengetahuan dalam bidang penentuan awal bulan Kamariah yang berkembang di Indonesia.
2. Bermanfaat untuk membandingkan hasil dari algoritma perhitungan awal bulan Kamariah yang berbeda, sehingga dapat diketahui kelebihan dan kekurangan ataupun persamaan dan perbedaan dari masing-masing algoritma

perhitungan serta dapat diketahui mana algoritma perhitungan yang paling akurat.

3. Bermanfaat sebagai suatu karya ilmiah dari hasil penelitian yang dapat memberikan informasi dan dapat dijadikan rujukan bagi para peneliti selanjutnya.

## **E. Tinjauan Pustaka**

Dari beberapa kajian pustaka yang telah diteliti oleh penulis, penulis menemukan beberapa hasil karya ilmiah yang masih berhubungan dengan awal bulan Kamariah beserta perhitungannya, diantara karya ilmiah tersebut, antara lain adalah karya ilmiah berupa skripsi yang disusun oleh Ria Agustin, mahasiswi sarjana Ilmu Falak IAIN Walisongo (2014) dengan judul “Studi Analisis Metode Penentuan Awal Bulan Qamariah Dalam Kitab *al-Dûrr al-Anîq* Karya Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah”. Hasil dari penelitian Ria Agustin tersebut, yang pertama membuktikan bahwa metode hisab Kitab *al-Dûrr al-Anîq* karangan KH. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah ternyata menggunakan metode hisab kontemporer, ini juga membuktikan bahwa istilah hisab *haqiqi bi al tadqiqi* hanya sebuah istilah yang menyatakan hisab kontemporer. Maka dari itu hasil hisab Kitab *al-Dûrr al-Anîq*

dapat disandingkan dengan perhitungan kontemporer lainnya untuk keperluan penentuan awal bulan Kamariah. Kemudian yang kedua, penulis telah mengkomparasikan perhitungan awal bulan Kamariah kitab *al-Dûrr al-Anîq* dengan hisab *Ephemeris*, hasilnya terdapat perbedaan pada waktu *ijtima'* dan ketinggian hilal. Dalam penelitiannya penulis menganalisis bahwa perbedaan tersebut terjadi sebab Kitab *al-Dûrr al-Anîq* menggunakan tabel yang masih membutuhkan koreksi-koreksi dengan rumus-rumus matematika kontemporer tertentu untuk melakukan proses perhitungannya, tidak seperti halnya hisab *Ephemeris* yang koreksinya cukup dengan menginterpolasi dua data, agar data yang akan dipakai untuk keperluan perhitungan lebih halus dan akurat. Kemudian yang ketiga, penulis juga menjelaskan kesimpulan dari hasil penelitiannya, bahwa tingkat akurasi hasil perhitungan awal bulan Kamariah kitab *al-Dûrr al-Anîq* karangan KH. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah tergolong cukup akurat dan dapat dijadikan pedoman dalam penentuan awal bulan Kamariah. Hal tersebut sudah penulis buktikan dengan membandingkan antara hasil hisab kitab *al-Dûrr al-Anîq* dengan hasil hisab *Ephemeris*, hasilnya secara keseluruhan tidak terpaut jauh, selisih hasil rata-rata antara keduanya hanya berbeda pada menit.

Berangkat dari keakurasian hasil perhitungan kitab *al-Dûrr al-Anîq*, kiranya tidak berlebihan jika dikatakan bahwa metode perhitungan dalam kitab tersebut dapat dinyatakan *up to date* dan relevan bila dijadikan sebagai salah satu pedoman dalam perhitungan awal bulan Kamariah. Pada kenyataannya kelebihan yang ada pada kitab *al-Dûrr al-Anîq* mengalahkan kekurangan yang terdapat pada Kitab tersebut. Diantara kelebihan yang dimiliki oleh kitab *al-Dûrr al-Anîq* adalah teori dan metode yang digunakan lebih maju dan lebih teliti bila dibandingkan dengan metode hisab *taqribi* ataupun hisab *haqiqi bi al tahqiqi*, data-data yang dipakai dalam kitab *al-Dûrr al-Anîq* pun sudah lebih teliti, cukup akurat, dan lengkap sehingga dapat disandingkan dengan metode hisab kontemporer yang lain. Sedangkan diantara kelemahan yang terdapat dalam kitab *al-Dûrr al-Anîq* adalah bahwa kitab ini dalam menguraikan perhitungan terlalu panjang sehingga perhitungan tersebut terkesan lama dan sulit.

Kajian pustaka selanjutnya mengenai perhitungan awal bulan Kamariah, penulis menemukan karya ilmiah berupa thesis yang disusun oleh Imas Musfiroh, mahasiswi pascasarjana IAIN Walisongo (2014) dengan judul “Hisab Awal Bulan Kamariah (Studi Komparatif Sistem Hisab



Almanak Nautika Dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus)”. Hasil dari penelitian Imas Musfiroh, yang pertama adalah ia menemukan persamaan dan perbedaan dari algoritma yang dibentuk berdasarkan data-data yang diambil dari Almanak Nautika dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus. Persamaannya terletak pada teori yang digunakan oleh kedua algoritma tersebut, yaitu dengan menggunakan teori segitiga bola (*spherical trigonometri*). Kemudian persamaan dari algoritma terletak pada perhitungan umur bulan yang dihitung dari selisih waktu *ghurub* dan waktu *ijtima*'. Sedangkan perbedaan diantara algoritma keduanya terletak pada perhitungan waktu *ijtima*', perhitungan waktu *ghurub* matahari, *equation of time*, ketinggian bulan secara *mar'i*, posisi bulan, dan sudut elongasi.

Dalam karya ilmiah tersebut juga dijelaskan tentang kelebihan dan kelemahan dari masing-masing algoritma tersebut. Kelebihan yang ditemukan dari kedua algoritma tersebut berada pada proses perhitungannya, Almanak Nautika proses perhitungannya relatif lebih mudah daripada *Astronomical Algorithm*, karena hanya melakukan beberapa interpolasi pada waktu yang diinginkan. Proses ini terlihat dari adanya tabel yang dicantumkan dalam setiap jam GMT, akan

tetapi kelemahan Almanak Nautika ini terletak pada penerbitannya yang hanya setahun sekali, sehingga hanya bisa menghitung awal bulan maupun fenomena-fenomena yang berkaitan dengan bulan dan matahari seperti fase-fase bulan, gerhana matahari dan gerhana bulan dalam rentang waktu diterbitkannya data tersebut. Dalam artian bahwa Almanak Nautika tidak dapat digunakan untuk proses perhitungan pada tahun-tahun mendatang.

## F. Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini, metode penelitian yang digunakan oleh penulis adalah sebagai berikut:

### 1. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kualitatif<sup>22</sup> dengan kajian penelitian kepustakaan (*library research*)<sup>23</sup>. Sedangkan pendekatan yang digunakan adalah pendekatan ilmu hitung (*arithmetic*).

---

<sup>22</sup> Analisis kualitatif pada dasarnya lebih menekankan pada proses deduktif dan induktif serta pada analisis terhadap dinamika antar fenomena yang diamati, dengan menggunakan logika ilmiah. Lihat dalam Syaifuddin Azwar, *Metode Penelitian*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2004, Cet. Ke 5, hlm. 5.

<sup>23</sup> Penelitian yang dilakukan dengan menelaah literatur dan mengkaji kepustakaan. Lihat M. Iqbal Hasan, *Pokok-Pokok Metodologi Penelitian dan Aplikasinya*, Bogor: Ghalia Indonesia, 2002, hlm. 11.

## 2. Sumber dan Jenis Data

Sumber data yang digunakan penulis dalam penelitian karya ilmiah ini dibagi menjadi dua, yaitu sumber data primer<sup>24</sup> dan sumber data sekunder<sup>25</sup>. Sumber data primer dalam penelitian ini adalah kitab *al-Dūrr al-Anīq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus. Sedangkan sumber data sekunder dalam penelitian ini meliputi kitab-kitab, buku-buku, jurnal-jurnal, artikel-artikel, karya tulis dan seluruh dokumen yang berkaitan dengan objek penelitian.

## 3. Teknik Pengumpulan Data

Dalam memperoleh data-data yang diperlukan dalam penelitian karya ilmiah ini, penulis menggunakan teknik dokumentasi<sup>26</sup> dengan cara menghimpun kitab-kitab, buku-buku, jurnal-jurnal, artikel-artikel, karya tulis dan seluruh dokumen yang berkaitan dengan perhitungan awal bulan Kamariah.

---

<sup>24</sup> Data primer adalah data tangan pertama atau data utama yang diperoleh dan dikumpulkan langsung oleh peneliti dari objek yang akan diteliti.

<sup>25</sup> Data sekunder adalah data pembantu untuk memperkuat data primer dan melengkapi kekurangan yang ada pada data primer.

<sup>26</sup> Nyoman Kutha Ratna, *Metodologi Penelitian*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2010, hlm. 218.

#### 4. Teknik Analisis Data

Setelah data-data terhimpun, maka selanjutnya data-data tersebut dianalisis. Dalam menganalisis data, penulis menggunakan analisis komparatif melalui teknik diskriptif<sup>27</sup>.

### **G. Sistematika Penulisan**

Secara garis besar, penulisan penelitian ini dibagi dalam lima bab dan disetiap bab terdiri dari sub-sub bab pembahasan. Sistematika penulisan penelitian ini sebagai berikut:

#### **BAB I      PENDAHULUAN**

Bab ini melingkupi pembahasan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, tinjauan pustaka, metode penelitian dan sistematika penulisan.

#### **BAB II     KONSEP   ASTRONOMI   AWAL   BULAN KAMARIAH**

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai tinjauan umum awal bulan Kamariah yang meliputi sistem penanggalan Kamariah, sistem koordinat benda

---

<sup>27</sup> Nyoman Kutha Ratna, *Metodologi Penelitian.....*, hlm. 220.

langit, metode-metode penentuan awal bulan Kamariah, serta parameter penentuan awal bulan Kamariah meliputi *ijtima'*, terbenam (*ghurub*), ketinggian hilal (*irtifa' hilal*), sudut elongasi, umur hilal, serta azimuth Matahari dan bulan.

### BAB III ALGORITMA PENENTUAN AWAL BULAN KAMARIAH DALAM KITAB *AL-DÛRR AL-ANÎQ* DAN *ASTRONOMICAL ALGORITHM* JEAN MEEUS

Pada bab ini, pembahasan mencakup kitab *al-Dûrr al-Anîq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus. Adapun pada sub bab Kitab *al-Dûrr al-Anîq* dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus akan dipaparkan mengenai pengertiannya, penyajian datanya, algoritma perhitungannya dan koreksi-koreksi yang berada didalam perhitungannya.

### BAB IV ANALISIS TERHADAP KOMPARASI PENENTUAN AWAL BULAN KAMARIAH DALAM KITAB *AL-DÛRR AL-ANÎQ* DAN *ASTRONOMICAL ALGORITHM* JEAN MEEUS

Pada bab ini akan dipaparkan analisis perhitungan penentuan awal bulan Kamariah menggunakan

kitab *al-Dûrr al-Anîq* dengan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus. Di dalamnya meliputi analisis algoritma, teori yang membangun, sumber data yang digunakan dan interpolasi atau iterasi yang ada di dalam perhitungannya. Selanjutnya, analisis dilakukan pada hasil komparasi perhitungannya untuk mengetahui seberapa besar perbedaan diantara keduanya.

## BAB V PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan, saran atau rekomendasi, dan penutup.

## BAB II

### KONSEP ASTRONOMI AWAL BULAN KAMARIAH

#### A. Penanggalan Kamariah

##### 1. Dalil Syar'i

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَّرَهُ  
مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ وَالْحِسَابَ ۗ مَا خَلَقَ اللَّهُ  
ذَٰلِكَ إِلَّا بِالْحَقِّ يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ ﴿٥﴾

Artinya: “Dialah yang menjadikan Matahari bersinar dan bulan bercahaya dan ditetapkan-Nya manzilah-manzilah (tempat-tempat) bagi perjalanan bulan itu, supaya kamu mengetahui bilangan tahun dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan yang demikian itu melainkan dengan hak. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui.” (QS. Yunus [10]: 5).

وَجَعَلْنَا اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ آيَاتَيْنِ ۗ فَمَحَوْنَا آيَةَ اللَّيْلِ وَجَعَلْنَا آيَةَ  
النَّهَارِ مُبْصِرَةً ۗ لَتَبْتَغُوا فَضْلًا مِّن رَّبِّكُمْ وَلِتَعْلَمُوا عَدَدَ  
السِّنِينَ وَالْحِسَابَ ۗ وَكُلُّ شَيْءٍ فَصَّلَنَاهُ تَفْصِيلًا ﴿١٢﴾

Artinya: “Dan Kami jadikan malam dan siang sebagai dua tanda, lalu Kami hapuskan tanda malam dan Kami jadikan tanda siang itu terang, agar kamu mencari kurnia dari Tuhanmu, dan supaya kamu mengetahui bilangan tahun-tahun dan perhitungan. Dan segala sesuatu telah Kami terangkan dengan jelas.” (QS. Al-Isra’ [17]: 12).

وَهُوَ الَّذِي خَلَقَ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ كُلٌّ فِي فَلَكٍ

يَسْبَحُونَ ﴿٣٣﴾

Artinya: “Dan Dialah yang telah menciptakan malam dan siang, matahari dan bulan, masing-masing dari keduanya itu beredar di dalam garis edarnya.” (QS. Al-Anbiya’ [21]: 33).

وَالْقَمَرَ قَدَرْتَهُ مَنَازِلَ حَتَّىٰ عَادَ كَالْعُرْجُونِ الْقَدِيمِ ﴿٣٦﴾

Artinya: “Dan telah Kami tetapkan bagi bulan manzilah-manzilah, sehingga (setelah Dia sampai ke manzilah yang terakhir) kembalilah ia sebagai bentuk tandan yang tua.” (QS. Yasin [36]: 39).

لَا الشَّمْسُ يَنْبَغِي لَهَا أَنْ تُدْرِكَ الْقَمَرَ وَلَا اللَّيْلُ سَابِقُ النَّهَارِ

وَكُلٌّ فِي فَلَكٍ يَسْبَحُونَ ﴿٤٠﴾

Artinya: “Tidaklah mungkin bagi matahari mendapatkan bulan dan malam pun tidak dapat mendahului



*siang. Dan masing-masing beredar pada garis edarnya.” (QS. Yasin [36]: 40).*

## 2. Sistem Penanggalan Kamariah

Dalam sistem penanggalan Kamariah (Hijriah) acuannya adalah pada peredaran bulan, dimana sistem penanggalan ini dihitung menurut perjalanan bulan ketika mengorbit atau mengitari Bumi (berevolusi terhadap Bumi). Revolusi bulan terhadap Bumi tidak secara penuh melingkar membentuk lingkaran, namun lebih membentuk elips<sup>1</sup>. Kecepatan revolusi bulan mengelilingi Bumi adalah 27 hari 7 jam 43 menit 11 detik yang disebut dengan bulan sideris, namun dalam masa sekali ini bulan sudah tertinggal dari Matahari sehingga bulan harus menambah waktu untuk mengejar keteringgalan tersebut menjadi 29 hari 12 jam 44 menit 3 detik yang disebut dengan bulan sinodis<sup>2</sup>. Kecepatan rotasi bulan berputar pada porosnya juga tidak konstan, terkadang bisa ditempuh selama 30 hari dan pada saat yang lain bisa ditempuh selama 29 hari. Total dari periode rotasi bulan mengelilingi Bumi adalah 354 hari 48 menit 34 detik<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Slamet Hambali, *Almanak Sepanjang Masa “Sejarah Sistem Penanggalan Masehi, Hijriah dan Jawa”*, Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, November 2011, Cetakan Pertama, hlm. 13.

<sup>2</sup> Slamet Hambali, *Almanak Sepanjang Masa.....*, hlm. 53.

<sup>3</sup> Slamet Hambali, *Almanak Sepanjang Masa.....*, hlm. 13.

Tahun Kamariah memiliki siklus 30 tahun yang terdiri dari 19 tahun basithah dan 11 tahun kabisat, berbeda dengan tahun Syamsiah (Miladiyah) yang memiliki siklus 4 tahun yang terdiri dari 3 tahun basithah dan 1 tahun kabisat.

Kalender Kamariah sendiri dipelopori oleh Khalifah Umar bin Khattab dan disepakati bahwa penanggalan Kamariah dimulai dari hijrah Nabi Muhammad SAW dari Makkah ke Madinah<sup>4</sup>. Hal ini yang menyebabkan Kalender Kamariah juga sering disebut dengan Kalender Hijriah.

## **B. Sistem Koordinat Benda Langit**

Alam semesta ini diciptakan dalam keadaan yang dinamis, namun tetap teratur. Keteraturan gerakan seluruh benda langit, termasuk didalamnya Matahari, planet, satelit, komet, asteroid dan benda langit lainnya membuat gerakan seluruh benda langit tersebut dapat dipelajari melalui pengamatan atau observasi. Memahami gerakan seluruh benda langit tersebut membuat manusia dapat memperkirakan peristiwa-peristiwa yang akan terjadi di masa mendatang dengan sangat akurat melalui perhitungan yang tepat. Seperti halnya memperkirakan matahari terbenam, matahari terbit,

---

<sup>4</sup> Slamet Hambali, *Almanak Sepanjang Masa.....*, hlm. 15.

terjadinya gerhana, bulan purnama, konjungsi, komet yang mendekati Bumi dan berbagai peristiwa astronomi lainnya<sup>5</sup>.

Dalam hal memudahkan pemahaman terhadap posisi benda-benda langit, maka diperkenalkan beberapa sistem koordinat, dimana setiap sistem koordinat tersebut memiliki koordinatnya masing-masing. Suatu benda langit dapat dinyatakan dalam sistem koordinat tertentu, yang mana selanjutnya nilai suatu koordinat benda langit tersebut dapat diubah ke dalam sistem koordinat yang lain melalui metode transformasi koordinat<sup>6</sup>. Beberapa dari sistem koordinat benda langit tersebut antara lain adalah sebagai berikut:

1. Sistem Koordinat Ekliptika Heliosentrik (*Heliocentric Ecliptical Coordinate*)

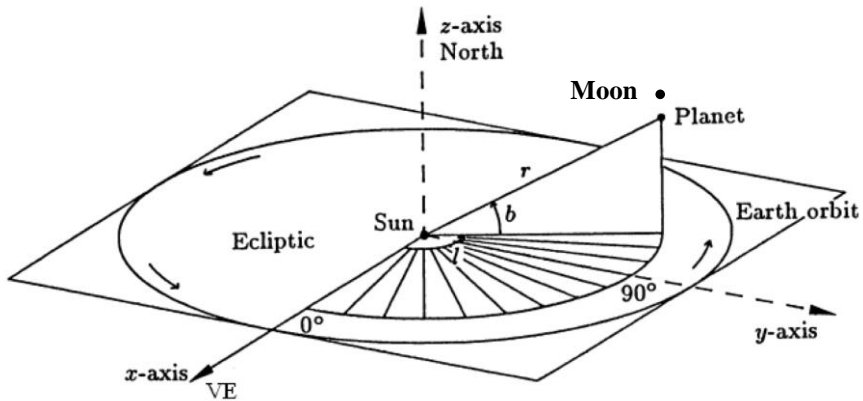
Pada Sistem Koordinat Ekliptika Heliosentrik (*Heliocentric Ecliptical Coordinate*) ini, Matahari yang menjadi pusat dari koordinat, sedangkan benda langit lainnya seperti Bumi dan planet-planet lain yang bergerak mengitari Matahari<sup>7</sup>.

---

<sup>5</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, Lab Fisika Material dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, 2012, hlm. 47.

<sup>6</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit.....*, hlm. 47.

<sup>7</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit.....*, hlm. 50-51.



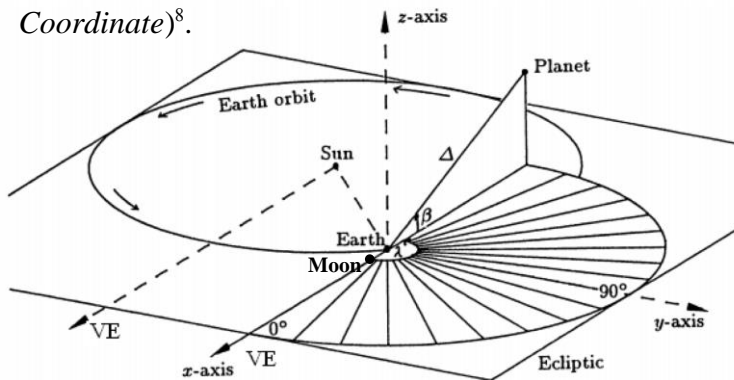
Gambar 2.1: Sistem Koordinat Ekliptika Heliosentrik  
(Sumber: Buku Mekanika Benda Langit)

- a. Pusat koordinat: Matahari.
- b. Bidang datar referensi: Bidang orbit Bumi yang mengitari Matahari (bidang ekliptika), yaitu bidang  $xy$ .
- c. Titik referensi: Vernal Ekuinoks (VE) yang didefinisikan sebagai sumbu  $x$ .
- d. Koordinat:
  - 1)  $r$  = Jarak (radius) benda langit ke Matahari.
  - 2)  $l$  = Sudut bujur ekliptika (*ecliptical longitude*), yaitu sudut yang dihitung dari Vernal Ekuinoks (VE) dengan berlawanan arah perputaran jarum jam.

- 3)  $b$  = Sudut lintang ekliptika (*ecliptical latitude*), yaitu sudut antara garis penghubung benda langit ke Matahari dengan bidang ekliptika.

## 2. Sistem Koordinat Ekliptika Geosentrik (*Geocentric Ecliptical Coordinate*)

Pada Sistem Koordinat Ekliptika Geosentrik (*Geocentric Ecliptical Coordinate*) ini, bumi yang menjadi pusat koordinat, dimana Matahari dan planet-planet lainnya bergerak mengitari Bumi. Bidang datar  $xy$  adalah bidang ekliptika, masih sama seperti pada ekliptika Koordinat Ekliptika Heliosentrik (*Heliocentric Ecliptical Coordinate*)<sup>8</sup>.



Gambar 2.2: Sistem Koordinat Ekliptika Geosentrik  
(Sumber: Buku Mekanika Benda Langit)

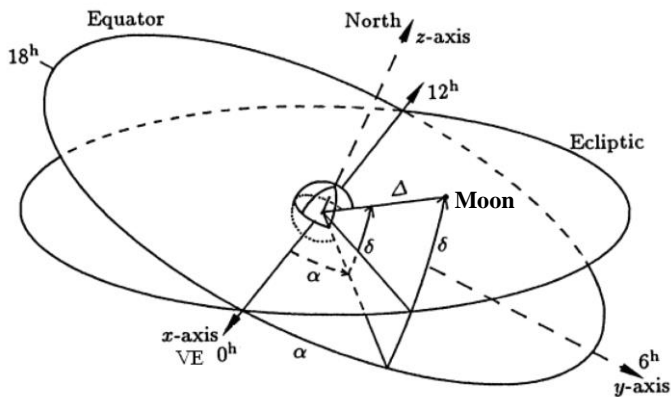
<sup>8</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit.....*, hlm. 51-52.

- a. Pusat koordinat: Bumi.
- b. Bidang datar referensi: Bidang ekliptika (bidang orbit Bumi mengitari Matahari, yang sama dengan bidang orbit Matahari mengitari Bumi) yaitu bidang  $xy$ .
- c. Titik referensi: Vernal Ekuinoks (VE) yang didefinisikan sebagai sumbu  $x$ .
- d. Koordinat:
  - 1) Delta = Jarak (radius) benda langit ke Bumi.
  - 2) Lamda = Sudut bujur ekliptika (*ecliptical longitude*) benda langit menurut Bumi yang dihitung dari Vernal Ekuinoks (VE) dengan berlawanan arah perputaran jarum jam.
  - 3) Beta = Sudut lintang ekliptika (*ecliptical latitude*) benda langit menurut Bumi, yaitu sudut antara garis penghubung benda langit ke Bumi dengan bidang ekliptika.

### 3. Sistem Koordinat Ekuator Geosentrik (*Geocentric Equatorial Coordinate*)

Ketika Bumi bergerak mengitari Matahari di bidang ekliptika, bumi juga sekaligus berotasi terhadap sumbunya. Penting untuk diketahui, bahwa sumbu rotasi Bumi tidak

sejajar dengan bidang ekliptika, atau dengan kata lain bidang ekuator tidak sejajar dengan bidang ekliptika. Ketidaksejajaran antara bidang ekuator dengan bidang ekliptika ini membentuk sudut kemiringan (*epsilon*) yang kira-kira nilainya sebesar 23,5 derajat. Sudut kemiringan ini tidak bernilai konstan sepanjang waktu, namun nilainya semakin lama akan semakin mengecil<sup>9</sup>.



Gambar 2.3: Sistem Koordinat Ekuator Geosentrik  
(Sumber: Buku Mekanika Benda Langit)

a. Pusat koordinat: Bumi.

<sup>9</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit.....*, hlm. 52-53.

b. Bidang datar referensi: Bidang ekuator, yaitu bidang datar yang mengiris Bumi menjadi dua bagian sama besar melewati garis ekuator (khatulistiwa).

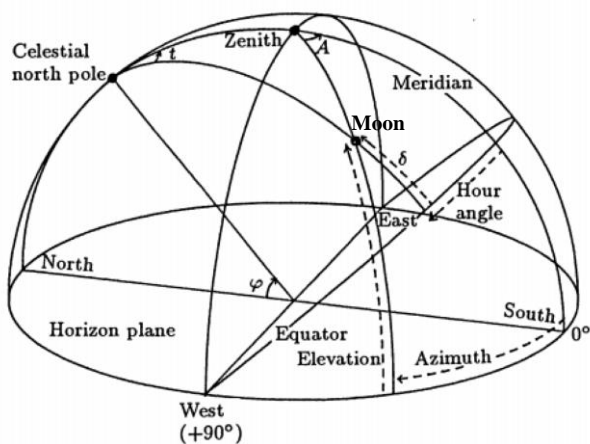
c. Koordinat:

- 1) Delta = Jarak (radius) benda langit ke Bumi.
- 2) Alpha = Right Ascensio Rekta = Sudut antara Vernal Ekuinoks (VE) dengan proyeksi benda langit pada bidang ekuator yang diputar berlawanan arah perputaran jarum jam. Biasanya Alpha bukan dinyatakan dalam satuan derajat, namun dalam satuan jam (*hour*). Satu putaran penuh  $360^\circ = 24$  jam, oleh sebab itu apabila Alpha dinyatakan dalam derajat maka bagilah dengan 15 untuk memperoleh satuan jam. Titik Vernal Ekuinoks (VE) sendiri menunjukkan jam 0.
- 3) Delta = Deklinasi (*Declination*) = Sudut antara garis hubung benda langit ke Bumi dengan bidang ekliptika. Nilainya mulai dari  $-90^\circ$  (yang menunjukkan posisi di Selatan) hingga  $90^\circ$  (yang menunjukkan posisi di Utara). Pada bidang ekuator nilai deklinasi sama dengan  $0^\circ$ .



