

**ALGORITMA PETER DUFFETT SMITTH DALAM HISAB AWAL  
BULAN KAMARIAH**

**TESIS**

Disusun untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh Gelar  
Magister dalam Ilmu Falak



Oleh :

**Muhammad Al-Farabi Putra**  
**NIM. 1702048006**

**PROGRAM STUDI S2 ILMU FALAK  
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
SEMARANG**

**2019**



## MOTTO

...الشَّمْسُ وَالْقَمَرُ بِحُسْبَانٍ<sup>1</sup> ٥

“Matahari dan Bulan (beredar) menurut perhitungan”<sup>2</sup>(Q.S. Ar-Rahman :

5)

---

<sup>1</sup> Departemen Agama RI, *Al-qur'an dan Terjemahnya*, (Semarang: Alwaah, 1993), h.885

<sup>2</sup> Departemen Agama RI, *Al-qur'an*,.....,h.885



## **PERSEMBAHAN**

\*\*\*

“saya persembahkan tulisan sederhana ini untuk

Ayah Nazaruddin S.Ag

Ibu Dra. Miliana

Kakak Siti aulia Putri amd.kep

Adik Muhammad Aidil Akbar

Dan semua keluarga tercinta

Serta teman-teman yang terbaik”

\*\*\*





KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM

Jalan Prof. Dr. H. Hamka, Ngaliyan, Telp/Fax (024) 760129,  
Semarang, 50189

**PENGESAHAN TESIS**

Tesis yang ditulis oleh:

Nama : **Muhammad Al-Farabi Putra**  
NIM : **1702048006**  
Prodi : **S2 Ilmu Falak**  
Judul Penelitian : **Algoritma Peter Duffett Smith Dalam  
Hisab Awal Bulan Kamariah**

telah dilakukan revisi sesuai saran dalam Sidang Ujian Tesis pada tanggal 9 Oktober 2019 dan layak dijadikan syarat memperoleh gelar Magister dalam bidang Ilmu Falak.

Disahkan oleh:

Nama	Tanggal	Tanda tangan
<u><b>Dr. H. Mahsun, M.Ag.</b></u> Ketua Sidang	16/10 - 19	
<u><b>Dr. H. Agus Nurhadi M.A.</b></u> Sekretaris Sidang	16/10/19	
<u><b>Dr. H. Ja'far Bachaqi, M.H.</b></u> Penguji I	21/10 2019	
<u><b>Dr. H. Mashudi, M.Ag.</b></u> Penguji II	17/10 - 19	





**NOTA DINAS**

Semarang, 29 Juli 2019

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

*Assalamu 'alaikum wr. wb.*

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi terhadap tesis yang ditulis oleh:

Nama : Muhammad Al-Farabi Putra

NIM : 1702048006

Program Studi : Magister Ilmu Falak

Judul : Algoritma Peter Duffett Smith dalam Hisab Awal Bulan  
Kamariah

Kami memandang bahwa tesis tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Ujian Tesis.

*Wasaalamu 'alaikum wr. wb.*

**Pembimbing I,**



**Drs. H. Abu Hapsin, M.A., Ph.D.**

**NIP. 19590606 198903 1 002**



**NOTA DINAS**

Semarang, 06 September 2019

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

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi terhadap tesis yang ditulis oleh:

Nama : Muhammad Al-Farabi Putra

NIM : 1702048006

Program Studi : Magister Ilmu Falak

Judul : Algoritma Peter Duffett Smith dalam Hisab Awal Bulan  
Kamariah

Kami memandang bahwa tesis tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Ujian Tesis.

*Wasaalamu 'alaikumwr. wb.*

**Pembimbing II,**



**Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag**  
**NIP. 197205121 99903 1 003**



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Al-Farabi Putra

NIM : 1702047006

Judul penelitian : **ALGORTIMA PETER DUFFETT SMITTH  
DALAM HISAB AWAL BULAN KAMARIAH**


Menyatakan bahwa tesis yang berjudul :

**ALGORTIMA PETER DUFFETT SMITTH DALAM HISAB AWAL  
BULAN KAMARIAH**

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya

Semarang, 9 Oktober 2019

Pembuat Pernyataan



**Muhammad Al-Farabi Putra**  
NIM. 170204806



# **Algoritma Peter Duffett Smitth dalam Hisab Awal Bulan Kamariah**

## **Abstrak**

Algoritma Peter Duffett Smitth merupakan sistem perhitungan yang bersifat modern. Data-data yang digunakan merupakan rumus matematik yang akurat. Akan tetapi, algoritma ini tidak secara khusus mengkaji mengenai hisab awal bulan kamariah hanya sebatas pemahaman tentang posisi dan fase-fase bulan saja dan algoritmanya menggunakan program berbasis Excel yang mana saat ini digunakan untuk pengembangan software dan aplikasi falak. Studi ini dimaksudkan untuk menjawab permasalahan: (1) Bagaimana implementasi algoritma Peter duffet Smitth untuk menghitung Awal Bulan Kamariah ? (2) Bagaimana tingkat akurasi algoritma Peter Duffet Smitth dalam hisab awal bulan Kamariah ?

Penelitian ini merupakan penelitian Kualitatif dengan jenis penelitian kepustakaan (*Library Reaserch*) Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah dokumentasi, dan observasi. Sedangkan teknik analisis data yang digunakan deskriptif, verifikatif dan komparatif. Hasil dalam penelitian ini menunjukkan bahwa: (1) Implementasi Algortima Peter Duffett Smitth dalam hisab awal bulan kamariah dapat dilakukan, dan untuk mengetahui waktu ijtimaknya adalah dengan menghitung selisih bujur Bulan dengan bujur Matahari. (2) Hasil uji akurasi menunjukkan bahwa hasil perhitungan awal bulan kamariah dengan berdasarkan pada algortima Peter Duffett Smitth yang di komparasikan dengan beberapa metode hisab dan software falak terbilang cukup baik, dengan selisih ketinggian hilalnya hanya pada satuan menit saja, dengan selisih minimal 1 menit busur dan maksimal selisih sebesar 19 menit busur. Berdasarkan pada selisih yang kecil tersebut maka Algoritma Peter Duffett Smitth layak untuk dijadikan sebagai salah satu metode untuk menghitung awal bulan kamariah.

**Kata Kunci:** Algoritma, Peter Duffett Smitth, Hisab Awal Bulan Kamariah





# **Peter Duffett Smith's Algorithm in the Reckoning of the Early Lunar Month**

## **Abstract**

The Peter Duffett Smith algorithm is a modern calculation system. This algorithm's data is an accurate mathematical formula. However, this algorithm does not specifically to calculate beginning of the lunar month but only to the extent of understanding the position and phases of the moon only and the algorithm uses an Excel-based program which is currently used for the development of software and celestial applications. This study is intended to answer the problem: (1) How is the implementation of the Peter duffett Smith algorithm to calculate Lunar Month's beginning ? (2) What is the accuracy of the Peter Duffett Smith algorithm to calculate Lunar Month's beginning ?

This research is a qualitative research with the type of library research, Data collection techniques used are documentation, , and observation. While the data analysis techniques are descriptive, verificative and comparative. The results in this study indicate that: (1) The implementation of Peter Duffett Smith's Algorithm in the calculating Lunar Month's beginning can be carried out, and to determine its ijtima time is to calculate the difference in longitude of the Moon in the longitude of the Sun.(2) Accuracy test results show that the results of the calculation of the beginning of the lunar month are based on the Peter Duffett Smith algorithm which is comparable with several methods of reckoning and spatial software that are fairly good, with only the height of the moon only in minute units, with a minimum of 1 arc minute and maximum difference equal to 19 arc minutes. Based on the small difference, the Peter Duffett Smith algorithm is recommended to be used as one method to calculate the beginning of the lunar month.

**Keyword : Algorithm, Peter Duffett Smith, The Calculaion Of Begining Of Lunar Month**



## خوارزمية بيتر دوفيت سميث في حساب أوائل الشهر القمرية

### ملخص

خوارزمية بيتر دوفيت سميث هي نظام حسابي حديث. البيانات المستخدمة هي صيغة رياضية دقيقة. لكن هذه الخوارزمية لا تختص على وجه تحديده حساب أوائل الشهر القمرية فقط إلى مدى فهم موقع القمر ومراحله وتستخدم الخوارزمية برنامجًا يستند على Excel وهو البرنامج الذي يستخدمه الناس كثيرًا لتطوير البرامج والتطبيقات السماوية. يهدف هذا البحث إلى الإجابة عن المشكلة: (١) كيف تنفيذ خوارزمية بيتر دوفيت سميث في حساب أوائل الشهر القمرية (٢) ما هي دقة خوارزمية بيتر دوفيت سميث في حساب أوائل الشهر القمرية ؟

هذا البحث هو بحث نوعي مع نوع بحث المكتبة، تقنيات جمع البيانات المستخدمة هي الوثائق والمقابلات والمراقبة. وأما تقنيات تحليل البيانات المستخدمة هي وصفية وحقيقية ومقارنة. تدل النتائج في هذه الدراسة إلى: (١) يمكن تنفيذ خوارزمية بيتر دوفيت سميث في حساب أوائل الشهور القمرية ، ومعرفة وقت إجتماع بحساب الفرق بين طول القمر وطول الشمس. (٢) تظهر نتائج اختبار الدقة أن نتائج حساب أوائل الشهور القمرية تستند على خوارزمية بيتر دوفيت سميث التي تقارن بالعديد من طرق حساب البرمجيات والبرامج الفلكية الشهيرة بدقتها، مع تفاوت ارتفاع القمر بينها في وحدات دقيقة فقط، بأدنى التفاوت دقيقة واحدة وأقصى التفاوت يساوي ١٩ دقيقة القوس. بناءً على التفاوت البسيط ، يمكن استخدام خوارزمية بيتر دوفيت سميث كإحدى طرق لحساب أوائل الشهور القمرية.

الكلمات الرئيسية: خوارزمية، بيتر دافيت سميث ،حساب أوائل الشهر القمرية



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, dengan taufik dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis yang berjudul **Algoritma Peter Duffett Smith dalam Hisab Awal Bulan Kamariah** ini dengan baik. Salawat dan salam, semoga senantiasa Allah curahkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW beserta seluruh keluarga dan para sahabat yang senantiasa kita harapkan barokah syafa'atnya pada hari akhir. Penulis menyadari bahwa tesis ini dapat terselesaikan berkat adanya usaha dan bantuan baik berupa moral maupun spiritual dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya terutama kepada:

1. Drs. H. Abu Hapsin Umar, M.A Ph.D, selaku Pembimbing I dan Dr. H. Ahmad Izuuddin, M.Ag. selaku Pembimbing II yang telah waktu, tenaga dan pikiran dengan sabar dan tulus ikhlas untuk memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan tesis ini.
2. Kedua orang tua dan segenap keluarga penulis, atas segala doa, perhatian, dukungan, dan curahan kasih sayangnya yang sangat besar sekali, sehingga penulis mempunyai semangat untuk menyelesaikan tesis ini.
3. Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo Semarang dan Wakil-wakil Dekan yang telah memberikan izin kepada penulis untuk menulis tesis tersebut dan memberikan fasilitas untuk belajar dari awal hingga akhir.

4. Dr. KH. Mahsun, M. Ag. dan seluruh jajaran pengelola S2 Ilmu Falak UIN Walisongo Semarang, atas segala didikan, bantuan dan kerjasamanya yang tiada henti.
5. Dosen-dosen Ilmu Falak Fakultas Syari'ah dan Hukum semoga ilmu yang diajarkan berkah dan bermanfaat bagi penulis.
6. Seluruh guru penulis yang telah banyak memberikan ilmu dan pengetahuan serta didikan yang tak ternilai harganya.
7. Syaui dan kohar yang telah banyak membantu penulis dalam proses pengerjaan tesis ini.
8. Teman-teman Padepokan al-Biruni (Ehsan, Farabi, Kohar, Rido, Alamul, Unggul, Rizal, Munir, Gus Isom, Thobroni, Jumal, dan Rofiq) yang membantu dan memotvasi penulis dalam menyelesaikan tesis ini
9. Teman-teman KOPDAR S2 IF 17 (Ehsan, Farabi, Rizal, Unggul, Masruhan, Alamul, Ainul, Farid, Mas Imam, Mursyid, Mas Heri, Halim, Indras, Asih, Ela, dan Iqna) atas kebersamaan yang telah kita lalui bersama sungguh berkesan hingga akhir maut memisahkan.
10. Dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang secara langsung maupun tidak langsung selalu memberi bantuan, dorongan dan do'a kepada penulis selama melaksanakan studi di S2 Ilmu Falak UIN Walisongo Semarang.

Pada akhirnya penulis menyadari bahwa penulisan tesis ini belum mencapai kesempurnaan dalam arti sebenarnya, untuk itu penulis mengharap saran dan kritik konstruktif dari pembaca demi kesempurnaan tesis ini.

Penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca.

Semarang, 24 Juli 2019

Penulis,

**Muhammad Al-Farabi Putra**

NIM. 1702048004





## TRANSLITERASI ARAB-LATIN

Keputusan Bersama Menteri Agama dan Menteri Pendidikan dan  
kebudayan RI

Nomor: 158 Tahun 1987 – Nomor : 0543 b/u/1987

### 1. Konsonan

Arab	Latin
ا	Tidak dilambangkan
ب	B
ت	T
ث	Š
ج	J
ح	ḥ
خ	Kh
د	D
ذ	Ž
ر	R
ز	Z
س	S
ش	Sy
ص	š
ض	ḍ
ط	ṭ
ظ	ẓ
ع	'...'
غ	G
ف	F
ق	Q
ك	K
ل	L

م	M
ن	N
و	W
هـ	H
ء	'...'
ي	Y

## 2. Vokal Pendek

Contoh:

Kataba	كَتَبَ	-	yazhabu	يَذْهَبُ
Fa'ala	فَعَلَ	-	su'ila	سُعِلَ
Žukira	ذُكِرَ	-	kaifa	كَيْفَ

## 3. Vokal Panjang

Contoh:

Qāla	-	قَالَ
Ramā	-	رَمَى
Qīla	-	قِيلَ
Yaqūlu	-	يَقُولُ

## 4. Ta Marbutah

Contoh :	رَوْضَةٌ	rauḍatu
	رَوْضَةٌ	rauḍah

## 5. Syaddah (tasydid)

Contoh :	رَبَّنَا	rabbanā
	الْبِرِّ	al-Birr
	نَعْمَ	na"ama

## 6. Kata sandang

Contoh :	الرَّجُلِ	al-Rajul
	الشَّمْسِ	al-Syams
	القَلَمِ	al-Qalam

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING .....</b>	<b>v</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>TRANSLITASI .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xxi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	9
C. Tujuan Penelitian .....	9
D. Signifikasi Penelitian .....	10

E. Kajian Pustaka .....	10
F. Metode Penelitian .....	15
G. Sistematika Pembahasan .....	18

## **BAB II HISAB AWAL BULAN KAMARIAH**

A. Penentuan Awal Bulan Kamariah .....	19
B. Letak Geometris Matahari, Bumi dan Bulan .....	43
C. Teori Astronomi Menentukan Posisi Benda Langit .....	54
D. Parameter Penentuan Awal Bulan Kamariah .....	58
E. Sistem Perhitungan Untuk Menentukan Saat Terjadi Ijtimak dan Posisi Hilal .....	61

## **BAB III ALGORITMA PETER DUFFET SMITTH UNTUK PENENTUAN POSISI MATAHARI DAN BULAN**

A. Profil Ilmiah Peter Duffet Smith .....	63
B. Algoritma Peter Duffet Smith untuk menentukan posisi Matahari dan Bulan .....	67
C. Analisis Kekurangan Peter Duffet Smith Dalam Perhitungan Fase Bulan dan Data Ephemeris .....	95

## **BAB IV ANALISIS SISTEM HISAB AWAL BULAN KAMARIAH ALGORITMA PETER DUFFETT SMITTH**

A. Reformulasi Algoritma Peter Duffet Smith dalam Menentukan Waktu ijtimak .....	97
B. Implementasi Algoritma Peter Dalam Hisab Awal Bulan Kamariah .....	103

C. Analisis Akurasi Hisab Awal Bulan Kamariah Algoritma Peter Duffett Smitth .....	109
---	-----

**BAB V PENUTUP**

A. Kesimpulan .....	129
B. Saran-saran .....	130

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN-LAMPIRAN**

**DAFTAR RIWAYAT HIDUP**



## DAFTAR TABEL

Tabel 1	Detail Orbit Jelas Matahari Pada Epoch 2010.0
Tabel 2	Elements Orbit Bulan Epoch 2010
Tabel 3	Hasil Selisih Bujur Matahari Dan Bulan
Tabel 4	Hasil Perbandingan Untuk Ramadhan 1427 H/ 2006 M
Tabel 5	Hasil Perbandingan Alg. Peter Dan <i>Acurate Time</i> Ramadhan 1427 H
Tabel 6	Hasil Perbandingan Untuk Syawal 1427 H/2006m
Tabel 7	Hasil Perbandingan Alg. Peter Dan <i>Acurate Time</i> Syawal 1427 H
Tabel 8	Hasil Perbandingan Untuk Ramadahan 1428 H/2007 M
Tabel 9	Hasil Perbandingan Alg. Peter Dan <i>Acurate Time</i> Ramadhan 1428 H
Tabel 10	Hasil Perbandingan Untuk Syawal 1428 H/2007 M
Tabel 11	Hasil Perbandingan Alg. Peter Dan <i>Acurate Time</i> Syawal 1428 H
Tabel 12	Hasil Perbandingan Untuk Syawal 1432 H/2011 M
Tabel 13	Hasil Perbandingan Alg. Peter Dan <i>Acurate Time</i> Syawal 1432 H
Tabel 14	Hasil Perbandingan Untuk Dzulhijjah 1432 H/2011 M

- Tabel 15 Hasil Perbandingan Alg. Peter Dan *Acurate Time* Dzulhijjah 1432 H
- Tabel 16 Hasil Perbandingan Untuk Dzulqo'dah 1440 H/2019 M
- Tabel 17 Hasil Perbandingan Alg. Peter Dan *Acurate Time* Dzulqo'dah 1440 H
- Tabel 18 Hasil Perbandingan Untuk Dzulhijjah 1440 H/2019 M
- Tabel 19 Hasil Perbandingan Alg. Peter Dan *Acurate Time* Dzulhijjah 1440 H



## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1 Menemukan Posisi Bulan Dengan Metode Perkiraan Berdasarkan Algoritma Peter Duffet Smith
- Gambar 2. Menemukan Posisi Bulan Dengan Metode Persisi Yang Lebih Tinggi Berdasarkan Algoritma Peter Duffet Smith
- Gambar 3 Ilustrasi Satu Bulan Sideris Dan Satu Bulan Sinodik.
- Gambar 5 Orbit Bulan Dan Bumi Mengelilingi Matahari
- Gambar 6 Orbit Bumi Mengitari Matahari Berbentuk *Elips*
- Gambar 7 Ilustrasi Peredaran Sideris Dan Sinodis Bulan
- Gambar 8 Fase Bulan
- Gambar 9 Sistem Koordinat Ekliptika Heliosentrik
- Gambar 10 Sistem Koordinat Ekliptika Geosentrik
- Gambar 11 Sistem Koordinat Horison
- Gambar 12 Posis Ijtimak Antara Bumi, Bulan Dan Matahari
- Gambar 13 Peter Duffet Smith
- Gambar 14 Elips Orbital
- Gambar 15 Mendefinisikan Orbit Matahari Yang Tampak.
- Gambar 16 Orbit Bulan
- Gambar 17 Fase Bulan



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

Algoritma Peter Duffett Smith merupakan sistem perhitungan yang bersifat kontemporer. Data-data yang digunakan merupakan rumus matematik yang akurat. Selain itu juga menggunakan Astronomical Almanac sebagai koreksi. Dan juga algoritmanya telah menggunakan program berbasis Excel yang mana saat ini digunakan untuk pengembangan software dan aplikasi falak, khususnya untuk perhitungan Awal bulan yang bersumber pada hasil pengolahan pada Microsoft Office Excel.