#### 4. Sistem Koordinat Horizontal (*Horizontal Coordinate*)

Pada Sistem Koordinat Horizontal (*Horizontal Coordinate*) ini, pusat koordinat adalah posisi pengamat yang dinyatakan dengan menggunakan bujur dan lintang yang terletak di permukaan Bumi. Ketinggian posisi pengamat dari permukaan Bumi juga turut diperhitungkan. Bidang datar yang menjadi referensi seperti bidang xy adalah bidang horison (bidang datar di sekitar pengamat di permukaan Bumi)<sup>10</sup>.



Gambar 2.4: Sistem Koordinat Horizontal  
(Sumber: Buku Mekanika Benda Langit)

a. Pusat koordinat: Pengamat di permukaan Bumi.

<sup>10</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit.....*, hlm. 53-55.

- b. Bidang datar referensi: Bidang horison (*horizon plane*).
- c. Koordinat:

- 1) Altitude = Sudut ketinggian benda langit yang dihitung dari bidang horison. Altitude bernilai  $0^\circ$  menyatakan bahwa posisi benda langit tersebut berada di bidang horison, sedangkan altitude bernilai  $90^\circ$  menyatakan bahwa posisi benda langit tersebut berada di titik zenith dan altitude bernilai  $-90^\circ$  menyatakan bahwa posisi benda langit tersebut berada di titik nadhir.
- 2) Azimuth = Busur yang ditarik dari arah Utara sampai proyeksi benda langit ke bidang horison.

Jarak benda langit ke pengamat dalam sistem koordinat ini seringkali diabaikan, sebab telah terakomodir dalam sistem koordinat ekliptika. Mengenai pembahasan tentang azimuth, dalam banyak referensi azimuth diukur dari titik Selatan yang diputar ke arah Barat. Gambar diatas juga menunjukkan bahwa azimuth diukur dari titik Selatan, namun dari pemahaman yang umum digunakan, biasanya titik Utara dijadikan sebagai titik

referensi dimana azimuth mulai diukur. Oleh sebab itu untuk membedakan penulisan lambang, azimuth yang diukur mulai dari titik Selatan dinyatakan dengan simbol  $As$  dan azimuth yang diukur mulai dari titik Utara dinyatakan dengan simbol  $A$ . Apabila  $As$  atau  $A$  bernilai negatif, maka tinggal tambahkan dengan  $360^\circ$  dan apabila  $As$  atau  $A$  bernilai lebih besar dari  $360^\circ$ , maka tinggal kurangkan dengan  $360^{o11}$ .

### C. Metode-Metode Penentuan Awal Bulan Kamariah

Dalam penentuan awal bulan Kamariah terdapat dasar hukum baik yang tercantum di dalam Al Qur'an ataupun Al Hadits, dari pedoman tersebut secara garis besar terdapat dua macam cara dalam penentuan awal bulan Kamariah khususnya yang terkait dengan masalah ibadah, diantaranya yaitu:

#### 1. Rukyatul Hilal

Rukyat berasal dari bahasa arab yang artinya melihat, yaitu observasi atau mengamati benda-benda langit. Sedangkan *rukyatul hilal* adalah usaha untuk melihat atau mengamati hilal di tempat terbuka dengan mata telanjang atau dengan bantuan peralatan optik seperti teleskop pada saat Matahari terbenam (*ghurub*) menjelang bulan baru

---

<sup>11</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit.....*, hlm. 54-55.

Kamariah yang selalu dilakukan pada tanggal 29 Kamariah sebelum bulan Kamariah selanjutnya. Apabila hilal pada tanggal 29 Kamariah tidak dapat terlihat atau teramati, maka bulan Kamariah akan diistimikan atau digenapkan menjadi 30 hari untuk bulan Kamariah yang sedang berlangsung, baru kemudian masuk tanggal 1 atau masuk bulan baru Kamariah selanjutnya<sup>12</sup>.

## 2. Hisab atau Perhitungan

Metode hisab dalam penentuan awal bulan Kamariah merupakan metode yang didasarkan pada perhitungan peredaran bulan mengitari Bumi dan keduanya bersama-sama mengitari Matahari. Metode hisab ini dapat menentukan awal bulan Kamariah ratusan bahkan sampai ribuan tahun yang akan datang, sebab metode ini tidak tergantung pada terlihatnya hilal pada saat Matahari terbenam (*ghurub*) walaupun memang dalam penentuan awal bulan Kamariah di negara-negara yang tergabung di dalam MABIMS (Menteri Agama Brunei Darussalam, Indonesia, Malaysia dan Singapore) masih tetap menggunakan kriteria *imkannur rukyat* dan *visibilitas hilal*. Walaupun metode hisab ini terbatas dengan adanya kriteria

---

<sup>12</sup> Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, Buana Pustaka: Yogyakarta, 2005, Cetakan Pertama, hlm. 69.

imkannur rukyat dan visibilitas hilal dalam penentuan awal bulan Kamariah, namun metode hisab ini tetap sangat penting dan sangat diperlukan dalam membantu menetapkan awal-awal bulan Kamariah untuk kepentingan penyusunan kalender Hijriah.

Dalam penentuan awal bulan Kamariah dengan metode hisab, secara garis besar diklasifikasikan menjadi dua macam, yaitu :

a. Hisab '*Urfi*

Hisab '*urfi* adalah cara penentuan awal bulan Kamariah dengan menggunakan perhitungan yang didasarkan pada peredaran bulan dan Bumi rata – rata mengelilingi matahari. Dalam hisab '*urfi* setahun ditetapkan terdapat 12 bulan, dimana setiap bulan ganjil berumur 30 hari dan setiap bulan genap berumur 29 hari, kecuali untuk bulan Dzulhijjah pada tahun kabisat berumur 30 hari. Kalender Kamariah atau Hijriah memiliki siklus 30 tahun, dimana 11 tahun merupakan tahun kabisat dan 19 tahun merupakan tahun basithah, kalender ini juga menyatakan bahwa dalam satu tahun memiliki 354 hari dalam tahun basithah dan memiliki

355 hari dalam tahun kabisat<sup>13</sup>. Para ulama fiqh sepakat bahwa metode hisab *'urfi* ini tidak dapat digunakan untuk menentukan waktu yang berhubungan dengan ibadah, sebab hisab *'urfi* ini dalam perhitungannya masih menggunakan perkiraan yang hasil akhirnya dapat mundur satu hari atau maju satu hari, sehingga dikhawatirkan tidak tepat.

Hisab ini dinamakan dengan hisab *'urfi* karena proses perhitungannya dilandaskan pada kaidah-kaidah yang masih bersifat sederhana, sedangkan kaidah-kaidah hisab *'urfi* dalam perhitungan penentuan masuknya awal bulan Kamariah didasarkan pada peredaran bulan. Kaidah-kaidah yang digunakan tersebut pada prinsipnya sebagai berikut :

- 1) Terlebih dahulu menentukan awal tahun Kamariah, baik tanggal, bulan, tahun dan konversinya dengan tanggal Masehi.
- 2) Kemudian tetapkan pula bahwa dalam satu tahun Kamariah umurnya 354 atau 355 hari dengan siklus dalam tahun Kamariah 30 tahun.

---

<sup>13</sup> Badan Hisab Rukyat Kementerian Agama RI, *Almanak Hisab Rukyat*, Jakarta: Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam Kementerian Agama RI, 2010, Cetakan Pertama, hlm. 156.

- 3) Tahun kabisat ditetapkan umurnya 355 hari sedangkan tahun basithah ditetapkan umurnya 354 hari.
- 4) Tahun kabisat terletak pada deretan tahun 2, 5, 7, 10, 13, 16, 18, 21, 24, 26, dan 29. Sedangkan deretan tahun yang lain ditetapkan sebagai tahun basithah.
- 5) Bulan-bulan gasal dalam tahun Kamariah umurnya ditetapkan 30 hari sedangkan bulan-bulan genap ditetapkan umurnya 29 hari dengan keterangan untuk tahun kabisat, bulan Dzulhijjah atau bulan yang ke 12 ditetapkan umurnya 30 hari.

b. Hisab *Haqiqi*

Hisab *Haqiqi* adalah perhitungan penentuan awal bulan Kamariah dengan perhitungan yang didasarkan pada peredaran bulan dan Bumi yang sebenarnya, sehingga awal bulan Kamariah dapat ditentukan dengan tepat, sebab hisab *haqiqi* memiliki keakurasian yang tinggi<sup>14</sup>. Dalam penentuan awal bulan Kamariah hisab *haqiqi* menjadi rujukan utama, terlebih untuk kepentingan ibadah secara keseluruhan.

---

<sup>14</sup> Badan Hisab Rukyat Kementerian Agama RI, *Almanak Hisab Rukyat.....*, hlm. 156.

Secara garis besar ada dua sistem yang digunakan para ahli hisab *haqiqi* dalam penentuan awal bulan Kamariah, yaitu sistem *ijtima'* dan sistem posisi hilal. Kelompok yang berpegang pada sistem *ijtima'* menetapkan bahwa apabila *ijtima'* terjadi sebelum Matahari terbenam (*ghurub*), maka sejak Matahari terbenam itulah masuknya awal bulan Kamariah yang baru<sup>15</sup>. Hal ini pada dasarnya menimbulkan berbagai perbedaan di kalangan para ahli hisab *haqiqi* sebab tidak semua berpegang pada konsep tersebut, konsep yang berkembang diantara ahli hisab *haqiqi* tentang sistem *ijtima'* antara lain adalah:

1) *Ijtima'* dan Tengah Hari

Kriteria awal bulan Kamariah menurut para ahli hisab yang menganut aliran ini adalah apabila *ijtima'* terjadi sebelum tengah hari (*zawal*) pada hari itu, maka hari itu sudah masuk awal bulan Kamariah baru, namun apabila *ijtima'* terjadi sesudah tengah

---

<sup>15</sup> Badan Hisab Rukyat Kementerian Agama RI, *Almanak Hisab Rukyat.....*, hlm. 157.



hari (*zawal*) pada hari itu, maka hari itu masih masuk bulan Kamariah yang sedang berlangsung<sup>16</sup>.

2) *Ijtima'* dan Tengah Malam

Kriteria awal bulan Kamariah menurut para ahli hisab yang menganut aliran ini adalah apabila *ijtima'* terjadi sebelum tengah malam, maka sejak tengah malam itu sudah masuk awal bulan Kamariah baru, namun apabila *ijtima'* terjadi sesudah tengah malam, maka malam itu masih masuk bulan Kamariah yang sedang berlangsung dan awal bulan Kamariah ditetapkan mulai tengah malam berikutnya<sup>17</sup>.

3) *Ijtima'* dan Terbit Matahari

Kriteria awal bulan Kamariah menurut para ahli hisab yang menganut aliran ini adalah apabila *ijtima'* terjadi di siang hari atau setelah Matahari terbit, maka mulai siang itu sudah masuk awal bulan Kamariah baru, namun sebaliknya apabila *ijtima'* terjadi di malam hari atau sebelum Matahari terbit,

---

<sup>16</sup> Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, Maret 2005, Cetakan I, hlm. 74.

<sup>17</sup> Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat.....*, hlm. 74.

maka awal bulan Kamariah baru dimulai pada siang hari berikutnya<sup>18</sup>.

4) *Ijtima' Qabla Al Fajr*

Kriteria awal bulan Kamariah menurut para ahli hisab yang menganut aliran ini adalah apabila *ijtima'* terjadi sebelum terbit fajar, maka sejak terbit fajar itu sudah dihitung masuk bulan Kamariah baru, namun apabila *ijtima'* terjadi sesudah terbit fajar, maka hari setelah terbit fajar itu dihitung sebagai hari terakhir dari bulan Kamariah yang sedang berlangsung dan awal bulan Kamariah baru dihitung hari berikutnya. Aliran ini juga berpendapat bahwa awal bulan Kamariah tidak ada hubungannya dengan Matahari terbenam (*ghurub*)<sup>19</sup>.

5) *Ijtima' Qabla Al Ghurub*

Para ahli hisab yang menganut aliran ini mengaitkan bahwa awal bulan Kamariah berhubungan dengan Matahari terbenam (*ghurub*), aliran ini membuat kriteria bahwa apabila *ijtima'* terjadi sebelum Matahari terbenam (*ghurub*), maka malam hari tersebut sudah dihitung masuk awal

---

<sup>18</sup> Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat.....*, hlm. 74.

<sup>19</sup> Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat.....*, hlm. 75.

bulan Kamariah baru, namun apabila *ijtima'* terjadi sesudah Matahari terbenam (*ghurub*), maka malam hari tersebut ditetapkan masih sebagai hari terakhir bulan Kamariah yang sedang berlangsung dan awal bulan Kamariah baru dihitung hari berikutnya. Aliran ini sama sekali tidak mempersoalkan tentang rukyat dan juga tidak memperhitungkan posisi hilal dari ufuk. Asal sebelum Matahari terbenam (*ghurub*) sudah terjadi *ijtima'* meskipun hilal masih berada di bawah ufuk, maka malam hari tersebut sudah dihitung masuk awal bulan Kamariah baru. Dipandang dari pendapatnya aliran ini menjadikan *ijtima'* sebagai pemisah diantara dua bulan Kamariah, sebab menurut aliran ini kriteria mereka sudah memenuhi konsep awal bulan Kamariah yang dalam Islam sendiri awal bulan Kamariah dimulai setelah Matahari terbenam (*ghurub*)<sup>20</sup>.

6) *Ijtima'* dan Posisi Hilal di atas Ufuk

Para ahli hisab yang menganut aliran ini mengatakan bahwa awal bulan Kamariah dimulai sejak saat Matahari terbenam (*ghurub*) setelah

---

<sup>20</sup> Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat.....*, hlm. 75.

terjadi *ijtima'* dan hilal pada saat itu sudah berada di atas ufuk. Dapat disimpulkan bahwa secara umum kriteria yang dijadikan dasar untuk menetapkan awal bulan Kamariah oleh para ahli hisab yang menganut aliran ini adalah, pertama awal bulan Kamariah dimulai sejak saat Matahari terbenam (*ghurub*), kedua sebelum Matahari terbenam (*ghurub*) telah terjadi *ijtima'*, ketiga hilal pada saat Matahari terbenam (*ghurub*) sudah berada di atas ufuk. Tegasnya konsep awal bulan Kamariah menurut para ahli hisab yang menganut aliran ini adalah walaupun *ijtima'* sudah terjadi sebelum Matahari terbenam (*ghurub*), awal bulan Kamariah belum dapat ditentukan sebelum diketahui posisi hilal yang sebenarnya. Posisi hilal sendiri dihitung dari ufuk, sehingga apabila sebelum Matahari terbenam (*ghurub*) sudah terjadi *ijtima'* dan pada saat Matahari terbenam (*ghurub*) posisi hilal sudah berada di atas ufuk, maka mulai malam itu sudah dapat ditetapkan masuk awal bulan Kamariah baru. Berbeda dengan apabila sebelum Matahari terbenam (*ghurub*) sudah terjadi *ijtima'*, namun pada saat

Matahari terbenam (*ghurub*) posisi hilal masih berada di bawah ufuk, maka malam itu masih ditetapkan sebagai hari terakhir bulan Kamariah yang sedang berlangsung atau bulan Kamariah yang sedang berlangsung tersebut diistimkalkan<sup>21</sup> dan masuknya awal bulan Kamariah baru dihitung hari berikutnya<sup>22</sup>.

Sedangkan kelompok yang berpegang pada posisi hilal menetapkan bahwa apabila pada saat Matahari terbenam (*ghurub*) posisi hilal sudah berada di atas ufuk, maka sejak Matahari terbenam itulah bulan Kamariah baru mulai dihitung<sup>23</sup>. Para ahli hisab *haqiqi* yang berpegang pada posisi hilal terbagi menjadi tiga kelompok, yaitu:

- 1) Kelompok yang berpegang pada ufuk *haqiqi* (*true horizon*)

Kelompok ini mengemukakan bahwa awal bulan Kamariah ditentukan oleh tinggi hilal *haqiqi*,

---

<sup>21</sup> Istikmal adalah penyempurnaan bilangan bulan Kamariah menjadi 30 hari. Lihat Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, Maret 2005, Cetakan I, hlm. 80.

<sup>22</sup> Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat.....*, hlm. 73-74.

<sup>23</sup> Badan Hisab Rukyat Kementerian Agama RI, *Almanak Hisab Rukyat*, Jakarta: Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam Kementerian Agama RI, 2010, Cetakan Pertama, hlm. 157.

yaitu titik pusat bulan yang diukur dari ufuk *haqiqi*, dimana ufuk *haqiqi* adalah ufuk yang berjarak  $90^\circ$  dari titik zenith.

- 2) Kelompok yang berpegang pada ufuk *mar'i* (*visible horizon*)

Kelompok ini menetapkan bahwa awal bulan Kamariah mulai dihitung apabila pada saat Matahari terbenam (*ghurub*) posisi piringan bulan lebih ke Timur daripada posisi piringan Matahari, dimana yang menjadi ukuran arah Timur dalam hal ini adalah ufuk *mar'i* itu sendiri. Artinya adalah apabila pada saat Matahari terbenam (*ghurub*) tinggi hilal sudah berada di atas ufuk *mar'i*, maka sejak saat itu bulan Kamariah baru mulai dihitung. Ufuk *mar'i* (*visible horizon*) adalah ufuk yang terlihat oleh mata seorang pengamat dari permukaan Bumi. Perbedaan antara ufuk *haqiqi* dengan ufuk *mar'i* adalah seharga nilai kerendahan ufuk yang diakibatkan oleh ketinggian tempat di atas permukaan laut, dimana seorang pengamat berada di permukaan Bumi.

- 3) Kelompok yang berpegang pada metode *imkanur rukyat*

Kelompok ini mengemukakan bahwa masuknya awal bulan Kamariah yang baru adalah ketika posisi hilal pada saat Matahari terbenam (*ghurub*) harus berada pada posisi tertentu, sehingga memungkinkan untuk dapat dirukyat. Metode *imkanur rukyat* sendiri memiliki kriteria yang harus disetujui, dalam hal ini MABIMS (Menteri Agama Brunei Darussalam, Indonesia, Malaysia dan Singapore) menyetujui kriteria untuk hilal dapat dirukyat apabila ketinggian hilal berada minimal  $2^{\circ}$  di atas ufuk, sudut elongasi minimal  $3^{\circ}$  atau umur hilal minimal 8 jam.

Hisab *haqiqi* dalam perkembangannya diklasifikasikan lagi menjadi tiga tingkatan, diantaranya sebagai berikut:

1) Hisab *haqiqi bi al taqribi*

Hisab *haqiqi* yang tingkat akurasi perhitungannya paling rendah diantara hisab *haqiqi* yang lain. Hisab *haqiqi bi al taqribi* dalam perhitungannya cukup melakukan penambahan,

pengurangan, perkalian dan pembagian data-data yang sudah ada tanpa menggunakan perhitungan segitiga bola. Para penganut hisab ini menggunakan data bulan dan data Matahari berdasarkan tabel yang disusun oleh Ulugh Beg. Walaupun hisab *haqiqi bi al taqribi* ini masih menggunakan tabel yang disusun oleh Ulugh Beg, namun secara perhitungan hisab ini telah menggunakan ilmu astronomi yang menganut teori Heliosentris<sup>24</sup>.

2) Hisab *haqiqi bi al tahqiqi*

Hisab *haqiqi* yang tingkat akurasi perhitungannya sedang atau lebih baik, apabila dibandingkan dengan hisab *haqiqi bi al taqribi*. Hisab *haqiqi bi al tahqiqi* dalam perhitungannya sudah menggunakan ilmu ukur segitiga bola (*spherical trigonometri*) dan juga menggunakan ilmu astronomi yang telah menganut teori Heliosentris. Hisab *haqiqi bi al tahqiqi* memiliki algoritma perhitungan yang cukup panjang dan rumit, sebab data bulan dan data Matahari yang digunakan sangat banyak dan diantaranya harus

---

<sup>24</sup> M. Solihan dan Subhan, *Rukyat dan Teknologi*, Jakarta: Gema Insani Press, 1994, hlm. 18.



dilakukan interpolasi atau penghalusan data ketika mengambil data bulan atau data Matahari, sehingga dalam perhitungannya dapat menggunakan alat bantu hitung seperti kalkulator dan komputer. Menurut hisab *haqiqi bi al tahqiqi* umur bulan tidaklah konstan dan juga tidak beraturan, melainkan bergantung pada posisi hilal setiap bulannya, sehingga umur bulan bisa jadi berturut-turut 29 hari atau 30 hari atau bahkan bisa juga bergantian sebagaimana dalam hisab '*urfi*<sup>25</sup>.

3) Hisab *haqiqi* kontemporer atau *haqiqi bi al tadqiqi*

Hisab kontemporer atau hisab *haqiqi bi al tadqiqi* (meminjam istilah dalam kitab *al-Dûrr al-Anîq* karya KH. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah) memiliki tingkat akurasi perhitungan yang sangat tinggi atau bisa dikatakan sangat akurat dengan hasil sebenarnya ketika dilakukan pengamatan atau observasi. Hisab ini menggunakan data dari hasil penelitian secara langsung pada benda-benda langit dan telah menerapkan ilmu matematika astronomi serta ilmu astronomi bola

---

<sup>25</sup> Abd. Salam Nawawi, *Algoritma Hisab Ephemeris*, Semarang: Pendidikan dan Pelatihan Nasional Pelaksanaan Rukyat NU, 2006, hlm. 1.

yang telah dikembangkan. Hisab *haqiqi bi al tadqiqi* hampir sama dengan hisab *haqiqi bi al tahqiqi*, hanya saja yang menjadikan keduanya berbeda adalah pada sistem koreksinya yang lebih teliti dan lebih kompleks, hal ini disebabkan oleh kemajuan sains dan teknologi yang semakin berkembang. Hisab ini jelas telah mengadopsi teori Heliosentris yang menyatakan Matahari sebagai pusat dari tata surya<sup>26</sup>. Begitu banyaknya koreksi yang harus dilakukan dalam perhitungan awal bulan Kamariah menggunakan hisab ini, menyebabkan waktu yang digunakan untuk menghitung awal bulan Kamariah akan semakin panjang, sehingga disarankan dalam melakukan perhitungan selain menggunakan alat bantu hitung seperti kalkulator atau komputer, bisa juga menggunakan program perhitungan yang tentunya dalam hal ini harus mengetahui algoritma perhitungannya terlebih dahulu.

---

<sup>26</sup> Peradilan Agama, *Selayang Pandang Hisab Rukyat*, Jakarta: Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam dan Penyelenggaraan Haji, Direktorat Pembinaan Peradilan Agama, 2004, hlm. 22.

#### **D. Parameter Penentuan Awal Bulan Kamariah**

Dalam penentuan awal bulan kamariah sangat penting mengetahui beberapa parameter yang digunakan dalam penetapannya, sebab awal bulan kamariah sangat berpengaruh bagi umat Islam terlebih dalam setiap kegiatan ibadah yang dilakukan, misalnya ibadah puasa Ramadhan, ibadah haji, ibadah qurban, ibadah mengeluarkan zakat fitrah sebelum masuk bulan Syawal dan ibadah-ibadah yang lain.

Di Indonesia parameter yang digunakan dalam penentuan awal bulan kamariah mempunyai beberapa kriteria tersendiri, hal ini termasuk hasil kesepakatan dari MABIMS (Menteri Agama Brunei Darussalam, Indonesia, Malaysia dan Singapore). Mungkin di negara yang lain akan menggunakan kriteria yang berbeda dalam setiap parameternya ketika penentuan awal bulan kamariah, hal seperti ini dapat saja terjadi, bergantung kepada *ulil amri* yang menetapkan kesepakatan kriteria tersebut. Beberapa parameter dalam penentuan awal bulan kamariah dijelaskan sebagai berikut:

##### *Ijtima'*

*Ijtima'* dalam bahasa Arab disebut juga dengan istilah *iqdiran*, dalam bahasa Indonesia disebut dengan istilah

konjungsi dan dalam bahasa Inggris disebut dengan istilah *conjunction*. Semua memiliki pengertian yang sama, yaitu merupakan pertemuan atau berkumpulnya (berimpitnya) dua benda langit yang berjalan secara aktif dan dinamis. Pengertian *ijtima'* jika dikaitkan dengan awal bulan Kamariah adalah suatu peristiwa saat bulan dan Matahari terletak pada posisi garis bujur yang sama, apabila dilihat dari sebelah Timur maupun apabila dilihat dari sebelah Barat. Faktanya dalam penelitian jarak antara kedua benda langit tersebut berkisar sekitar 50 derajat. Dalam keadaan *ijtima'* pada hakikatnya masih ada bagian dari bulan yang mendapat pantulan sinar dari Matahari, yaitu bagian bulan yang menghadap ke Bumi, namun terkadang memang karena tipisnya cahaya bulan hal ini tidak dapat dilihat dari Bumi, sebab bulan yang sedang ber*ijtima'* tersebut letaknya sangat berdekatan dengan Matahari.

Kondisi seperti ini dipengaruhi oleh peredaran masing-masing benda langit terhadap orbitnya, seperti Bumi dan bulan yang beredar pada porosnya dari arah Barat ke arah Timur. Mengetahui saat terjadinya *ijtima'* dalam penentuan awal bulan Kamariah sangatlah penting, sebab peristiwa *ijtima'* merupakan parameter awal batas

penentuan secara astronomis antara bulan Kamariah yang sedang berlangsung dengan bulan Kamariah berikutnya<sup>27</sup>.

## 2. *Gurub* (Terbenam)

Baik Matahari maupun bulan dikatakan gurub (terbenam) apabila piringan atasnya bersinggungan dengan ufuk atau garis equator. Dalam pengertian astronomi, Matahari dan bulan dikatakan terbenam apabila jarak zenitnya sama dengan  $90^\circ + \text{semidiameter} + \text{refraksi} - \text{parallaks}$ . Dalam istilah ilmu astronomi, Matahari terbenam disebut dengan *sunset* dan bulan terbenam disebut dengan *moonset*. Dalam istilah ilmu Falak, Matahari terbenam disebut dengan *Gurub asy-Syams* dan bulan terbenam disebut dengan *Gurub al-Qamar*<sup>28</sup>.