Peter Duffett Smith Sendiri adalah salah seorang Fisikawan sekaligus Astronomer dan dosen Di Cambridge University. Beberapa penelitian yang pernah ia lakukan salah satunya adalah mengenai gelombang Mikro Kosmik pada Galaksi. <sup>1</sup> Selain itu Peter Juga menulis beberapa karya yang berkaitan dengan Astronomi, Yaitu, *Practical Astronomy With Your Calculator*<sup>2</sup>, *Practical Astronomy With Your Calculator or Spreadsheet*<sup>3</sup>,

---

<sup>1</sup> <https://www.phy.cam.ac.uk/directory/DuffettSmith>, diakses pada Senin 18 Februari 2019, 12:30 WIB.

<sup>2</sup> Peter Duffett Smith, *Practical Astronomy With Your Calculator*. (New York : Cambridge University Press 2007)

<sup>3</sup> Peter Duffett Smith, *Practical Astronomy With Your Calculator An Your Speedsheet*. (New York : Cambridge University Press 2011)

*Astronomy with Your Personal Computer*<sup>4</sup>, dan *Easy Pc Astronomy*<sup>5</sup>. Buku Peter Duffett Smitth ini adalah tulisannya yang berisikan algoritma-algoritma Astronomi yang Digunakan pada alat bantu hitung seperti kalkulator dan Microsoft Office Excel. Data-data yang dihasilkan adalah untuk mengetahui berbagai macam hal yang terkait dengan Astronomi, seperti, Tata Surya, Posisi Matahari, Planet-Planet, fase-Fase Bulan, Gerhana dan Penanggalan Atau Kalender.<sup>6</sup>

Salah satu karya Peter yang akan dijadikan kajian oleh penulis Adalah bukunya yang berjudul *Practical Astronomy With Your Calculator An Your Speedsheet*. Pada bukunya Peter ada Bab yang menjabarkan mengenai hal-hal yang terkait dengan Bulan.

Mulai dari fase-fase bulan, umur bulan, posisi bulan dan terbit dan terbenamnya bulan. Ia menjelaskan proses-proses tersebut dengan menggunakan algoritma yang sedikit ringkas dan rinci. Yang mana kemudian algoritma-algoritma tersebut di aplikasikan ke Microsot Office Excel.

Dalam buku *Practical Astronomy With Your Calculator An Your Speedsheet* rumus yang digunakan adalah rumus-rumus matematika/Astronomi yang biasa digunakan seperti Aljabar (tambah, kurang, kali, bagi, pangkat, akar) dan juga trigonometri seperti Sinus, Cosinus, Tangen serta inversinya.

---

<sup>4</sup> Peter Duffett Smitth, *Astronomy with Your Personal Computer* (New York : Cambridge University Press 1997)

<sup>5</sup> Peter Duffett Smitth *Easy Pc Astronomy*, (New York : Cambridge University Press 1997)

Misal pada penentuan posisi bulan Peter menjelaskan bahwa untuk mengetahui posisi bulan adalah dengan mengetahui orbit dari pergerakan bulan tersebut. Dan juga mencari garis bujur dan kemudian merujuknya kedalam bidang ekliptik bumi.<sup>7</sup>

Pada penentuan posisi bulan Peter menetapkan bahwa terdapat dua metode , *Aproximate Metohd* dan *Higher Percision Method*. Yakni posisi bulan berdasarkan perkiraan dan pada presisi yang lebih akurat atau tinggi.<sup>8</sup> Lihat gambar berikut Ini:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	<b>The position of the Moon (higher precision method)</b>									
2										
3	Input	local time (hour)	0		Output	Moon RA (hour)	14	=DHHour(C22)		
4		local time (min)	0			Moon RA (min)	12	=DHMin(C22)		
5		local time (sec)	0			Moon RA (sec)	10.21	=DHSec(C22)		
6		daylight saving (hours)	0			Moon dec ( deg)	-11	=DDDeg(C23)		
7		zone correction (hours)	0			Moon dec (min)	34	=DDMin(C23)		
8		local date (day)	1			Moon dec (sec)	57.83	=DDSec(C23)		
9		local date (month)	9			Earth-Moon dist (km)	367964	=ROUND(C21,0)		
10		local date (year)	2003			Moon hor parallax (deg)	0.993191	=ROUND(C20,5)		
11										
12	1	Greenwich date (day)	1 =LdGDay(C3,C4,C5,C6,C7,C8,C9,C10)							
13	2	Greenwich date (month)	9 =LdGMonth(C3,C4,C5,C6,C7,C8,C9,C10)							
14	3	Greenwich date (year)	2003 =LdGYear(C3,C4,C5,C6,C7,C8,C9,C10)							
15	4	UT (hours)	0 =LCTUT(C3,C4,C5,C6,C7,C8,C9,C10)							
16	5	Moon ecliptic longitude (deg)	214.7660758 =MoonLong(C3,C4,C5,C6,C7,C8,C9,C10)							
17	6	Moon ecliptic latitude (deg)	1.620130541 =MoonLat(C3,C4,C5,C6,C7,C8,C9,C10)							
18	7	nutation in longitude (deg)	-0.003683653 =NutilLong(C12,C13,C14)							
19	8	corrected long (deg)	214.7623922 =C16+C18							
20	9	Moon horizontal parallax (deg)	0.993190567 =MoonHP(C3,C4,C5,C6,C7,C8,C9,C10)							
21	10	Earth-Moon distance (km)	367964.4345 =6378.14/SIN(RADIANS(C20))							
22	11	Moon RA (hours)	14.20283692 =DDH/ECRA(C19,0,0,C17,0,0,C12,C13,C14))							
23	12	Moon dec (deg)	-11.58273038 =ECDD/C19,0,0,C17,0,0,C12,C13,C14)							

Gambar 1. Menemukan Posisi bulan dengan metode perkiraan berdasarkan algoritma Peter Duffett Smith.<sup>9</sup>

<sup>7</sup> Peter Duffett Smith, *Practical Astronomy With Your Calculator An Your Speedsheet*. (New York : Cambridge University Press 2011) h.164

<sup>8</sup> Peter Duffett Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 168-169

<sup>9</sup> Peter Duffett Smith, *Practical Astronomy*,.....h. 168

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1 The position of the Moon (approximate method)									
2									
3	Year				Day				
4	local time (hour)	0			Moon's RA (hour)	14	=DH+Hour(C36)		
5	local time (min)	0			Moon's RA (Min)	12	=DH+Min(C36)		
6	local time (sec)	0			Moon's RA (sec)	42.31	=DH+Sec(C36)		
7	daylight saving (hours)	0			Moon's dec (deg)	-11	=DDDeg(C37)		
8	zone correction (hours)	0			Moon's dec (min)	31	=DDMin(C37)		
9	local date (day)	1			Moon's dec (sec)	38.27	=DDSec(C37)		
10	local date (month)	9							
11	local date (year)	2003							
12	1	Greenwich date (day)	1	=LstGDay(C3,C4,C5,C6,C7,C8,C9,C10)			L 0	91.5293599	
13	2	Greenwich date (month)	9	=LstGMonth(C3,C4,C5,C6,C7,C8,C9,C10)			P 0	130.1430763	
14	3	Greenwich date (year)	2003	=LstGYear(C3,C4,C5,C6,C7,C8,C9,C10)			N 0	291.6825466	
15	4	UT (hours)	0	=LCTUT(C3,C4,C5,C6,C7,C8,C9,C10)			I	5.145396	
16	5	D (days)	-2313	=CDJID(C12,C13,C14)-CDJID(1,2010)+C15/24					
17	6	Sun long (deg)	158.171829	=SunLong(C3,C4,C5,C6,C7,C8,C9,C10)					
18	7	Sun mean anomaly (rad)	4.16319578	=SunMeanAnomaly(C3,C4,C5,C6,C7,C8,C9,C10)					
19	8	L m (deg)	214.9240002	=UminDeg(13,1793966*C16+H12)					
20	9	M m (deg)	342.4586072	=UminDeg(C19-0.1114041*C16+H13)					
21	10	N (deg)	54.16491734	=UminDeg(14-(0.0529539*C16))					
22	11	E v (deg)	0.960757104	=1.2739*SIN(RADIANS(2*(C19-C17)-C20))					
23	12	A e (deg)	-0.158477357	=0.1858*SIN(C18)					
24	13	A 3 (deg)	-0.315590001	=0.37*SIN(C18)					

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
25	14	M m d (deg)	343.8934316	=C20+C22-C23-C24					
26	15	E c (deg)	-1.744613565	=6.2886*SIN(RADIANS(C25))					
27	16	A 4 (deg)	-0.114077039	=0.214*SIN(2*RADIANS(C25))					
28	17	L d (deg)	214.184544	=C19+C22+C26-C23-C27					
29	18	V (deg)	0.610255619	=0.6583*SIN(2*RADIANS(C28-C17))					
30	19	L dd (deg)	214.7947997	=C28+C29					
31	20	N d (deg)	54.30138869	=C21-0.16*SIN(C18)					
32	21	y	0.33256969	=SIN(RADIANS(C30-C31))*COS(RADIANS(I15))					
33	22	x	-0.942603097	=COS(RADIANS(C30-C31))					
34	23	Moon long (deg)	214.8675028	=UminDeg(DEGREES(ATAN2(C30,C32))+C31)					
35	24	Moon lat (deg)	1.716074358	=DEGREES(ASIN(SIN(RADIANS(C30-C31))*SIN(RADIANS(I15))))					
36	25	Moon RA (hours)	14.211175359	=DDH(ECRA(C34,0.0,C35,0.0,C12,C13,C14))					
37	26	Moon dec (deg)	-11.52729751	=ECDec(C34,0.0,C35,0.0,C12,C13,C14)					

Gambar 2. Menemukan Posisi bulan dengan metode persisi yang lebih tinggi berdasarkan algoritma Peter Duffett Smith<sup>10</sup>

Untuk menetapkan posisi bulan Peter Duffett Smith memiliki dua metode yaitu, *Pertama*, Mengetahui posisi Bulan dengan metode perkiraan (*Aproximate Metohd*) metode ini adalah model penentuan posisi bulan berdasarkan pada hasil perhitungan dengan hasil perkiraan perputaran bulan mengelilingi bumi. Sedangkan, *Kedua*, adalah mengetahui posisi Bulan dengan Metode High Priceson (*High Precision Method*), yakni hasil perhitungan dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi.

<sup>10</sup> Peter Duffett Smith, *Practical Astronomy*,.....h. 169

Pada Hisab awal bulan Kamariah terdapat pendekatan yang sama dalam menghitung awal bulan yaitu, *Pertama*, Hisab Hakiki Bi Taqribi, sistem hisab ini adalah hisab yang bersumber dari data-data hasil pengamatan yang berdasarkan pada teori Geosentris (Bumi sebagai pusat Peredaran benda-benda langit).<sup>11</sup> Untuk mencari ketinggian Hilal hisab ini dihitung dari titik pusat bumi, bukan dari permukaan bumi. Berpedoman pada gerak rata-rata 12 derajat sehingga oprasional hisab ini adalah dengan memperhitungkan selisih waktu ijtimak dengan waktu matahari terbenam kemudian dibagi dua.<sup>12</sup>*Kedua*, Hisab Haqiqi Bi Tahkik, sistem hisab yang berdasarkan pada perhitungan Matematis dan Astronomis namun tingkat Perhitungannya juga bermacam-macam dari yang masih Kasar, sampai yang sangat Teliti. Dari yang berdasar pada tabel-tabel dan melakukan hitungan-hitungan interpolasi sederhana, sampai perhitungan kompleks dengan bantuan komputer berdasarkan perhitungan Trigonometri bola.<sup>13</sup> Akan tetapi berbeda data-data yang digunakan pada Algoritma Peter dan Model hisab ini.

Hal yang menarik pada algoritma Peter ini adalah pemaparan yang lebih singkat dan juga rinci. Selain itu Peter juga menjelaskan cara-cara menginput data-data algoritmanya ke Microsoft Office excel sehingga memudahkan untuk digunakan. Akan Tetapi

---

<sup>11</sup> Abdul Karim & M.Rifa Jamaluddin Nasir, *Mengenal Ilmu Falak* h. 58 lihat juga pada Sek.jen PBNU, *Pedoman Rukyat dan Hisab Nadlatul Ulama*, (Jakarta: Lajnah Falakiyah PBNU, 2006h. 58

<sup>12</sup> Abdul Karim & M.Rifa Jamaluddin Nasir, *Mengenal Ilmu Falak*,.....h. 49

<sup>13</sup> Tono Saksono, *Mengkompromikan Rukyat & Hisab*, (Jakarta: PT Amythas Publicita 2007) h. 144-145

Algoritma ini tidak secara khusus mengkaji mengenai hisab awal bulan Kamariah. Hanya sebatas pemahaman Tentang posisi dan fase-fase bulan saja.

Persoalan Hisab Rukyah pada penetapan Awal Bulan Kamariah disebut sebagai persoalan falak. Penamaan tersebut berkaitan dengan adanya objek dari persoalan tersebut adalah falak (*Madar al-nujum*).<sup>14</sup> Dapat disebut juga sebagai persoalan Astronomi karna pada ilmu Bumi dan Antariksa, penentuan persoalan tersebut berkaitan dengan benda-benda langit walau hanya sebagian kecil benda langit yang menjadi objek perhitungan.<sup>15</sup>

Hisab adalah perhitungan benda-benda langit untuk mengetahui kedudukannya pada suatu saat yang diinginkan . apabila hisab ini dalam penggunaannya dikhususkan pada hisab waktu atau awal bulan maka yang dimaksudkan adalah menentukan kedudukan matahari atau bulan ,sehingga diketahui kedudukan dua benda langit tersebut yang menjadi kajian pada bola langit pada saat tertentu.

Perlu diketahui bahwa penentuan penetapan hisab awal bulan Kamariah berdasar pada perhitungan hisab Aritmatika. Karena itu, kemungkinan untuk terjadinya perbedaan satu hari anantara kalender islam yang berdasarkan pada aritmatika dengan kalender Islam yang berdasar pada pengamatan itu bisa saja terjadi.<sup>16</sup>

---

<sup>14</sup> Ahmad Izzuddin, *Fiqih Hisab Rukyah*, (Jakarta: Penetbit Erlangga 2007) h. 35-36

<sup>15</sup> Ahmad Izzuddin, *Fiqih*,.... h. 36

<sup>16</sup>Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*,( Yogyakarta : FMIPA UGM Yogyakarta 2012) h. 12



Dari berbagai macam perkembangan keilmuaan Hisab di Indonesia, dapat diklasifikasikan pada lima komponen berdasarkan tingkat akurasinya<sup>17</sup>, yaitu: Hisab *Urfi*, Hisab *Istilahi*, hisab *Hakiki Bi al-taqrib*, dan Hisab *Hakiki Bi al-Tahkik* serta Hisab Kontemporer. *Al Qanun Al Masudi*<sup>18</sup> karya Al Biruni<sup>19</sup> yang menyinggung pembahasan mengenai awal bulan dan hisab ini termasuk dalam salah satu model hisab klasik. Indonesia sendiri mempunyai salah satu kitab yang mengkaji tentang awal bulan yakni Kitab *Al Khulasotul Wafiyah*<sup>20</sup> karangan Zubair Umar Jaelani Ulama ahli falak asal Salatiga. Selain pada kitab-kitab itu, para ahli juga menggunakan algoritma yang ada pada pemikiran-pemikiran orang barat, seperti Jean Meeus atau juga dengan Teori VSOP87 dan ELP-2000.

Jika ditelaah lebih lanjut bahwa dalam perhitungan Hisab antara satu metode dengan metode yang lain terjadi perbedaan walau hanya sedikit. Misalnya dalam menentukan ketinggian hilal.<sup>21</sup>

---

<sup>17</sup> K.H. Abdul Karim & M.Rifa Jamaluddin Nasir, *Mengenal Ilmu Falak Teori dan Impelementasi*, ( Yogyakarta: Qudsi Media 2012) h. 56

<sup>18</sup> *Qanun al-Masudi* adalah karya al-biruni yang mengkaji tentang Astronomi, Geografi dan tehnikn penamaan al Masudi adalah dedikasinya terhadap Mas'ud Putra dari Mahmud dari Ghazni. Salah satu penguasa pada masa itu.

<sup>19</sup> Abu Rayhan Muhammed Ibnu Ahmad Al-Biruni lahir pada 4 september 973 M di Kath (Kiva sekarang). Sebuah kota di sekitar wilayah aliran sungai Oxus, Khwarizm (Uzbekistan).

<sup>20</sup> Zubair Umar Al-Jailani, *Al-Khulasotul Wafiyah*, (Kudus: Menara Kudus)

<sup>21</sup> Imas Musfiroh *Hisab awal bulan Kamariah (Studi Komparatif Sistem Hisab Almanak Nautika dan Astronomical Algorithms Jean Meeus)* tesis, (Uin Walisongo Semarang 2014) h. 7

Perbedaan itu terjadi dikarenakan pada hisab terdapat berbagai macam metode atau sistem dalam perhitungan posisi hilal yang dijadikan sebagai batasan antara dua bulan Kamariah. Selain itu perbedaan internal hisab juga disebabkan pula oleh adanya perbedaan data yang diambil, serta algoritma yang membangun teori dan rumus-rumus yang digunakan. Perbedaan itu kemudian menjadikan terjadinya perbedaan hasil perhitungan. Perbedaan hasil ini akan berpengaruh besar jika posisi hilal pada kenyataan empirisnya berada pada posisi yang dekat dengan Ufuk<sup>22</sup>

Di Indonesia sendiri khususnya algoritma modern yang dijadikan acuan sebagai hisab awal bulan kamariah adalah miliknya Jean Meeus dan metode hisab awal bulan kamariah milik pemerintah yakni Hisab Ephemeris. Selain itu belum ada lagi metode hisab modern lain yang dijadikan sebagai acuan. Data algoritma yang ada pada buku Jean Meeus *astronomical algorithm*<sup>23</sup> kebanyakan para ahli falak menggunakannya sebagai landasan dasar. Akan tetapi algoritma yang diberikan lebih panjang dan agak sedikit rumit.

Algoritma Peter yang dijadikan bahan kajian penulis ini termasuk kedalam algoritma yang lebih ringkas dan rinci, selain itu juga dibantu dengan penerapan pada Microsoft Office Excell sehingga memudahkan Pembaca atau pengkaji untuk

---

<sup>22</sup> Rafiqi, Ainul Kamal, 2013, *Studi Perbandingan Hisab Irtifa" Hilal Menurut Sistem Almanak Nautika dan New Comb*, Skripsi. (Semarang: IAIN Walisongo) h. 6

<sup>23</sup> Jean Meeus adalah seorang ahli astronomi Belgia. Diantara karyanya *Astronomical Formula For Calculator*, pertama kali diterbitkan oleh Willam – Bell, Inc, Virginia, Tahun 1978 dan bukunya yang berjudul *Astronomical Algorithms*, Willam –Bell, Inc, Virginia, Tahun 1991.

memanfaatkannya sebagai salah satu Algoritma Dasar Hisab awal bulan Kamariah. Akan tetapi algoritma ini tidak mengkhususkan untuk melakukan perhitungan hisab awal bulan kamariah. Padahal pada Algoritmanya Peter memberikan parameter-parameter yang dapat dijadikan acuan dalam penentuan hisab awal bulan kamariah.

Berdasar pada hal diatas penulis mencoba untuk mengkaji mengenai algoritma yang diberikan oleh Peter Duffett Smith untuk kemudian di implementasikan ke dalam hisab awal bulan kamariah, mengingat bahwa perhitungan awal bulan kamariah adalah parameter penting dalam menentukan posisi hilal . Oleh karena itu penulis merasa perlu untuk mengkaji lebih jauh mengenai algoritma tersebut.

## **B. Rumusan Masalah**

Pada dasarnya penelitian ini ditujukan untuk mengetahui seperti apa model algoritma yang diberikan oleh Peter Duffett Smith dalam buku *Practical Astronomy With Your Calculator An Your Speedsheet* dan kemudian di implimentasikan ke dalam hisab awal bulan Kamariah.

1. Bagaimana implementasi algoritma Peter Duffett Smith untuk penentuan Awal Bulan Kamariah ?
2. Bagaimana tingkat akurasi algoritma Peter Duffett Smith dalam hisab awal bulan Kamariah ?

## **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini secara umum membahas mengenai algoritma yang dijabarkan oleh Peter Duffett Smith tentang perhitungannya terhadap pergerakan dan Fase-fase bulan, yang

kemudian akan di implementasikan ke hisab awal bulan kamariah sehingga akan memunculkan model hisab kontemporer yang sesuai dengan saat ini.

Maka dari itu ada beberapa tujuan penelitian ini di kaji, yaitu sebagai berikut:

1. Untuk memahami algoritma milik Peter Duffett Smith yang terkait tentang posisi Bulan
2. Untuk mengimplementasikan algoritmanya kedalam hisab awal bulan kamariah,
3. Serta, untuk mengetahui tingkat akurasi sebagai salah satu metode hisab awal bulan kamariah

#### **D. Signifikansi Penelitian**

1. Memperoleh pemahaman Pola algoritma kontemporer milik Peter Duffett Smith yang tertuang dalam bukunya *Practical Astronomy With Your Calculator An Your Speedsheet*.
2. Memperoleh model hisab kontemporer awal bulan Kamariah yang bersumber dari algoritma milik Peter Duffett Smith.
3. Memunculkan model hisab awal bulan kamariah yang lebih ringkas dan rinci
4. Mengetahui tingkat akurasi pada model hisab kontemporer yang ada sebelumnya dengan yang saat ini.

#### **E. Kajian Pustaka**

Sejauh penelusuran peneliti, ada beberapa penelitian yang mengkaji mengenai hal yang berkaitan dengan tujuan penelitian ini. Yakni terkait mengenai hal-hal yang menyangkut model hisab awal

bulan kamariah yang berasal dari beberapa sumber kontemporer baik dari ulama modern, Ilmuwan Barat ataupun Ulama Klasik.

**Pertama**, tesis Imas Musfiroh *Hisab awal bulan Kamariah (Studi Komparatif Sistem Hisab Almanak Nautika dan Astronomical Algorithms Jean Meeus)*.<sup>24</sup> Penelitian ini menjelaskan mengenai perbandingan sistem Hisab awal bulan Kamariah antara dua model algoritma yakni algoritma Almanak Nautika milik HMNAO (her Majesty's Nautical Almanac Office) dengan Algoritma pada Astronomical Algorithms milik Jean Meeus.

hasil penelitiannya ini menemukan bahwa di antara kedua metode hisab tersebut memiliki persamaan dan perbedaan dalam algoritma perhitungannya. Di antara persamaannya adalah menghitung azimuth dan altitude Bulan secara geosentris, serta umur hilal yang dihitung sama yaitu selisih antara waktu maghrib dengan waktu ijtimak. Perbedaan algoritma perhitungan terletak pada menghitung waktu ijtimak, waktu maghrib, ketinggian hilal toposentrik dan elongasi Matahari dan Bulan. Selain itu, dalam penelitian ini ditemukan bahwa kelebihan sistem hisab Almanak Nautika yaitu proses perhitungan yang mudah karena hanya melakukan interpolasi pada waktu dan tempat yang diinginkan.<sup>25</sup>

Berbeda dengan Astronomical Algorithms perlu melakukan banyak koreksi untuk mendapatkan data ephemeris Bulan dan Matahari yang mana ini menjadi kelemahannya. Namun, dari sisi

---

<sup>24</sup> Imas Musfiroh, *Hisab awal bulan Kamariah (Studi Komparatif Sistem Hisab Almanak Nautika dan Astronomical Algorithms Jean Meeus)* tesis, (Semarang : Pascasarjana Uin Walisongo Semarang)

<sup>25</sup> Imas Musfiroh, *HISAB* .....h. vi

akurasi data yang diperoleh dari Astronomical Algorithms Jean Meeus lebih akurat dibandingkan dengan data yang ada pada Almanak Nautika. Hal ini terlihat dari banyaknya suku koreksi dan hasil penelitian beberapa observasi terkait perhitungan dan posisi benda-benda langit.<sup>26</sup>

**Kedua**, Haryono *Astronomical Algorithms modern berbasis Teori VSOP87 dan EIP-2000 Dalam penentuan Awal Bulan Hijriyah.*<sup>27</sup> Pada penelitiannya ia membuat program dengan menggunakan software Visual Basic yang mana di dalamnya terdapat model perhitungan awal bulan kamariah yang berdasarkan pada teori VSOP-87 dan Elp-2000. Keakuratan penelitiannya termasuk kepada tingkat *high accury* yang sebanding dengan software lainnya seperti mawaqit, accuarte time dan lain-lainnya. Pada hasil penelitiannya, perbedaaan terletak pada kajian Algoritma Astronomi yang digunakan menggunakan teori VSOP87 dan ELP-2000.

**Ketiga**, A'la Murod *,Sistem Informasi Perbandingan Hisab Urfi dan Kontemporer Dalam Penetapan Awal Bulan Qamariyyah Berbasis Web.*<sup>28</sup> Penelitian ini menemukan sistem yang dapat mempermudah dalam menentukan awal bulan Kamariah Yang berbasis kepada Web. Ini merupakan salah satu hasil penelitian yang

---

<sup>26</sup> Imas Musfiroh, *HISAB* .....h. vi

<sup>27</sup> Haryono, *Astronomical Algorithms modern berbasis Teori VSOP87 dan EIP-2000 Dalam penentuan Awal Bulan Hijriyah.*, tesis (Semarang: Pascasarjana Uin Walisongo Semarang)

<sup>28</sup> A'la Murod *,Sistem Informasi Perbandingan Hisab Urfi dan Kontemporer Dalam Penetapan Awal Bulan Qamariyyah Berbasis Web, skripsi* (Kudus : Universitas Muria Kudus 2015)

berkembang pada saat ini. Dikarenakan saat ini software-software yang berkaitan dengan penentuan awal bulan sudah banyak berkembang dan muncul. Akibat dari kemajuan teknologi saat ini. Selain itu juga peneliti membandingkan selisih hasil perhitungannya dengan metode yang lain.

***Keempat***, Andi Muh. Akhyar dan Rinto Anugraha NQZ, *Optimasi Kriteria Hisab di Indonesia Berdasarkan Posisi Matahari dan Bulan Menggunakan Algoritma Meeus*<sup>29</sup>, Pada tulisan ini ditunjukkan bahwa mengoptimasi kriteria hisab di Indonesia berdasarkan posisi Matahari dan Bulan menggunakan Algoritma Meeus. Kriteria hisabnya berkaitan erat dengan perhitungan Astronomis seperti Konjungsi, waktu terbenam Matahari dan Bulan. Walaupun posisi Matahari dan Bulan saat terbenam. Yang mana untuk mengetahui optimasi kriteria hisab di Indonesia menggunakan Parameter umur bulan.

***Kelima***, Nursodik, *Kajian Kriteria Hisab Global Turki dan Usulan Kriteria Baru MABIMS dengan Menggunakan Algoritma Jean Meeus*,<sup>30</sup> Jurnal Al-Ahkam Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo Semarang. Hasil kajian pada tulisan ini menemukan bahwa kriteria Hisab global Turki dan MABIMS Menggunakan algoritma Meeus didapat beberapa kesimpulan, pertama, hasil

---

<sup>29</sup> Andi Muh. Akhyar dan Rinto Anugraha NQZ, *Optimasi Kriteria Hisab di Indonesia Berdasarkan Posisi Matahari dan Bulan Menggunakan Algoritma Meeus: Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIX HFI Jateng & DIY, Yogyakarta 25 April 2015*.

<sup>30</sup> Nursodik, *Kajian Kriteria Hisab Global Turki dan Usulan Kriteria Baru MABIMS dengan Menggunakan Algoritma Jean Meeus*,: Jurnal Al-Ahkam Vol. 28. No. 1, (2018)

identifikasi untuk kota-kota di Indonesia, Kriteria milik MABIMS memiliki potensi yang lebih baik untuk dijadikan rujukan kalender Islam Terpadu. Kedua, kriteria Hisab Global banyak kasus yang menjadi titik kelemahan jika diimplementasikan di Indonesia, yang diklasifikasikan menjadi dua kasus. Kasus Pertama, ketika Kriteria Hisab Global Turki sudah masuk kriteria ( $5^{\circ}$ - $8^{\circ}$ ), namun di garis tanggal di Asia Tenggara, masih dibawah Ufuk. Kedua, terkait adanya pengecualian masuknya Bulan baru yaitu konjungsi terjadi sebelum terbit fajar di Selandia Baru (New Zealand), dan bagian daratan Benua Amerika sudah Imkan al-ru'yat.

*Keenam*, Nurul Laila, *Algoritma Astronomi Modern Dalam Penentuan Awal Bulan Qamariah (Pemanfaatan Komputerisasi Program Hisab Dan Sistem Rukyat On-Line)*, Jurisdictie, Jurnal Hukum dan Syariah, Volume 2, Nomor 2, Desember 2011, pada penelitiannya dia menemukan bahwa Astronomi berperan membantu dari aspek ilmiah dengan algoritma astronomi modern yang berkolaborasi dengan pemrograman komputer sehingga menghasilkan software-software yang berakurasi baik sehingga dapat dijadikan acuan dalam menentukan awal bulan kamariah<sup>31</sup>

---

<sup>31</sup> Nurul Laila, *Algoritma Astronomi Modern Dalam Penentuan Awal Bulan Qamariah (Pemanfaatan Komputerisasi Program Hisab Dan Sistem Rukyat On-Line)*, Jurisdictie, Jurnal Hukum dan Syariah, Volume 2, Nomor 2, Desember 2011,



## F. Metode Penelitian

### 1. Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam kategori Penelitian Kualitatif. <sup>32</sup>Penulis menggunakan metode ini dengan tujuan untuk memahami mengenai : 1) Algoritma dasar mengenai proses bulan dari Peter Duffett Smith untuk kemudian di aplikasikan dalam kajian hisab awal bulan Kamariah. 2) faktor-faktor penting untuk mengetahui tingkat akurasi perumusan yang sudah ada sejak zaman dahulu dengan tingkat akurasi Algoritma yang baru.

Jenis Penelitian yang digunakan oleh penulis adalah Kajian Kepustakaan (*Library research*) dengan maksud untuk mengumpulkan data-data hisab rukyat Kontemporer kemudian, menganalisis Algoritma Peter Duffett Smith sebagai salah satu algoritma dasar dalam hisab awal bulan Kamariah

### 2. Sumber Data

Data penelitian menurut sumbernya digolongkan menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder.<sup>33</sup>

---

<sup>32</sup>Penelitian Kualitatif adalah penelitian yang menghasilkan penemuan-penemuan yang tidak dapat dicapai (Diperoleh) dengan menggunakan prosedur-prosedur statistik atau dengan cara-cara lain dari Kuantifikasi (Pengukuran), Lihat Anselm Straus dan Juliet Corbin, *Dasar-Dasar Penelitian Kualitatif Prosedur, Teknik, dan Teori Grounded*, (Surabaya: PT Bina Ilmu 1997) h. 11

<sup>33</sup>Saifuddin Azwar, *Metode Penelitian*, (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, Cet-5, 2004), hlm. 91

a. Sumber Primer

Sumber primer diambil dari Algoritma Peter Duffett Smith yang berada pada Bukunya *Practical Astronomy With Your Calculator An Your Speedsheet*.

b. Sumber sekunder

Data sekunder diambil dari beberapa hasil penelitian yang terkait dengan hisab awal bulan Kamariah, , Astronomical Algorithms milik Jean Meeus, dan beberapa jurnal Ilmiah yang berkaitan dengan penelitian yang akan diteliti. Serta wawancara dengan beberapa Ahli yang menguasai bidang yang terkait dengan hisab awal bulan kamariah yang kemudian akan diuji dalam penerapannya.

3. Fokus Penelitian

Fokus penelitian yang diambil adalah tentang penerapan Algoritma milik Peter Duffett Smith dalam hisab awal bulan kamariah, yang mana nanti hasil dari implementasi tersebut akan di uji tingkat akurasi dengan algoritma yang sering digunakan di Indonesia, seperti Algoritma milik Jean Meeus. Selain itu juga untuk mengetahui sejauh mana akurasi dari data tersebut maka Penulis akan melakukan observasi sebagai tolak ukur akurasi algoritma tersebut.