## 3. *Irtifa'* Hilal (Ketinggian Hilal)

*Irtifa'* hilal di dalam pengertiannya adalah ketinggian hilal yang dihitung dari ufuk atau garis equator melalui lingkaran vertikal sampai ke posisi hilal. Ketinggian hilal dinyatakan dalam satuan derajat, dimulai dari  $0^\circ$  sampai  $90^\circ$ , satuan ini bertanda positif apabila hilal berada di atas ufuk, namun apabila hilal berada di bawah ufuk maka satuannya

---

<sup>27</sup> Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, Maret 2005, Cetakan I, hlm. 72-73.

<sup>28</sup> Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat.....*, hlm. 60.

berubah menjadi bertanda negatif<sup>29</sup>. Ketinggian hilal merupakan salah satu parameter penting dalam konsep *rukyyatul hilal* sebab ketinggian hilal yang sangat dekat dengan garis equator akan menyebabkan hilal sulit terlihat. Tidak terlihatnya hilal ketika pelaksanaan *rukyyatul hilal*, tidak hanya dipengaruhi oleh faktor ketinggian hilal semata, namun banyak faktor yang mempengaruhinya.

Adapun kriteria ketinggian hilal yang berlaku di Indonesia dan disepakati pula oleh Negara-negara yang tergabung dalam MABIMS (Menteri Agama Brunei Darussalam, Indonesia, Malaysia dan Singapore) adalah 2 derajat di atas ufuk. Kriteria ini dijadikan sebagai kriteria *visibilitas* hilal atau *imkanur rukyat* bagi negara-negara yang tergabung dalam MABIMS. Meskipun pada kenyataannya, ketinggian hilal 2 derajat masih sangat sulit teramati. Dalam hal ini, LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional) memberikan kriteria ketinggian hilal yang kemungkinan dapat teramati, yaitu 6,4 derajat<sup>30</sup>.

---

<sup>29</sup> Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat.....*, hlm. 79-80.

<sup>30</sup> Disampaikan oleh Prof. Thomas Djamaluddin (Kepala LAPAN) dalam Seminar Internasional Fikih Falak dengan tema, "Peluang dan Tantangan Implementasi Kalender Global Hijriah Tunggal" di Hotel Aryaduta Jakarta, tanggal 29-30 November 2017 M.

#### 4. Sudut Elongasi

Sudut elongasi disebut juga dengan *angular distance* dalam bahasa Inggris dan dalam bahasa Arab disebut juga dengan *al-Bu'du az-Zawiy* adalah jarak sudut antara bulan dan Matahari terhadap Bumi. Sudut elongasi  $0^\circ$  berarti sedang terjadi *ijtima'* atau konjungsi, sedangkan sudut elongasi  $180^\circ$  disebut dengan oposisi atau bulan purnama<sup>31</sup>.

Parameter ini tidak kalah penting, sebab besarnya sudut elongasi akan menentukan besar kecilnya kontras cahaya Matahari terhadap bulan, sehingga bulan akan mudah teramati karena jaraknya yang cukup jauh dengan cahaya akibat dari refraksi Matahari. Besarnya sudut elongasi yang dipakai di Indonesia serta disepakati oleh negara-negara yang tergabung dalam MABIMS adalah 3 derajat, meskipun faktanya besarnya sudut elongasi ini masih terlalu kecil untuk kriteria *imkanur rukyat*.

#### 5. Umur Hilal

Umur hilal didapatkan dari hasil pengurangan waktu maghrib, yaitu ketika matahari terbenam (*sunset*) dengan *ijtima'* (saat terjadi konjungsi). Negara-negara yang tergabung dalam MABIMS termasuk di dalamnya

---

<sup>31</sup> Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat.....*, hlm. 49-50.

Indonesia, menggunakan kriteria *imkanur rukyat* dan menyepakati bahwa batas kriteria minimal umur hilal yang dapat teramati adalah 8 derajat.

#### 6. Azimuth Matahari dan Bulan

Azimuth adalah jarak sudut pada lingkaran horizon yang diukur mulai dari titik Utara ke arah Timur dengan searah perputaran jarum jam sampai ke perpotongan antara lingkaran horizon dengan lingkaran vertikal yang melalui benda langit tersebut (Matahari atau bulan). Azimuth di titik Timur bernilai 90 derajat, di titik Selatan bernilai 180 derajat, di titik Barat bernilai 270 derajat dan di titik Utara bernilai 0 derajat atau 360 derajat. Apabila azimuth suatu benda langit diukur dari titik Utara ke arah Barat dengan berlawanan arah perputaran jarum jam, maka nilainya dinyatakan negatif, dengan demikian dapat dinyatakan misalnya nilai sebuah azimuth benda langit tersebut  $270^\circ$  maka nilainya sama dengan  $-90^\circ$ <sup>32</sup>.

Dalam penentuan awal bulan kamariah, mengetahui nilai azimuth Matahari dan bulan sangatlah penting, sebab nilai azimuth dari Matahari dan bulan ini nantinya akan sangat membantu dalam mengatur teleskop, theodolite atau

---

<sup>32</sup> Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat.....*, hlm. 30.



alat bantu pengamatan lainnya, supaya bisa tepat menuju Matahari dan bulan. Dalam metode *rukyyatul hilal* menentukan nilai azimuth dari bulan sangat diperlukan untuk menunjang keberhasilan *rukyyatul hilal* itu sendiri, sebab banyak terjadi kasus kegagalan ketika pelaksanaan *rukyyatul hilal* akibat dari alat bantu pengamatan yang digunakan tidak tepat menuju hilal karena data nilai azimuth yang dimasukkan ke dalam pengaturan atau penyetingan tidak sesuai dengan kenyataannya.

### BAB III

## ALGORITMA PENENTUAN AWAL BULAN KAMARIAH DALAM KITAB *AL-DÛRR AL-ANÎQ* DAN *ASTRONOMICAL ALGORITHM* JEAN MEEUS

### A. Deskripsi Kitab *Al-Dûrr Al-Anîq* Karya KH. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah

Kitab *al-Dûrr al-Anîq* ditulis oleh KH. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah<sup>1</sup>, cetakan pertama kitab ini mulai dipublikasikan pada 1435 H dan cetakan kedua kitab ini dipublikasikan pada 1437 H. Cetakan pertama kitab *al-Dûrr al-Anîq* memiliki ketebalan 214 halaman, berbeda dengan cetakan kedua yang memiliki ketebalan 283 halaman. Kitab *al-Dûrr al-Anîq* dapat diklasifikasikan ke dalam tiga bagian, yaitu bagian pendahuluan, bagian utama, dan bagian lampiran.

Ketiga bagian dalam kitab *al-Dûrr al-Anîq* dibagi lagi dalam beberapa bagian, yaitu:

1. Bagian Pendahuluan
2. Bagian Utama

---

<sup>1</sup> KH. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah adalah seorang ulama ahli falak yang telah melahirkan berbagai kitab-kitab Falak, beliau juga pengasuh Pondok Pesantren Al-Mubarak Lanbulan Baturasang, Tambelangan, Sampang, Madura, Jawa Timur.

Dalam bagian utama terdiri dari 3 bab, yaitu:

a. Perhitungan Awal Bulan<sup>2</sup>

- 1) Menghitung *Ijtima*<sup>3</sup>
- 2) *Ta'dil Al 'Alamâh*<sup>4</sup>
- 3) Data Matahari<sup>5</sup>
  - a) *Ṭul Syams* / Bujur Matahari (S')<sup>6</sup>
  - b) *Mail Syams* / Deklinasi Matahari (dm)<sup>7</sup>
  - c) *Maṭla' Mustaqîm Syams* / Panjang Tegak / Ascensioirekta Matahari (am)<sup>8</sup>

<sup>2</sup> Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah, *al-Dûrr al-Anîq*, Madura: Lajnah Falakiyah Al-Mubarak Lanbulan, 1437 H, Cetakan Kedua, hlm. 6.

<sup>3</sup> *Ijtima'* memiliki arti kumpul atau sama juga dengan *Iqtiran* yang memiliki arti bersama, yaitu posisi matahari dan bulan berada pada satu garis bujur astronomi. Dalam ilmu astronomi dikenal juga dengan istilah *conjunction* (konjungsi). Para pakar astronomi dan Ilmu Falak menggunakan *ijtima'* sebagai acuan pergantian bulan Kamariah, sehingga pada keadaan ini cahaya bulan sama sekali tak tampak sebab bulan dalam pergantian dari bulan tua menuju bulan baru atau biasa disebut dengan istilah *crescent moon*. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005, Cetakan Pertama, hlm. 32.

<sup>4</sup> *Ta'dil Al 'Alamah* adalah koreksi waktu yang diberikan kepada waktu terjadinya *ijtima'* dengan tujuan untuk mendapatkan waktu *ijtima'* yang sebenarnya supaya lebih akurat. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak.....*, hlm. 78.

<sup>5</sup> Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah, *al-Dûrr al-Anîq.....*, hlm. 14.

<sup>6</sup> *Ṭul Syams* / Bujur Matahari adalah busur sepanjang lingkaran ekliptika ke arah Timur yang dihitung dari titik Aries (*Haml*) sampai ke Matahari, dalam Ilmu Falak dikenal pula dengan istilah *Taqwîmus Syams* atau *Muqawwamus Syams*. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak.....*hlm. 84.

<sup>7</sup> *Mail Syams* / Deklinasi Matahari adalah jarak sepanjang lingkaran deklinasi yang dihitung dari equator sampai ke Matahari. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak.....*hlm. 52.

- d) *Al Bu'du Bain Arḍ Syams* (R) / Jarak Bumi Matahari (AU)
- e) *Niṣf Quṭr Syams* / Semidiameter Matahari (sd)<sup>9</sup>
- f) *Ta'dil Waqti* / Equation Of Time (e)<sup>10</sup>
- g) *Inkhifâḍul Ufuk* / Kerendahan Ufuk (Dip)<sup>11</sup>
- h) *Irtifa' Syams* / Altitude Matahari (hm)<sup>12</sup>
- i) *Zawiyah Zaman Syams* / Sudut Waktu Matahari (GM)<sup>13</sup>

<sup>8</sup> *Maṭla' Mustaqîm Syams* atau *Maṭla' Al Baladiyah* atau *Maṭla' Asy Syurûq* atau Ascensioirekta Matahari adalah busur sepanjang lingkaran equator yang dihitung dari titik Aries (*Haml*) ke arah Timur sampai ke titik perpotongan antara lingkaran equator dengan lingkaran deklinasi yang melalui benda langit tersebut. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak.....*hlm. 54.

<sup>9</sup> *Niṣf Quṭr Syams* atau semidiameter adalah jarak antara titik pusat piringan Matahari dengan piringan luarnya, atau seperdua garis tengah piringan Matahari (jari-jari Matahari). Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak.....*hlm. 61.

<sup>10</sup> *Ta'dil Waqti* atau *Ta'dil Auqat* atau *Ta'dil Zaman* atau Equation of Time adalah selisih waktu antara waktu matahari hakiki dengan waktu matahari rata-rata, disebut juga dengan istilah perata waktu. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak.....*hlm. 79.

<sup>11</sup> *Inkhifâḍul Ufuq* atau yang biasa disebut dengan kerendahan ufuk adalah perbedaan kedudukan antara ufuk yang sebenarnya (*hakiki*) dengan ufuk yang terlihat (*mar'i*) oleh seorang pengamat atau observer. Dalam astronomi kerendahan ufuk disimbolkan dengan Dip. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak.....*hlm. 33.

<sup>12</sup> *Irtifa' Syams* adalah ketinggian Matahari yang dihitung sepanjang lingkaran vertikal dari ufuk sampai benda langit yang dimaksud. Dalam astronomi dikenal dengan istilah *Altitude*. Ketinggian Matahari bertanda positif (+) apabila Matahari berada di atas ufuk, demikian pula Matahari bertanda negatif (-) apabila Matahari berada di bawah ufuk. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak.....*hlm. 37.

- j) *Gurub Syams* / Terbenam Matahari / Sunset (GRM)<sup>14</sup>
- k) *Samtu Syams* / Azimuth Matahari (azm)<sup>15</sup>
- 4) Data Bulan
  - a) *Ṭul Qamar* / Bujur Bulan (Mo)<sup>16</sup>
  - b) *Arḍ Qamar* / Lintang Bulan (B)<sup>17</sup>
  - c) *Bu'du al-Qamar* / Deklinasi Bulan (dc)<sup>18</sup>

<sup>13</sup> *Zawiyah Zaman Syams* atau sudut waktu Matahari adalah busur sepanjang lingkaran harian Matahari yang dihitung dari titik kulminasi atas sampai equator Bumi. Dalam astronomi disebut pula dengan istilah *Hour Angle*. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*.....hlm. 24.

<sup>14</sup> *Gurub Syams* atau Terbenam Matahari adalah ketika piringan atas Matahari bersinggungan dengan ufuk *mar'i* di sebelah Barat atau bisa dikatakan piringan atas Matahari telah berada di bawah ufuk *mar'i*. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*.....hlm. 26-27.

<sup>15</sup> *Samtu Syams* atau Azimuth Matahari nilai busur Matahari yang dihitung sepanjang horizon dari titik Utara ke titik Timur searah jarum jam sampai titik perpotongan antara lingkaran vertikal yang melewati Matahari dengan lingkaran horizon. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*.....hlm. 40.

<sup>16</sup> *Ṭul Qamar* atau *Taqwīm Qamar* atau *Maqawwam Al Qamar* Bujur Bulan adalah busur sepanjang lingkaran ekliptika ke arah Timur yang dihitung dari titik Aries (*Haml*) sampai bujur astronomi yang melewati Bulan. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*.....hlm. 84.

<sup>17</sup> *Arḍ Qamar* atau Lintang Bulan adalah busur sepanjang lingkaran kutub ekliptika yang dihitung dari titik pusat Bulan sampai lingkaran ekliptika. Apabila Bulan berada di Utara ekliptika maka lintang Bulan bernilai positif (+) dan apabila Bulan berada di Selatan ekliptika maka lintang Bulan bernilai negatif (-).Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*.....hlm. 5.

<sup>18</sup> *Bu'du al-Qamar* atau *Mailul Qamar* atau Deklinasi Bulan adalah jarak sepanjang lingkaran deklinasi yang dihitung dari equator sampai ke Bulan. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*.....hlm. 52.

- d) *Maṭla' Mustaqîm Qamar* / Ascensiorekta Bulan  
(ac)<sup>19</sup>
- e) *Al Bu'du Bain Ard Qamar* (r) / Jarak Bumi Bulan  
(KM)
- f) *Ikhtilâf Manzor Qamar Ufuqi* / Horizontal  
Parallak Bulan (Hp)<sup>20</sup>
- g) *Niṣf Quṭr Qamar* / Semidiameter Bulan (sdc)<sup>21</sup>
- h) *Zawiyah az-Zaman Qamar* / Sudut Waktu Bulan  
(GC)<sup>22</sup>

---

<sup>19</sup> *Maṭla' Mustaqîm Qamar* atau Ascensiorekta Bulan adalah busur sepanjang lingkaran equator yang dihitung mulai dari titik Aries (*Haml*) ke arah Timur sampai ke titik perpotongan antara lingkaran equator dengan lingkaran deklinasi yang melalui Bulan. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*.....hlm. 54.

<sup>20</sup> *Ikhtilâf Manzor Qamar Ufuqi* atau Horizontal Parallak Bulan adalah beda lihat terhadap Bulan apabila dilihat dari titik pusat Bumi dengan dilihat dari titik permukaan Bumi. Dalam kajian astronomi, Horizontal Parallak Bulan dijelaskan sebagai besarnya suatu sudut antara dua garis yang ditarik dari Bulan ke titik pusat Bumi dan garis yang ditarik dari Bulan ke permukaan Bumi dimana pengamat atau observer berada. Sudut antara dua garis ini selalu berubah nilainya setiap saat tergantung pada jarak antara Bulan dengan Bumi dan tergantung pula pada ketinggian Bulan dari ufuk, semakin jauh jarak Bulan dari ufuk semakin kecil pula nilai Parallaknya, begitu pula semakin tinggi posisi Bulan dari ufuk semakin kecil pula nilai Parallaknya, dan itu semua berlaku sebaliknya. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*.....hlm. 32-33.

<sup>21</sup> *Niṣf Quṭr Qamar* atau Semidiameter Bulan adalah jarak antara titik pusat Bulan dengan piringan luarnya atau seperdua garis tengah piringan Bulan, bisa dikatakan juga bahwa semidiameter Bulan yaitu jari- jari Bulan. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*.....hlm. 61.

<sup>22</sup> *Zawiyah az-Zaman Qamar* atau *Faqlud Da'ir Qamar* atau Sudut Waktu Bulan adalah busur sepanjang lingkaran harian Bulan yang dihitung dari titik

- i) *Irtifa' Qamar / Hilal Markazi / Altitude Bulan Geosentrik (hc)*<sup>23</sup>
- j) *Samtu al-Qamar / Azimuth Bulan (azc)*<sup>24</sup>
- k) *Farq Samti / Jarak Bulan dari Matahari / Beda Azimuth (z)*
- l) *Inkisâr Syu'â / Refraksi / Bias Cahaya / Refraction (Ref)*<sup>25</sup>
- m) *Ikhtilâf al-Manzor / Parallak Bulan (P)*<sup>26</sup>

kulminasi atas sampai ke Bulan. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak.....*hlm. 24.

<sup>23</sup> *Irtifa' Qamar* atau *Hilal Markazi* atau *Altitude Bulan* adalah ketinggian Bulan yang dihitung sepanjang lingkaran vertikal dari ufuk sampai ke Bulan. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak.....*hlm. 37.

<sup>24</sup> *Samtu al-Qamar* atau *Azimuth Bulan* adalah posisi Bulan yang dihitung saat Matahari terbenam, yaitu busur sepanjang lingkaran horizon yang dihitung dari titik Utara sampai lingkaran vertikal yang melalui Bulan ketika *ghurub*. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak.....*hlm. 71.

<sup>25</sup> *Inkisâr Syu'â* atau *refraksi* atau *pembiasan cahaya* adalah perbedaan antara tinggi Bulan yang terlihat dengan tinggi Bulan sebenarnya sebagai akibat dari pembiasan cahaya. Pembiasan cahaya ini terjadi karena cahaya yang data ke mata pengamat atau observer telah melalui lapisan-lapisan atmosfer, sehingga mengakibatkan Bulan tampak lebih tinggi dari posisinya yang sebenarnya. Semakin rendah posisi Bulan maka pembiasan cahaya semakin besar, begitupun sebaliknya. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak.....*hlm. 19.

<sup>26</sup> *Ikhtilâf Manzor* atau *Parallak Bulan* adalah beda lihat terhadap Bulan apabila dilihat dari titik pusat Bumi dengan dilihat dari titik permukaan Bumi. Dalam kajian astronomi, *Horizontal Parallak Bulan* dijelaskan sebagai besarnya suatu sudut antara dua garis yang ditarik dari Bulan ke titik pusat Bumi dan garis yang ditarik dari Bulan ke permukaan Bumi dimana pengamat atau observer berada. Sudut antara dua garis ini selalu berubah nilainya setiap saat tergantung pada jarak antara Bulan dengan Bumi dan tergantung pula pada ketinggian Bulan dari ufuk, semakin jauh jarak Bulan dari ufuk semakin kecil pula nilai *Parallaknya*, begitu pula semakin tinggi posisi Bulan dari ufuk semakin kecil

- n) *Irtifa' Qamar* / Hilal Sathi / Altitude Bulan  
Toposentric ( $hc'$ )<sup>27</sup>
- o) *Nûrul Hilal* / Illuminasi / Illumination ( $nh$ )<sup>28</sup>
- p) *Muksul Hilal* / Lama Hilal ( $mh$ )<sup>29</sup>
- q) *Farq al-Irtifa'* / Beda Tinggi Matahari Hilal ( $Y$ )<sup>30</sup>
- r) *Bu'du az-Zawiyah* / Beda Jarak Sudut Matahari  
Hilal ( $C$ )<sup>31</sup>

b. Perhitungan Gerhana Bulan<sup>32</sup>

- 1) Perhitungan Tengah Gerhana
- 2) Perhitungan Penumbra dan Umbra
- 3) Tinggi dan Azimuth Bulan saat Tengah Gerhana

pula nilai Parallaknya, dan itu semua berlaku sebaliknya. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*.....hlm. 32-33.

<sup>27</sup> *Irtifa' Qamar* adalah ketinggian Bulan yang dihitung sepanjang lingkaran vertikal dari ufuk sampai ke Bulan. Dalam astronomi dikenal dengan istilah *Altitude*. Ketinggian Bulan bertanda positif (+) apabila Bulan berada di atas ufuk, demikian pula Bulan bertanda negatif (-) apabila Bulan berada di bawah ufuk. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*.....hlm. 37.

<sup>28</sup> *Nûrul Hilal* atau Illuminasi adalah lebar atau tebal piringan hilal yang bercahaya, yang dihitung dari tepi piringan hilal menuju ke pusat piringan hilal. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*.....hlm. 61.

<sup>29</sup> *Muksul Hilal* atau Lama Hilal adalah lamanya hilal ketika berada diatas ufuk sampai hilal terbenam yang dihitung setelah Matahari terbenam.

<sup>30</sup> *Farq al-Irtifa'* atau Beda Tinggi Matahari Hilal adalah perbedaan ketinggian Matahari atau Hilal yang dihitung dari atas ufuk sampai ke Matahari atau Bulan yang kemudian nilai dari keduanya dikurangkan.

<sup>31</sup> *Bu'du az-Zawiyah* adalah selisih azimuth antara Matahari dan Bulan yang dihitung ketika Matahari terbenam. Lihat Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*.....hlm. 14.

<sup>32</sup> Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah, *al-Dûrr al-Anîq*, Madura: Lajnah Falakiyah Al-Mubarak Lanbulan, 1437 H, Cetakan Kedua, hlm. 143.



- 4) Jam Gerhana saat Penumbra, Umbra dan Total
- 5) Perhitungan Awal Gerhana dan Akhir Gerhana
- 6) Perhitungan Awal Gerhana Penumbra, Umbra dan Total serta Akhir Gerhana Penumbra, Umbra dan Total

c. Perhitungan Gerhana Matahari<sup>33</sup>

- 1) Perhitungan Ta'dil I, II, III dan IV
- 2) Perhitungan Tengah Gerhana
- 3) Perhitungan Awal Gerhana Total atau Gerhana Cincin dan Akhir Gerhana Total atau Gerhana Cincin
- 4) Perhitungan Awal Gerhana dan Akhir Gerhana

3. Bagian Lampiran

Pada bagian lampiran ini memuat tabel – tabel dan data-data yang diperlukan dalam perhitungan, sehingga bagian lampiran ini merupakan bagian terpenting kedua setelah algoritma perhitungan itu sendiri. Bagian lampiran ini memuat data-data sebagai berikut:

- a. Jadwal Tahun *Majmu'ah*
- b. Jadwal Tahun *Mabsuṭah*
- c. Jadwal Bulan *Hijriyah*

---

<sup>33</sup> Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah, *al-Dûrr al-Anîq.....*, hlm. 53.

- d. Jadwal *Ta'dil Markâz*
- e. Jadwal *Ta'dil Khâṣah*
- f. Jadwal Bulan *Miladiyah*
- g. Jadwal *Mail Syams*
- h. Jadwal *Ta'dil Waqti*
- i. Jadwal *Al Ayyam*
- j. Jadwal *Al Sa'ah*
- k. Jadwal *Daqiqoh*
- l. Jadwal *Šaniyah*
- m. Jadwal *Ta'dil Ṭul Syams*
- n. Jadwal *Ta'dil Al Bu'du Bain Arḍ Syams*
- o. Jadwal *Ta'dil Ṭul Qamar*
- p. Jadwal *Ta'dil Arḍ Qamar*
- q. Jadwal *Ta'dil Al Bu'du Bain Arḍ Qamar*
- r. Jadwal *Ta'dil Nûrul Qamar*

**B. Sistem Hisab Kitab *Al-Dûrr Al-Anîq* Karya KH. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah**

1. Menghitung *Ijtima'*

Dalam menentukan *ijtima'* dalam kitab *al-Dûrr al-Anîq* langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Mentukan bulan dan tahun hijriyah kemudian masukkan pada tabel jadwal tahun *majmu'ah*, *mabsu'ah*, dan *syahr (bulan)*.
- b. Mentukan nilai A (*'alâmah*), F (*hişatul Arđ*), M' (*al-khaşah*), M (*al-markaz*) untuk setiap tahun *majmu'ah*, *mabsu'ah*, dan *syahr* dengan mengambil nilai pada tabel jadwal tahun *majmu'ah*, *mabsu'ah*, dan *syahr (bulan)*, kemudian jumlahkan semuanya, apabila nilai hasil penjumlahan lebih dari 360° maka kurangkan nilai hasil penjumlahan tersebut dengan 360° supaya nilai hasil akhirnya tidak lebih dari 360°, kecuali pada tabel nilai A (*'alâmah*) sebab nilai akhir A (*'alâmah*) digunakan untuk mengetahui tanggal *ijtima'*.
- c. Dalam kitab *Al Dûrr Al Anîq* setiap nilai memerlukan interpolasi (*ta'dil*) yang dapat ditentukan dengan rumus:

$$AA = A - (A - B) \times C / I$$

Dengan ketentuan bahwa:

AA : Interpolasi (*ta'dil*)

A : Data jadwal yang ditentukan (data pertama)

B : Data jadwal selanjunya (data setelah A)

C : Bilangan sisa (nilai dibelakang koma)

I : Interval (apabila diperlukan)

Dalam mengambil nilai dalam tabel jangan lupa perhatikan tanda positif (+) dan negatif (-).

d. Menghitung T

- 1) *Ta'dil* Pertama (T1) : *Dalil* I (M)
- 2) *Ta'dil* Kedua (T2) : *Dalil* II (2 x M)
- 3) *Ta'dil* Ketiga (T3) : *Dalil* III (M')
- 4) *Ta'dil* Keempat (T4) : *Dalil* IV (2 x M')
- 5) *Ta'dil* Kelima (T5) : *Dalil* V (M + M')
- 6) *Ta'dil* Keenam (T6) : *Dalil* VI (M - M')
- 7) *Ta'dil* Ketujuh (T7) : *Dalil* VII (2 x F)
- 8) *Ta'dil* Kedelapan (T8) : *Dalil* VIII (2 x F - M')

Hasil akhir ditentukan dengan rumus:

$$\mathbf{T = T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 + T7 + T8}$$

Perhatikan juga bahwa setiap nilai hasil dari dalil tidak boleh lebih dari 360°, apabila lebih maka kurangkan nilai hasil dengan 360°.

e. Menghitung *Alâmah Mu'adalah* (AM)

Mencari *Alâmah Mu'adalah* dengan rumus:

$$\mathbf{A + T + 0,5}$$

f. Menghitung Waktu Ijtima'

Waktu *ijtima'* adalah hasil dari AM dengan nilai dibelakang koma dikalikan dengan 24, hasilnya masih waktu *ijtima'* (ET). Untuk menjadikan waktu *ijtima'* UT maka nilai dari waktu *ijtima'* (ET) harus dikurangi dengan Delta T. mencari Delta T dengan rumus:

$$TM = Y + (M - 1) / 12 + D / 365$$

**Jika  $TM > 2005$  dan  $< 2050$  Maka**

$$T = TM - 2000$$

$$\text{Delta T} = 62,92 + 0,32217 \times T + 0,005589 \times T^2$$

Dengan ketentuan bahwa:

D : Tanggal Miladiyah

M : Bulan Miladiyah

Y : Tahun Miladiyah

Setelah mendapatkan hasil dari waktu *ijtima'* (UT) tambahkan lagi dengan Time Zone (Indonesia + 7) untuk mendapatkan waktu *ijtima'* (WD).

g. Menghitung Tahun, Bulan dan Tanggal Ijtima'

Menghitung tahun, bulan dan tanggal *ijtima'* dengan cara kurangkan nilai AM sebelum koma dengan 1, kemudian masukkan hasilnya pada jadwal *tahwil miladiyah*. Caranya adalah dengan melihat nilai yang

mendekati pada tabel tahun *majmu'ah*, tahun *mabsuthah* dan *bulan*.

$$\mathbf{B} = \mathbf{AM} - 1$$

$$\mathbf{C} = \mathbf{Tahun Majmu'ah} \text{ (Lihat pada Tabel)}$$

$$\mathbf{D} = \mathbf{B} - \mathbf{C}$$

$$\mathbf{E} = \mathbf{Tahun Mabsuthah} \text{ (Lihat pada Tabel)}$$

$$\mathbf{G} = \mathbf{D} - \mathbf{E}$$

$$\mathbf{H} = \mathbf{Bulan} \text{ (Lihat pada Tabel)}$$

$$\mathbf{K} = \mathbf{G} - \mathbf{H} \text{ (Tanggal)}$$

h. Mencari Hari dan Pasaran

$$\mathbf{R} = \mathbf{AM}$$

$$\mathbf{Hr1} = (\mathbf{R} + 2) / 7$$

$$\mathbf{Hr} = \mathbf{Hr1} \times 7$$

$$\mathbf{Psr1} = (\mathbf{R} + 1) / 5$$

$$\mathbf{Psr} = \mathbf{Psr1} \times 5$$

Perlu diperhatikan bahwa hasil yang digunakan adalah nilai setelah koma.