4. Pengumpulan Data

a. Dokumentasi

Dokumentasi dilakukan dengan mengkaji sumber data primer dan sekunder, yang telah penulis sebutkan sebelumnya, kemudian

menyimpulkan hasilnya. Hasil itu selanjutnya akan dijadikan sebagai landasan dalam perumusan teori.

b. Observasi

Penulis juga menggunakan teknik observasi untuk membuktikan hasil penelitian penulis. Yakni dengan melakukan pengamatan terhadap kemunculan hilal dengan berdasarkan kepada hasil perhitungan dari algoritma Peter Duffett Smith yang telah diImplementasikan kedalam Hisab Awal bulan Kamariah , observasi dilakukan secara langsung yakni dengan rukyatul hilal dan juga tidak langsung,,yakni dengan mengumpulkan data-data hasil pengamatan sebelumnya yang telah dilaksanakan. Sebagai pembuktian dari hasil tersebut.

5. Analisis Data

Analisis data yang dilakukan oleh penulis adalah analisis deskriptif, verifikatif dan komparatif, dengan menggunakan dua model analisis tersebut penulis akan mendeskripsikan dan menguraikan algoritma-algoritma Peter Duffett Smith yang kemudian akan penulis Implementasikan ke hisab awal bulan kamariah.

Kemudian akan mencoba mengkaji tingkat akurasi dari algoritma tersebut dengan membandingkan kepada algoritma yang telah ada sebelumnya seperti milik Jean Meeus. Serta beberapa hisab awal bulan kamariah milik beberapa pakar ahli yang bergerak dibidang tersebut.

Penulis juga melakukan analisis eksperimen untuk mengetahui kelayakan dari algoritma tersebut ke dalam hisab awal

bulan kamariah, penulis akan berusaha menguji hasil dari penelitian tersebut dengan melakukan beberapa pengamatan baik secara langsung ataupun tidak langsung.

## **G. Sistematika Pembahasan**

Bab I, Pendahuluan, berisi Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan dan Manfaat Penelitian, Kajian Pustaka, Metode Penelitian, dan Sistematika Pembahasan.

Bab II, Hisab awal bulan Kamariah. Dalam Bab Ini akan membahas mengenai penjelasan mengenai awal mula perkembangan hisab awal bulan kamariah, model-model hisab awal bulan kamariah, dasar hukum awal bulan kamariah dan beberapa aliran-aliran hisab awal bulan kamariah yang telah ada dan berkembang hingga saat ini.

Bab III, Algoritma Peter Duffett Smith. Pada Bab ini penulis akan menjabarkan algoritma-algoritma yang telah di jelaskan dan dirangkum oleh Peter dalam buku karyanya. Yang kemudian akan di analisis pada bab selanjutnya

Bab IV, Analisis Implementasi dan Tingkat akurasi algoritma Peter Duffett Smith dalam hisab awal bulan kamariah. Pada bab ini akan diuraikan hasil analisis terhadap pengimplementasian algoritma Peter Duffett Smith dalam hisab awal bulan kamariah dan juga hasil uji tingkat akurasi dari algoritma tersebut berdasarkan perbandingan dengan algoritma Jean Meeus dan juga hasil pengamatan secara langsung dan tidak langsung.

Bab V, Penutup, dalam bab ini penulis akan menarik kesimpulan dari apa yang telah dipaparkan dan di analisis.

## BAB II

### HISAB AWAL BULAN KAMARIAH

#### A. Penentuan Awal Bulan Kamariah

##### 1. Tinjauan Umum Awal Bulan Kamariah

Penetapan awal bulan Kamariah menjadi suatu hal yang penting bagi segenap Umat muslim, hal itu dikarenakan banyak ibadah dalam islam yang pelaksanaannya berkaitan dengan perhitungan bulan Kamariah. Beberapa diantara ibadah-ibadah itu adalah awal Ramadhan, awal Syawal dan Dzulhijjah dan beberapa hari-hari besar Islam lainnya yang juga menggunakan perhitungan awal bulan Kamariah.<sup>1</sup>

Pada dasarnya penetapan awal Bulan Kamariah ini berkaitan dengan penentuan tanggal atau kalender. Penanggalan sendiri memiliki tiga macam sistem penanggalan, yaitu penanggalan yang berdasarkan pada peredaran Bumi mengelilingi Matahari (*Solar System*/ tahun surya atau dikenal dengan sistem *syamsiyah*), peredaran Bulan mengelilingi Matahari (*Lunar System*/ tahun candra atau dikenal dengan Kamariah) dan penggabungan antara pergerakan Bulan mengelilingi Bumi dengan pergerakan semu tahunan Matahari (*Luni Solar System*)<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Badan Hisab dan Rukyat Departemen Agama, *Almanak Hisab Rukyat*, (Jakarta: Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam, 1981), h. 98.

<sup>2</sup> Muhammad, Nashirudin, *Kalender Hijriah Universal*, (Semarang: El-Wafa. 2013), h. 29-34

Satu tahun Masehi (*Syamsiyah*) lamanya 365 hari untuk tahun pendek dan 366 hari untuk tahun panjang, berbeda dengan tahun Hijriyah (Kamariah) lamanya 354 hari untuk tahun pendek dan 355 hari untuk tahun panjang. Sehingga untuk perhitungan tahun Kamariah akan sedikit lebih cepat 10 sampai 11 hari setiap tahunnya bila dibandingkan dengan tahun Syamsiyah.<sup>3</sup>

Baik Tahun Masehi Ataupun Hijriyah sama-sama terdiri dari 12 bulan, akan tetapi dengan jumlah yang berbeda pada setiap bulannya. Pada tahun Masehi terdiri dari 30 hari dan 31 hari kecuali pada bulan februari yang hanya berumur 28 hari pada tahun pendek dan 29 hari pada tahun panjang. Sedangkan pada bulan Hijriyah jumlah hari pada tahun tersebut terdiri dari 29 hari atau 30 hari, tidak pernah kurang atau lebih.<sup>4</sup>

Penanggalan Hijriyah memiliki 12 bulan Kamariah yang diawali dengan bulan Muharram, selanjutnya bulan kedua adalah Shafar, ketiga Rabi'ul awal, keempat Rabi'ul Akhir, kelima Jumadil Ula, keenam Jumadil Tsaniyah, ketujuh Rajab, kedelapan Sya'ban, kesembilan Ramadhan, kesepuluh Syawal, kesebelas Dzulqo'dah dan terakhir Zulhijjah.<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup> Peradilan Agama, *Pedoman Perhitungan Awal Bulan Kamariah Dengan Ilmu Ukur Bola*, (Jakarta: Bagian Proyek Pembinaan Administrasi Hukum dan Peradilan Agama 1983) h. 1.

<sup>4</sup> Imas Musfiroh, *Hisab Awal Bulan Kamariah (Studi Komparatif Sistem Hisab Almanak Nautika dan Astronomical Algorithms Jean Meeus)* tesis, (Semarang : Pascasarjana Uin Walisongo Semarang) h. 21

<sup>5</sup> Imas Musfiroh, *Hisab Awal Bulan,....*h.21

Penetapan awal bulan Kamariah, untuk awal Ramadhan, Syawal dan Zulhijjah yang merupakan hasil Ijtihad sehingga memungkinkan untuk terjadinya perbedaan pandangan dan pendapat. Di Indonesia persoalan perbedaan ini sudah sering terjadi dan dirasakan Umat Islam Indonesia.<sup>6</sup> Bahkan kadang menyulut adanya perbedaan yang mengusik pada jalinan Ukhuwah Islamiyah.<sup>7</sup>

Pada penetapanya Sendiri awal bulan Kamariah terdapat dua macam metode yakni berdasarkan Rukyat hilal dan Hisab. Para Ulama' Berbeda pandangan dalam memahami penetapan awal bulan ini sehingga melahirkan perbedaan pendapat pada hal penetapanya. Beberapa ada yang berpendapat bahwa untuk penentuan awal bulannya harus berdasarkan pada rukyat atau melihat hilal yang dilakukan pada tanggal 29.<sup>8</sup>

Ada juga yang berpendapat bahwa rukyat dalam hadis-hadis hisab Rukyat termasuk *ta'qquli –ma'qul ma'na-* dapat dirasionalkan, diperluas dan dikembangkan. Sehingga ia dapat diartikan antara lain dengan “mengetahui” kendatipun bersifat *zanni* (dugaan kuat) tentang adanya hilal sekalipun tidak dapat dilihat misalnya berdasarkan pada hisab Falaki.<sup>9</sup>

---

<sup>6</sup> Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, *Pengantar Ilmu Falak Teori, Praktik, dan Fikih*, (Depok: PT RajaGrafindo Persada 2018) 69

<sup>7</sup> Ahmad Izzuddin, *Ilmu falak Praktis*, (Semarang : PT. Pustaka Rizki Putra 2012) h. 91

<sup>8</sup> Ahmad Izzuddin, *Ilmu falak Praktis*,.....,h. 92

<sup>9</sup> Slamet Hambali dan Ahmad Izzuddin , *Awal Ramadhan 1418 H dan Validitas Ilmu hisab Rukyat*, dalam *wawasan*, 30 desember 1997, h. 2

Salah satu pihak ada yang mengharuskan dengan rukyat saja dan ada pihak yang membolehkannya dengan hisab. Beberapa golongan rukyat pun masih memiliki hal-hal yang diperselisihkan seperti pada golongan hisab. Sehingga masalah penentuan awal bulan ini, khususnya yang berhubungan dengan bulan-bulan ibadah, selalu menjadi hal yang sensitif dan dikhawatirkan oleh pemerintah, dikarenakan sering sekali terjadi perselisihan di kalangan Masyarakat hanya karena berbeda hari dalam .<sup>10</sup>memulai dan mengakhiri puasa Ramadhan,

Secara teknis ilmiah, posisi dan gerakan benda-benda langit sudah dapat dihitung, yaitu dengan ilmu astronomi modern dan bantuan komputer yang sangat teliti. Tidak hanya hilal yang ada pada setiap awal bulan. Perhitungan gerhana bulan maupun matahari yang relatif jarang pun bisa diperkirakan melalui perhitungan yang sangat teliti. Bahkan untuk peristiwa langka seperti penampakan komet yang terjadi setiap puluhan tahun bahkan ratusan tahun sekali dapat diperhitungkan dengan baik.<sup>11</sup>

Saat ini metode hisab yang menggunakan Komputer memiliki tingkat ketelitian yang jauh lebih tinggi dan akurat. Bahkan saat ini telah banyak berkembang perangkat lunak (*software*) yang lebih praktis untuk digunakan. Dengan adanya program komputer

---

<sup>10</sup> Kemenag, *Almanak Hisab Rukyat*. (Jakarta: kementerian Agama RI 2010) h.25

<sup>11</sup> Eni Nuraeni Maryam, *Sistem Hisab Awal Bulan Kamariah Dr. Ing. Khafid dalam program Mawaqit*, jurnal al Marshad vol 2 no 1 206, h.22



ini, siapapun akan dapat dengan mudah menggunakannya untuk menghitung posisi Bulan dan Matahari.<sup>12</sup>

## 2. Dasar Hukum Penetapan Awal Bulan Kamariah

### a. Dasar Hukum Al-Qur'an

Surat al Baqarah (2) ayat 189

يَسْأَلُونَكَ عَنِ الْأَهْلِ قُلْ هِيَ مَوَاقِيتُ لِلنَّاسِ وَالْحَجِّ وَلَيْسَ الْبِرُّ بِأَنْ تَأْتُوا الْبُيُوتَ مِنْ  
ظُهُورِهَا وَلَكِنَّ الْبِرَّ مَنِ اتَّقَى وَأْتُوا الْبُيُوتَ مِنْ أَبْوَابِهَا وَاتَّقُوا اللَّهَ لَعَلَّكُمْ تُفْلِحُونَ ١٨٩

13

“Mereka bertanya kepadamu tentang bulan sabit. Katakanlah: Bulan sabit itu adalah tanda-tanda waktu bagi manusia dan (bagi ibadah) haji, dan bukanlah kebajikan memasuki rumah-rumah dari belakangnya, tetapi kebajikan itu ialah kebajikan orang yang bertakwa. Dan masuklah ke rumah-rumah itu dari pintu-pintunya; dan bertakwalah kepada Allah agar kalian beruntung.<sup>143</sup>” (Q.S. Al-Baqarah [2]: 189)

Ibnu Katsir dalam tafsirnya menjelaskan makna *Ah-hilah* (bulan sabit) sebagai penanda waktu masuknya awal bulan Kamariah. Khususnya pada awal bulan puasa. Hal tersebut berdasarkan pada hadis Nabi SAW yang diriwayatkan ‘Abdurrazaq dari Ibnu ‘Umar, bahwasanya Rasulullah SAW bersabda: “ Allah menjadikan bulan sabit sebagai penentu waktu bagi manusia. Maka berpuasalah kalian karena kalian telah

---

<sup>12</sup> Eni Nuraeni Maryam, *Sistem Hisab Awal Bulan Kamariah*,.....h.22

<sup>13</sup> Kementerian Agama RI, *Al-Qur'anul Karim*, (Bandung: Sygma 2014)

<sup>14</sup> Kementerian Agama RI, *Al-Qur'anul*,.....h.196

melihatnya dan berbukalah karena melihatnya juga. Jika mendung, maka genapkanlah menjadi 30 hari.<sup>15</sup>

Surat At – Taubah ayat 36,

إِنَّ عِدَّةَ الشُّهُورِ عِنْدَ اللَّهِ اثْنَا عَشَرَ شَهْرًا فِي كِتَابِ اللَّهِ يَوْمَ خَلَقَ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ مِنْهَا  
أَرْبَعَةٌ حُرْمٌ ذَلِكَ الْدِينُ الْقَيِّمُ فَلَا تَظْلِمُوا فِيهِنَّ أَنْفُسَكُمْ وَقَاتِلُوا الْمُشْرِكِينَ كَافَّةً كَمَا يُقَاتِلُونَكُمْ  
كَافَّةً وَاعْلَمُوا أَنَّ اللَّهَ مَعَ الْمُتَّقِينَ ٣٦<sup>16</sup>

“Sesungguhnya jumlah bulan menurut Allah ialah dua belas bulan, (sebagaimana) dalam ketetapan Allah pada waktu Dia menciptakan langit dan bumi, di antaranya ada empat bulan haram. Itulah (ketetapan) agama yang lurus, maka janganlah kamu menzalimi dirimu dalam (bulan yang empat) itu, dan perangilah kaum musyrikin semuanya sebagaimana mereka pun memerangi kamu semuanya. Dan ketahuilah bahwa Allah beserta orang-orang yang takwa” (QS. At-Taubah :36)<sup>17</sup>

Abu Ja’far At-Thabari dalam tafsirnya menjelaskan maksud dari firman Allah إِنَّ عِدَّةَ “*sesungguhnya bilangan*” yang dimaksud adalah jumlah bulan dalam satu tahun. Kemudian ayat selanjutnya, عِنْدَ اللَّهِ اثْنَا عَشَرَ شَهْرًا فِي كِتَابِ “*pada sisi Allah adalah dua belas bulan, dalam ketetapan Allah*” yaitu, pada kitab yang di

---

<sup>15</sup> ‘Abdullah bin Muhammad bin Abdurahman bin Ishaq Alu Syaikh, *Tafsir Ibnu Katsir jilid 1*, terj. M. ‘Abdul Ghoffar, ( Jakarta: Pustakan Imam Asy-Syafi’i, 2008) h. 460

<sup>16</sup> Penerbit Ma’sum, *Al-Qur’an dan Tajwid*, (Solo : Ma’sum, 2009) h. 153

<sup>17</sup>Departemen Agama RI, *Al-Hikmah Al-Qur’an dan Terjemahnya*,(Bandung : CV Penerbit Diponegoro, 2008) h. 192

dalamnya Allah SWT mencatat semua yang telah Dia tetapkan berdasarkan *qadha*-Nya.<sup>18</sup>

Surat Al-Israa ayat 12

وَجَعَلْنَا اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ آيَاتٍ فَمَحَوْنَا آيَةَ اللَّيْلِ وَجَعَلْنَا آيَةَ النَّهَارِ مُبْصِرَةً لِّتَبْتَغُوا فَضْلًا مِّن رَّبِّكُمْ وَلِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ وَالْحِسَابَ وَكُلُّ شَيْءٍ فَصَلَّنَاهُ تَفْصِيلًا ۝ ۱۲

“Dan Kami jadikan malam dan siang hari sebagai dua tanda, lalu Kami hapuskan tanda malam dan Kami jadikan tanda siang itu terang, agar kalian mencari karunia dari Tuhan kalian, dan supaya kalian mengetahui bilangan tahun-tahun dan perhitungan. Dan segala sesuatu telah Kami terangkan dengan jelas.” (Q.S. Al-Israa : 12)

Maksud ayat ini adalah Allah SWT berfirman, “Di antara nikmat Allah kepada kalian adalah, membedakan antara tanda-tanda siang dan malam, dengan menggelapkan malam dan menerangkan siang, agar kalian berdiam diri pada malam hari dan berusaha mencari rezeki Allah yang telah ditakdirkan-Nya bagi kalian pada siang hari. Juga agar kalian mengetahui bilangan tahun, berakhirnya tahun, permulaan masuknya tahun dan perhitungan waktu siang dan malam serta waktu-waktunya.”<sup>19</sup>

---

<sup>18</sup> Abu Ja'far Muhammad bin Jarir Ath-Thabari, *Tafsir Ath-Thabari jilid 12*, terj. Abdul Somad, dkk. (Jakarta : Pustaka Azzam 2008) h. 750-751

<sup>19</sup> Abu Ja'far Muhammad bin Jarir Ath-Thabari, *Tafsir Ath-Thabari jilid 16*, terj. Abdul Somad, dkk. (Jakarta : Pustaka Azzam 2008) h. 555

## b. Dasar hukum Hadist

Hadist riwayat Muslim dari Ibnu Umar

عن ابن عمر رضي الله عنهما قال: قال رسول الله صلى الله عليه وسلم إنما الشهر تسع وعشرون فلا تصوموا حتى تروه ولا تفطروا حتى تروه فإن غم عليكم فاقدروا له<sup>20</sup>(روه مسلم)

“Dari Ibnu Umar r.a. berkata: Rasulullah SAW. Bersabda satu bulan hanya 29 hari, maka jangan kamu berpuasa sebelum melihat bulan, dan jangan berbuka sebelum melihatnya dan jika tertutup awan maka perkirakanlah. (H.R.Muslim)

Hadist Nabi SAW

عن أبي هريرة رضي الله عنه, قال : قال رسول الله صلى الله عليه وسلم إذا رايتمو الهلال فصوموا وإذا رايتموه فافطروا فإن غم عليكم فصوموا ثلاثين يوماً<sup>21</sup>(روه مسلم)

“Abu Hurairah r.a berkata : Rasulullah SAW bersabda: jika kamu melihat hilal maka berpuasalah, dan bila kamu maka berbukalah. Bila hilal itu tertutup awan maka hendaklah Kalian berpuasa selama 30 hari<sup>22</sup>” (H.R. Muslim)

## 3. Hisab Awal Bulan Kamariah

### a. Pengertian Hisab dan dasar hukumnya

Kata hisab berasal dari bahasa arab yaitu **حسب يحسب حسابا** yang artinya menghitung.<sup>23</sup> Dalam bahasa inggris kata ini disebut

---

<sup>20</sup> Abu al-Husain Muslim bin al-Hajjaj al-Naisaburi, *Sahih Muslim*, (Riyad: Bait al-Afkar al-Dauliyyah, 1998) h. 418

<sup>21</sup> Abu al-Husain Muslim bin al-Hajjaj al-Naisaburi, *Sahih Muslim*,.....,h. 419

<sup>22</sup> Ahmad Ali, *Kitab Shahih Al-Bukhari dan Muslim, terj* (Jakarta : Alita Akasara Media,2013) h. 291

<sup>23</sup> Ahmad Warson Munawwir, *Al-Munawir: Kamus Arab Indonesia*,(Surabaya: Pustaka Progresif, 1997) h. 261.

dengan *Aritmatic* yakni ilmu hitung.<sup>24</sup> Ilmu yang mengkaji tentang seluk beluk perhitungan.<sup>25</sup>

Kata hisab pada Kamus Ilmu falak di artikan sebagai “Perhitungan”.<sup>26</sup> Dalam arti luas Ilmu hisab adalah pengetahuan yang membahas mengenai seluk beluk pada perhitungan. Sedangkan pada pengertian sempitnya, ilmu hisab juga disebut dengan ilmu falak, lebih tepatnya adalah ilmu pengetahuan yang membahas posisi dan lintasan benda-benda langit, mengenai Matahari, Bulan dan Bumi dari segi perhitungan ruang dan waktu.<sup>27</sup>

Dalam literatur-literatur klasik, ilmu hisab pun sering disamakan dengan ilmu falak <sup>28</sup>, *rasd*, *miqat* dan *haiah*. Bahkan beberapa ada yang mengkaitkannya dengan Ilmu Astronomi. Ilmu pengetahuan yang mana mengkaji secara mendalam mengenai lintasan-lintasan benda-benda langit seperti Matahari, Bulan, Bintang dan benda-benda langit yang lain.

salah satu ayat yang menerangkan mengenai hisab adalah Surat Ar-Rahman ayat 5, Allah SWT berfirman:

---

<sup>24</sup> John M, Echols, *Kamus Inggris Indonesia*, (Jakarta: PT Gramedia, 2005) h. 27

<sup>25</sup> Dito Alif Pratama, “Penentuan Awal Bulan Qomariah di Indonesia”, (Laporan Hasil Penelitian Mahasiswa: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Iain Walisongo Semarang tahun 2013) ,h. 22

<sup>26</sup> Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, (Yogyakarta: Buana Pustaka 2005) h. 30

<sup>27</sup> Dito Alif Pratama, “Penentuan Awal Bulan,.....”,h. 23,

<sup>28</sup> Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1*, (Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo Semarang 2011) h. 3

“Matahari dan Bulan (beredar) menurut perhitungan”<sup>30</sup>(Q.S. Ar-Rahman (5))

Kata *husban* (حِسْبَان) berasal dari kata *hisab* (حِسَاب) yakni perhitungan. Penambahan huruf (ا) *alif* dan (ن) *nun* pada kata tersebut mengandung kata ketelitian dan kesempurnaan. Matahari bukanlah planet terbesar di alam raya ini, yang dibuktikan dengan semakin banyaknya benda-benda angkasa yang besar dan panasnya diketahui lebih dari pada matahari.<sup>31</sup>

Perjalanan Matahari dan Bulan adalah dengan perhitungan yang tepat. Tidak pernah terjadi perbenturan dan kekacauan. Perjalanan bulan mengelilingi matahari sebenarnya ialah perjalanan bumi mengelilingi bulan teratur 365 hari dalam setahun, sedangkan perjalanan bulan dikurangi 11 menjadi 354 hari. Dalam perjalanannya waktu selama setahun, terdapat beberapa musim, diantaranya musim gugur, musim semi, musim dingin dan musim panas.<sup>32</sup> Dalam hadis juga dijelaskan mengenai penentuan awal bulan, salah satunya hadis yang diriwayatkan oleh Abu Hurairah berikut:

---

<sup>29</sup> Departemen Agama RI, *Al-qur'an dan Terjemahnya*, (Semarang: Alwaah, 1993), h.885

<sup>30</sup> Departemen Agama RI, *Al-qur'an*,.....,h.885

<sup>31</sup> M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Misbah*, (Jakarta: Lentera Hati, 2002), h. 497

<sup>32</sup> Hamka, *Tafsir Al Azhar*, Juz XXVII (Jakarta: Pustaka Panjimas, 1983), H. 182

حدثنا ابوبكر ابن ابي شيبة, حدثنا محمد ابن بشر العبدي, حدثنا عبيد الله ابن عمر, عن ابي الزناد,  
عن الأعرج , عن أبي هريرة قال : ذكر رسول الله صل الله عليه وسلم الهلال فقال: (إذا رأيتموه  
فصوموا, وإذا رأيتموه فأفطروا , فإن أعمي عليكم, فعدوا ثلاثين)<sup>33</sup> (روه مسلم)

"Abu Bakar bin Abi Syaybah menceritakan, Muhammad bin Bisyr al-'abdi menceritakan, 'Ubaidillah bin Umar Menceritakan dari, Abi Zanaad, dari al-'Araj., dari Abu Hurairah r.a berkata: Rasulullah SAW menyebutkan tentang hilal beliau bersabda: ketika kalian melihatnya maka berpuasalah, dan ketika kalian melihatnya maka berbukalah, maka apabila tidak terlihat, maka genapkanlah 30 (H.R Muslim)

Hadis nabi diatas menjelaskan mengenai hilal, barang siapa yang melihat hilal maka diperbolehkan untuk berpuasa dan ketika ia melihat hilal kembali maka diperbolehkan baginya berbuka, dalam artian puasanya telah berakhir. Dikarenakan perputaran hilal terjadi selama 1 bulan atau sekitar 29 hari.

Selanjutnya pandangan Mazhab syafi'i mengenai hisab adalah sebagai berikut :

لو شهد برؤية الهلال واحد أو اثنان واقتضى الحساب عدم إمكان رؤيته. قال السبكي لا  
تقبل هذه الشهادة لأن الحساب قطعي والشهادة ظنية والظن لا يعارض القطع. وأطال في  
بيان رد هذه الشهادة<sup>34</sup>.

---

<sup>33</sup> Abu al-Husain Muslim bin al-Hajjaj al-Naisaburi, *Sahih Muslim*, (Riyad: Bait al-Afkar al-Dauliyyah, 1998) h. 420

<sup>34</sup> Abi Bakr Ibn al-Sayyid Muhammad Shatha al-Dimyathi., *Hashiyah I'annah al-Thalibin 'ala Hal Alfaz Fathju al-Mu'in Li Sharh Qurrah al-'Ain Bi al-Muhimmah al-Din, Juz II*, (Beirut : Darul Fikr. Tt) h.216

“jika satu atau dua orang bersaksi dengan rukyatul hilal sedangkan berdasarkan hisab hilal tidak mungkin dirukyat. Menurut Subki, tidak dapat diterima persaksian ini dikarenakan hisab itu bersifat qath’i dan rukyat itu bersifat zanniy, dan zanniy tidak dapat mengalahkan qath’i”<sup>35</sup>

Awal bulan dapat ditetapkan pada hisab qath’i dengan keterkaitannya dengan rukyat, akan tetapi harus berdasarkan pada 3 hal: a) pasti tidak memungkinkan untuk dilihat b) mungkin untuk dilihat, c) pasti terlihat.<sup>36</sup>

Pada kenyatannya para pakar astronomi Muslim dari masa ke masa telah memberikan banyak kontribusi terhadap perkembangan ilmu falak terkait dengan waktu-waktu ibadah umat Islam yang pada saatnya ilmu falak menjadi semakin penting. Tidak sedikit ulama khususnya pada kalangan Syafi’iyah yang menempatkan hasil hisab sebagai alat untuk menguji keabsahan rukyat, kesaksian seseorang yang melihat hilal tertolak bila data hisab astronomi menyatakan hilal belum terlihat atau berada pada posisi yang tidak memungkinkan untuk terlihat.<sup>37</sup>

## **b. Perkembangan Hisab**

Pada zaman sekarang ini metode hisab telah mengalami perkembangan yang sangat pesat sejalan dengan berkembangnya

---

<sup>35</sup> Muhammad faishol Amin, “Metode penentuan awal Bulan Kamariah perspektif Empat Mazhab”, *Hayula: Indonesian Journal of Multidisciplinary Islamic Studies*, Vol. 2 No. 1 (2018) h. 25

<sup>36</sup> Muhammad faishol Amin, “Metode,.....,h. 25-26

<sup>37</sup> Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, *Pengantar Ilmu falak Teori, Praktik, dan Fikih*, (Depok: Rajawali Press 2018) h. 77



ilmu pengetahuan dan teknologi. Hal ini kemudian memunculkan beragam model teknik hisab yang bervariasi, dari cara pendekatan perkiraan, yakni pendekatan dengan metode yang tidak terlalu akurat, hingga pendekatan Astronomis yang memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi.<sup>38</sup> pada perkembangannya metode hisab yang sering digunakan ini terbagi menjadi dua macam yaitu, hisab ‘*urfi* dan hisab *hakiki*. Berikut penjelasannya:

1. Hisab ‘*Urfi*

Hisab ‘*Urfi* adalah sistem perhitungan yang didasarkan pada peredaran rata-rata bulan mengelilingi bumi dan ditetapkan secara konvensional. Sistem hisab ini tidak berbeda dengan kalender masehi. Bilangan hari pada tiap bulan berjumlah tetap kecuali untuk tahun-tahun tertentu yang jumlahnya lebih panjang satu hari. Walau demikian sistem ini tidak dapat digunakan untuk menentukan awal bulan Kamariah dalam penentuan waktu-waktu ibadah. Karena pada sistem ini umur bulan Sya’ban dan Ramadhan adalah tetap yaitu 29 hari untuk Sya’ban dan 30 hari untuk Ramadhan.<sup>39</sup> Perhitungan hisab ini dilakukan dengan memperhatikan:

- a. Kalender Kamariah akan berulang dengan siklus 30 tahunan.

---

<sup>38</sup> Imas Musfiroh, *Hisab Awal Bulan*,....h.24

<sup>39</sup> Suksiknan Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*, (Yogyakarta: Pustaka Pelajar)., h. 66

- b. Umur bulan Kamariah adalah 29 dan 30 hari secara bergantian, kecuali pada bulan Zulhijjah yang bertepatan dengan tahun kabisat, umur bulan ditambah 1 hari menjadi 30 hari. Tahun kabisat sendiri jatuh pada tahun ke 2, 5, 7, 10, 13, 15, 18,21, 24, 26 dan 29. Jadi dalam siklus 30 tahunan, akan terdapat 11 tahun kabisat (panjang), dan 19 tahun basitah (pendek).<sup>40</sup>
- c. Cara menentukan tahun kabisat dilakukan dengan angka-angka di atas 2,5,7,26, sampai dengan 29, maka tahun tersebut adalah tahun kabisat.

Pada hisab *'Urfi*, umur bulan ditentukan secara tradisional dan tidak diketahui alasannya. Bulan asal ditentukan berumur 30 hari, sedangkan untuk bulan genap ditentukan berumur 29 hari, kecuali bulan Zulhijjah yang dapat berumur 29 hari dalam tahun basitah, atau berumur 30 hari pada tahun kabisat.<sup>41</sup>

Hisab *urfi* ini sangat praktis untuk menyusun penanggalan Kamariah. Namun, karena ia tidak bisa menggambarkan penampakan hilal, ia tidak cukup teliti untuk keperluan penentuan waktu ibadah.<sup>42</sup>

---

<sup>40</sup> Imas Musfiroh, *Hisab Awal Bulan*,.....h.21

<sup>41</sup> Tono Saksono *Mengkompromikan*,.....h. 143

<sup>42</sup> Farid Ruskanda, *100 Masalah Hisab Rukyat*, (Jakarta: Gema Insanai Press, 1996), h. 31

## 2. Hisab Hakiki

Hisab hakiki adalah hisab yang berdasarkan pada perhitungan matematik dan astronomis akan tetapi tingkat perhitungannya bermacam-macam, dari yang masih berupa pendekatan-pendekatan kasar hingga pendekatan yang sangat teliti. Dari yang hanya menggunakan tabel-tabel dan melakukan hitungan—hitungan interpolasi sederhana sampai perhitungan yang kompleks dengan bantuan komputer berdasarkan perhitungan trigonometri bola.<sup>43</sup>

Hisab hakiki terbagi menjadi dua bagian, diantaranya:

- a) Hisab Hakiki Taqribi, adalah sistem hisab yang sedikit lebih akurat. Beberapa literatur yang termasuk kedalam hisab ini antara lain : “*Badi’ah al Mitsal*” Karya Ma’sum Jombang,”*al Khulashah al-Wafiyah*” karya Zubair Umar Jailaini, “*Tadzkirah al-Ikhwan*” karya Ahmad Dahlan Semarang, “Menara Kudus” Karya Turaihan Adjhuri.
- b) Hisab Hakiki Tahkiki yaitu sistem hisab yang menggunakan metode perhitungan yang berdasarkan teori-teori astronomi modern dan ilmu ukur segitiga bola serta berdasarkan pengamatan baru.<sup>44</sup> Metode ini ditemukan oleh Husain Zaid, yaitu seorang ahli astronomi dan falak Mesir. Metode ini mengacu pada data astronomi

---

<sup>43</sup> Tono Saksono *Mengkompromikan*,.....h. 145

<sup>44</sup> Uum Jumsa, *ILMU FALAK Panduan Praktis Menentukan Hilal*, (Bandung: Humaniora 2006) h.5

*al-Matla' al-Sa'ad*. Data astronomi ini lebih baru dibandingkan dengan data astronomi yang digunakan sebelumnya pada hisab hakiki taqribi.<sup>45</sup>

### 3. Hisab Kontemporer

Hisab Kontemporer adalah sistem hisab dengan tingkat akurasi yang tinggi, hisab ini menggunakan rumus-rumus algoritma matematika yang telah dikembangkan selain itu juga memiliki nilai ketelitian yang tinggi. Sistem hisab ini kompleks dengan kemajuan sains dan teknologi saat ini. Rumus-rumus yang digunakan lebih disederhanakan sehingga lebih mudah untuk digunakan dan menghitungnya dapat menggunakan kalkulator atau Komputer (PC). Beberapa literatur yang masuk kedalam kategori hisab kontemporer adalah seperti Jean Meeus, Almanak Nautika, New Comb, dan Ephemeris Hisab Rukyat Kemenag RI.