2. Mengetahui Waktu *Gurub Wasaty* (LMT)

$m$  = Jumlah dari tahun *majmu'ah*, tahun *mabsuṭah*, bulan dan hari

$sd$  = Semi diameter matahari

$Dip$  = Kerendahan ufuk

TT = Tinggi tempat

h = Tinggi matahari

$\phi$  = Lintang tempat

$\delta$  = Deklinasi

e = Equation of Time

sd =  $0,267 / (1 - 0,017 \times \cos m)$

Dip =  $(1,76 / 60) \times \sqrt{TT}$

h =  $-((sd + (34,5 / 60) + Dip))$

**Ghurub =  $\cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta + \sin h / \cos \phi / \cos \delta) / 15 + 12 - e$**

### 3. Menentukan Posisi Rata-Rata Matahari dan Bulan

Dalam kitab *al-Dûrr al-Anîq* untuk menentukan posisi rata-rata matahari dan bulan dibagi menjadi dua tahap, yaitu dengan menentukan posisi matahari terlebih dahulu menggunakan data matahari kemudian dilanjutkan dengan menentukan posisi bulan menggunakan data bulan, prosesnya sebagai berikut:

- a. Pada tabel jadwal masukkan tahun *majmu'ah*, tahun *mabsu'ah*, *syahr (bulan)*, tanggal, jam, menit dan detik.
- b. Ambil tanda hari dan pasaran.
- c. Pada tabel jadwal ambil nilai '*Alâmah, al-Wasa' al-Syams (S)*, *al-Khasah al-Syams (m)*, *al-Wasa' al-*

*Qamar* (M), *al-Khaṣah al-Qamar* (A), *Hiṣotul Arḍ* (N), *al-Bu'du* (D), *Mail al-Kully* (O), *al-Waqtu Najmi* (ST) dengan menggunakan tabel. Kemudian apabila hasil akhir nilainya lebih dari  $360^\circ$  maka kurangkan nilai tersebut dengan  $360^\circ$ , apabila hasil akhir nilainya tak lebih dari  $360^\circ$  maka nilainya tetap seperti itu dan khusus untuk *Alamah* dan *Mail al-Kully* tetapkan nilainya sebagaimana awalnya. Nilai hari apabila lebih dari 7 maka kurangkan dengan 7 sampai nilainya dibawah 7 dan untuk nilai pasaran apabila lebih dari 5 maka kurangkan dengan 5 sampai nilainya dibawah 5.

d. Data Matahari

1) *Ṭul Syams* / Bujur Matahari ( $S'$ )

*Ta'dil* pertama  $S_1$  diambil dari *Dalil* I (m).

*Ta'dil* kedua  $S_2$  diambil dari *Dalil* II ( $2 \times m$ ).

$$S' = S + S_1 + S_2$$

2) *Mail Syams* / Deklinasi Matahari (dm)

$$dm = \sin^{-1}(\sin S' \sin O)$$

Jika hasilnya negatif (–) maka menunjukkan Utara.

Jika hasilnya positif (+) maka menunjukkan Selatan.



- 3) *Maṭla' Mustaqim Syams* / Ascensioirekta Matahari /  
Panjatan Tegak (am)

$$\mathbf{am = \tan^{-1}(\tan S' \cos O)}$$

Jika nilai *Ṭul Syams* ( $0^\circ - 90^\circ$ ) maka hasil akhirnya tetap am.

Jika nilai *Ṭul Syams* ( $90^\circ - 270^\circ$ ) maka hasil akhirnya harus ditambahkan dengan  $180^\circ$ .

Jika nilai *Ṭul Syams* ( $270^\circ - 360^\circ$ ) maka hasil akhirnya harus ditambahkan dengan  $360^\circ$ .

- 4) *Al-Bu'du Bain Arḍ Syams* / Jarak Bumi-Matahari (AU) (R)

*Ta'dil* pertama (R1) diambil dari hasil *Dalil* I (m).

*Ta'dil* kedua (R2) diambil dari hasil *Dalil* II (2 x m).

$$\mathbf{R = 1,00014 + R1 + R2}$$

- 5) *Niṣf Quṭr Syams* / Semidiameter Matahari (sd)

$$\mathbf{sd = 0^\circ 15' 59,63'' / R}$$

- 6) *Ta'dil Waqti* / Equation of Time / Perata Waktu (e)

$$\mathbf{e = (S - am) / 15}$$

- 7) *Inkhifâḍul Ufuq* / Kerendahan Ufuk (Dip)

$$\mathbf{Dip = (1,76 / 60) \times \sqrt{TT}}$$

8) *Irtifa' Syams* / Altitude Matahari (hm)

$$\mathbf{hm} = - (\mathbf{sd} + \mathbf{34,5 / 60} + \mathbf{Dip})$$

9) *Zawiyah Zaman Syams* / Sudut Waktu Matahari (GM)

$$\mathbf{GM} = \mathbf{cos}^{-1}(-\mathbf{tan} \phi \mathbf{tan} \mathbf{dm} + \mathbf{sin} \mathbf{hm} / \mathbf{cos} \phi / \mathbf{cos} \mathbf{dm})$$

10) *Gurub Syams* / Sunset / Terbenam Matahari (GRM)

$$\mathbf{Untuk LMT} \quad \mathbf{GRM} = \mathbf{GM} / \mathbf{15} + \mathbf{12} - \mathbf{e}$$

$$\mathbf{Untuk WIB} \quad \mathbf{Gr WD} = \mathbf{GRM} + ((\mathbf{TZ} \times \mathbf{15}) - \lambda) / \mathbf{15}$$

11) *Samtu Syams* / Azimuth Matahari (azm)

$$\mathbf{azm} = \mathbf{tan}^{-1}(-\mathbf{sin} \phi / \mathbf{tan} \mathbf{GM} + \mathbf{cos} \phi \mathbf{tan} \mathbf{dm} / \mathbf{sin} \mathbf{GM})$$

e. Data Bulan

1) *Ṭul Qamar* / Bujur Bulan (Mo)

*Ta'dil* Pertama (M1) : *Dalil* I (A)

*Ta'dil* Kedua (M2) : *Dalil* II (2 x D – A)

*Ta'dil* Ketiga (M3) : *Dalil* III (2 x D)

*Ta'dil* Keempat (M4) : *Dalil* IV (2 x A)

*Ta'dil* Kelima (M5) : *Dalil* V (m)

$$\begin{aligned}
 \text{Ta'dil Keenam (M6)} & : \text{Dalil VI (2 x N)} \\
 \text{Ta'dil Ketujuh (M7)} & : \text{Dalil VII (2 x D - 2} \\
 & \quad \text{x A)} \\
 \text{Ta'dil Kedelapan (M8)} & : \text{Dalil VIII (2 x D - m} \\
 & \quad \text{- A)} \\
 \text{Ta'dil Kesembilan (M9)} & : \text{Dalil IX (2 x D + A)} \\
 \mathbf{M_o} & = \mathbf{M + M1 + M2 + M3 + M4 + M5} \\
 & \quad \mathbf{+ M6 + M7 + M8 + M9}
 \end{aligned}$$

2) *Arḍ Qamar* / Latitude Bulan (B)

$$\begin{aligned}
 \text{Ta'dil Pertama (B1)} & : \text{Dalil I (N)} \\
 \text{Ta'dil Kedua (B2)} & : \text{Dalil II (A + N)} \\
 \text{Ta'dil Ketiga (B3)} & : \text{Dalil III (A - N)} \\
 \text{Ta'dil Keempat (B4)} & : \text{Dalil IV (2 x D - N)}
 \end{aligned}$$

$$\mathbf{B = B1 + B2 + B3 + B4}$$

3) *Bu'dul Qamar* / Deklinasi Bulan (dc)

$$\mathbf{dc = \sin^{-1} (\sin B \cos O + \cos B \sin O \sin Mo)}$$

4) *Maṭla' Mustaqîm Qamar* / Ascensio rekta Bulan / Panjang Tegang (ac)

$$\mathbf{ac = \cos^{-1} (\cos Mo \cos B / \cos dc)}$$

Jika *Ṭul Qamar* ( $0^\circ - 180^\circ$ ) maka hasil akhirnya tetap ac.

Jika *Tul Qamar* ( $180^\circ - 360^\circ$ ) maka hasil akhirnya harus dikurangi  $360^\circ$ .

- 5) *Al-Bu'du Bain Arḍ Qamar* (r) / Jarak Bumi-Bulan (KM)

$$Ta'dil\ Pertama\ (r1) \quad : \text{Dalil I (A)}$$

$$Ta'dil\ Kedua\ (r2) \quad : \text{Dalil II (2 x D - A)}$$

$$Ta'dil\ Ketiga\ (r3) \quad : \text{Dalil III (2 x D)}$$

$$Ta'dil\ Keempat\ (r4) \quad : \text{Dalil IV (2 x A)}$$

$$\mathbf{r = 385000,56 + r1 + r2 + r3 + r4}$$

- 6) *Ikhtilâf Manzor Qamar Ufuqi* / Horizontal Parallax Bulan (Hp)

$$\mathbf{Hp = \sin^{-1}(6378,14 / r)}$$

- 7) *Nisf Quṭr Qamar* / Semidiameter Bulan (sdc)

$$\mathbf{sdc = 0,272476 \times Hp}$$

- 8) *Zawiyah Az-Zaman Qamar* / Sudut Waktu Bulan (GC)

$$\mathbf{GC = (ST - ac + \lambda)}$$

- 9) *Irtifa' Qamar* / Hilal Markazi / Altitude Bulan Geosentrik (hc)

$$\mathbf{hc = \sin^{-1}(\sin \phi \sin dc + \cos \phi \cos dc \cos GC)}$$

- 10) *Samtul Qamar* / Azimuth Bulan (azc)

$$\mathbf{azc = \tan^{-1} (\sin \phi / \tan GC + \cos \phi \tan dc / \sin GC)}$$

- 11) *Farq Samti* / Beda Azimuth / Jarak Bulan dari Matahari (z)

$$\mathbf{z = azc + azm}$$

Jika bernilai negatif (-) maka menunjukkan bahwa hilal di Selatan matahari.

Jika bernilai positif (+) maka menunjukkan bahwa hilal di Utara matahari.

- 12) *Inkisar Syu'a* / Refraksi / Bias Cahaya / Refraction (Ref)

$$\mathbf{Ref = 0,0167 / \tan (hc + 7,31 / (hc + 4,4))}$$

- 13) *Ikhtilâful Manzor* / Parallax Bulan (P)

$$\mathbf{P = Hp \times \cos hc}$$

- 14) *Irtifa' Qamar* / *Hilal Sathi* / Altitude Bulan Toposentrik (hc')

$$\mathbf{hc' = hc - P}$$

Hasil pengurangan beda lihat dengan *irtifa'* (ketinggian) bulan seharusnya bernilai negatif (-), apabila hasil pengurangan tidak bernilai

negatif (-) maka tambahkan dengan nilai **Ref + Dip + sdc.**

15) *Nurul Hilal* / Illuminasi / Illumination (nh)

$$\mathbf{d = \cos^{-1}(\cos(Mo - S') \times \cos B)}$$

$$\mathbf{i = 180 - d - 0,1468 \times ((1 - 0,0549 \sin A) / (1 - 0,0167 \sin m)) \times \sin d}$$

Hasil dari nh masih harus melalui tahap ta'dil dengan melihat tabel untuk mendapatkan hasil akhir nh dalam satuan persen (%).

16) *Mukšul Hilal* / Lama Hilal (mh)

$$\mathbf{mh = hc \times 4'}$$

17) *Farqul Irtifa'* / Beda Tinggi Matahari-Hilal (Y)

$$\mathbf{Y = hc - hm}$$

18) *Bu'duz Zawiyah* / Beda Jarak Sudut Matahari-Hilal (C)

$$\mathbf{C = \cos^{-1}(\cos z \times \cos Y)}$$

19) *Gurub Hilal Bittaqrīb* / Terbenam Hilal Taqrībī (GH)

$$\mathbf{GH = Gr WD + mh}$$

### C. Deskripsi *Astronomical Algorithm* Jean Meeus

Jean Meeus adalah astronom asal Belgia yang lahir pada tahun 1928 M, ia belajar matematika di Universitas Louvain Belgia, dimana ia mendapatkan gelar diploma pada tahun 1953 dan sejak saat itu ia menjadi ahli meteorologi di Brussels Airport. Pada saat itu ia juga menjadi anggota dari beberapa asosiasi astronomi, minatnya dalam astronomi dan matematika sangat kuat dan itu semua ia buktikan dengan karya-karya yang ia tulis, baik artikel ilmiah atau buku-buku tentang astronomi. Dalam bidang ilmu astronomi telah banyak buku-buku yang ia tulis, diantaranya *The Canon of Solar Eclipses* (1966), *The Canon of Lunar Eclipses* (1979) dan *The Canon of Solar Eclipses* (1983). Banyak juga diantara karya-karyanya yang diterbitkan oleh Willmann-Bell, Inc., antara lain *Astronomical Table of The Sun, Moon and Planets* (1983), *Elements of Solar Eclipse 1951 – 2200* (1989), *Transit* (1989) dan *Astronomical Algorithm* (1991). Pada tahun 1979 sampai 1982 ia juga menciptakan dan terus mengembangkan rumus-rumus astronomi untuk kalkulator, rumus-rumus yang dikembangkannya tersebut telah banyak diakui oleh berbagai astronom baik amatir maupun profesional sebab keakuratan hasilnya.

Di bidang perhitungan benda-benda langit, sudah sejak lama Jean Meeus telah mendapatkan pujian dan penghargaan, bahkan sebelum mikro komputer hadir dan hanya kalkulator yang menjadi alat bantu hitung pada saat itu. Ketika ia mempublikasikan rumus-rumus astronomi untuk kalkulator pada tahun 1979, secara praktis tulisannya tersebut menjadi buku satu-satunya dalam genrenya. Buku tersebut dengan cepat menjadi sumber dari segala sumber, bahkan untuk penulis lain di bidang tersebut. Sampai sekarang banyak dari mereka yang telah menyatakan pengakuan untuk harus meminjam, harus memiliki dan harus mengutip karya-karya dari Jean Meeus yang berupa instruksi dan metode perhitungan yang jelas dan tak tertandingi.

Sampai sekarang astronom Belgia itu belum menyerah, hampir setiap buku yang terkait dengan perhitungan benda-benda langit harus mengandalkan perhitungan dari Matahari, bulan dan planet-planet yang lain untuk acuannya. Revolusi menakjubkan dalam dunia observatorium telah diciptakan dengan menghasilkan almanak, *Jet Propulsion Laboratory* di California dan *US Naval Observatory* di Washington DC memiliki metode sempurna yang didukung dengan mesin hitung baru untuk pemodelan gerakan dan interaksi benda-



benda langit dalam tata surya. *The Bureau des Longitudes* di Paris, Perancis juga menjadi pusat kegiatan yang bertujuan untuk mendeskripsikan gerakan benda-benda langit secara analitis dalam bentuk persamaan yang eksplisit.

Karya-karya luar biasa tersebut masih di luar jangkauan manusia umum, datanya tersimpan dalam gulungan tape magnetik yang hanya cocok untuk manusia atau mesin elektronik yang mempunyai otak prima, namun *Astronomical Algorithm* karya Jean Meeus merubah semua itu, dengan bakat luar biasa yang dimiliki Jean Meeus dalam hal matematika, astronomi dan perhitungan ia membuat sebuah teknik perhitungan modern yang esensial dan mudah dimanfaatkan bagi semua orang yang ingin mempelajari algoritma astronomi yang awalnya sangat rumit tersebut<sup>34</sup>.

#### **D. Sistem Hisab *Astronomical Algorithm* Jean Meeus**

##### **1. Menentukan Konjungsi / *Ijtima*'**

Dalam parameter awal, langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan bilangan lunasi  $k$ , dimana bilangan lunasi  $k$  dipergunakan untuk menghitung fase-fase bulan. Secara garis besar fase bulan ada empat, yaitu bulan

---

<sup>34</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithm Second Edition*, Willmann-Bell, Inc., Virginia, 1991, hlm. 354.

baru (*new moon*), seperempat awal (*first quarter*), bulan purnama (*full moon*), seperempat akhir (*last quarter*). Perbedaan fase-fase bulan tersebut tidak menggunakan persentase luasan cahaya cakram bulan, namun selisih antara bujur ekliptika nampak (*apparent ecliptical longitude*) bulan dan matahari. Perbedaan tersebut dijelaskan sebagai berikut:

- a. Fase bulan baru adalah ketika bujur ekliptika bulan = bujur ekliptika matahari.
- b. Fase seperempat awal adalah ketika bujur ekliptika bulan = bujur ekliptika matahari + 90 derajat.
- c. Fase bulan purnama adalah ketika bujur ekliptika bulan = bujur ekliptika matahari + 180 derajat.
- d. Fase seperempat akhir adalah ketika bujur ekliptika bulan = bujur ekliptika matahari + 270 derajat.

Dalam algoritma Jean Meeus, koordinat yang digunakan untuk menghitung waktu terjadinya keempat fase bulan tersebut adalah koordinat geosentrik, dimana posisi titik pusat matahari dan bulan diukur dari pusat Bumi. Perhitungan tersebut masih menghasilkan JDE (*Julian Ephemeris Day*) dalam satuan TD (*Dynamical Time*), maka untuk menyatakan waktu dalam satuan UT (*Universal*

*Time*) atau GMT (*Greenwich Mean Time*), TD harus dikurangi dengan Delta T.

Bilangan bulat  $k$  berarti untuk perhitungan bulan baru, selanjutnya penambahan bilangan bulat tersebut dengan bilangan pecahan adalah untuk menentukan fase-fase bulan lainnya, bilangan pecahan tersebut antara lain:

**0,25 untuk Seperempat Awal**

**0,50 untuk Bulan Purnama**

**0,75 untuk Seperempat Akhir**

Bilangan lunasi  $k$  bernilai 0 tepat, jatuh pada tanggal 6 Januari 2000 M atau 29 Ramadhan 1420 H saat awal Syawal 1420 H. Kemudian nilai-nilai negatif untuk bilangan lunasi  $k$  memberikan indikator untuk fase-fase bulan sebelum tahun 2000 M, sehingga tahun hijriyah yang dikalikan 12 kemudian ditambahkan bulan hijriyah harus dikurangi 17050<sup>35</sup>. Menentukan nilai bilangan lunasi  $k$  sebagai berikut:

$$k = 12 \times \text{Tahun Hiriyah} + \text{Bulan Hijriyah} - 17050$$

Selanjutnya yaitu menghitung bilangan abad Julian, yang disimbolkan dengan  $T$ . Bilangan abad Julian dihitung

---

<sup>35</sup> Nilai 17050 diperoleh dari perhitungan bulan Syawal yang memiliki nomor bulan 10 kemudian dijumlahkan dengan tahun 1420 H yang dikalikan dengan 12 (satu tahun Kamariah ada 12 bulan). Menjadi  $(12 \times 1420) + 10 = 17050$ .

sejak tahun (*epoch*) 2000, sehingga nilai  $T$  adalah negatif sebelum tahun (*epoch*) 2000. Rumus mencari  $T$  adalah sebagai berikut:

$$T = k / 1236,85$$

Kemudian menghitung waktu rata-rata fase bulan yang belum terkoreksi yang dinyatakan dalam JDE (*Julian Ephemeris Day*) ketika ijtimak dengan rumus sebagai berikut:

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

Setelah itu mencari nilai eksentrisitas orbit Bumi mengelilingi orbit Matahari yang disimbolkan dengan  $E$ , sebelum melanjutkan perhitungan koreksi fase bulan dan koreksi argumen planet, agar diperoleh waktu ijtimak yang tepat. Komponen yang berisi argumen sudut  $M$  tergantung pada nilai eksentrisitas orbit Bumi mengelilingi Matahari yang semakin melambat seiring dengan perjalanan waktu, karena alasan ini amplitudo komponen ini sebenarnya bervariasi (berubah-ubah). Untuk memperhitungkan pengaruh efek tersebut, maka kalikan komponen yang mengandung  $M$  atau  $-M$  dengan  $E$  dan yang mengandung  $2M$  atau  $-2M$  dengan  $E^2$ , dimana:

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

Selanjutnya menghitung sudut yang diperlukan dalam perhitungan koreksi fase bulan, antara lain:

a. Rata-Rata Anomali Matahari ( $M$ )

$$M = 2,5534 + 29,10535669 k - 0,0000218 T^2 - 0,00000011 T^3$$

b. Rata-Rata Anomali Bulan ( $M'$ )

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

c. Lintang Argumen Bulan ( $F$ )

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

d. Bujur Titik Daki (*Ascending Node*) Peredaran Bulan ( $\Omega$ )

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

Kemudian dari perhitungan koreksi fase bulan diatas, dapat digunakan untuk perhitungan koreksi bulan baru, dengan rumus:

**(Dapat dilihat pada lampiran 1)**

Selanjutnya menghitung koreksi sudut argumen planet yang terdiri dari 14 suku ( $A_1$  sampai dengan  $A_{14}$ ) yang dijabarkan dalam rumus dibawah ini:

**(Dapat dilihat pada lampiran 2)**

Setelah itu menghitung total koreksi argumen planet dengan rumus sebagai berikut:

**(Dapat dilihat pada lampiran 3)**

Kemudian menghitung JDE (*Julian Ephemeris Day*) ketika ijtimak telah terkoreksi dengan menambahkan JDE (*Julian Ephemeris Day*) ijtimak sebelum terkoreksi dengan koreksi bulan baru dan koreksi argumen planet.

$$\mathbf{JDE \text{ (ijtimak terkoreksi)} = JDE \text{ (ijtimak sebelum terkoreksi)} + C_1 + C_2}$$

Kemudian setelah mendapatkan nilai JDE (*Julian Ephemeris Day*) ketika ijtimak telah terkoreksi, langkah selanjutnya adalah mencari nilai Delta T ( $\Delta T$ ). Perlu diketahui Delta T ( $\Delta T$ ) hanya dapat diperoleh melalui observasi dan observasi untuk menentukan Delta T ( $\Delta T$ ) telah dilakukan oleh ilmuwan astronomi sejak tahun 1620 M hingga saat ini. Data awal yang dibutuhkan untuk mencari Delta T ( $\Delta T$ ) adalah mencari nilai Y, dimana nilai Y merupakan bilangan tahun Julian. Rumus untuk mencari nilai Y sebagai berikut:

$$\mathbf{T = (Y - 2000) / 100}$$

$$\mathbf{Y = 2000 + 100 T}$$

Setelah mendapatkan nilai  $Y$ , nilai  $\Delta T$  (dalam detik) dapat disimpulkan sebagai berikut<sup>36</sup>:

$$\Delta T = -15 + 0,00325 (Y - 1810)^2$$

Dari rumus diatas kemudian dikerucutkan kembali dengan cara dibagi atas rentang tahun, supaya koreksi yang dihasilkan lebih akurat dan meminimalisasi kesalahan, penjabaran rumusnya sebagai berikut:

a. Sebelum tahun 948 M

$$\Delta T = 2715,6 + 573,36 T + 46,5 T^2$$

b. Antara tahun 948 M – 1600 M

$$\Delta T = 50,6 + 67,5 T + 22,5 T^2$$

c. Antara tahun 2005 M – 2050 M

$$\Delta T = 62,92 + 0,32217 (Y - 2000) + 0,005589 (Y - 2000)^2$$

Setelah mendapatkan nilai Delta T ( $\Delta T$ ) langkah selanjutnya adalah mencari JD (*Julian Day*) saat ijtimak dengan cara mengurangkan JDE (*Julian Ephemeris Day*) saat ijtimak dengan Delta T ( $\Delta T$ ).

$$\mathbf{JD} \text{ (saat ijtimak)} = \mathbf{JDE} \text{ (saat ijtimak)} - \Delta T$$

---

<sup>36</sup> L.V. Morrison and F.R. Stephenson, *Sun and Planetary System*, Reidel, Dordrecht, 1982, Vol 96, hlm. 73. Dikutip oleh P. Bretagnon and J.L. Simon, *Planetary Program and Tables from -4000 to 2800*, Willmann-Bell, Richmond, 1986, hlm. 5. Lihat Jean Meeus, *Astronomical Algorithm Second Edition*, Willmann-Bell, Inc., Virginia, 1991, hlm. 65.