#### c. Aliran Hisab di Indonesia

Pada perkembangannya hisab tidak hanya pada teknik perhitungan dan data-data peregerakan benda langit saja. Akan tetapi tidak kalah pentingnya ialah dengan muncul serta berkembangnya beberapa Aliran dalam Hisab. Mazhab-mazhab tersebut adalah sebagai berikut:

---

<sup>45</sup> Fairuz Sabiq, "*Telaah Metodologi Penetapan Awal Bula Qamariah di Indonesia*", Tesis (Pascasarjana IAIN Walisongo Semarang, 2007), h. 105

1) Mazhab yang berpedoman pada ijtimak<sup>46</sup>

Pada golongan ini menetapkan bahwa masuknya awal bulan adalah ketika terjadinya Ijtimak (*conjunction*). Golongan ini kemudian terbagi menjadi beberapa bagian, diantaranya:

a) Ijtimak *qabla al-ghurub*

Golongan ini menetapkan bahwa jika ijtimak terjadi sebelum Matahari terbenam, maka malam harinya sudah dianggap bulan baru. Jika ijtimak terjadi setelah Matahari terbenam, maka malam itu dan keesokan harinya ditetapkan sebagai tanggal 30 bulan yang sedang berlangsung.<sup>47</sup>

Pada ijtimak *qabla al-ghurub*, kondisi rukyat hilal (apakah hilal nampak secara visual atau tidak) dianggap tidak terlalu penting sepanjang faktor-faktor kelahiran hilal secara astronomis sudah ada (wujud).<sup>48</sup>

b) Ijrimak *qabla al-Fajr*

Pada golongan ini menghendaki bahwa bulan Kamariah dimulai dengan kejadian ijtimak yang sebelum fajar, maka pada malam itu sudah dianggap masuk awal bulan baru. Walaupun pada saat Matahari terbenam pada malam itu belum terjadi ijtimak.<sup>49</sup>

---

<sup>46</sup> Imas musfiroh *Hisab Awal Bulan*,....h.30

<sup>47</sup> Susiknan Azhari, *Ensiklopedi*,.....h. 9

<sup>48</sup> Tono Saksono *Mengkompromikan*,..... h.145

<sup>49</sup> Imas

Sama halnya dengan ijtimak *qabla al-ghurub* , golongan ini juga menyatakan bahwa kondisi rukyat hilal dianggap tidak penting selama persyaratan astronomisnya terpenuhi. Yang membedakan hanya pada waktu penentapannya.<sup>50</sup>

c) Ijtimak sejak terbit Matahari

Golongan ini menyatakan bahwa apabila ijtimak terjadi di siang itu, yakni sejak terbitnya Matahari tersebut maka malamnya sudah termasuk Bulan baru. Sebaliknya apabila ijtimak terjadi pada malam hari maka awal bulan dimulai pada hari esoknya.<sup>51</sup>

d) Ijtimak *qabla zawal*

Kriteria ini menetapkan apabila ijtimak terjadi sebelum tengah hari (*zawal*), maka pada hari itu sudah termasuk awal bulan baru. Akan tetapi bila terjadi ijtimaknya setelah *zawal* maka hari itu belum memasuki awal bulan baru.

e) *Ijtimak* sebelum tengah malam

Aliran ini menyatakan bahwa apabila ijtimak itu terjadi sebelum tengah malam, maka sejak tengah malam itu sudah masuk awal bulan baru, akan tetapi jika sebaliknya maka setelah tengah malam itu masih

---

<sup>50</sup> Tono Saksono *Mengkompromikan*,..... h.146

<sup>51</sup> Susiknan Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat*, (Yogyakarta: Pustaka Pelajar)., h.96

termasuk pada bulan yang sedang berlangsung dan awal bulannya akan ditetapkan pada malam berikutnya.

2) Mazhab yang berpedoman pada posisi hilal di atas ufuk.

Para penganut mazhab ini menetapkan bahwa awal bulan itu dimulai sejak Matahari terbenam setelah ijtimak dan hilal pada saat itu sudah berada di atas ufuk. Pada golongan ini juga terbagi menjadi beberapa bagian, diantaranya:

a) Golongan yang berpedoman posisi hilal diatas ufuk hakiki.

Golongan ini menyatakan bahwa awal bulan Kamariah posisi hilal harus berada di atas ufuk hakiki, yaitu bidang datar yang melalui titik pusat Bumi dan tegak lurus terhadap garis vertikal si pengamat.<sup>52</sup> Sistem ini berpendapat bahwa apabila ijtimak hilal sudah wujud di atas ufuk hakiki ketika matahari telah tenggelam, maka malamnya telah dianggap bulan baru.

b) Golongan yang berpedoman posisi hilal di atas ufuk mar'i

Golongan ini menyatakan bahwa apabila hilal telah wujud ketika Matahari tenggelam, dengan menggunakan dasar perhitungan ufuk mar'i atau *visibel horizon* yaitu bidang datar yang merupakan batas

---

<sup>52</sup> Departemen agama ri, *Almanak Hisab Rukyat*, (Jakarta:Kementrian Agama RI) h. 10

pandangan mata pengamat maka telah masuk awal bulan baru. Pada aliran ini diperhitungkan ufuk hakiki dengan koreksi terhadap refraksi, paralaks, semi diameter Bulan dan kerendahan ufuk (Dip).<sup>53</sup>

c) Golongan yang berpedoman pada posisi hilal *Imkanurrukyat*

Golongan ini menghisab posisi Bulan yang memungkinkan Bulan itu dapat di rukyat. Pada golongan ini ditetapkan beberapa syarat penampakan hilal yang mungkin dapat dilihat. MABIMS<sup>54</sup> menetapkan beberapa syarat bahwa Kalender Hijriyah ditentukan dengan hisab dengan catatan bahwa ketinggian hilal untuk negara-negara yang termasuk didalamnya sudah mencapai standar 2 derajat di atas ufuk *mar'i* dengan jarak Matahari-Bulan minimal 3 derajat dan umur Bulan setelah ijtimak 8 jam.<sup>55</sup>

---

<sup>53</sup> Tono saksono *Mengkompromikan*,.....h.150

<sup>54</sup> MABIMS merupakan negara-negara yang tergabung dalam permasalahan penentuan awal bulan Kamariah dan mencari kriteria yang tepat dalam menentukannya. Negara tersebut beranggotakan Menteri Agama dari Negara Malaysia, Brunei Darussalam, Indonesia dan Singapura. Sesuai dengan namanya, Jawatan Kuasa bertujuan untuk membahas dan merumuskan kaidah-kaidah untuk menyusun *Taqwim Islam* dan kerjasama dalam pelaksanaan rukyat. Jawatan Kuasa ini telah menghasilkan *Taqwim Hijriah* sampai tahun 1442/2020 Masehi dan Buku Panduan Hisab Rukyat sebagai pedoman.

<sup>55</sup> Kemenag *Almanak Hisab Rukyat*. (Jakarta: kementerian Agama RI.2010) h, 43



#### 4. Hisab Praktis Awal Bulan Kamariah Sistem Ephemris

Hisab awal bulan Kamariah sistem ephemeris ini adalah sistem hisab yang dikembangkan oleh Departemen Agama RI dengan menggunakan data-data kontemporer. Berikut ini langkah-langkahnya:

Hal pertama yang harus dilakukan adalah menentukan Lintang, bujur dan Ketinggian tempat yang akan dihitung. Selanjutnya sebagai berikut:

- a. Menghitung perkiraan Akhir bulan
- b. Menghitung Ijtimak
  - 1) Mencari FIB (Fraction Iluminasi Bulan) terkecil pada tanggal yang telah ditentukan
  - 2) Mencari nilai ELM (*Thul al-Syamsi*)<sup>56</sup> pada jam GMT
  - 3) Mencari Nilai ALB (*Thul al-Qamr*)<sup>57</sup> pada jam GMT
  - 4) Mencari *Sabak* Matahari perjam, dengan menghitung selisih antara ELM
  - 5) Mencari *Sabak* Bulan perjam, dengan menghitung selisih antara ALB Pada jam GMT

---

<sup>56</sup> *Thul al-Syamsi* adalah matahari terbit, yang dalam astronomi dikenal dengan *sunrise*. Lihat Muhyiddi Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, (Jogjakarta: Buana Pustaka, 2005), h. 84

<sup>57</sup> *Thul al-Qamr* adalah bujur sepanjang lingkaran ekliptika ke arah timur diukur dari titik Aries sampai bujur astronomi yang melewati bulan. Dalam ilmu falak dikenal pula dengan nama *taqwimu Qamar* atau *Muqawwamul Qamar* atau biasa disebut dengan "Bujur Astronomi Bulan". Lihat Muhyiddi Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, (Jogjakarta: Buana Pustaka, 2005), h. 84

- 6) Menghitung waktu Ijtimak dengan menggunakan Rumus :

$$\text{Jam FIB} + \frac{(\text{ELM}-\text{ALB})}{60} + 7 \text{ Jam WIB} \\ (\text{SB} - \text{SM})$$

- c. Menghitung posisi dan keadaan Hilal

- 1) Mengetahui hasil Ijtimak pada bulan yang akan dihitung dengan menggunakan langkah-langkah sebelumnya
- 2) Mencari sudut waktu Matahari ( $t_o$ ) dan saat Matahari Tenggelam, dengan mencari data-data berikut ini:
  - Data deklinasi Matahari pada waktu ijtimak
  - Nilai Equation of Time
  - Nilai Dip (Kerendahan Ufuk)
  - Refraksi, dan
  - Semi Diameter.

- 3) Menghitung ketinggian Matahari dengan Rumus berikut:

$$h = 0 - SD - \text{Refr} - \text{Dip}$$

- 4) Menghitung sudut waktu ketika Matahari Terbenam dengan menggunakan rumus, yaitu

$$\cos t_o = -\tan LT \times \tan \delta^m + \sin h : \cos LT : \cos \delta^m$$

- 5) Mencari nilai saat Matahari Terbenam dengan menggunakan Rumus :

$$t_o : 15 + 12 - e + \text{Koreksi Waktu Daerah ( bujur daerah - bujur tempat) : 15}$$

- 6) Mencari nilai Azimuth Matahari Saat Terbenam ( $A_0$ ) dengan menggunakan Rumus:

$$\text{Cotan } A_0 = -\sin LT : \tan to + \cos LT \times \tan \delta^m$$

$$: \sin to$$

- 7) Menentukan *Apparent Right Ascension*<sup>58</sup> Matahari (*al-Mathalai' al-baladiyah*) dengan rumus Ta'dil :

$$A - (A - B) \times C : I$$

**A = Data satar awal**

**B = Data satar tsani**

**C = tambah waktu/data yang dicari**

**I = Selisih dari satar awal dengan satar tsani**

- 8) Menentukan *Apparent Right Ascension* Bulan (*al-Mathalai' al-baladiyah*) dengan rumus Ta'dil :

$$A - (A - B) \times C : I$$

- 9) Menentukan Sudut waktu Bulan dengan menggunakan rumus :

$$t_c = AR_0 - AR_c + to$$

- 10) Menentukan Deklinasi Bulan ( $\delta_c$ ) dengan rumus Ta'dil :

$$A - (A - B) \times C : I$$

- 11) Menentukan Tinggi Hilal Hakiki ( $h_c$ ) dengan rumus:

$$\text{Sin } h_c = \sin LT \times \sin \delta_c + \cos LT \times \cos \delta_c \times \cos t_c$$

---

<sup>58</sup> *Apparent Right Ascension* atau ascensio recta adalah jarak titik pusat bulan dari aries diukur sepanjang lingkaran ekuator. Baca Suksinan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, (Yogyakarta : Pustaka Pelajar, 2008) h. 33

Untuk mengetahui nilai dari ketinggian hilal mari' memerlukan beberapa koreksi langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1) Menentukan Nilai *Parallak* untuk mengurangi nilai tinggi hilal Hakiki dengan langkah-langkah berikut ini

:

- Menentukan horizontal *parallak* dengan menggunakan Rumus:

$$A - (A - B) \times C : I$$

- Menentukan nilai *Parallak* dengan rumus

$$HP \times \text{Cos } h_{\zeta}$$

2) Menentukan Semi Diamter Dengan Rumus :

$$A - (A - B) \times C : I$$

3) Menghitung Nilai Refraksi untuk menambah Tinggi Hilal Hakiki dengan menggunakan Rumus :

$$A - (A - B) \times C : I$$

Data-data ini kemudian digunakan untuk menentukan Tinggi hilal Mar'i

12) Menghitung Tinggi Hilal Mar'i ( $h'_{\zeta}$ ) dengan menggunakan Rumus:

$$h'_{\zeta} = h_{\zeta} - \text{Parallax} + \text{SD} + \text{Refr} + \text{Dip}$$

13) Menghitung *Muktus* / Lama hilal di atas Ufuk dengan menggunakan Rumus:

$$h'_{\zeta} : 15$$

14) Menghitung Azimuth Bulan ( $A_t$ ) dengan menggunakan Rumus:

$$\text{Cotan } A_t = -\sin LT : \tan t_t + \cos LT \times \tan \delta^m : \sin t_t$$

15) Menghitung posisi Hilal dengan Menggunakan Rumus :

$$A_o - A_t^{59}$$

## B. Letak Geometris Matahari, Bumi dan Bulan

Pada penentapan awal bulan Kamariah, benda-benda langit yang terkait adalah dalam pengkajian adalah pergerakan Matahari, Bumi dan Bulan. Pergerakan ketiga benda langit ini menyebabkan perbedaan posisi yang terus berubah-ubah. Pembahasan saat ini akan menjabarkan secara spesifik mengenai letak geometris dari Matahari, Bumi dan Bulan.

### 1. Matahari

Matahari sesungguhnya adalah sebuah Bintang, tidak Jauh berbeda dengan Bintang-Bintang yang terlihat di langit Malam. Yang membedakanya adalah jaraknya dari Bumi. Bintang di langit berjarak Jutaan bahkan milyaran, kali jarak Matahari ke Bumi, sehingga cahaya bintang yang sampai ke Bumi terlihat sangat kecil dan lemah.<sup>60</sup>

---

<sup>59</sup> Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis*, (Semarang : Pustaka Al-Hilal 2012) h. 96- 102

<sup>60</sup> A. Gunawan Admiranto, *Menjelajah Tata Surya*, (Yogyakarta : Penerbit Kanisius 2009) h. 21-22

Pada dasarnya Matahari adalah Bintang tetap, yaitu benda langit yang mengeluarkan cahayanya sendiri.<sup>61</sup> Matahari adalah Pusa tata surya yang menjadi acuan orbital planet. Planet yang beredar mengelilingi Matahari karena tarikan gravitasinya.<sup>62</sup>

Jarak Matahari dari Bumi adalah sekitar 149.597.893 Km (92.970.00 mil) dengan panjang garis tengah ekuatornya adalah 1.392.00 km (865.000 mil).<sup>63</sup> Sedangkan untuk radius Matahari sebesar 700.000 km (tepatnya  $6,96 \times 10^{10}$  cm) atau 109 kali radius Bumi.<sup>64</sup> Wujudnya berupa gas pijar berbentuk bola dengan masa 332.000 kali massa Bumi. Temperatur Matahari pada inti dalamnya lebih dari 25.000.000° Celcius, sedangkan pada bagian luarnya 6000° celcius.<sup>65</sup>

Energi yang dipancarkan Matahari dalam sedetik adalah  $3,9 \times 10^{23}$  kilowatt atau sering disebut dengan luminositas Matahari. Jika dibandingkan dengan pembangkit energi yang dibuat oleh manusia, maka satu detik pancaran energi Matahari sama dengan seluruh energi yang dibangkitkan oleh pembangkit energi buatan manusia selama tiga juta tahun.<sup>66</sup>

---

<sup>61</sup> Muhammad Wardan, *Kitab Ilmu Falak dan Hisab*, (Yogyakarta: cet. 1,1957) h.18

<sup>62</sup> Agung Mulyo, *Pegantar Ilmu Kebumihan; Pengetahuan Geologi Untuk Pemula*, (Bandung: Pustaka Setia, 2008) h.29

<sup>63</sup> Sir Patrick Moore, *Philip's Atlas of The Universe (Revised Edition)*, ttp, h.154

<sup>64</sup> Winardi Sutyanto, *Bintang-Bintang di Alam Semesta*, (Bandung: ITB, 2010) h.52

<sup>65</sup> Agung Mulyo, *Pegantar Ilmu Kebumihan*, ....h.29

<sup>66</sup> Winardi Sutyanto, *Bintang-Bintang* ,.....h.51

Matahari berotasi dengan priode di ekuator sebesar 27 hari. Rotasi Matahari berlangsung secara diferensial, di mana bagian-bagian Matahari berotasi dengan laju yang berbeda-beda, dimana semakin dekat ke arah kutub, laju rotasinya semakin kecil. Priode rotasi di ekuator adalah 25,8 hari, dilintang  $40^\circ$  adalah 28 hari dan di Lintang  $80^\circ$  priode rotasinya adalah sebesar 36 hari.<sup>67</sup>

Perbedaan hari pada rotasi Matahari adalah karena Matahari berbentuk Gas. Fenomena rotasi ini dapat dilihat dari adanya gerakan bintik-bintik Matahari. Bintik matahari merupakan bagian permukaan Matahari yang suhunya lebih rendah daripada suhu di sekitarnya. Oleh karena lebih dingin, maka seperti kelihatan gelap menyerupai bintik-bintik.<sup>68</sup>

## 2. Bumi

Bumi adalah salah satu planet yang mengorbit di tata surya. Bumi merupakan planet yang Istimewa, karena posisi jaraknya dengan Matahari sangat cocok. Jika posisinya dekat atau jauh dari Matahari maka Bumi sangat tidak cocok untuk kehidupan Manusia.<sup>69</sup> Jarak antara Bumi dan Matahari adalah

---

<sup>67</sup> A. Gunawan Admiranto, *Eksplorasi Tata Surya*, (Bandung : PT Mizan Pustaka 2017, cet 1) h. 49

<sup>68</sup> Sir Patrick Moore, *Philip"s; Atlas of The Universe (Revised Edition 1991.)*, h. 103

<sup>69</sup> Baharurudiin Zainal, *ILMU FALAK*, ( Selangor : Dawama Sdn, bhd 2004) h.57

sekitar 150 Juta Km. Bumi merupakan planet urutan ketiga setelah merkurius dan Venus.<sup>70</sup>

Bumi Sering kali dinyatakan dalam bentuk Bola. Untuk bebrapa hal mungkin dapat diterima sebagai pemahaman tentang posisi di Bumi. Namun sebenarnya Bumi lebih tepat berbentuk elipsodia, mirip seperti telur.<sup>71</sup> Jari-jari Bumi di khatulistiwa adalah sekitar 6378,14 Km dengan ukuran lingkaranya sebesar 40,084 Km. Pada bagian permukaan Bumi terdapat tanah sebagai tempat kehidupan Manusia, pertanian, gunung-gunung, tanah-tanah rendah yang dikenal dengan kerak Bumi (litosfera), lalu permukaan Laut (hidrosfera), lapisan batu-batu galian (mesosfera) dan lapisan terdalam Bumi yakni inti Bumi.<sup>72</sup>