## 2. Mengkonversi JD (*Julian Day*) ke Tanggal

Kemudian setelah mendapatkan nilai JD (*Julian Day*) saat ijtimak, langkah selanjutnya adalah mengkonversi JD (*Julian Day*) saat ijtimak tersebut ke dalam bentuk tanggal. Langkah-langkah dalam mengkonversi JD ke dalam bentuk tanggal dijelaskan dibawah ini:

- a. Tambahkan JD dengan 0.5

$$\mathbf{JD_1 = JD + 0,5}$$

- b. Mencari nilai Z dengan menggunakan INT (*integer*) untuk mencari bilangan bulatnya, dimana JD telah ditambahkan dengan 0.5

$$\mathbf{Z = INT (JD_1)}$$

- c. Mencari nilai F dengan mengurangi JD yang telah ditambahkan 0.5 dengan Z

$$\mathbf{F = JD_1 - Z}$$

- d. Mencari nilai A dengan memperhatikan nilai Z, apabila nilai Z kurang dari 2299161 maka A sama dengan Z. Adapun jika Z lebih besar atau sama dengan 2299161 maka hitunglah AA, kemudian gunakan nilai AA untuk mencari nilai A

$$\mathbf{Z < 2299161 \text{ maka } A = Z}$$

$$\mathbf{Z \geq 2299161 \text{ maka } AA = INT ((Z - 1867216,25) / 36524,25)}$$



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

- e. Mencari nilai B dengan menambahkan nilai A dengan 1524

$$B = A + 1524$$

- f. Mencari nilai C dengan menggunakan INT (*integer*) untuk mencari bilangan bulatnya, dimana nilai B telah dikurangkan dengan 122.1 yang kemudian dibagi dengan 365.25

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

- g. Mencari nilai D dengan menggunakan INT (*integer*) untuk mencari bilangan bulatnya, dimana nilai C telah dikalikan dengan 365.25

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

- h. Mencari nilai E dengan menggunakan INT (*integer*) untuk mencari bilangan bulatnya, dimana nilai B telah dikurangkan dengan nilai D yang kemudian dibagi dengan 30.6001

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

- i. Menentukan tanggal (angka desimal dibelakang koma pada tanggal menyatakan waktu)

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

- j. Menentukan bulan (M)

**Jika  $E = 14$  atau  $15$  maka  $M = E - 13$**

**Jika  $E < 14$  maka  $M = E - 1$**

k. Menentukan tahun (Y)

**Jika  $M = 1$  atau  $2$  maka  $Y = C - 4715$**

**Jika  $M > 2$  maka  $Y = C - 4716$**

l. Menentukan jam, menit dan detik (diambil dari angka desimal dibelakang koma ketika menentukan tanggal)

**Jam = INT (24 x angka desimal tanggal)**

**Menit = INT (60 x angka desimal jam)**

**Detik = 60 x angka desimal menit**

3. Menentukan Waktu Maghrib dan Umur Hilal

Waktu maghrib dimulai saat matahari terbenam (*sunset*). Ketika posisi piringan atas matahari berada tepat di bawah ufuk, pada saat tersebut langit tidak langsung gelap. Hal ini disebabkan adanya atmosfer Bumi yang membiaskan cahaya matahari. Oleh karena itu matahari harus tenggelam hingga belasan derajat di bawah ufuk supaya tidak ada lagi cahaya matahari yang dapat dibiaskan sehingga langit menjadi gelap<sup>37</sup>.

---

<sup>37</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, Lab Fisika Material dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, 2012, hlm. 85.

Dalam menentukan waktu maghrib membutuhkan beberapa data, beberapa data yang dibutuhkan tersebut antara lain sebagai berikut :

a. Koordinat Lintang Tempat ( $\phi$ )

Daerah yang terletak di sebelah Utara garis khatulistiwa (ekuator) memiliki harga lintang positif dengan simbol LU (Lintang Utara), sebaliknya daerah yang terletak di sebelah Selatan garis khatulistiwa (ekuator) memiliki harga lintang negatif dengan simbol LS (Lintang Selatan).

b. Koordinat Bujur Tempat ( $\lambda$ )

Daerah yang terletak di sebelah Timur Kota Greenwich memiliki harga bujur positif dengan simbol BT (Bujur Timur), sedangkan daerah yang terletak di sebelah Barat Kota Greenwich memiliki harga bujur negatif dengan simbol BB (Bujur Barat).

c. Zona Waktu (Z)

Daerah yang terletak di sebelah Timur Kota Greenwich memiliki harga Z positif, sering disimbolkan dengan UT + atau GMT +. Sedangkan daerah yang terletak di sebelah Barat Kota Greenwich memiliki harga Z negatif, sering disimbolkan dengan UT – atau GMT –

d. Ketinggian Lokasi Di Atas Permukaan Laut (H)

Ketinggian lokasi yang dihitung dari permukaan laut ini menentukan waktu kapan terbit dan tenggelamnya matahari. Tempat yang berada tinggi di atas permukaan laut akan lebih awal menyaksikan matahari terbit dan akan lebih akhir menyaksikan matahari terbenam, begitupun sebaliknya dengan tempat yang berada lebih rendah. Satuan yang dipakai adalah meter (m) dan disimbolkan dengan H.

e. Tanggal (D), Bulan (M) dan Tahun (Y) kalender Gregorian

Menentukan tanggal, bulan dan tahun merupakan parameter awal sebelum mencari data selanjutnya seperti JD (*Julian Day*), sudut tanggal, deklinasi matahari dan equation of time. Langkah awal setelah menentukan tanggal, bulan dan tahun adalah mencari JD (*Julian Day*), kemudian dari JD (*Julian Day*) tersebut dihitung sudut tanggal yang disimbolkan dengan T, dengan rumus:

$$T = 2 \times \text{PI} \times (\text{JD} - 2451545) / 365,25$$

Disini PI adalah konstanta yang bernilai 3,14159265359. Sementara itu 2451545 adalah JD

(*Julian Day*) untuk tanggal 1 Januari 2000 M pukul 12.00 UT. Angka 365,25 adalah banyaknya hari rata – rata dalam setahun. Sehingga  $T$  menunjukkan sudut tanggal dalam setahun yang terhitung sejak tanggal 1 Januari 2000 M pukul 12.00 UT.

f. Deklinasi Matahari ( $\delta$ )

Setelah mencari sudut tanggal maka langkah selanjutnya adalah mencari deklinasi matahari yang disimbolkan dengan ( $\delta$ ). Rumus untuk mencari deklinasi matahari adalah sebagai berikut :

$$\delta = 0,37877 + 23,264 \times \sin (57,294 T - 79,547) + 0,3812 \times \sin (2 \times 57,297 T - 82,682) + 0,17132 \times \sin (3 \times 57,297 T - 59,722)$$

g. Equation of Time ( $e$ )

Equation of time atau juga disebut dengan perata waktu disimbolkan dengan ( $e$ ). Mencari equation of time memerlukan tiga tahap, diantaranya sebagai berikut:

1) Menentukan sudut tahun yang disimbolkan dengan ( $U$ )

$$U = (JD - 2451545) / 365,25$$

2) Menentukan bujur rata – rata matahari yang disimbolkan dengan ( $L_0$ )

$$L_0 = 280,46607 + 36000,7698 U$$

3) Rumus mencari equation of time ( $e$ )

$$1000 e = - (1789 + 237 U) \times \sin (L_0) - (7146 - 62 U) \times \cos (L_0) + (9934 - 14 U) \times \sin (2 L_0) - (29 + 5 U) \times \cos (2 L_0) + (74 + 10 U) \times \sin (3 L_0) + (320 - 4 U) \times \cos (3 L_0) - 212 \times \sin (4 L_0)$$

Setelah seluruh data yang dibutuhkan untuk mencari waktu maghrib telah ditentukan nilainya maka langkah selanjutnya adalah mencari waktu maghrib dengan rumus:

$$\text{Waktu Maghrib} = \text{Transit} + \text{Hour Angle Maghrib} / 15$$

Dari rumus mencari waktu maghrib diatas, diketahui bahwa sebelum menentukan waktu maghrib langkah awal yang harus dilakukan adalah mencari Transit dan Hour Angle (HA) terlebih dahulu, sebab waktu maghrib bergantung pada keduanya. Rumus mencari nilai Transit adalah sebagai berikut:

$$\text{Transit} = 12 + Z - \lambda / 15 - e / 60$$

Setelah nilai Transit ditemukan maka langkah selanjutnya adalah mencari Hour Angle dengan rumus:

$$\text{Cos HA} = [\sin h_0 - \sin \phi \times \sin \delta] / [\cos \phi \times \cos \delta]$$

Dari rumus Hour Angle diatas masih ada data tambahan yang harus dicari nilainya terlebih dahulu, yaitu altitude. Altitude matahari atau sudut ketinggian matahari yang dihitung dari ufuk saat matahari terbenam ini sangat bergantung pada ketinggian suatu tempat yang dihitung dari atas permukaan laut, sehingga menjadikan ketinggian tempat yang berbeda akan menghasilkan altitude matahari yang berbeda pula. Altitude matahari ketika maghrib disimbolkan dengan ( $h_0$ ), untuk mencari altitude matahari ketika maghrib menggunakan rumus sebagai berikut:

$$h_0 = - 0^\circ 50' - 0,0347 \times \text{SQRT} (H)$$

Dimana SQRT dalam program exel menunjukkan lambang akar pangkat dua dan H adalah simbol yang menunjukkan ketinggian lokasi di atas permukaan laut. Kemudian perhitungan altitude matahari ketika maghrib dalam *Astronomical Algorithm* Jean Meeus telah menggunakan koreksi atmosfer, hal ini dibuktikan dengan altitude matahari ketika terbenam atau maghrib yang nampak oleh pengamat adalah nol derajat. Pada faktanya perhitungan altitude matahari ketika terbenam atau maghrib dalam *Astronomical Algorithm* Jean Meeus

bukan menggunakan nilai  $0^\circ$  namun menggunakan nilai  $-0^\circ 50'$ , angka ini ternyata didapatkan dari dua hal. Pertama, sudut untuk jari – jari matahari secara rata – rata besarnya adalah  $-0^\circ 16'$ . Kedua, besarnya koreksi pembiasan atmosfer saat benda langit berada di ufuk (saat terbenam) secara rata – rata besarnya adalah  $-0^\circ 34'$ . Jika keduanya dijumlahkan maka menghasilkan nilai  $-0^\circ 50'$ , nilai negatif tersebut menunjukkan bahwa posisi benda langit berada di bawah ufuk<sup>38</sup>.

Nilai  $-0^\circ 50'$  sudah cukup akurat dalam keperluan perhitungan praktis, namun jika menginginkan hasil yang lebih akurat lagi maka dapat memperhitungkan faktor berubahnya sudut untuk jari – jari matahari, karena nilai ini sangat bergantung pada jarak matahari ke Bumi yang tidak selalu tetap. Jika matahari berjarak cukup jauh dari Bumi, maka sudut untuk jari – jari matahari bernilai lebih kecil, begitupun sebaliknya. Besarnya koreksi pembiasan atmosfer juga sangat bergantung pada suhu dan tekanan udara. Namun sekali lagi, jika hanya untuk keperluan perhitungan praktis nilai altitude matahari

---

<sup>38</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit.....*, hlm. 95.



ketika terbenam atau maghrib sebesar  $- 0^{\circ} 50'$  sudah cukup akurat<sup>39</sup>.

Pada rumus perhitungan altitude matahari ketika terbenam atau maghrib faktor ketinggian lokasi di atas permukaan laut juga sangat diperhitungkan. Lokasi yang berada cukup tinggi di atas permukaan laut akan menyaksikan matahari terbit lebih awal dan menyaksikan matahari terbenam lebih akhir, dibandingkan dengan lokasi yang berada lebih rendah di atas permukaan laut. Faktanya nilai H bisa juga negatif apabila ketinggiannya lebih rendah dari permukaan laut, untuk kasus ini rumus awal  $- 0,0347 \times \text{SQRT} (H)$  berubah menjadi  $+ 0,0347 \times \text{SQRT} (- H)$ . Hal ini dapat terjadi sebab lokasi yang berada di bawah permukaan laut menyaksikan matahari terbit lebih akhir dan menyaksikan matahari terbenam lebih awal.

Hasil waktu maghrib diatas masih harus diperhalus dan dikoreksi lagi dengan menggunakan deklinasi dan equation of time pada saat waktu maghrib, sebab diawal perhitungan deklinasi dan equation of time yang digunakan masih menggunakan jam 12.00 UT. Hal

---

<sup>39</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit.....*, hlm. 96.

pertama yang harus dilakukan adalah mengkonversi waktu maghrib yang telah dihitung diawal ke JD (*Julian Day*), kemudian dengan JD (*Julian Day*) waktu maghrib tersebut dapat digunakan untuk menentukan deklinasi dan equation of time pada waktu maghrib. Hal kedua yang perlu dilakukan adalah menggunakan deklinasi dan equation of time tersebut untuk memperhalus dan mengkoreksi waktu maghrib.

Setelah waktu maghrib diperhalus dan dikoreksi, kemudian mencari umur hilal dengan cara mengurangkan waktu maghrib dengan ijtimak. Rumus untuk mencari umur hilal menjadi:

### **Umur Hilal = Waktu Maghrib – Ijtimak**

Apabila ijtimak terjadi sebelum maghrib maka umur hilal bernilai positif dan apabila ijtimak terjadi sesudah maghrib maka umur hilal bernilai negatif. Jika umur hilal bernilai negatif maka JD (*Julian Day*) pada jam 12.00 UT ditambahkan dengan 1 yang menandakan bahwa perhitungan waktu maghrib dilakukan untuk esok hari. Kemudian hasil waktu maghrib tersebut diiterasi kembali dengan cara yang sama seperti yang telah dijelaskan di atas sampai mendapatkan hasil waktu

maghrib yang telah diperhalus dan dikoreksi. Selanjutnya mencari umur hilal dengan cara yang sama seperti yang telah dijelaskan di atas.

#### 4. Koreksi Nutasi pada Bujur dan Koreksi Kemiringan Ekliptik

Nutasi pertama kali ditemukan oleh ahli astronomi dari Inggris bernama James Bradley (1693 – 1762). Nutasi adalah oskilasi periodik dari sumbu rotasi Bumi di sekitar posisi rata – ratanya, akibat nutasi ini kutub rotasi Bumi seketika itu juga beroskilasi di sekitar kutub rata – rata yang dibarengi dengan presisi di sekitar kutub ekliptik. Secara prinsip nutasi adalah akibat pengaruh bulan dan dideskripsikan dengan penjumlahan komponen – komponen periodik. Komponen yang terpenting mempunyai periode 6798,4 hari (18,6 tahun), namun untuk komponen – komponen yang lain mempunyai periode yang sangat pendek (kurang dari 10 hari).

Nutasi dapat dengan mudah dibagi menjadi komponen yang paralel terhadap ekliptika dan menjadi komponen yang tegak lurus terhadap ekliptika. Komponen yang paralel terhadap ekliptika ini disimbolkan dengan  $(\Delta\psi)$  dan selanjutnya disebut sebagai nutasi pada bujur, hal ini

berdampak terhadap berpengaruhnya koordinat bujur dari semua benda – benda langit. Sedangkan komponen yang tegak lurus terhadap ekliptika ini disimbolkan dengan ( $\Delta\varepsilon$ ) dan selanjutnya disebut sebagai nutasi pada kemiringan ekliptik.

Dalam menghitung koreksi nutasi pada bujur ( $\Delta\psi$ ) dan koreksi kemiringan ekliptik ( $\Delta\varepsilon$ ), terlebih dahulu harus menentukan parameter awal yang akan digunakan dalam perhitungan sebagai berikut :

a. JD (*Julian Day*) Saat Maghrib

b. Delta T ( $\Delta T$ )

c. JDE (*Julian Ephemeris Day*) Saat Maghrib

$$\mathbf{JDE}_{\text{(Saat Maghrib)}} = \mathbf{JD}_{\text{(Saat Maghrib)}} + \mathbf{\Delta T}$$

d. Bilangan Abad Julian ( $T$ )

$$\mathbf{T} = \mathbf{JDE}_{\text{(Saat Maghrib)}} - \mathbf{2451545} / \mathbf{365,25}$$

e. Elongasi Rata – Rata Bulan dari Matahari ( $D$ )

$$\mathbf{D} = \mathbf{297,85036} + \mathbf{445267,111480 T} - \mathbf{0,0019142 T^2} + \mathbf{T^3} / \mathbf{189474}$$

f. Anomali Rata – Rata Matahari ( $M$ )

$$\mathbf{M} = \mathbf{357,52772} + \mathbf{35999,050340 T} - \mathbf{0,0001603 T^2} - \mathbf{T^3} / \mathbf{300000}$$

g. Anomali Rata – Rata Bulan ( $M'$ )

$$M' = 134,96298 + 477198,867398 T + 0,0086972 T^2 + T^3 / 56250$$

h. Argumen Lintang Bulan ( $F$ )

$$F = 93,27191 + 483202,017538 T - 0,0036825 T^2 + T^3 / 327270$$

i. Bujur Titik Daki (*Ascending Node*) dari Orbit Rata – Rata Bulan pada Ekliptika ( $\Omega$ )

$$\Omega = 125,04452 - 1934,136261 T + 0,0020708 T^2 + T^3 / 450000$$

Kemudian setelah parameter awal dihitung langkah selanjutnya adalah menghitung koreksi nutasi pada bujur dengan rumus<sup>40</sup>:

**(Dapat dilihat pada lampiran 4)**

Kemudian langkah kedua, yaitu menghitung koreksi kemiringan ekliptik dengan rumus:

**(Dapat dilihat pada lampiran 5)**

Selain itu harus mencari juga kemiringan ekliptika (*The Obliquity of the Ecliptic*) rata-rata, kemiringan ekliptika rata-rata atau kemiringan rotasi Bumi rata-rata adalah sudut antara ekuator dan ekliptika. Kemiringan

---

<sup>40</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithm Second.....*, hlm. 105.

ekliptik rata-rata dapat dirumuskan dengan rumus sebagai berikut:

**(Dapat dilihat pada lampiran 6)**

Hal yang membedakan kemiringan ekliptik sejati adalah sudut-sudut yang terbentuk antara ekliptika dengan ekuator rata-rata dan ekuator sejati pada saat tertentu. Kemiringan ekliptik sejati dirumuskan dengan rumus:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \Delta\varepsilon$$

## 5. Sidereal Time

Dalam sub bab ini yang akan dicari adalah nilai dari *Greenwich Sidereal Time* dan *Local Sidereal Time*. *Greenwich Sidereal Time* adalah waktu sideris di Greenwich, yakni di meridian Greenwich pada jam 0 *Universal Time* (UT) bertepatan dengan tanggal tertentu<sup>41</sup>. Satu *sidereal day* lebih pendek daripada satu *solar day*, sedangkan satu *solar day* lebih lama daripada satu *sidereal day*, karena selama rentang waktu satu *solar day* tersebut Bumi bergerak sepanjang orbitnya sejauh kira-kira satu derajat terhadap matahari. Oleh sebab itu dibutuhkan waktu sedikit lebih lama buat matahari untuk kembali ke posisi

---

<sup>41</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithm Second Edition*....., hlm. 70.

semula<sup>42</sup>. Waktu yang kita gunakan sehari-hari adalah waktu yang ditunjukkan oleh *solar day*. Satu *solar day* sama dengan 24 jam, sementara satu *sidereal day* sama dengan 23 jam 56 menit 4 detik<sup>43</sup>. Cara untuk mencari *Greenwich Sidereal Time* dengan rumus sebagai berikut:

**Mencari *Julian Day* (JD) pada tanggal tersebut untuk pukul 0 UT**

$$T = (\text{JD} - 2451545) / 36525$$

$$\text{GST} = 6,6973745583 + 2400,0513369072 T + 0,0000258622 T^2$$

Jenis waktu yang lain adalah *Local Sidereal Time* yang menyatakan waktu sideris setempat atau menyatakan waktu sideris dimana kita berada<sup>44</sup>. Cara untuk mencari *Local Sidereal Time* dengan rumus sebagai berikut:

**a. Untuk daerah di Bujur Timur**

$$\text{LST} = \text{GST} + (\text{BT} / 15)$$

**b. Untuk daerah di Bujur Barat**

$$\text{LST} = \text{GST} - (\text{BB} / 15)$$

Pemahaman terhadap *sidereal time* sangatlah penting sebab *sidereal time* akan digunakan untuk menentukan *hour*

---

<sup>42</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit.....*, hal. 21.

<sup>43</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit.....*, hlm. 22.

<sup>44</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit.....*, hlm. 23.

*angle* dalam koordinat ekuator yang selanjutnya akan digunakan untuk menentukan *azimuth* dan *altitude* obyek langit serta menentukan waktu terbit Matahari, terbenam Matahari dan transit obyek langit<sup>45</sup>.

## 6. Posisi Matahari

Matahari selalu terbit dan terbenam setiap harinya, jika diperhatikan waktu terbit dan terbenam Matahari setiap harinya selalu berubah meskipun perubahan itu kecil, inilah yang menyebabkan posisi matahari selalu berubah. Bagi yang tinggal di daerah dekat garis khatulistiwa akan mengamati perubahan posisi Matahari ketika terbit dan terbenam dengan jelas. Suatu saat Matahari terbit tepat di arah Timur (dengan *azimuth*  $90^\circ$ ), di lain hari Matahari akan terbit sedikit bergeser ke arah Utara (dengan azimuth kurang dari  $90^\circ$ ), kemudian Matahari akan kembali terbit lagi tepat di arah Timur dan bergeser lagi ke arah Selatan (dengan azimuth lebih dari  $90^\circ$ ), begitu pula dengan pergeseran Matahari ketika terbenam. Mengetahui cara menentukan posisi matahari sangatlah perlu, sebab dengan

---

<sup>45</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit.....*, hlm. 23.



cara ini Gerhana Matahari dapat ditentukan dengan akurasi tinggi<sup>46</sup>.

Tanggal dan waktu tersebut seperti biasa diubah menjadi JD (*Julian Day*) bersatuan UT (*Universal Time*) atau GMT (*Greenwich Mean Time*), selanjutnya JDE (*Julian Day Ephemeris*) bersatuan TD (*Dinamical Time*) diperoleh dengan cara menambahkan JD dengan Delta T. Kemudian dari nilai JDE tersebut diperoleh nilai T yang dihitung dengan rumus:

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

Dari nilai T yang telah dihitung diatas, maka:

$$\tau = T / 10$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa, untuk tanggal dan waktu yang berbeda maka nilai T dan  $\tau$  juga berbeda<sup>47</sup>.

Dalam algoritma Jean Meeus diperlukan ratusan suku koreksi yang telah direduksi dari algoritma VSOP 87 yang memiliki ribuan suku koreksi, ratusan suku tersebut merupakan suku yang besar dan penting dalam perhitungan, sedangkan suku-suku kecil yang lainnya tidak

---

<sup>46</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit.....*, hlm. 63.

<sup>47</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit.....*, hlm. 69.

diperhitungkan dan diabaikan<sup>48</sup>. Koreksi-koreksi tersebut antara lain sebagai berikut:

a. Koreksi Bujur Ekliptika Matahari

**(Dapat dilihat pada lampiran 7)**

b. Koreksi Lintang Ekliptika Matahari

**(Dapat dilihat pada lampiran 8)**

c. Koreksi Jarak Bumi-Matahari

**(Dapat dilihat pada lampiran 9)**

Berikut ini adalah rumus-rumus untuk menghitung posisi Matahari:

a. Ascensio rekta Matahari

$$\cotan \alpha = (\tan \lambda \times \cos \varepsilon) - (\tan \beta \times \sin \varepsilon / \cos \lambda)$$

b. Deklinasi Matahari

$$\sin \delta = (\sin \beta \times \cos \varepsilon) + (\cos \beta \times \sin \varepsilon \times \sin \lambda)$$

c. Sudut Parallaks

$$\tan \pi = 6378,137 / R$$

d. Semi Diameter Matahari

$$SD = 959,63 / R$$

e. Ketinggian Matahari

$$\sin h = (\sin \varphi \times \sin \delta) + (\cos \varphi \times \cos \delta \times \cos t)$$

f. Azimuth Matahari

---

<sup>48</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit.....*, hlm. 68.

$$\cotan A = (\tan t \times \sin \varphi) - (\tan \delta \times \cos \varphi / \sin t)$$

Dengan ketentuan:

$\lambda$	= Bujur Ekliptika Matahari
$\beta$	= Lintang Ekliptika Matahari
$\varepsilon$	= Kemiringan Sumbu Bumi
$\alpha$	= Acensiorekta Matahari
$\delta$	= Deklinasi Matahari
R	= Jarak Bumi-Matahari
$\pi$	= Horizontal Parallaks Matahari
SD	= Semi Diameter Matahari
h	= Ketinggian Matahari
A	= Azimuth Matahari

## 7. Posisi Bulan

Dalam rangka untuk menghitung posisi bulan secara akurat pada saat tertentu, perlu memperhitungkan ratusan komponen yang berpengaruh pada perhitungan bujur bulan, lintang bulan dan jarak dari pusat Bumi ke pusat bulan<sup>49</sup>. Sama seperti dalam perhitungan posisi Matahari, suku koreksi yang digunakan hanya suku koreksi yang besar dan penting dalam perhitungan, sedangkan suku koreksi yang kecil tidak diperhitungkan dan diabaikan.

---

<sup>49</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithm Second.....*, hlm. 253.

Komponen – komponen periodik yang disertakan dalam algoritma Jean Meeus didasarkan pada “*Lunar Theory*” yang dikenal dengan ELP – 2000 yang ditulis oleh Chapront [1], namun untuk argumen rata – rata  $L'$ ,  $D$ ,  $M$ ,  $M'$  dan  $F$  yang ada dalam algoritma Jean Meeus diambil dari tulisan Chapront [2] yang dipublikasikan setelah “*Lunar Theory*”<sup>50</sup>.

Sebelum masuk dalam perhitungan posisi bulan, terlebih dahulu harus menghitung  $T$  pada saat tertentu (*Dinamical Time*). Harus diingat bahwa  $T$  dinyatakan dalam satuan abad, oleh sebab itu harus diperhitungkan dengan jumlah desimal yang memadai, setidaknya sembilan angka dibelakang koma karena angka 0,000000001 abad akan membuat bulan bergerak lebih dari 1,7 detik busur.

$$T = \text{JDE} - 2451545 / 36525$$

Selanjutnya menghitung sudut-sudut  $L'$ ,  $D$ ,  $M$ ,  $M'$  dan  $F$  dengan cara mengikuti rumus-rumus yang diberikan sebagai berikut<sup>51</sup>. Perlu diingat bahwa semua sudut hasil perhitungan dinyatakan dalam derajat, untuk menghindari perhitungan dengan sudut yang besar maka setiap sudut direduksi dengan nilai antara  $0^\circ$  sampai  $360^\circ$ .

---

<sup>50</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algoritm Second.....*, hlm. 253.

<sup>51</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algoritm Second.....*, hlm. 253-254.

- a. Rata – Rata Bujur Bulan<sup>52</sup>

$$L' = 218,3164591 + 481267,88134236 T - 0,0013268 T^2 + T^3 / 538841 - T^4 / 65194000$$

- b. Rata – Rata Elongasi Bulan

$$D = 297,8502042 + 445267,1115168 T - 0,0016300 T^2 + T^3 / 545868 - T^4 / 113065000$$

- c. Rata – Rata Anomali Matahari

$$M = 357,5291092 + 35999,0502909 T - 0,0001536 T^2 + T^3 / 24490000$$

- d. Rata – Rata Anomali Bulan

$$M' = 134,9634114 + 477198,8676313 T + 0,0089970 T^2 + T^3 / 69699 - T^4 / 14712000$$

- e. Komponen Lintang Bulan (Jarak Rata – Rata dari Titik Daki)

$$F = 93,2720993 + 483202,0175273 T - 0,0034029 T^2 - T^3 / 3526000 + T^4 / 863310000$$

- f. Tiga Komponen Tambahan (Satuan Dalam Derajat)

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

$$A_2 = 53,09^\circ + 479264,290^\circ T$$

$$A_3 = 313,45^\circ + 481266,484^\circ T$$

---

<sup>52</sup> Rata-rata bujur bulan mengacu pada ekuinoks rata-rata pada tanggal tertentu dengan memasukkan perhitungan komponen yang bersifat konstan dari efek waktu perjalanan cahaya.

Kemudian setelah menghitung sudut-sudut  $L'$ ,  $D$ ,  $M$ ,  $M'$  dan  $F$  langkah selanjutnya adalah memasukkan sudut-sudut tersebut ke dalam perhitungan koreksi. Catatan bahwa untuk komponen yang berisi argumen sudut  $M$  sangat bergantung pada eksentrisitas orbit Bumi mengelilingi Matahari yang semakin melambat seiring dengan perjalanan waktu, oleh sebab itu amplitudo komponen ini sebenarnya bervariasi (berubah-ubah). Dalam memperhitungkan pengaruh efek tersebut, maka kalikan komponen yang mengandung  $M$  atau  $-M$  dengan  $E$  dan yang mengandung  $2M$  atau  $-2M$  dengan  $E^2$ , dimana  $E$  dirumuskan sebagai berikut<sup>53</sup> :

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

Selain itu komponen tambahan berlaku untuk  $\Sigma l$  dan  $\Sigma b$ , yaitu komponen yang berisi argumen  $A_1$  yang disebabkan pengaruh pergerakan venus dan argumen  $A_2$  yang disebabkan pengaruh pergerakan Jupiter. Sementara komponen yang berisi argumen  $L'$  adalah sebagai akibat pegepegan Bumi<sup>54</sup>. Komponen periodik dalam tabel algoritma Jean Meeus dari bujur bulan ( $\Sigma l$ ), lintang bulan

---

<sup>53</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithm Second.....*, hlm. 254.

<sup>54</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithm Second.....*, hlm. 254-255.

( $\Sigma b$ ) dan jarak bulan dari pusat Bumi ( $\Sigma r$ ) satuan yang dipakai adalah 0,000001 ( $10^{-16}$ ) derajat, maka dalam perhitungan koreksi dibawah ini setiap suku dan argumen komponen akan dikonversi langsung dalam rumus sebagai berikut:

a. Koreksi Bujur Ekliptika Bulan

**(Dapat dilihat pada lampiran 10)**

b. Koreksi Lintang Ekliptika Bulan

**(Dapat dilihat pada lampiran 11)**

c. Koreksi Jarak Bumi-Bulan

**(Dapat dilihat pada lampiran 12)**

Berikut ini adalah rumus-rumus untuk menghitung posisi bulan:

a. Ascensio rekta Bulan

$$\cotan \alpha = (\tan \lambda \times \cos \varepsilon) - (\tan \beta \times \sin \varepsilon / \cos \lambda)$$

b. Deklinasi Bulan

$$\sin \delta = (\sin \beta \times \cos \varepsilon) + (\cos \beta \times \sin \varepsilon \times \sin \lambda)$$

c. Horizontal Parallaks Bulan

$$\tan HP = 6378,137 / r$$

d. Sudut Parallaks Bulan

$$\pi = HP \times \cos h$$

e. Semi Diameter Bulan

$$SD = 99575,94 / r$$

f. Ketinggian Bulan Geosentrik

$$\sin h = (\sin \varphi \times \sin \delta) + (\cos \varphi \times \cos \delta \times \cos t)$$

g. Refraksi

$$\text{Ref} = (P / (T + 273,15)) \times (0,1594 + 0,0196 h + 0,00002 h^2) / (1 + 0,505 h + 0,0845 h^2)$$

h. Ketinggian Bulan Toposentrik

$$h' = h - SD - \text{Ref} - \text{Dip} + \pi$$

i. Azimuth Bulan

$$\cotan A = (\tan t \times \sin \varphi) - (\tan \delta \times \cos \varphi / \sin t)$$

Dengan ketentuan:

$\lambda$  = Bujur Ekliptika Bulan

$\beta$  = Lintang Ekliptika Bulan

$\varepsilon$  = Kemiringan Sumbu Bumi

$\alpha$  = Acensiorekta Bulan

$\delta$  = Deklinasi Bulan

$r$  = Jarak Bumi-Bulan

$\pi$  = Sudut Parallaks Bulan

$SD$  = Semi Diameter Bulan

$h'$  = Ketinggian Bulan Toposentrik

$h$  = Ketinggian Bulan Geosentrik

$\text{Ref}$  = Refraksi



P = Tekanan Atmosfer pada tempat pengamat  
(milibar)

T = Suhu Atmosfer pada tempat pengamat  
(derajat celcius)

Dip = Kerendahan Ufuk

A = Azimuth Bulan

#### 8. Kecerlangan Bulan

Kecerlangan bulan atau *Fraction Illumination* dari piringan bulan bergantung pada elongasi Bumi dan Matahari dengan mengacu pada titik pusat bulan (*selenocentric*) yang berarti seperti terlihat dari titik pusat bulan, maka dapat dihitung dengan rumus:

$$k = (1 + \cos i) / 2$$

Hal ini merupakan nilai dari kedua rasio luas bagian piringan yang bercahaya dibandingkan dengan luas keseluruhan dan rasio panjang garis yang bercahaya dari garis tengah yang tegak lurus terhadap garis kutub dengan diameter penuh. Sudut fase  $i$  dari bulan yang dapat dilihat dari pengamat di pusat Bumi dirumuskan dengan menghitung elongasi geosentrik ( $\psi$ ) dari bulan ke Matahari dengan rumus sebagai berikut:

$$\cos \psi = \sin \delta_0 \sin \delta + \cos \delta_0 \cos \delta \cos (\alpha_0 - \alpha)$$

Atau dengan rumus:

$$\cos \psi = \cos \beta \cos (\lambda - \lambda_0)$$

Dimana  $\alpha_0$ ,  $\delta_0$ ,  $\lambda_0$  dan  $\alpha$ ,  $\delta$ ,  $\lambda$  adalah asensiorekta geosentrik, deklinasi geosentrik dan bujur geosentrik dari Matahari dan bulan. Sedangkan  $\beta$  adalah lintang geosentrik bulan, kemudian dari rumus diatas maka dapat dibuat persamaan sebagai berikut:

$$\tan i = (\mathbf{R} \sin \psi) / \Delta - (\mathbf{R} \cos \psi)$$

Dimana R adalah jarak antara Bumi dengan Matahari dan  $\Delta$  adalah jarak antara Bumi dengan bulan. Catatan bahwa keduanya harus memiliki satuan yang sama serta untuk nilai sudut  $\psi$  dan  $i$  selalu antara  $0^\circ$  sampai  $180^\circ$  tidak boleh lebih dari itu. Apabila sudut  $i$  telah diketahui nilainya, maka kecerlangan bulan atau *fraction illumination* dapat diperoleh dengan menggunakan rumus yang telah dijelaskan diawal<sup>55</sup>.

#### 9. Posisi Sudut Bagian Bulan yang Bercahaya (Angle of The Moon's Bright Limb)

Posisi sudut bagian bulan yang bercahaya atau sudut kemiringan hilal adalah posisi sudut dari titik tengah lengkungan bulan yang bercahaya dihitung ke arah Timur

---

<sup>55</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithm Second.....*, hlm. 261-262.

dari titik Utara piringan tersebut. Nilai dari sudut kemiringan hilal ini dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\tan \chi = \cos \delta_0 \sin (\alpha_0 - \alpha) / \sin \delta_0 \cos \delta - \cos \delta_0 \sin \delta (\alpha_0 - \alpha)$$

Dimana  $\alpha_0$ ,  $\delta_0$ ,  $\alpha$  dan  $\delta$  adalah asensio rekta geosentrik dan deklinasi geosentrik dari Matahari dan bulan. Sudut  $\chi$  memiliki nilai sekitar  $270^\circ$  pada saat mendekati seperempat pertama dan mendekati  $90^\circ$  setelah bulan purnama. Sudut  $\chi$  mempunyai kelebihan bahwa sudut tersebut mendefinisikan lengkungan bulan yang bercahaya secara jelas. Jika  $\chi$  adalah posisi sudut titik tengah bulan yang bercahaya, maka posisi sudut katup-katupnya adalah  $\chi - 90^\circ$  dan  $\chi + 90^\circ$ <sup>56</sup>.

---

<sup>56</sup> Jean Meeus, *Astronomical Algorithm Second.....*, hlm. 262-263.

## BAB IV

### ANALISIS TERHADAP KOMPARASI PENENTUAN AWAL BULAN KAMARIAH DALAM KITAB *AL DÛRR AL ANÎQ* DAN *ASTRONOMICAL ALGORITHM* JEAN MEEUS

#### A. Perhitungan Awal Bulan Kamariah Dalam Kitab *Al-Dûrr Al-Anîq* Dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus

##### 1. Perhitungan Awal Bulan Kamariah Dalam Kitab *Al-Dûrr Al-Anîq*

Hisab penentuan awal bulan Kamariah memiliki berbagai metode yang masing-masing memiliki kriteria dengan cara perhitungan tersendiri. Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang ilmu Falak, banyak metode-metode dan cara perhitungan baru dalam penentuan awal bulan Kamariah yang lebih akurat hasilnya dengan kenyataannya. Hal inilah yang mendorong munculnya beberapa tokoh ahli dalam bidang ilmu Falak yang sangat mumpuni di Indonesia khususnya di pulau Jawa. Para tokoh ahli dalam bidang ilmu Falak ini telah mengarang berbagai kitab Falak modern dengan bermacam-macam metode dan cara perhitungan dengan bervariasi markaz, biasanya markaz disesuaikan dengan

tempat tinggal pengarang kitab tersebut. Salah satu tokoh ahli dalam bidang ilmu Falak yang berasal dari Sampang, Madura, Jawa Timur ialah KH. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah yang mengarang kitab Falak *al-Dûrr al-Anîq*.

Kitab *al-Dûrr al-Anîq* karya KH. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah ini membahas tentang hisab penentuan awal bulan Kamariah dan juga penentuan Gerhana Matahari dan Bulan. Kitab *al-Dûrr al-Anîq* merupakan kitab Falak yang tergolong menggunakan metode hisab kontemporer, walaupun pengarang kitab tersebut memberi istilah sendiri pada kitab karangannya tersebut dengan istilah metode hisab *haqiqi bi al tadqiqi*. Perhitungan yang didasarkan pada metode tersebut memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi daripada metode *haqiqi bi al tahqiqi*. Pada pembahasan sebelumnya penulis sudah sedikit menjelaskan tentang beberapa metode hisab dan hisab *haqiqi bi al tadqiqi* termasuk ke dalam metode kontemporer.

Hasil perhitungan yang dihasilkan oleh beberapa metode hisab kontemporer pasti menghasilkan nilai yang berbeda meski hanya sedikit. Salah satu penyebabnya adalah sumber data yang diambil oleh masing-masing

metode hisab tersebut. Dalam pembahasan ini akan dijelaskan sumber data yang diambil dari kitab *Al Dûrr Al Anîq* dalam penentuan awal bulan Kamariah.

a. Teori Yang Membangun

Kitab *al-Dûrr al-Anîq* muncul setelah generasi kitab dengan metode hisab *haqiqi al taqribi* dan juga hisab *haqiqi al tahqiqi*, metode hisab kitab *al-Dûrr al-Anîq* berpangkal pada teori yang dikemukakan oleh Copernicus (1473-1543) yakni teori Heliosentris, bahkan kitab *al-Dûrr al-Anîq* telah menyerap Hukum Kepler tentang bentuk lintasan orbit Bumi, hukum gravitasi dan lain sebagainya.

Menurut teori Heliosentris bahwa yang menjadi pusat tata surya ini bukanlah Bumi seperti dalam teori Geosentris, melainkan Matahari sebagai pusat tata surya. Termasuk planet-planet dalam tata surya Bimasakti beserta seluruh satelit-satelit dari planet tersebut berputar mengelilingi Matahari. Hukum Kepler menyatakan bahwa bentuk lintasan dari orbit planet-planet yang mengitari Matahari adalah berbentuk *ellips* (tidak lingkaran sempurna). Oleh karena itu, kitab *al-Dûrr al-Anîq* dalam menghitung

posisi bulan dan Matahari melakukan koreksi-koreksi hingga beberapa kali berdasarkan gerak bulan dan Matahari yang tidak rata.

Kitab *al-Dûrr al-Anîq* adalah kitab yang muncul pada tahun 1435 H dan diperbaharui lagi pada tahun 1437 H. Kitab ini memang tergolong kitab baru yang tentunya dalam penyusunannya tidak terlepas dari kitab-kitab terdahulu, kitab *al-Dûrr al-Anîq* disusun guna menyempurnakan kitab-kitab KH. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah sebelumnya. Kitab-kitab beliau yang terdahulu merupakan kitab yang masih tergolong kedalam metode hisab *haqiqi al taqribi* dan hisab *haqiqi al tahqiqi*. Kitab beliau yang terkini, yaitu *al-Dûrr al-Anîq* telah menggunakan metode *haqiqi al tadqiqi* yang diharapkan lebih teliti dan akurat hasil perhitungannya.

b. Sumber Data Yang Digunakan

Data-data yang digunakan dalam kitab *al-Dûrr al-Anîq* telah disediakan dalam bentuk tabel, meskipun demikian tabel dari data-data tersebut masih membutuhkan koreksi-koreksi atau interpolasi (penghalusan data) dengan menggunakan rumus-

rumus matematika kontemporer tertentu untuk melakukan proses perhitungan lebih lanjut.

Data-data dalam perhitungan penentuan awal bulan Kamariah yang ada di dalam kitab *al-Dûrr al-Anîq* salah satunya bersumber dari pemikiran H. M Nautical Almanac (*Astronomical Ephemeris and Nautical Almanac*), data NASA dan murni dari pemikiran KH. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah sendiri.

c. Interpolasi (*Ta'dil*)

Dalam penentuan awal bulan Kamariah yang menjadi penting adalah memperhitungkan posisi hilal, maka dari itu perhitungan tersebut tidak akan terlepas dari pergerakan Matahari, Bumi dan bulan. Matahari adalah pusat tata surya, Bumi sebagai salah satu planet yang mengelilingi Matahari dan Bumi juga mempunyai satelit yaitu Bulan yang mengitarinya, ketiganya saling berinteraksi dengan cara bulan memantulkan cahaya ke Bumi karena mendapatkan sinar dari Matahari.

Kitab *al-Dûrr al-Anîq* melakukan koreksi pada setiap data di tabel dengan menggunakan rumus



tertentu (dalil tertentu). Koreksi tersebut dilakukan untuk mendapatkan hasil data yang lebih akurat dibandingkan dengan metode hisab *haqiqi al taqribi* atau *haqiqi al tahqiqi*. Karena kitab *al-Dûrr al-Anîq* menggunakan metode hisab *haqiqi al tadqiqi* (kontemporer), maka koreksi yang dilakukan memang lebih banyak dan lebih kompleks.

Proses koreksi yang panjang dalam kitab *al-Dûrr al-Anîq* dilakukan juga karena adanya keterkaitan terhadap teori yang digunakan oleh kitab ini. Dimana kitab *al-Dûrr al-Anîq* telah menggunakan teori sistem Copernicus, yaitu sistem yang menempatkan Matahari sebagai pusat tata surya. Berpangkal dari teori tersebut Bumi bergerak tidak teratur pada sumbu perputaran Bumi terhadap kutub Ekliptika. Bidang Ekuator Bumi tetap mempunyai kemiringan  $23,5^{\circ}$  terhadap Ekliptika. Tetapi perpotongan kedua bidang itu lambat tahun bergeser, sehingga poros Bumi yang berputar dalam suatu lingkaran yang berpusat pada kutub Ekliptika memerlukan periode 26.000 tahun sampai kembali ke posisi semula, fenomena ini disebut dengan gerak

Presisi. Penemu gerak Presesi ini adalah Hipparchus pada pertengahan abad ke 2 SM.

Setelah melalui fenomena gerak Presesi, maka Bumi mengalami fenomena yang lain, yaitu gerak Nutasi dimana Bumi mengalami perubahan presisi sumbu rotasi Bumi secara berkala. Perubahan tersebut disebabkan oleh gangguan bulan. Periode Nutasi adalah 18,6 tahun dan menggerakkan titik equinoks maksimal sekitar 17 menit di depan atau di belakang nilai rata-rata *mail kully*. Gejala Nutasi ini ditemukan oleh Bradley pada tahun 1747 M.

Dari gejala-gejala di atas, maka koreksi-koreksi yang dilakukan dalam kitab *al-Dûrr al-Anîq* sangat kompleks dengan tujuan mendapatkan data yang lebih akurat, yang kemudian akan digunakan dalam perhitungan penentuan awal bulan Kamariah.

#### d. Ketinggian Hilal

Ketinggian hilal merupakan hal yang sangat penting dalam penentuan awal bulan Kamariah. Ketinggian hilal sendiri terbagi menjadi dua, yaitu tinggi hilal *haqiqi* dan tinggi hilal *mar'i*. Tinggi hilal *haqiqi* didasarkan pada posisi ketinggian hilal yang

dihitung dari ufuk *haqiqi*, sedangkan tinggi hilal *mar'i* merupakan ketinggian hilal yang dihitung dari ufuk *mar'i*. Dalam *rukyyatul hilal*, ketinggian hilal yang digunakan adalah ketinggian hilal *mar'i*, sebab ketinggian hilal *mar'i* ditentukan darimana seorang pengamat itu berada. Perhitungan ketinggian hilal *mar'i* yang dilakukan dalam kitab *al-Dūrr al-Anīq* telah memperhitungkan koreksi-koreksi. Adapun koreksi-koreksi tersebut adalah sebagai berikut:

1) Refraksi (pembiasan cahaya)

Refraksi dalam bahasa arab disebut *daqo'iq al ikhtilaf* sedangkan dalam bahasa indonesia disebut dengan pembiasan cahaya. Adapun yang dimaksud dengan refraksi, yaitu perbedaan antara tinggi suatu benda langit yang terlihat dengan tinggi benda langit itu yang sebenarnya sebagai akibat adanya pembiasan cahaya. Pembiasan tersebut terjadi karena cahaya yang dipantulkan oleh benda langit tersebut datang ke mata melalui lapisan-lapisan atmosfir yang berbeda-beda tingkat kerapatan udaranya, sehingga posisi setiap benda langit itu terlihat lebih tinggi dari posisi

sebenarnya. Hal ini terjadi karena jalannya cahaya yang dipantulkan benda langit mengalami pembelokan dalam atmosfer Bumi, sehingga arahnya ketika mencapai mata pengamat tidak sama seperti arah yang semula. Benda langit memiliki nilai refraksi paling kecil ketika sedang berada di titik zenith dengan nilai refraksi  $0^\circ$  dan nilai refraksi terbesar rata-rata adalah ketika benda langit tersebut berada di ufuk dengan nilai refraksi sebesar  $34^\circ$ .

## 2) Semi Diameter

Matahari terbenam pada saat titik pusat piringan Matahari mempunyai jarak zenith  $90^\circ 50'$ . Angka tersebut dijadikan dasar untuk menyatakan saat Matahari terbenam atau terbit pada tempat pengamatan setinggi permukaan laut. Pada saat itu titik puncak piringan atas Matahari berada tepat di garis horizon. Nilai  $50'$  ini didapatkan dari perjumlahan diameter sudut Matahari sebesar  $16'$  dan nilai terbesar rata-rata sudut pembiasan cahaya (refraksi) oleh atmosfer

Bumi bagi benda langit yang berada di sepanjang ufuk sebesar 34'.

Koreksi ini dimaksudkan agar hasil yang dihitung bukan pada titik pusat bulan akan tetapi pada piringan dari bulan itu sendiri, sebab pada dasarnya semua data bulan diambil dari titik pusat bulan. Perlu diperhatikan bahwa dalam penggunaan koreksi semidiameter yang dimaksudkan dengan ditambahkan adalah apabila yang diukur piringan atas bulan, namun apabila yang dikehendaki adalah piringan bawah bulan maka koreksinya adalah dikurangkan dengan semidiameter. Oleh karenanya ada yang berpendapat ditambahkan dan ada pula yang berpendapat dikurangkan.

### 3) Kerendahan Ufuk (Dip)

Kerendahan ufuk adalah perbedaan antara ufuk *haqiqi* dengan ufuk *mar'i* yang disebabkan pengaruh ketinggian tempat pengamat dari permukaan laut. Semakin tinggi kedudukan pengamat dari permukaan laut maka semakin besar pula nilai kerendahan ufuknya, hal ini

akibat dari semakin rendahnya ufuk mar'i tersebut.

#### 4) Parallaks

Parallaks atau yang dalam bahasa arab disebut dengan *ikhtilaf al mandzar* merupakan sudut perbedaan arah pandang terhadap sebuah benda langit yang dilihat dari mata pengamat dan yang dilihat dari pusat Bumi. Parallaks ini timbul akibat pengamat berada di permukaan Bumi, sedangkan posisi benda langit menurut perhitungan ditentukan dari titik pusat Bumi. Parallaks bagi benda langit yang berada di posisi horison disebut dengan *Horizontal parallax* (HP). Nilai *horizontal parallax* bulan berubah-ubah karena jarak dari bulan ke Bumi yang selalu berubah-ubah.

#### e. Markaz

Kitab-kitab Falak dalam membuat data perhitungan selalu menjadikan markaz sebagai acuan dalam pengambilan data seperti lintang dan bujur tempat, sehingga markaz kitab Falak yang satu dengan yang lainnya akan berbeda. Biasanya markaz yang

digunakan dalam setiap kitab Falak adalah tempat dimana penulis tinggal, seperti Kitab *al-Dûrr al-Anîq* yang menjadikan Sampang, Madura, Jawa Timur sebagai markaznya.

Pada dasarnya apabila menggunakan metode perhitungan pada suatu kitab Falak dalam penentuan awal bulan Kamariah dan markaznya dirubah, maka akan menyebabkan perbedaan dalam mendapatkan hasil perhitungan, sebab apabila markaznya dirubah maka secara otomatis data lintang dan bujur juga akan berubah.

Dari sini dapat diketahui hasil dari perhitungan kitab *al-Dûrr al-Anîq* nilai keakurasiannya lebih tinggi karena menggunakan data-data yang lebih banyak menggunakan koreksi sehingga menghasilkan data-data yang lebih akurat. Salah satu hal yang juga menyebabkan terjadinya perbedaan hasil perhitungan adalah proses pembulatan angka. Jika pembulatan dilakukan ke atas saja atau ke bawah saja, maka hasil bilangan yang didapat akan berbeda dengan bilangan yang sebenarnya. Terlebih dalam akumulasi pembulatan-pembulatan yang banyak sekali, maka

hasil akhir dari bilangan yang didapatkan akan berbeda dengan bilangan yang sebenarnya.

## 2. Perhitungan Awal Bulan Kamariah Dalam *Astronomical Algorithm* Jean Meeus

*Astronomical Algorithm* Jean Meeus merupakan sebuah algoritma dalam penentuan posisi benda-benda langit dengan metode perhitungan kontemporer, hal ini dibuktikan dengan data-data yang disajikan didalamnya. Seluruh data-data di dalam *Astronomical Algorithm* Jean Meeus diambil dari observasi secara langsung, tentunya dengan bantuan teknologi modern, sehingga dapat memberikan berbagai data pergerakan benda-benda langit dengan sangat lengkap dan detail. Dalam buku *Astronomical Algorithm* karya Jean Meeus tidak disuguhkan perhitungan penentuan awal bulan Kamariah secara runut, rinci dan detail dari awal sampai akhir perhitungan, sehingga bagi siapapun yang ingin menghitung awal bulan Kamariah menggunakan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus, maka ia harus jeli dan paham dalam memilah setiap Bab yang dibutuhkan dalam perhitungan awal bulan Kamariah.



a. Teori Yang Membangun

Melihat data-data astronomis yang disuguhkan dalam *Astronomical Algorithm* Jean Meeus yang menggunakan bilangan aritmetik modern, kita sudah akan paham bahwa teori yang digunakan di dalamnya pasti telah menggunakan teori astronomi modern, yaitu teori heliosentris. Selain itu data-data astronomis tersebut juga telah didukung oleh hasil observasi dengan menggunakan teknologi modern yang pastinya menghasilkan data yang keakurasiannya mendekati kenyataan sebenarnya.

b. Sumber Data Yang Digunakan

Bulan adalah benda langit yang bergerak mengitari Bumi, bulan dan Bumi bersama-sama bergerak mengitari Matahari. Dalam ilmu astronomi modern yang terus berkembang saat ini pergerakan bulan dan Matahari dapat dihitung dengan ketelitian yang sangat tinggi. Algoritma paling modern dan paling akurat saat ini untuk menghitung posisi bulan adalah menggunakan ELP 2000 karya Chapront (Perancis) sedangkan untuk menghitung posisi Matahari adalah menggunakan VSOP 87 karya Bretagnon (Perancis).