Bumi memiliki dua macam peredaran, yakni Rotasi dan Revolusi. Rotasi adalah keadaan dimana Bumi beredar pada porosnya dengan putaran negatif yaitu Barat ke Timur, berlangsung selama 23 Jam 56 Menit 4 detik atau sekitar 24 jam. Akibat yang ditimbulkan pada rotasi bumi adalah adanya pergerakan benda langit dari timur ke barat. Pergerakan ini disebut dengan pergerakan semu harian. Peredaran semu ini dijadikan dasar sebagai penentuan waktu salat dan pada saat

---

<sup>70</sup> Baharurudiin Zainal, *ILMU FALAK*,.....h. 57

<sup>71</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, ( Yogyakarta : FMIPA UGM Yogyakarta 2012) h.26

<sup>72</sup> Baharurudiin Zainal, *ILMU FALAK*,.....h. 57



Matahari tenggelam dijadikan acuan sebagai penentu awal bulan pada kalender Hijriyah.<sup>73</sup>

Akibat kedua adalah adanya perbedaan waktu mencapai 1 jam untuk setiap tempat yang berbeda meridiannya atau bujurnya sebesar 15 derajat . yang disebabkan karena rotasi bumi yang beredar dari barat ke timur menyebabkan bagian Bumi yang lebih Timur mengalami waktu yang lebih cepat dari bagian sebelah Barat.<sup>74</sup>

Yang terakhir ialah adanya perubahan waktu siang dan malam, panjang satu kali peredaran semu Matahari dari terbit sampai terbenam adalah sekitar 12 jam. Panjang periode satu hari di khatulistiwa relatif sama sepanjang tahun yaitu 12 jam. Semakin ke kutub perbedaan semakin besar.<sup>75</sup>

Selanjutnya yakni Revolusi Bumi, revolusi Bumi yakni keadaan dimana Bumi berputar mengitari Matahari sebagai pusat dari tata surya. Efek revolusi Bumi terhadap Matahari yakni adanya pergantian Musim di semua Benua.<sup>76</sup> Selama mengitari Matahari jika kita gambarkan seakan-akan membentuk suatu lingkaran atau Orbitnya Bumi. Orbit ini melalui tengah-tengah sumbu dari Bumi. Namun sebenarnya orbit dari Bumi sendiri itu tidak berbentuk melingkar lebih tepatnya berbentuk *elips* (lingkaran yang berbentuk seperti

---

<sup>73</sup> Imas Musfiroh, *Hisab Awal Bulan*,....h.37

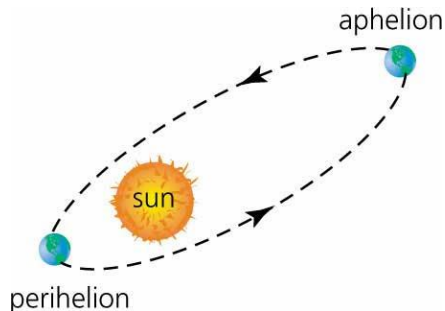
<sup>74</sup> Imas Musfiroh, *Hisab Awal Bulan*,....h.37

<sup>75</sup> Imas Musfiroh, *Hisab Awal Bulan*,....h.37

<sup>76</sup> <https://ilmugeografi.com/ilmu-bumi/pengertian-bumi> diakses pada

telur) dan Matahari menjadi tidak terletak di tengah-tengahnya, melainkan terletak di salah satu pusatnya. Untuk tiap-tiap lingkaran *elips* terdapat dua titik pusat dan letak keduanya berada di ujung *elips*. Ujung yang dekat dengan Matahari disebut dengan kepala (Perihelium) sedangkan ujung lainnya disebut dengan ekor (Aphelium). Bentuk *elips* memiliki dua garis tengah, yang pertama disebut garis tengah pendek dan kedua disebut dengan garis tengah panjang. Perbandingan dari kedua garis ini disebut dengan *excentriciteit* (eksentrisitas).<sup>77</sup>

Sebagai gambaran dari Orbit Bumi Mengitari Matahari yang berbentuk *elips*, Perhatikan Gambar Berikut.:



Gambar 6. Orbit Bumi mengitari Matahari Berbentuk *elips*<sup>78</sup>

Gambar diatas menampilkan Ilustrasi dari bentuk orbit planet Bumi terhadap Matahari yang tidak berbentuk Bulat

---

<sup>77</sup> Wahyu Wardan, “ Pemasyrakatan Astronomi dan permasalahanya Di Lingkungan Departemn Agama”, *makalah*, Seminar Sehari Astronomi di ITB, Bandung, 29 April 1995

<sup>78</sup><https://deebacalah.blogspot.com/2013/07/6-juli-2013-bumi-berada-pada-titik.html> diakses pada Sabtu, 29 Juni 2019 pukul 08 34 WIB

namun juga tidak benar-benar *elips*. Titik Aphelium kondisi dimana Bumi berada pada titik terjauhnya dengan Matahari ini biasanya terjadi pada Bulan Juli untuk tiap tahunnya namun tidak tepat harus terjadi dalam satu hari. Sedangkan sebaliknya Perihelium titik terdekat Bumi dengan Matahari, biasanya terjadi pada Bulan Januari.<sup>79</sup>

### 3. Bulan

Bulan adalah salah satu bagian dari tata surya yang terdekat dengan Bumi, Bulan juga merupakan satelit Alam Bumi. Jarak Bulan dari Bumi itu sekitar 384.446 kilometer. Keadaan di Bulan dingin dan kering, temperatur terendahnya mencapai 177 derajat di bawah nol dan suhu panasnya saat Cahaya Matahari memancar pada sebagian daerahnya bisa mencapai 184 derajat di atas nol. Karena perbedaan suhu udara yang ekstrim inilah tidak memungkinkan untuk adanya kehidupan didalamnya.<sup>80</sup> Diameter bulan kurang lebih sekitar 3.476 Kilometer, massa Bulan adalah sekitar 1/81 dari Bumi, dan Volumena sekitar 1/49 Volume Bumi.<sup>81</sup>

---

<sup>79</sup><https://deebacalah.blogspot.com/2013/07/6-juli-2013-bumi-berada-pada-titik.html> diakses pada Sabtu, 29 Juni 2019 pukul 08:39 WIB

<sup>80</sup> Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak : Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta* (Banyuwangi : Bismillah Publisher, 2012) h. 133-134

<sup>81</sup> Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Badan Litbang & Diklat Kementerian Agama RI dengan Lembaga ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), *Manfaat Benda-Benda Langit Dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*, (Jakarta: Widya Cahaya, 2015), h 101

Massa jenis Bulan lebih ringan dibanding dengan massa jenis Bumi. Bulan ketika ditarik oleh gravitasi Bumi tidak jatuh ke Bumi disebabkan oleh gaya *sentrifugal*<sup>82</sup> yang timbul dari orbit Bulan mengitari Bumi. Adapun jarak Bulan dari Matahari: 149.615.600 kilometer. Untuk jarak perigee titik terjauh pada lintasan Bulan dalam peredarannya mengelilingi Bumi yang menjadi pusat peredarannya<sup>83</sup> yakni sekitar : 363.300 kilometer, sedangkan untuk Apogee yaitu titik terjauh pada lintasan Bulan pada peredarannya mengelilingi Bumi yang menjadi Pusat Peredarannya<sup>84</sup> yakni sekitar : 405.500 kilometer, sedangkan umur Bulan adalah 4.420.000.000 tahun. Bulan mempunyai dua jenis gerakan sama seperti Bumi yakni:

a. Revolusi

Revolusi Bulan disertai dengan fase-fase permukaannya yang bersinar sebagai pantulan sinar Matahari. Ini menunjukkan bahwa jarak Bumi ke Bulan lebih dekat daripada jarak dari Bumi ke Matahari.

Gerakan revolusi Bulan memakan waktu kurang lebih sekitar 29,5305882 hari, yang disitilahkan dengan nama *Synodis*, yaitu gerakan Bulan dari saat Konjungsi

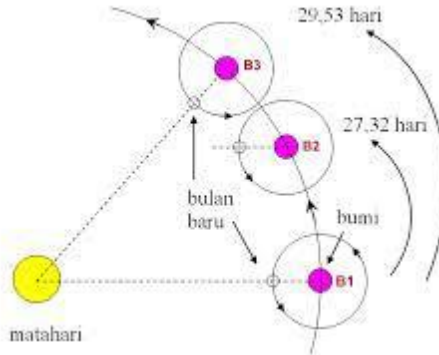
---

<sup>82</sup> Gaya yang terdapat pada benda yang bergerak melingkar mengarah ke arah luar lingkaran (radial ke luar) yang bekerja pada benda. Lihat Douglas C. Giancoli, *Fisika: Prinsip dan Aplikasi*, (Jakarta: Erlangga, 2014) h. 139

<sup>83</sup> Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak* (Yogyakarta : Buana Pustaka, 2005) h. 28

<sup>84</sup> Muhyiddin Khazin, *Kamus*,....h. 10

(ijtima') dengan Matahari sampai saat Konjungsi lagi dengan Matahari, Namun apabila yang menjadi tolak ukur adalah konjungsi Bulan dengan Bintang tertentu, maka akan memakan waktu sekitar 27,321661 hari, ini disebut dengan gerakan *sideris*, gerakan inilah yang dijadikan perbandingan antara gerakan semu harian Matahari yang diakibatkan oleh gerakan revolusi Bumi dengan gerakan hakiki harian Bulan.<sup>85</sup> Lihat gambar berikut:



Gambar 7. Ilustrasi Peredaran Sideris dan Sinodis Bulan (sumber: Ahmad Syaikhu)

Setelah berputar selama 27,32 hari Bulan telah sempurna mengelilingi Bumi 360 derajat, akan tetapi Bulan Baru belum bisa terjadi. Bulan masih perlu 2,21 hari lagi (27°), sehingga terjadinya konjungsi sebagai

---

<sup>85</sup> Slamet Hambali, *Pengantar*,....., h. 219-220

pertanda akan masuk bulan baru, pada gambar posisi B1 dan B3 adalah priode sinodis Bulan, sedangkan pada posisi B1 ke B2 adalah priode sideris Bulan sebersas 27,32 hari.<sup>86</sup>

Gerakan bulan yang seakan-akan bergerak dari Timur ke Barat itu dinamakan dengan gerkan semu (*khayali*), karena timbul akibat berputarnya Bumi pada porosnya.<sup>87</sup>

Selain berputar Mengelilingi Bumi, Bulan dan Bumi Bersama-sama Mengelilingi Matahari dalam satau Tahun dari arah Barat ke Timur. Dengan berputarnya ketiga benda langit ini pada masing-masing manzilahnya, sehingga menimbulkan satau keadaan fenomena alam yang menarik yakni fase Bulan (*phase of the moon*).<sup>88</sup> Pada saat Bulan menempati posisi paling dekat ke Matahari, bagian yang menghadap ke Bumi gelap, Tidak kelihatan. Fase ini di sebut dengan “Bulan Baru (*New Moon*). Selanjutnya bulan berputar hingga akan muncul sedikit fase ini dinamakan “Bulan Sabit” (hilal). Kemudian ketika posisi Bumi dan Bulan sama jauhnya dengan Matahari maka Bulan akan terlihat setengah Penuh fase ini disebut dengan (*quarter*). Lalu disambung dengan bulan bungkuk. Saat dari Bulan baru ke bulan

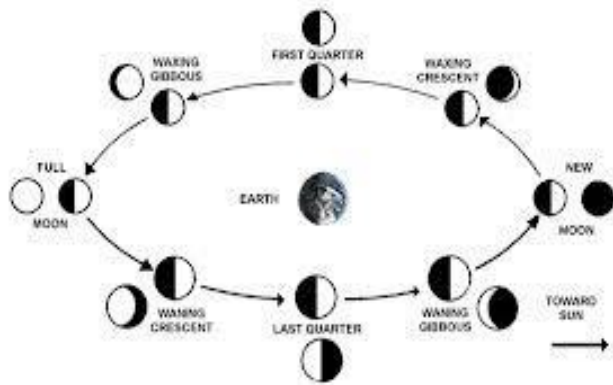
---

<sup>86</sup> Imas Musfiroh, *Hisab Awal Bulan*,....h.45

<sup>87</sup> Abdul Karim Ms, *Mengenal Ilmu Falak*, (Semarang : Intra Pustaka Utama, 2006),h. 28

<sup>88</sup> Sir Patrick Moore, *Philip"s; Atlas of The Universe (Revised Edition 1991,)*, h. 205

bungkuk biasa juga disebut dengan “Bulan Muda”. Selanjutnya wajah Bulan bagaikan piring Bundar yang terang cemerlang. Itulah yang populer dengan sebutan “Bulan Purnama (*Full Moon*). Setelah mencapai fase purnama, terjadi kebalikan dari Bulan Muda, memasuki tahap Bulan tua, Bulan semakin menyempit bungkuk, setengah penuh, berbentuk sabit, hingga mulai fase Bulan baru Lagi.<sup>89</sup> Perhatikan Gambar Berikut:



Gambar 8 fase Bulan (sumber: Julia Brusco)

b. Rotasi

Gerakan kedua adalah rotasi, bulan berputar pada porosnya dengan priode  $27 \frac{1}{3}$  hari. Gerakan rotasi Bulan adalah gerakan anti jarum jam (*retrograde*) atau dari arah barat ke arah timur langit, yang secara kebetulan lama gerakan rotasinya sama dengan gerakan revolusinya.

---

<sup>89</sup> A. Kadir, *Formula Baru Ilmu Falak: Panduan Lengkap dan Praktis Hisab Arah Kiblat, Waktu-Waktu Salat, Awal Bulan dan Gerhana*, (Jakarta: Amzah, 2012), h. 33.

Artinya dalam sekali putaran mengelilingi Bumi, Bulan hanya melakukan sekali Putaran Rotasi.<sup>90</sup>

### **C. Teori Astronomi Menentukan Posisi Benda Langit**

Untuk mempermudah dalam mengetahui posisi Benda langit maka dikenalkanlah beberapa sistem koordinat. Setiap sistem koordinat memiliki koordinatnya masing-masing. Posisi benda langit seperti Matahari dapat dinyatakan dalam koordinat tertentu. Selanjutnya, nilainya dapat diubah ke dalam sistem koordinat yang lain melalui transformasi koordinat.<sup>91</sup>

#### **1. Sistem Koordinat Ekliptika**

Pembagian sistem koordinat berasal dari benda langit manakah yang menjadi pusat koordinat. Pada koordinat ekliptika terbagi menjadi dua macam sistem. Yang membedakan antara dua macam bagian sistem ini adalah dari titik pusat manakah yang menjadi titik referensi.<sup>92</sup> Dua macam sistem koordinat itu adalah sebagai berikut

##### **a. Ekliptika Heliosentrik**

Ekliptika heliosentrik menjadikan Matahari sebagai pusat koordinat. Benda langit lainnya seperti Bumi, bulan dan Planet-Planet lainnya bergerak Mengitari Matahari sebagai Pusatnya.<sup>93</sup> Perhatikan gambar berikut:

---

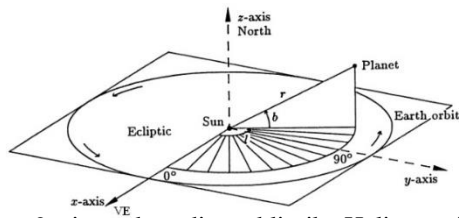
<sup>90</sup> Slamet Hambali, *Pengantar*,....., h. 217

<sup>91</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika*,.....h. 47

<sup>92</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika*,.....h. 50

<sup>93</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika*,.....h. 51

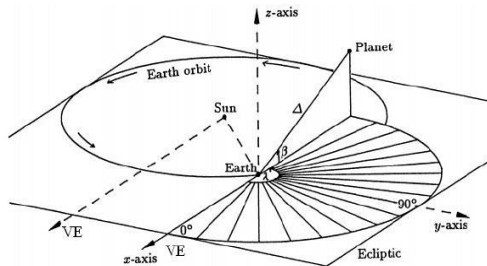




Gambar 9. sistem koordinat ekliptika Heliosentrik<sup>94</sup>

## b. Ekliptika Geosentrik

Sistem koordinat Ekliprika Gesentrik menjadikan Bumi sebagai pusat koordinat. Sedangkan Matahari dan planet-planet lain terlihat mengitari Bumi. Adapun titik nol (titik refrensi) dihitung dari *Vernal Ekuinoks* (VE).<sup>95</sup> Perhatikan gambar berikut ini:



Gambar 10. Sistem koordinat ekliptika Geosentrik.<sup>96</sup>

## 2. Sistem koordinat Ekuator Geosentrik

Sistem koordinat ekuator geosentrik menjadikan Bumi sebagai titik referensinya, akantetapi bidang yang dijadikan

<sup>94</sup><https://www.erasmuslim.com/peradaban/ilmu-hisab/mengenal-sistem-koordinat.htm#.XJHtUZwzbiU> diakses pada tanggal 16 juli 2019, pukul 21:21 WIB

<sup>95</sup> *Vernal Equinox* atau titik musim semi Matahari menandai dimulainya musim semi astronomis. Ekuinoks adalah kedudukan Matahari tepat di ekuator, hal ini terjadi 2 kali dalam satu tahun, yaitu pada tanggal 19-21 Maret dan 21-23 September. Sumber [www.fisikanet.lipi.go.id/utama.cgi](http://www.fisikanet.lipi.go.id/utama.cgi) diakses pada 27 Juli 2019, pukul 11:34