Kedua algoritma tersebut dikatakan paling akurat karena memiliki suku-suku koreksi yang banyak sekali hingga ribuan suku koreksi. Kedua algoritma tersebut kemudian disederhanakan oleh Jean Meeus (Belgia), dimana banyak dari suku-suku koreksi yang kecil-kecil tersebut diabaikan atau dibuang, sehingga yang diambil dan dipakai hanya suku-suku koreksi yang besar-besar saja atau yang dianggap penting. Jumlah suku koreksi yang awalnya mencapai ribuan disederhanakan oleh Jean Meeus hingga hanya menggunakan puluhan sampai ratusan suku koreksi yang dianggap penting dan memiliki banyak pengaruh dalam perhitungan. Meskipun begitu algoritma yang disusun oleh Jean Meeus dalam bukunya *Astronomical Algorithm* akurasinya masih tetap tinggi (*High Accuracy*).

c. Akurasi

Menurut praktik umum astronomi, simbol kecil superior ditempatkan tepat di atas titik desimal, bukan setelah akhir desimal, misalnya  $28^{\circ},5793$  atau  $28,5793$  derajat. Selain itu perlu diperhatikan dengan seksama perbedaan antara jam dalam desimal dan jam menit detik, misalnya  $1^{\text{h}},30$  bukanlah 1 jam dan 30 menit,

tetapi jam 1,30 yang artinya 1 jam dan 30 per seratus jam, nilainya menjadi 1 jam dan 18 menit.

Jangan menggunakan simbol ‘ dan “ untuk menit dan detik waktu, sebab tanda tersebut digunakan untuk menit dan detik busur. Menit dan detik waktu memiliki simbol tersendiri, yaitu m dan s, sebagai contoh : busur dinyatakan dengan  $23^{\circ} 26' 44''$  dan waktu dinyatakan dengan  $15^{\text{h}} 22^{\text{m}} 07^{\text{s}}$ . Keduanya sama hanya simbol yang dipakai saja berbeda, seperti  $1'$  (satu menit busur) menunjukkan persamaan  $1 / 60$  derajat dan  $1^{\text{m}}$  (satu menit waktu) menunjukkan persamaan  $1 / 60$  jam.

Dalam menyatakan kira-kira jangan menggunakan simbol  $\pm$ , sebab simbol tersebut menyatakan plus atau minus ( $+ 3$  tidak akan sama nilainya dengan  $- 3$ ). Simbol yang benar untuk menyatakan kira-kira adalah  $\approx$ , sebagai contoh  $1002 \approx 1000$ . Selain dari segi penulisan, akurasi yang dibutuhkan dalam *Astronomical Algorithm* Jean Meeus antara lain yaitu:

#### 1) Akurasi Yang Diperlukan Untuk Masalah Tertentu

Keakuratan yang dibutuhkan dalam perhitungan tergantung pada tujuannya, misalnya apabila seseorang ingin menghitung posisi planet

dengan tujuan memperoleh waktu terbit dan terbenamnya, maka akurasi 0,01 derajat sudah memadai. Alasannya bahwa gerakan harian tampak dari bola langit bersesuaian dengan rotasi lebih dari satu derajat selama interval waktu 4 menit, yang mana kesalahan 0,01 derajat pada posisi benda langit hanya akan mengakibatkan kesalahan kurang lebih 0,04 menit dalam perhitungan waktu terbit dan terbenamnya. Dalam masalah ini perhitungan dengan menyertakan ratusan komponen periodik untuk mendapatkan posisi planet dengan akurasi 0,01 menit hanya akan membuang waktu proses perhitungan. Namun apabila posisi planet yang dibutuhkan untuk menghitung okultasi bintang oleh planet tersebut, maka diperlukan akurasi yang lebih baik dari 1 menit sebab ukuran dari piringan planet tersebut yang sangat kecil.

Sebuah program perhitungan yang ditulis untuk suatu tujuan tertentu mungkin tidak akan cocok untuk tujuan yang lainnya. Sebagai contoh dalam perhitungan posisi bintang, program perhitungan yang digunakan cukup dengan metode

perhitungan akurasi rendah (*Low Accuracy*) untuk perhitungan presisi. Nilai yang dihasilkan dari perhitungan sudah cukup baik untuk pengamat yang ingin mencari posisi bintang. Program perhitungan dengan akurasi rendah (*Low Accuracy*) menjadi sangat tidak layak apabila digunakan untuk perhitungan okultasi atau perhitungan konjungsi. Apabila diperlukan akurasi tertentu, maka harus menggunakan algoritma perhitungan yang benar – benar memberikan akurasi yang dibutuhkan. John Mosley menyebutkan sebuah program komersial yang tersedia bebas dapat menghitung posisi planet, namun karena koreksi berbagai gangguan tidak diterapkan, misalnya posisi Saturnus, Uranus dan Neptunus bisa salah sampai 1 derajat walaupun hasilnya ditampilkan sampai ke detik busur terdekat.

Dalam mendapatkan akurasi yang lebih baik perlu untuk menggunakan metode lain dalam algoritma perhitungan, bukan hanya untuk mempertahankan angka-angka desimal dalam hasil perhitungan. Misalnya seseorang ingin mengetahui posisi Mars dengan akurasi 0,01 derajat, maka cukup

dengan menggunakan orbit elips (*hukum Kepler*) tanpa gangguan benda langit yang lain. Namun apabila ingin mengetahui posisi Mars secara presisi dengan akurasi 10 detik atau lebih, maka gangguan yang disebabkan oleh benda langit lain harus dihitung walaupun proses perhitungannya akan menjadi lebih lama. Seorang programmer yang mengetahui rumus – rumus astronomi dan akurasi yang diinginkan dalam masalah ini harus mempertimbangkan komponen-komponen yang diperlukan dan apabila dimungkinkan, maka harus menghindari yang tidak perlu untuk menjaga algoritma perhitungan sebaik dan seefisien mungkin.

## 2) Akurasi Komputer

Akurasi komputer merupakan masalah yang jauh lebih kompleks, bahasa program harus bekerja dengan jumlah angka signifikan yang cukup. Jumlah angka signifikan itu tidak sama dengan jumlah angka desimal, sebagai contoh bilangan 0,0000183 memiliki tujuh angka desimal, namun bilangan tersebut hanya memiliki tiga angka yang signifikan. Angka signifikan dari sebuah bilangan adalah angka

yang tersisa ketika angka nol sebelum dan sesudah desimal disisihkan.

Pada operasi pembulatan oleh mesin komputer untuk enam angka signifikan, maka proses  $1000000 + 2$  akan menghasilkan 1000000. Bisa menjadi hal yang berbahaya apabila ketika perbedaan tersebut diperoleh dari dua bilangan yang hampir sama, misalnya 6,92736 dikurangi dengan 6,92735 maka akan menghasilkan nilai 0,00001, bilangan ini apabila dihilangkan angka nolnya maka hanya akan menyisakan satu angka signifikan. Terlebih apabila dua bilangan yang diberikan telah dibulatkan, maka hal ini akan menjadikan situasinya lebih buruk, misalnya dua bilangan sebenarnya (sebelum pembulatan) adalah 6,9273649 dan 6,9273451 maka akan menghasilkan nilai 0,0000198, bilangan ini apabila dihilangkan angka nolnya maka akan menyisakan tiga angka signifikan.

### 3) Pembulatan Hasil Akhir

Hasil akhir harus dibulatkan dengan benar sesuai dengan tujuan yang diinginkan, sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai. Pembulatan harus

dilakukan dengan nilai terdekat, misalnya 15,88 dapat dibulatkan menjadi 15,9 atau 16 bukan dibulatkan menjadi 15. Dalam *Astronomical Algorithm* jam, tanggal, bulan dan tahun adalah pengecualian atau tidak boleh dibulatkan, sebab angka desimal dibelakang jam, hari, tanggal, bulan dan tahun memiliki nilai tersendiri, misalnya 15,88 Maret menunjukkan nilai tertentu, yaitu bahwa 15 Maret merupakan tanggal dan bulan sedangkan 0,88 merupakan jam dan hari, sama seperti tahun 1977,69 yang menunjukkan bahwa 1977 merupakan tahun sedangkan 0,69 merupakan tanggal dan bulan.

Angka-angka yang termasuk ke dalam rumus perhitungan harus dipertahankan, misalnya rumus untuk menghasilkan nilai bujur rata-rata bulan di setiap waktu yang diinginkan dengan  $L' = 218,3164591 + 481267,88134236 T - 0,0013268 T^2 + 0,0000019 T^3$  maka nilai desimal tersebut tidak boleh dibulatkan. Pembulatan juga harus dilakukan setelah seluruh perhitungan telah selesai dan didapatkan hasilnya, maka nilai dari hasil inilah yang akan dibulatkan, bukan pada saat memulai atau



sebelum memasukkan data ke dalam perhitungan, sebagai contoh hitung  $1,4 + 1,4$  ke bilangan bulat terdekat, jika pembulatan dilakukan di awal maka akan didapatkan hasil  $1 + 1 = 2$ , namun apabila pembulatan dilakukan di akhir maka akan didapatkan  $1,4 + 1,4 = 2,8$  yang apabila hasilnya dibulatkan akan menjadi 3.

John Mosley menyebutkan program komersial yang tersedia menghasilkan waktu terbit dan terbenam benda langit sampai pada ketelitian 0,1 detik itu mustahil tepat. Beberapa pengetahuan astronomi yang cukup diperlukan dalam hal ini, misalnya menjadi tidak benar-benar relevan untuk memberikan nilai fraksi iluminasi piringan bulan yang bercahaya akurat sampai 0,000000001.

#### d. Interpolasi

Almanak astronomi atau publikasi tentang astronomi pasti berisi tabel-tabel numerik yang menyajikan data kuantitas  $y$  untuk argumen  $x$  yang berjarak sama, misalnya nilai  $y$  adalah askensio rekta Matahari dan nilai  $x$  adalah urutan hari dalam suatu tahun pada jam 0 TD. Interpolasi adalah proses atau

metode untuk menemukan nilai-nilai pada waktu atau kuantitas tertentu berdasarkan data yang disajikan dalam sebuah tabel.

Sebuah tabel tidak harus diambil dari almanak atau buku astronomi, namun dapat dihitung dengan sebuah program komputer yang tentunya harus memiliki algoritma perhitungan astronomi yang baik. Misalnya data posisi Matahari yang akan dihitung sangat banyak pada saat tertentu di hari yang sama, maka seseorang dapat menghitung data posisi Matahari untuk  $0^{\text{h}}$ ,  $12^{\text{h}}$  dan  $24^{\text{h}}$  pada hari tersebut, kemudian menggunakan hasil-hasil tersebut untuk melakukan interpolasi untuk setiap saat yang diinginkan pada hari tersebut. Cara ini akan mempermudah dan mempercepat waktu perhitungan dalam menentukan posisi Matahari dibandingkan dengan menghitung posisi Matahari secara langsung untuk setiap saat. Interpolasi sendiri dalam *Astronomical Algorithm* Jean Meeus tidak hanya bisa dihitung dari dua nilai data dalam tabel, namun bisa juga dihitung dari tiga sampai lima nilai data dalam tabel.

## e. Iterasi

Iterasi berasal dari bahasa latin *iterare* yang berarti mengulang, iterasi sendiri adalah metode yang berisikan pengulangan melalui perhitungan beberapa kali sampai mendapatkan nilai dari suatu kuantitas yang tidak diketahui. Umumnya setelah melakukan iterasi atau pengulangan perhitungan akan diperoleh hasil yang lebih dekat dengan solusi yang eksak. Iterasi sendiri digunakan misalnya, ketika tidak ada metode untuk menghitung langsung kuantitas yang tidak diketahui dengan cara yang mudah, contohnya sebagai berikut:

- 1) Persamaan derajat kelima  $x^5 + 17x - 8 = 0$ .
- 2) Perhitungan awal dan akhir gerhana Matahari atau okultasi bintang oleh bulan di tempat tertentu di permukaan Bumi.
- 3) Persamaan Kepler  $E = M + e \sin E$ , dimana  $E$  adalah kuantitas yang tidak diketahui.

Dalam melakukan iterasi harus dimulai dengan nilai perkiraan untuk kuantitas yang tidak diketahui dan penggunaannya harus dibuat dengan rumus atau kumpulan metode dalam rangka untuk memperoleh nilai yang lebih baik dan akurat untuk sesuatu yang tidak

diketahui, sehingga dalam praktiknya proses ini kemudian diulang dan diulang terus sampai tercapai akurasi yang diinginkan.

f. Penyortiran Bilangan

Komputer lebih dari sekedar mesin hitung, sebab komputer dapat menyimpan dan mengolah data secara cepat dan sistematis, salah satu contoh penanganannya adalah mengatur ulang atau menyortir data. Penyortiran adalah fungsi dengan aplikasi yang hampir universal untuk semua pengguna komputer. Dalam bidang ilmu Astronomi, contohnya antara lain adalah menyortir bintang-bintang dengan askensio rekta atau deklinasi, menyortir planet minor dengan peningkatan sumbu semi mayor, atau menyortir planet sesuai nama abjad dan lain-lain. Waktu penyortiran harus dibuat secara sistematis dan dalam penyortiran banyak sekali algoritma yang digunakan, meskipun dari algoritma yang satu dengan yang lain berbeda-beda.

## B. Komparasi Perhitungan Awal Bulan Kamariah Dalam Kitab *Al-Dûrr Al-Anîq* Dan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus

Dalam mengkomparasikan hasil perhitungan awal bulan Kamariah, antara algoritma yang ada di dalam kitab *al-Dûrr al-Anîq* dengan algoritma yang ada di dalam *Astronomical Algorithm* Jean Meeus, penulis menggunakan parameter algoritma *almanac nautica* yang dikeluarkan oleh NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) atau Badan Antariksa milik United States of Amerika.

### 1. Perhitungan Awal Bulan Kamariah dalam Kitab *Al-Dûrr Al-Anîq*

#### a. Awal Bulan Ramadhan 1439 H

##### 1) Waktu *Ijima'*

Hari	Pasaran	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam
Selasa	Kliwon	15	Mei	2018 M	18:50:45 WIB

(Tabel 4.1)

##### 2) Data Matahari dan Bulan

Tanggal / Bulan / Tahun	29	Sya'ban	1439	H
Lintang Tempat	7°	0'	0''	LS
Bujur Tempat	110°	24'	0''	BT
Time Zone	7			Positif

Tinggi Tempat	20			Meter
Tanggal Rukyat	15	Mei	2018	M
Hari / Pasaran	Selasa		Kliwon	
Waktu Maghrib	17:29:15			WIB
Umur Hilal	1°	21'	30''	
Tinggi Matahari saat Maghrib	0°	58'	11,58''	Negatif
Azimuth Matahari	288°	55'	58,16''	UTSB
Tinggi Hilal Geosentrik	0°	6'	55,03''	Di Atas Ufuk
Tinggi Hilal Toposentrik	0°	27'	57,61''	Di Bawah Ufuk
Azimuth Hilal	284°	9'	31,42''	UTSB
Beda Azimuth	4°	46'	26,74''	Negatif
Posisi Hilal / Kemiringan Hilal	Di Selatan Matahari / Miring Ke Selatan			
Sudut Elongasi	4°	53'	42,69''	Positif
Cahaya Hilal ( <i>Fraction Illumination</i> )	0,184			%
Lama Hilal Haqiqi di atas Ufuk	0:00:00		0:00:00	
Terbenam Hilal Haqiqi	0:00:00		0:00:00	

Beda Tinggi	1°	5'	6,61''	Positif
Beda Jarak Sudut	4°	53'	44,14''	Positif

(Tabel 4.2)

## b. Awal Bulan Ramadhan 1443 H

1) Waktu *Ijtima'*

Hari	Pasaran	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam
Jum'at	Pahing	1	April	2022 M	13:28:11 WIB

(Tabel 4.3)

## 2) Data Matahari dan Bulan

Tanggal / Bulan / Tahun	29	Sya'ban	1443	H
Lintang Tempat	7°	0'	0''	LS
Bujur Tempat	110°	24'	0''	BT
Time Zone	7			Positif
Tinggi Tempat	20			Meter
Tanggal Rukyat	2	April	2022	M
Hari / Pasaran	Sabtu		Pon	
Waktu Maghrib	17:43:28			WIB
Umur Hilal	4°	15'	17''	
Tinggi Matahari saat Maghrib	0°	58'	22,33''	Negatif
Azimuth Matahari	274°	55'	43,58''	UTSB
Tinggi Hilal Geosentrik	12°	19'	25,2''	Di Atas

				Ufuk
Tinggi Hilal Toposentrik	11°	21'	39,13''	Di Atas Ufuk
Azimuth Hilal	280°	6'	3,74''	UTSB
Beda Azimuth	5°	10'	20,15''	Positif
Posisi Hilal / Kemiringan Hilal	Di Utara Matahari / Miring Ke Utara			
Sudut Elongasi	14°	14'	30,62''	Positif
Cahaya Hilal ( <i>Fraction Illumination</i> )	1,548			%
Lama Hilal Haqiqi di atas Ufuk	0:50:12		0:49:18	
Terbenam Hilal Haqiqi	18:33:40		18:32:45	
Beda Tinggi	13°	17'	47,53''	Positif
Beda Jarak Sudut	14°	15'	0,69''	Positif

(Tabel 4.4)

## c. Awal Bulan Syawal 1439 H

1) Waktu *Ijtima'*

Hari	Pasaran	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam
Kamis	Kliwon	14	Juni	2018 M	02:42:53 WIB

(Tabel 4.5)

## 2) Data Matahari dan Bulan



Tanggal / Bulan / Tahun	29	Ramadhan	1439	H
Lintang Tempat	7°	0'	0''	LS
Bujur Tempat	110°	24'	0''	BT
Time Zone	7			Positif
Tinggi Tempat	20			Meter
Tanggal Rukyat	13	Juni	2018	M
Hari / Pasaran	Rabu		Wage	
Waktu Maghrib	17:30:38			WIB
Umur Hilal	14°	47'	44''	
Tinggi Matahari saat Maghrib	0°	58'	7,18''	Negatif
Azimuth Matahari	293°	16'	36,67''	UTSB
Tinggi Hilal Geosentrik	5°	32'	58,48''	Di Bawah Ufuk
Tinggi Hilal Toposentrik	6°	46'	47,81''	Di Bawah Ufuk
Azimuth Hilal	288°	25'	38,28''	UTSB
Beda Azimuth	4°	50'	58,39''	Negatif
Posisi Hilal / Kemiringan Hilal	Di Selatan Matahari / Miring Ke Selatan			

Sudut Elongasi	6°	40'	6,03"	Positif
Cahaya Hilal ( <i>Fraction Illumination</i> )	0,339			%
Lama Hilal Haqiqi di atas Ufuk	0:00:00		0:00:00	
Terbenam Hilal Haqiqi	0:00:00		0:00:00	
Beda Tinggi	4°	34'	51,3"	Negatif
Beda Jarak Sudut	6°	40'	2,26"	Positif

(Tabel 4.6)

## d. Awal Bulan Syawal 1443 H

1) Waktu *Ijtima'*

Hari	Pasaran	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam
Ahad	Pahing	1	Mei	2022 M	3:30:41 WIB

(Tabel 4.7)

## 2) Data Matahari dan Bulan

Tanggal / Bulan / Tahun	29	Syawal	1443	H
Lintang Tempat	7°	0'	0"	LS
Bujur Tempat	110°	24'	0"	BT
Time Zone	7			Positif
Tinggi Tempat	20			Meter
Tanggal Rukyat	1	Mei	2022	M
Hari / Pasaran	Ahad		Pahing	

Waktu Maghrib	17:31:57			WIB
Umur Hilal	14°	01'	17"	
Tinggi Matahari saat Maghrib	0°	58'	14,69"	Negatif
Azimuth Matahari	285°	8'	11,35"	UTSB
Tinggi Hilal Geosentrik	5°	11'	10,99"	Di Atas Ufuk
Tinggi Hilal Toposentrik	4°	18'	49,36"	Di Atas Ufuk
Azimuth Hilal	287°	39'	13,57"	UTSB
Beda Azimuth	2°	31'	2,22"	Positif
Posisi Hilal / Kemiringan Hilal	Di Utara Matahari / Miring Ke Utara			
Sudut Elongasi	6°	38'	41,44"	Positif
Cahaya Hilal ( <i>Fraction Illumination</i> )	0,336			%
Lama Hilal Haqiqi di atas Ufuk	0:22:26		0:20:45	
Terbenam Hilal Haqiqi	17:54:23		17:52:42	
Beda Tinggi	6°	9'	25,68"	Negatif
Beda Jarak Sudut	6°	39'	0,03"	Positif

(Tabel 4.8)

## e. Awal Bulan Dzulhijah 1443 H

1) Waktu *Ijtima'*

Hari	Pasaran	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam
Rabu	Legi	29	Juni	2022 M	9:51:50 WIB

(Tabel 4.9)

## 2) Data Matahari dan Bulan

Tanggal / Bulan / Tahun	29	Dzulqo'dah	1443	H
Lintang Tempat	7°	0'	0''	LS
Bujur Tempat	110°	24'	0''	BT
Time Zone	7			Positif
Tinggi Tempat	20			Meter
Tanggal Rukyat	29	Juni	2022	M
Hari / Pasaran	Rabu		Legi	
Waktu Maghrib	17:34:04			WIB
Umur Hilal	7°	42'	14''	
Tinggi Matahari saat Maghrib	0°	58'	6,2''	Negatif
Azimuth Matahari	293°	16'	18,58''	UTSB
Tinggi Hilal Geosentrik	2°	13'	43,5''	Di Atas Ufuk
Tinggi Hilal	1°	30'	8,22''	Di Atas

Toposentrik				Ufuk
Azimuth Hilal	297°	22'	48,47"	UTSB
Beda Azimuth	4°	6'	29,9"	Positif
Posisi Hilal / Kemiringan Hilal	Di Utara Matahari / Miring Ke Utara			
Sudut Elongasi	5°	12'	5,97"	Positif
Cahaya Hilal ( <i>Fraction Illumination</i> )	0,207			%
Lama Hilal Haqiqi di atas Ufuk	0:12:48		0:08:55	
Terbenam Hilal Haqiqi	17:46:52		17:42:59	
Beda Tinggi	3°	11'	49,7"	Positif
Beda Jarak Sudut	5°	12'	14,65"	Positif

(Tabel 4.10)

## 2. Perhitungan Awal Bulan Kamariah dalam *Astronomical Algorithm* Jean Meuss

### a. Awal Bulan Ramadhan 1439 H

#### 1) Waktu *Ijtima'*

Hari	Pasaran	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam
Selasa	Kliwon	15	Mei	2018 M	18:50:44,14 WIB

(Tabel 4.11)

## 2) Data Matahari

Jam	10:29:14			GMT
Ecliptic Longitude	54°	32'	0,057''	Positif
Ecliptic Latitude	00°	00'	0,001''	Negatif
Apparent Right Ascension	52°	11'	0,017''	Positif
Apparent Declination	18°	54'	0,013''	Positif
True Geocentric Distance	1,01089241			Positif
Semi Diameter	00°	15'	0,049''	Positif
True Obliquity	23°	26'	0,007''	Positif
Equation of Time	00°	03'	0,040''	Positif
Azimuth Matahari	288°	55'	57,54''	Positif
Altitude Matahari	01°	22'	57,38''	Negatif

(Tabel 4.12)

## 3) Data Bulan

Jam	10:29:14			GMT
Apparent Longitude	53°	48'	0,041''	Positif
Apparent Latitude	04°	51'	0,037''	Positif
Apparent Right Ascension	52°	40'	0,023''	Positif
Apparent Declination	14°	00'	0,037''	Positif

Horizontal Parallax	00°	59'	0,036''	Positif
Semi Diameter	00°	16'	0,014''	Positif
Angle Bright Limb	354°	38'	0,012''	Positif
Fraction Illumination	0,00184786			Positif
Azimuth Bulan	284°	09'	32,03''	Positif
Altitude Bulan	00°	18'	0,056''	Negatif

(Tabel 4.13)

## 4) Data Awal Bulan Kamariah

Lintang	7°	0'	0''	LS
Bujur	110°	24'	0''	BT
Tinggi Tempat	20			Meter
Matahari Terbenam	17:29:14,75			WIB
Tinggi Hilal <i>Haqiqi</i>	00°	06'	55,08''	
Tinggi Hilal <i>Mar'i</i>	00°	27'	57,59''	
Sudut Elongasi	04°	54'	0,056''	
Azimuth Matahari	288°	52'	0,041''	
Azimuth Bulan	284°	09'	32,04''	
Lama Hilal di atas Ufuk	00:01:0,002			
Hilal Terbenam	17:30:0,016			WIB

(Tabel 4.14)

## b. Awal Bulan Ramadhan 1443 H

1) Waktu *Ijtima'*

Hari	Pasaran	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam
Jum'at	Pahing	1	April	2022 M	13:28:14 WIB

(Tabel 4.15)

## 2) Data Matahari

Jam	10:43:56			GMT
Ecliptic Longitude	11°	41'	0,013''	Positif
Ecliptic Latitude	00°	00'	0,001''	Negatif
Apparent Right Ascension	10°	44'	0,046''	Positif
Apparent Declination	04°	37'	0,017''	Positif
True Geocentric Distance	0,99923538			Positif
Semi Diameter	00°	16'	0,000''	Positif
True Obliquity	23°	26'	0,017''	Positif
Equation of Time	00°	03'	0,053''	Negatif
Azimuth Matahari	274°	54'	0,016''	Positif
Altitude Matahari	01°	24'	0,041''	Negatif

(Tabel 4.16)



## 3) Data Bulan

Jam	10:43:56			GMT
Apparent Longitude	13°	51'	0,059"	Positif
Apparent Latitude	03°	15'	0,049"	Positif
Apparent Right Ascension	14°	01'	0,040"	Positif
Apparent Declination	02°	27'	0,040"	Positif
Horizontal Parallax	00°	56'	0,040"	Positif
Semi Diameter	00°	15'	0,026"	Positif
Angle Bright Limb	303°	29'	0,058"	Positif
Fraction Illumination	0,00117789			Positif
Azimuth Bulan	280°	6'	3,76"	Positif
Altitude Bulan	02°	06'	0,013"	Positif

(Tabel 4.17)

## 4) Data Awal Bulan Kamariah

Lintang	7°	0'	0"	LS
Bujur	110°	24'	0"	BT
Tinggi Tempat	20			Meter
Matahari Terbenam	17:43:55,98			WIB
Tinggi Hilal <i>Haqiqi</i>	02°	33'	0,034"	
Tinggi Hilal <i>Mar'i</i>	02°	19'	0,006"	
Sudut Elongasi	14°	14'	30,60"	

Azimuth Matahari	274°	55'	4361''	
Azimuth Bulan	280°	4'	0,016''	
Lama Hilal di atas Ufuk	00:09:0,033			
Hilal Terbenam	17:53:0,029			WIB

(Tabel 4.18)

## c. Awal Bulan Syawal 1439 H

1) Waktu *Ijtima'*

Hari	Pasaran	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam
Kamis	Kliwon	14	Juni	2018 M	02:43:12,73 WIB

(Tabel 4.19)

## 2) Data Matahari

Jam	10:30:48			GMT
Ecliptic Longitude	83°	19'	0,050''	Positif
Ecliptic Latitude	00°	00'	0,000''	
Apparent Right Ascension	82°	44'	0,014''	Positif
Apparent Declination	23°	16'	0,001''	Positif
True Geocentric Distance	1,01569355			Positif
Semi Diameter	00°	15'	0,045''	Positif
True Obliquity	23°	26'	0,006''	Positif

Equation of Time	00°	00′	0,015″	Negatif
Azimuth Matahari	293°	16′	0,035″	Positif
Altitude Matahari	01°	21′	0,059″	Negatif

(Tabel 4.20)

## 3) Data Bulan

Jam	10:30:48			GMT
Apparent Longitude	91°	59′	0,035″	Positif
Apparent Latitude	02°	56′	0,001″	Positif
Apparent Right Ascension	92°	07′	0,029″	Positif
Apparent Declination	20°	29′	0,013″	Positif
Horizontal Parallax	01°	00′	0,057″	Positif
Semi Diameter	00°	16′	0,036″	Positif
Angle Bright Limb	289°	24′	0,049″	Positif
Fraction Illumination	0,00638101			Positif
Azimuth Bulan	280°	27′	38,27″	Positif
Altitude Bulan	07°	39′	0,057″	Positif

(Tabel 4.21)

## 4) Data Awal Bulan Kamariah

Lintang	7°	0′	0″	LS
Bujur	110°	24′	0″	BT
Tinggi Tempat	20			Meter

Matahari Terbenam	17:30:48,11			WIB
Tinggi Hilal <i>Haqiqi</i>	08°	05'	0,23''	
Tinggi Hilal <i>Mar'i</i>	07°	36'	0,25''	
Sudut Elongasi	09°	08'	0,31''	
Azimuth Matahari	293°	16'	0,35''	
Azimuth Bulan	288°	25'	0,56''	
Lama Hilal di atas Ufuk	00:31:0,008			
Hilal Terbenam	18:01:0,056			WIB

(Tabel 4.22)

## d. Awal Bulan Syawal 1443 H

1) Waktu *Ijtima'*

Hari	Pasaran	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam
Ahad	Pahing	1	Mei	2022 M	03:30:43

(Tabel 4.23)

## 2) Data Matahari

Jam	10:31:57			GMT
Ecliptic Longitude	41°	02'	0,033''	Positif
Ecliptic Latitude	00°	00'	0,000''	
Apparent Right Ascension	38°	36'	0,059''	Positif
Apparent Declination	15°	08'	0,023''	Positif
True Geocentric	1,00754541			Positif

Distance				
Semi Diameter	00°	15'	0,052''	Positif
True Obliquity	23°	26'	0,017''	Positif
Equation of Time	00°	02'	0,053''	Positif
Azimuth Matahari	285°	08'	0,003''	Positif
Altitude Matahari	01°	23'	0,015''	Negatif

(Tabel 4.24)

## 3) Data Bulan

Jam	10:31:57			GMT
Apparent Longitude	47°	41'	0,058''	Positif
Apparent Latitude	00°	26'	0,024''	Positif
Apparent Right Ascension	45°	21'	0,055''	Positif
Apparent Declination	16°	41'	0,012''	Positif
Horizontal Parallax	00°	55'	0,003''	Positif
Semi Diameter	00°	15'	0,000''	Positif
Angle Bright Limb	257°	32'	0,010''	Positif
Fraction Illumination	0,00340358			Positif
Azimuth Bulan	287°	39'	13,54''	Positif
Altitude Bulan	04°	49'	0,056''	Positif

(Tabel 4.25)

## 4) Data Awal Bulan Kamariah

Lintang	7°	0'	0''	LS
Bujur	110°	24'	0''	BT
Tinggi Tempat	20			Meter
Matahari Terbenam	17:31:56,97			WIB
Tinggi Hilal <i>Haqiqi</i>	05°	15'	0,037''	
Tinggi Hilal <i>Mar'i</i>	05°	11'	0,014''	
Sudut Elongasi	06°	40'	0,017''	
Azimuth Matahari	285°	05'	0,003''	
Azimuth Bulan	287°	22'	0,014''	
Lama Hilal di atas Ufuk	00:20:0,012			
Hilal Terbenam	17:52:0,009			WIB

(Tabel 4.26)

## e. Awal Bulan Dzulhijah 1443 H

1) Waktu *Ijtima'*

Hari	Pasaran	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam
Rabu	Legi	29	Juni	2022 M	09:52:01,85 WIB

(Tabel 4.27)

## 2) Data Matahari

Jam	10:34:05			GMT
Ecliptic Longitude	97°	41'	0,010''	Positif

Ecliptic Latitude	00°	00′	0,001″	
Apparent Right Ascension	98°	22′	0,005″	Positif
Apparent Declination	23°	12′	0,054″	Positif
True Geocentric Distance	1,01664755			Positif
Semi Diameter	00°	15′	0,044″	Positif
True Obliquity	23°	26′	0,016″	Positif
Equation of Time	00°	03′	0,030″	Negatif
Azimuth Matahari	293°	13′	0,026″	Positif
Altitude Matahari	01°	22′	0,005″	Negatif

(Tabel 4.28)

## 3) Data Bulan

Jam	10:34:05			GMT
Apparent Longitude	101°	10′	0,026″	Positif
Apparent Latitude	03°	54′	0,004″	Positif
Apparent Right Ascension	102°	30′	0,057″	Positif
Apparent Declination	26°	51′	0,017″	Positif
Horizontal Parallax	00°	53′	0,056″	Positif
Semi Diameter	00°	14′	0,042″	Positif
Angle Bright Limb	226°	48′	0,046″	Positif

Fraction Illumination	0,00209342			Positif
Azimuth Bulan	297°	14'	0,018"	Positif
Altitude Bulan	01°	51'	0,018"	Positif

(Tabel 4.29)

## 4) Data Awal Bulan Kamariah

Lintang	7°	0'	0"	LS
Bujur	110°	24'	0"	BT
Tinggi Tempat	20			Meter
Matahari Terbenam	17:34:04,83			WIB
Tinggi Hilal <i>Haqiqi</i>	02°	15'	0,027"	
Tinggi Hilal <i>Mar'i</i>	02°	04'	0,024"	
Sudut Elongasi	05°	13'	0,051"	
Azimuth Matahari	293°	13'	0,026"	
Azimuth Bulan	297°	14'	0,018"	
Lama Hilal di atas Ufuk	00:08:0,034			
Hilal Terbenam	17:42:0,038			WIB

(Tabel 4.30)



3. Perhitungan Awal Bulan Kamariah dalam *Almanac Nautica*

## a. Awal Bulan Ramadhan 1439 H

1) Waktu *Ijima'*

Hari	Pasaran	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam
Selasa	Kliwon	15	Mei	2018 M	18:50:46 WIB

(Tabel 4.31)

## 2) Data Matahari dan Bulan

Tanggal / Bulan / Tahun	29	Sya'ban	1439	H
Lintang Tempat	7°	0'	0"	LS
Bujur Tempat	110°	24'	0"	BT
Time Zone	7			Positif
Tinggi Tempat	20			Meter
Tanggal Rukyat	15	Mei	2018	M
Hari / Pasaran	Selasa		Kliwon	
Waktu Maghrib	17:29:16			WIB
Umur Hilal	1°	21'	30"	
Tinggi Matahari saat Maghrib	0°	58'	12,58"	Negatif
Azimuth Matahari	288°	55'	58,12"	UTSB
Tinggi Hilal Geosentrik	0°	6'	55,02"	Di Atas Ufuk
Tinggi Hilal Toposentrik	0°	27'	57,58"	Di Bawah

				Ufuk
Azimuth Hilal	284°	9'	31,32"	UTSB
Beda Azimuth	4°	46'	26,72"	Negatif
Posisi Hilal / Kemiringan Hilal	Di Selatan Matahari / Miring Ke Selatan			
Sudut Elongasi	4°	53'	42,67"	Positif
Cahaya Hilal ( <i>Fraction Illumination</i> )	0,184			%
Lama Hilal Haqiqi di atas Ufuk	0:00:00		0:00:00	
Terbenam Hilal Haqiqi	0:00:00		0:00:00	
Beda Tinggi	1°	5'	6,61"	Positif
Beda Jarak Sudut	4°	53'	44,14"	Positif

(Tabel 4.32)

## b. Awal Bulan Ramadhan 1443 H

1) Waktu *Ijtima'*

Hari	Pasaran	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam
Jum'at	Pahing	1	April	2022 M	13:28:10 WIB

(Tabel 4.33)

## 2) Data Matahari dan Bulan

Tanggal / Bulan / Tahun	29	Sya'ban	1443	H
Lintang Tempat	7°	0'	0"	LS

Bujur Tempat	110°	24'	0''	BT
Time Zone	7			Positif
Tinggi Tempat	20			Meter
Tanggal Rukyat	2	April	2022	M
Hari / Pasaran	Sabtu		Pon	
Waktu Maghrib	17:43:25			WIB
Umur Hilal	4°	15'	15''	
Tinggi Matahari saat Maghrib	0°	58'	22,53''	Negatif
Azimuth Matahari	274°	55'	43,28''	UTSB
Tinggi Hilal Geosentrik	12°	19'	26,3''	Di Atas Ufuk
Tinggi Hilal Toposentrik	11°	21'	39,20''	Di Atas Ufuk
Azimuth Hilal	280°	6'	3,63''	UTSB
Beda Azimuth	5°	10'	20,05''	Positif
Posisi Hilal / Kemiringan Hilal	Di Utara Matahari / Miring Ke Utara			
Sudut Elongasi	14°	14'	30,42''	Positif
Cahaya Hilal ( <i>Fraction Illumination</i> )	1,548			%
Lama Hilal Haqiqi di atas	0:50:13		0:49:17	

Ufuk				
Terbenam Hilal Haqiqi	18:33:42		18:32:47	
Beda Tinggi	13°	17'	47,33''	Positif
Beda Jarak Sudut	14°	15'	0,67''	Positif

(Tabel 4.34)

## c. Awal Bulan Syawal 1439 H

1) Waktu *Ijtima'*

Hari	Pasaran	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam
Kamis	Kliwon	14	Juni	2018 M	02:42:55 WIB

(Tabel 4.35)

## 2) Data Matahari dan Bulan

Tanggal / Bulan / Tahun	29	Ramadhan	1439	H
Lintang Tempat	7°	0'	0''	LS
Bujur Tempat	110°	24'	0''	BT
Time Zone	7			Positif
Tinggi Tempat	20			Meter
Tanggal Rukyat	13	Juni	2018	M
Hari / Pasaran	Rabu		Wage	
Waktu Maghrib	17:30:35			WIB
Umur Hilal	14°	47'	40''	
Tinggi Matahari saat Maghrib	0°	58'	7,16''	Negatif

Azimuth Matahari	293°	16'	36,37''	UTSB
Tinggi Hilal Geosentrik	5°	32'	58,58''	Di Bawah Ufuk
Tinggi Hilal Toposentrik	6°	46'	47,83''	Di Bawah Ufuk
Azimuth Hilal	288°	25'	38,58''	UTSB
Beda Azimuth	4°	50'	58,29''	Negatif
Posisi Hilal / Kemiringan Hilal	Di Selatan Matahari / Miring Ke Selatan			
Sudut Elongasi	6°	40'	6,002''	Positif
Cahaya Hilal ( <i>Fraction Illumination</i> )	0,339			%
Lama Hilal Haqiqi di atas Ufuk	0:00:00		0:00:00	
Terbenam Hilal Haqiqi	0:00:00		0:00:00	
Beda Tinggi	4°	34'	51,23''	Negatif
Beda Jarak Sudut	6°	40'	2,29''	Positif

(Tabel 4.36)

## d. Awal Bulan Syawal 1443 H

1) Waktu *Ijtima'*

Hari	Pasaran	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam
Ahad	Pahing	1	Mei	2022 M	3:30:44 WIB

(Tabel 4.37)

## 2) Data Matahari dan Bulan

Tanggal / Bulan / Tahun	29	Syawal	1443	H
Lintang Tempat	7°	0'	0''	LS
Bujur Tempat	110°	24'	0''	BT
Time Zone	7			Positif
Tinggi Tempat	20			Meter
Tanggal Rukyat	1	Mei	2022	M
Hari / Pasaran	Ahad		Pahing	
Waktu Maghrib	17:31:27			WIB
Umur Hilal	14°	00'	43''	
Tinggi Matahari saat Maghrib	0°	58'	14,39''	Negatif
Azimuth Matahari	285°	8'	11,15''	UTSB
Tinggi Hilal Geosentrik	5°	11'	10,69''	Di Atas Ufuk
Tinggi Hilal Toposentrik	4°	18'	49,26''	Di Atas Ufuk

Azimuth Hilal	287°	39'	13,37''	UTSB
Beda Azimuth	2°	31'	2,21''	Positif
Posisi Hilal / Kemiringan Hilal	Di Utara Matahari / Miring Ke Utara			
Sudut Elongasi	6°	38'	41,34''	Positif
Cahaya Hilal ( <i>Fraction Illumination</i> )	0,336			%
Lama Hilal Haqiqi di atas Ufuk	0:22:21		0:20:40	
Terbenam Hilal Haqiqi	17:54:22		17:52:12	
Beda Tinggi	6°	9'	25,67''	Negatif
Beda Jarak Sudut	6°	39'	0,023''	Positif

(Tabel 4.38)

## e. Awal Bulan Dzulhijah 1443 H

1) Waktu *Ijtima'*

Hari	Pasaran	Tanggal	Bulan	Tahun	Jam
Rabu	Legi	29	Juni	2022 M	9:51:52 WIB

(Tabel 4.39)

## 2) Data Matahari dan Bulan

Tanggal / Bulan / Tahun	29	Dzulqo'dah	1443	H
Lintang Tempat	7°	0'	0''	LS

Bujur Tempat	110°	24'	0''	BT
Time Zone	7			Positif
Tinggi Tempat	20			Meter
Tanggal Rukyat	29	Juni	2022	M
Hari / Pasaran	Rabu		Legi	
Waktu Maghrib	17:34:01			WIB
Umur Hilal	7°	42'	09''	
Tinggi Matahari saat Maghrib	0°	58'	6,25''	Negatif
Azimuth Matahari	293°	16'	18,38''	UTSB
Tinggi Hilal Geosentrik	2°	13'	43,45''	Di Atas Ufuk
Tinggi Hilal Toposentrik	1°	30'	8,24''	Di Atas Ufuk
Azimuth Hilal	297°	22'	48,49''	UTSB
Beda Azimuth	4°	6'	29,88''	Positif
Posisi Hilal / Kemiringan Hilal	Di Utara Matahari / Miring Ke Utara			
Sudut Elongasi	5°	12'	5,57''	Positif
Cahaya Hilal ( <i>Fraction Illumination</i> )	0,207			%
Lama Hilal Haqiqi di	0:12:42		0:08:54	



atas Ufuk				
Terbenam Hilal Haqiqi	17:46:54		17:42:49	
Beda Tinggi	3°	11'	49,78"	Positif
Beda Jarak Sudut	5°	12'	14,45"	Positif

(Tabel 4.40)

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan analisis pada bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan, yaitu:

1. Dalam perhitungan awal bulan Kamariah, baik kitab *al-Dûrr al-Anîq* karya KH. Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah maupun *Astronomical Algorithm* karya Jean Meeus menggunakan metode hisab kontemporer, sehingga hasil akurasinya sangat baik, hasil ini terbukti dengan parameter perhitungan awal bulan Kamariah menggunakan algoritma *almanac nautica*. Hasil dari perhitungan awal bulan Kamariah menggunakan kitab *al-Dûrr al-Anîq* maupun *Astronomical Algorithm* Jean Meeus mendekati kenyataan dengan hasil praktiknya.
2. Hasil komparasi perhitungan antara kitab *al-Dûrr al-Anîq* dengan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus dalam penentuan awal bulan Kamariah hanya berkisar pada menit sampai detik. Sebagai contoh dapat dilihat dalam tabel di bab 4 bahwa, waktu terjadinya *ijtima'* awal Ramadhan 1443 H dalam kitab *al-Dûrr al-Anîq* menunjukkan pukul

13:28:11 WIB dan jatuh di hari Jum'at Pahing tanggal 1 April 2022 M, sedangkan dalam *Astronomical Algorithm* Jean Meeus menunjukkan pukul 13:28:14,64 WIB dan jatuh di hari Jum'at Pahing tanggal 1 April 2022 M. Hal ini membuktikan adanya perbedaan dan selisih waktu sebesar 3,64 detik dalam penentuan waktu ijtima' diantara keduanya. Kemudian membandingkan perhitungan ketinggian hilal di atas ufuk dalam penentuan awal bulan Kamariah antara kitab *al-Dûrr al-Anîq* dengan *Astronomical Algorithm* Jean Meeus dapat diambil contoh dalam penentuan awal Ramadhan 1439 H. Ketinggian hilal di atas ufuk *mar'i* dalam kitab *al-Dûrr al-Anîq* menunjukkan nilai  $0^{\circ} 27' 57,61''$  sedangkan ketinggian hilal di atas ufuk *mar'i* dalam *Astronomical Algorithm* Jean Meeus menunjukkan nilai  $0^{\circ} 27' 0,059''$ . Hal ini membuktikan pula adanya perbedaan dan selisih sudut ketinggian hilal di atas ufuk *mar'i* sebesar  $0^{\circ} 0' 57,55''$ .

## B. Saran

Dalam melakukan perhitungan awal bulan Kamariah, baik menggunakan algoritma yang ada di dalam kitab *al-Dûrr al-Anîq* maupun menggunakan algoritma yang ada di dalam

*Astronomical Algorithm* Jean Meeus harus memperhatikan beberapa hal berikut ini, yaitu:

1. Untuk menghindari kesalahan yang berulang-ulang dan untuk mempersingkat waktu dalam melakukan proses perhitungan awal bulan Kamariah, sebaiknya proses perhitungan dilakukan dengan sebuah program, bisa dengan kalkulator maupun komputer. Maka dari itu kita dituntut untuk setidaknya mengerti bahasa pemrograman, sebab dengan mengerti bahasa pemrograman kita dapat membuat sebuah program. Program yang telah kita buat nantinya akan dapat terus dipakai dalam menghitung awal bulan Kamariah bahkan untuk satu tahun penuh.
2. Dalam membuat program perhitungan awal bulan Kamariah kita harus teliti dalam menyusun koreksi-koreksi yang begitu banyak, baik dalam kitab *al-Dûrr al-Anîq* maupun dalam *Astronomical Algorithm* Jean Meeus.
3. Sebaiknya hasil dari perhitungan awal bulan Kamariah, baik dari Kitab *al-Dûrr al-Anîq* maupun *Astronomical Algorithm* Jean Meeus selain dikomparasikan juga digunakan dalam praktik, sehingga kita dapat mengetahui hasil perhitungan mana yang benar-benar terbukti mendekati kenyataan dalam praktiknya.

### **C. Penutup**

Alhamdulillah penulis ucapkan kepada Allah SWT sebagai ungkapan rasa syukur atas terselesaikannya skripsi ini. Meskipun telah berusaha secara maksimal, namun penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan dan kelemahan dalam penulisan skripsi ini dari berbagai sisi. Maka dari itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang konstruktif untuk kebaikan dan kesempurnaan dari tulisan ini dan penulis sangat berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

## DAFTAR PUSTAKA

### Buku

Agama, Peradilan., *Selayang Pandang Hisab Rukyat*, Jakarta: Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam dan Penyelenggaraan Haji, Direktorat Pembinaan Peradilan Agama, 2004.

Anugraha, Rinto., *Mekanika Benda Langit* (Lab Fisika Material dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, 2012).

Azhari, Susiknan., *Ensiklopedi Hisab Rukyat* (Yogyakarta : Pustaka Pelajar, Maret 2005), Cetakan I.

Azhari, Susiknan., *Ensiklopedi Hisab Rukyat Edisi Revisi*, Yogyakarta : Pustaka Pelajar, Cet. Ke-2, 2008.

Azwar, Syaifuddin., *Metode Penelitian*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2004, Cet. Ke 5.

Badan Hisab Rukyat Kementerian Agama RI, *Almanak Hisab Rukyat* (Jakarta : Direktorat Jenderal Bimbingan Masyarakat Islam Kementerian Agama RI, 2010), Cetakan Pertama.

Fathullah, Ahmad Ghozali Muhammad., *Al-Dūrr Al-Anīq* (Madura : Lajnah Falakiyah Al – Mubarak Lanbulan, 1437 H), Cetakan Kedua.

Hambali, Slamet., *Almanak Sepanjang Masa (Sejarah Sistem Penanggalan Masehi, Hijriyah dan Jawa)*, Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, Cetakan Pertama, November 2011.

Hasan, M. Iqbal., *Pokok–Pokok Metodologi Penelitian dan Aplikasinya*, Bogor: Ghalia Indonesia, 2002.

Izzuddin, Ahmad., *Fiqih Hisab Rukyah (Menyatukan NU dan Muhammadiyah dalam Penentuan Awal Ramadhan, Idul Fitri dan Idul Adha)*, Jakarta: Erlangga, 2007.

Izzuddin, Ahmad., *Ilmu Falak Praktis (Metode Hisab Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya)*, Semarang: PT. Pustaka Rizki Putra, Cetakan kedua, Oktober 2012.

*Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Jakarta : Balai Pustaka, Cet. Ke-2, 1995.

Kementerian Agama Republik Indonesia, *Al-Qur'an Dan Tafsirnya*, Jakarta: PT. Sinergi Pustaka Indonesia, 2012.

Khazin, Muhyiddin., *Kamus Ilmu Falak* (Buana Pustaka : Yogyakarta, 2005), Cetakan Pertama.

M. Solihan dan Subhan, *Rukyat dan Teknologi*, Jakarta: Gema Insani Press, 1994.

Meeus, Jean., *Astronomical Algorithm Second Edition*, Virginia: Willman-Bell, 1991. Diterjemahkan oleh Dr. Ing. Khafid.

Morrison, L.V. and F.R. Stephenson., *Sun and Planetary System* (Reidel, Dordrecht, 1982), Vol 96, hal. 73. – Dikutip oleh P.



Bretagnon and J.L. Simon, *Planetary Program and Tables from -4000 to 2800* (Wilmann – Bell, Richmond, 1986).

Muh. Nashirudin, *Kalender Hijriah Universal (Kajian Atas Sistem dan Prospeknya di Indonesia)*, Semarang: Rafi Sarana Perkasa, Cetakan Pertama, April 2013.

Munawir, Ahmad Warson., *Kamus al-Munawir Arab-Indonesia*, Surabaya: Pustaka Progressif, 1997.

Nawawi, Abd. Salam., *Algoritma Hisab Ephemeris*, Semarang: Pendidikan dan Pelatihan Nasional Pelaksanaan Rukyat NU, 2006.

Ratna, Nyoman Kutha., *Metodologi Penelitian*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2010.

Yaqub, Ali Musthafa., *Isbat Ramadhan, Syawal dan Zulhijah (Menurut Al-Kitab dan Sunnah)*, Jakarta: PT. Pustaka Firdaus, Cetakan Pertama, Mei 2013.

## **Penelitian**

Agustin, Ria., dalam skripsi yang berjudul “Studi Analisis Metode Penentuan Awal Bulan Qamariah Dalam Kitab *al-Dūrr al-Anīq* Karya Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah”, 2014.

Musfiroh, Imas., dalam tesis yang berjudul “Hisab Awal Bulan Kamariah (Studi Komparatif Sistem Hisab Almanak Nautika dan *Astronomical Algorithms* Jean Meeus)”, 2014.

Taimiyah, Muhammad Ibnu., dalam skripsi yang berjudul “Uji Akurasi Hisab *Tahwilussanah* (Studi Komparatif antara Metode *Tahwilussanah* Menurut Ahmad Ghazali dalam Kitab *Maslakul Qasid* dan Slamet Hambali dalam Buku *Almanak Sepanjang Masa*)”, 2016.

## **Seminar**

Djamaluddin, Thomas. (Kepala LAPAN) dalam Seminar Internasional Fikih Falak dengan tema, “Peluang dan Tantangan Implementasi Kalender Global Hijriah Tunggal” di Hotel Aryaduta Jakarta 29-30 November 2017.

## **Internet**

<http://rintoanugraha.staff.ugm.ac.id/seputar-hisab-dan-rukyat/>

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama Lengkap : Restu Trisna Wardani  
Tempat, Tgl Lahir : Klaten, 30 Januari 1995  
Alamat Asal : Jl. Pringgondani No. 5  
Blok I No. 2, Perum.  
Bumi Singkil Permai  
Tahap 2, RT 5 RW 11, Kel. Karanggeneng,  
Kec. Boyolali, Kab. Boyolali  
Alamat Sekarang : Pesantren Life Skill Daarun Najaah Jl.  
Bukit Beringin Lestari Barat Kav. C 131, C  
754 & C 755, Kel. Wonosari, Kec. Ngaliyan,  
Kota Semarang

### **Riwayat Pendidikan**

#### Pendidikan Formal

2000-2001 : TK Pembina Boyolali  
2001-2007 : MI Negeri Boyolali  
2007-2010 : SMP Al-Islam 1 Surakarta  
2010-2013 : MA Ali Maksum Yogyakarta

### **Pengalaman Organisasi**

2014-Sekarang : Anggota Tim Hisab Rukyah (THR) Menara  
Al-Husna Masjid Agung Jawa Tengah  
2014-Sekarang : Anggota DPP ASTROFISIKA (Dewan  
Pimpinan Pusat Asosiasi Maestro Ilmu Falak  
dan Astronomi Indonesia Merdeka)

2015-2016 : Devisi Humas Buletin An-Najwa Pesantren  
Life Skill Daarun Najaah Semarang  
2016-Sekarang : Anggota Asosiasi Pesantren Falakiyah  
Indonesia (APFI)

Semarang, 05 Januari 2018  
Hormat Saya,

Restu Trisna Wardani  
NIM. 132611011