<sup>96</sup> Rinto Anugraha, *Mekanika*,.....h. 51

refrensi adalah bidang ekuator. Bidang ekuator adalah bidang yang memotong Bumi menjadi dua bagian melewati Khatulistiwa. Hal ini disebabkan karena, selain mengitari Matahari sebagai bidang Ekliptika Bumi juga sekaligus berotasi terhadap sumbunya. Sumbu rotasi Bumi tidak sejajar dengan bidang ekliptika, tetapi membentuk sudut kemiringan sebesar kira-kira  $23,5^\circ$ . Sudut ini tidak bersifat konstan sepanjang waktu, nilainya akan terus mengecil <sup>97</sup>

Perhitungan yang didapat pada sistem koordinat ini adalah Alpha (*Right Ascension*) dan Delta (*Declination*). Alpha adalah sudut yang dibentuk antara VE dengan proyeksi benda langit pada bidang ekuator dengan arah berlawanan jarum jam. Alpha dinyatakan dalam satuan jam (*hour* disingkat h). Satu putaran penuh = 360 derajat = 24 jam = 24 h. Sedangkan, Delta adalah sudut yang dibentuk antara garis hubung benda langit-Bumi dengan bidang ekliptika. Nilainya mulai dari  $-90^\circ$  (selatan) hingga  $90^\circ$  (Utara). Pada bidang ekuator, deklinasi bernilai 0 derajat. <sup>98</sup>

### 3. Sistem Koordinat Horison

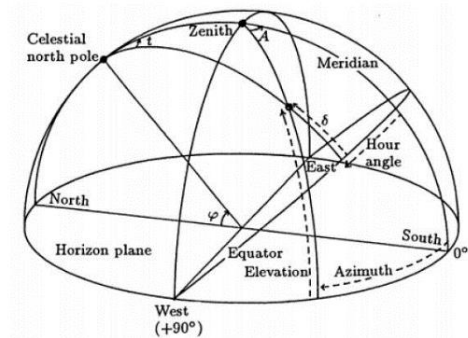
Sistem ini menjadikan pengamat yang terletak di permukaan Bumi sebagai pusat Koordinat. Ketinggian pengamat dari permukaan Bumi juga diperhitungkan. Pada sistem ini yang akan dicari adalah ketinggian atau *altitude* (h) dan *Azimuth* (A) dari benda langit. *Altitude* (h) adalah sudut ketinggian benda langit

---

<sup>97</sup> Rinto anugraha *Mekanika*,.....h.52

<sup>98</sup> Rinto anugraha *Mekanika*,.....h.53

dari bidang horison.  $h$  bernilai 0 derajat bila benda langit tersebut berada persisi di bidang horison.  $h = 90^\circ$  dan  $-90^\circ$  masing-masing menunjukkan posisi di titik Zenith (tepat di atas kepala) dan Nadzir (tepat di bawah Kaki). *Azimuth* ( $A$ ) adalah sudut antara arah Utara dengan proyeksi benda langit ke bidang horison.<sup>99</sup> perhatikan gambar sistem koordinat berikut berikut,



Gambar 11. Sistem koordinat horison.<sup>100</sup>

#### 4. Sistem Koordinat Sudut Jam/waktu

Pada sistem koordinat sudut waktu penentuan benda langit memerlukan sudut jam bintang ( $t$ ) dan deklinasi bintang. Jika sebuah bintang tersebut tidak berada di meridian, maka lingkaran waktu dengan meridian akan membentuk sudut.<sup>101</sup>

Dinamakan sudut waktu karena bagi semua benda langit yang terletak pada lingkaran waktu yang sama maka benda langit

<sup>99</sup> Rinto anugraha *Mekanika*,.....h.53

<sup>100</sup> Rinto anugraha *Mekanika*,.....h.53

<sup>101</sup> Abdur Rachim, *Ilmu Falak*, (Yogyakarta: Liberty, 1983,) h.7.

tersebut berkulminasi pada waktu yang sama pula.<sup>102</sup> Perhitungan sudut waktu dimulai dari meridian atas dan berakhir pada meridian bawah, sehingga sudut waktu terbagi menjadi dua bagian yaitu belahan langit bagian barat (+) dan belahan langit timur (-) dimana besaran sudut waktu dari 0° sampai 180°.<sup>103</sup>

Setiap jam sudut waktu berubah sebanyak 15°. Hal ini dikarenakan gerak harian benda-benda langit yang diakibatkan oleh gerak rotasi Bumi. Sehingga, jumlah derajat sudut waktu dapat dipindahkan menjadi jam, menit dan detik, yaitu:<sup>104</sup>

$$\begin{aligned} 360^\circ &= 24 \text{ jam} & 15' &= 1 \text{ menit} \\ 15^\circ &= 1 \text{ jam} & 1' &= 60 \text{ detik} \\ 1^\circ &= 4 \text{ menit} \end{aligned}$$

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

Ada beberapa parameter yang menjadi acuan dalam penentuan awal bulan Kamariah, diantaranya adalah sebagai berikut:

##### **1. Ijtimak**

Ijtimak atau konjungsi adalah keadaan di mana bertemunya dua benda yang berjalan secara aktif pada orbitnya masing-masing. Pengertian ijtimak jika di kaitkan dengan awal bulan Kamariah adalah suatu peristiwa saat Bulan dan Matahari terletak

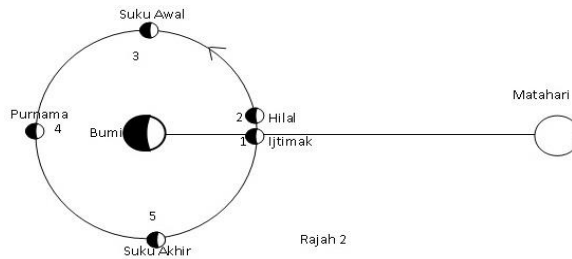
---

<sup>102</sup> Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004), h.83.

<sup>103</sup> A. Jamil, *Ilmu Falak*,...h. 14

<sup>104</sup> Sayuthi Ali, *Ilmu Falak 1*, (Jakarta: Raja Grafindo Persada, 1997)

pada posisi garis bujur yang sama, bila dilihat dari arah Timur maupun barat.<sup>105</sup>



Gambar 12. Posis ijtimak antara Bumi, Bulan dan Matahari.<sup>106</sup>  
Ijtimak merupakan batas penentuan secara astronomis antara bulan Kamariah yang sedang berlangsung dengan bulan Kamariah yang akan datang. Oleh karena itu, para astronom umumnya menyebut ijtimak atau konjungsi sebagai awal perhitungan bulan baru.<sup>107</sup>

## 2. Ketinggian Hilal

Ketinggian hilal adalah parameter yang penting untuk di pertimbangkan. Pada posisi ketinggian hilal di dekat horison sangatlah rawan. Hilal bisa terlihat atau tidak. Hilal sendiri adalah sabit pertama yang pertama kali terlihat. Selanjutnya pada setiap hari akan terus bertambah sekitar 13 derajat perharinya.<sup>108</sup>

<sup>105</sup> Susiknan Azhari, *Ensiklopedia*, .....h.93

<sup>106</sup> <http://astronomyandyou.blogspot.com/2011/07/julai-2011-ijtimak-dua-kali.html> diakses pada tanggal 16 Juli 2019, Pukul 21:30 WIB

<sup>107</sup> Imas Musfiroh Imas Musfiroh, *Hisab Awal Bulan*, .....h. 50

<sup>108</sup> Nyoman Suwitra, *Astronomi Dasar*, (Singaraja: Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan Negeri Singaraja) h.

Untuk ketinggian Hilal yang ada di Indonesia juga berlaku di negara-negara MABIMS yaitu 2 derajat di atas ufuk. Kriteria ini dijadikan sebagai kriteria *visibilitas hilal* atau imkanuruyat. Walau demikian ketinggian 2 derajat tersebut masih sulit untuk diamati. LAPAN<sup>109</sup> juga memberikan syarat ketinggian hilal yang kemungkinan untuk terlihat adalah 6 derajat.<sup>110</sup>

### 3. Sudut Elongasi

Sudut elongasi adalah sudut yang dibentuk dari sudut Bulan dan Matahari terhadap Bumi. Besarnya elongasi akan menentukan besaran kontras cahaya Matahari terhadap Bulan, sehingga memungkinkan Bulan akan mudah untuk diamati karena jaraknya yang cukup jauh dengan cahaya akibat dari refraksi Matahari. Sudut elongasi yang berlaku untuk negara-negara MABIMS adalah 3 derajat.

Sudut elongasi 0 derajat sampai <90 derajat adalah saat tahap pertama pada peredaran Bulan (*new Moon*). Elongasi sebesar 90 derajat telah masuk pada tahap kedua yaitu kuartier pertama. Sedangkan, sudut elongasi sebesar 180 derajat adalah bulan pada saat posisi purnama.

### 4. Azimuth Matahari dan Bulan

Azimuth adalah busur lingkaran horison di ukur mulai dari titik Utara ke arah Timur. *Azimuth* suatu benda langit adalah jarak sudut pada lingkaran horison yang diukur mulai dari titik Utara

---

<sup>109</sup> Lapan adalah Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

<sup>110</sup> Imas Musfiroh Imas Musfiroh, *Hisab Awal Bulan*,....h. 51

ke arah timur atau searah jarum jam sampai ke perpotongan antara lingkaran horison dengan lingkaran vertikal. *Azimuth* titik Timur adalah 90 derajat, titik Selatan 180 derajat, titik Barat 270 derajat dan titik Utara adalah 0 derajat atau 360 derajat.<sup>111</sup>

Jika diukur dari Utara ke barat atau berlawanan dengan arah jarum jam maka *azimuth* dinyatakan negatif atau diberi tanda (-). Dalam bahasa arab azimut sering disebut dengan *As-Samt*. Adapun yang dimaksud dengan *azimuth* Matahari-Bulan adalah nilai selisih antara kedua *azimuth* tersebut.

## 5. Umur Bulan/Hilal

Umur hilal adalah umur bulan yang dihitung ketika mulai terjadinya konjungsi sampai Matahari terbenam (*Ghurub*). Umur hilal menentukan apakah hilal masih muda atau sudah cukup untuk diamati. Adapun kriteria umur hilal pada imakanurrukyat MABIMS adalah sebesar 8 derajat.<sup>112</sup>

## E. Sistem Perhitungan Untuk Menentukan Saat Terjadi *ijtimak* dan posisi Hilal

Ada beberapa macam model sistem perhitungan yang digunakan untuk menentukan saat Terjadi *Ijtimak* dan posisi Hilal, pada garis besarnya terbagi menjadi tiga macam:

1. Sistem hisab yang menggunakan tabel semata, baik untuk mencari data maupun hasil yang akan diperoleh. Sistem ini

---

<sup>111</sup> Susiknan azhari *Ensiklopedia*,.....h.93

<sup>112</sup> Imas Musfiroh Imas Musfiroh, *Hisab Awal Bulan*,.....h. 53

antara lain yang dipakai dalam Kitab Sullamun Nayyirain dan Fathur Raufil Manan.<sup>113</sup>

2. Sistem yang menggunakan tabel dalam mencari data yang diperlukan. Adapun untuk memperoleh hasil akhir, data yang akan digunakan dimasukan ke dalam rumus yang berdasarkan kaidah-kaidah segitiga bola. Data dimasukan kedalam rumus. Data yang digunakan tidak hanya diambil dari tabel-tabel saja akan tetapi harus diolah terlebih dahulu dengan menggunakan koreksi-koreksi yang diperlukan. Sistem ini digunakan pada Hisab Hakiki dan New Comb.
3. Sistem yang mempergunakan tabel dalam pengambilan data, kemudian memasukan data itu ke dalam rumus segitiga bola. Data yang diambil dari tabel sudah merupakan data masak yang tinggal pakai, tidak memerlukan pengolahan seperti pada sistem kedua. Oleh karena itu, sistem ini hanya mengadopsi data dari tabel-tabel yang dikeluarkan tiap tahun oleh sumber-sumber yang dilengkapi dengan alat modern. Seperit pada tabel almanak nautika.<sup>114</sup>

---

<sup>113</sup> Direktorat Jendral Bimbingan Masyarakat Islam Kementerian Agama Republik Indonesia, *Almanak Hisab Rukyat*, (Jakarta : Kementerian Agama RI 2010, Cet. III) h. 166

<sup>114</sup> Direktorat Jendral Bimbingan Masyarakat Islam Kementerian Agama Republik Indonesia, *Almanak*,.....,h. 166



## BAB III

### ALGORITMA PETER DUFFET SMITH UNTUK PENENTUAN POSISI MATAHARI DAN BULAN

#### A. Profil Ilmiah Peter Duffet Smith beserta Karya-Karyanya

##### 1. Profil Ilmiah Peter Duffet Smith

Peter Duffet Smith lahir Pada 19 Mei 1950. Peter adalah pendiri dan kepala staf Ilmiah di Cambridge Positioning System Limited. Dr. Duffet Smith adalah direktur pada bidang penelitian dan Pengembangan di Cambridge Positioning System Limited sejak November 1995 hingga 12 Januari 2007. Ia melayani sebagai Direktur di Focal Point Positioning Ltd.



Gambar 13. Peter Duffet Smith.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> <https://www.phy.cam.ac.uk/directory/duffetsmithp> diakses pada 27 juni 2019 pukul 22:36

Ia juga menemukan Sistem CURSOR<sup>2</sup> dia mengembangkan Sistem CURSOR selama beberapa tahun di Laboratorium Cavendish di Departemen Fisika Universitas Cambridge sejak tahun 1985. Dr. Duffet-Smith memperoleh gelar BSc, dalam ilmu pengetahuan Alam Dengan Honours Kelas 1 di Peterhouse College, Universitas Cambridge dan melanjutkan pendidikan Ph.D nya pada Bidang Radio Astronomi.

Dikutip pada website *Department of physics the Cavendish Laboratory Universty Of Cambridge* pada bagian *Staff Directory* peter mengungkapkan bahwa dirinya adalah seorang Ahli fisika dan seorang astronom dibidang gelombang radio Astronomi.<sup>3</sup> Dia juga menuliskan bahwa dirinya telah berhasil menemukan cara mengabung pengukuran dari Satelit Gps yang ada pada ponsel dengan Gelombang Radio untuk menemukan sesuatu dengan teliti. Selain itu juga dia berhasil menyelidiki bahwa lingkungan mempengaruhi Gelombang Radio, daerah perkotaan yang padat termasuk tempat yang sangat mengganggu penyebaran gelombang Radio.

---

<sup>2</sup> Cursor merupakan salah satu system yang digunakan Untuk sytem Navigasi dan pelacak radio , system ini mengukur posisi dengan menggunakan koheren spasial, bukan temporal, dan karenanya dapat menggunakan pemancar radio yan ada untuk diatur pada tujuan apapun, Peter J. Duffet-Smith and Graham Woan, "The Cursor Radio Navigation and Tracking System," *Journal*, ( *The Journal of Navigation* , vol 45, issue 2) h. 157

<sup>3</sup> <https://www.phy.cam.ac.uk/directory/duffettsmithp> diakses pada 27 juni 2019 pukul 22:36

## 2. Karya – karya Peter Duffet Smitt

Beberapa Karya Peter yang berhasil penulis temukan sebagian Besar berkaitan dengan Astronomi dan alat bantu hitung seperti kalkulator dan Komputer yang berbasis Microsoft Office Excel. Berikut beberapa Karya Peter Yang berhasil penulis dapatkan

a) *Practical Astronomy With Your Calculator.*

Buku ini adalah karya pertama Peter dalam astronomi yang penulis temukan, buku ini memiliki 3 edisi, pertama dipublikasikan pada tanggal 22 november 1979 , edisi kedua dipublikasikan 31 desmber 1982, dan untuk yang ketiga 31 Maret 1989. Pada karyanya ini Peter memberikan Algoritma- Algoritma untuk melakukan perhitungan Astronomis yang kemudian diterapkan dalam alat bantu Hitung yakni Kalkulator Ilmiah.

b) *Astronomy with your personal Computer*

Buku ini mendapatkan penghargaan sebagai *Astronomy Book of The Year* oleh *Astronomical Society of the Pacific* tahun 1986, kemudian pada tahun 1990 dipublikasikan. Popularitasnya dikarenakan buku ini memberikan kemudahan untuk para astronom amatir melakukan perhitungan pada komputer pribadi mereka. Bahasa pemogramannya cukup sederhana untuk difahami.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup>[https://books.google.co.id/books/about/Astronomy\\_with\\_Your\\_Personal\\_Computer.html?id=vVBptkABpUoC&redir\\_esc=y](https://books.google.co.id/books/about/Astronomy_with_Your_Personal_Computer.html?id=vVBptkABpUoC&redir_esc=y) diakses pada 29 Juni 2019 Pukul 22:50 WIB

c) *Easy Pc Astronomy*

Buku ini dipublikasikan pada tahun 1997. Pada buku ini Peter menyediakan bahasa skrip yang sederhana namun akurat, yang dapat digunakan pada komputer type Apapun. Selain itu juga dilengkapi dengan perangkat Lunak yang memudahkan pembaca untuk menghitung hasil Astronomis yang kompleks. Buku ini merupakan karyanya yang praktis digunakan untuk semua kalangan, baik guru, peneliti dan siswa.

d) *Practical Astronomy With Your Calculator and Spreadsheet.*

Buku ini yang penulis jadikan Acuan untuk coba diterapkan dalam hisab awal bulan kamariah. Buku ini adalah edisi keempat dari Buku-bukunya sebelumnya. Buku ini diterbitkan pada tahun 2011 lalu. Pada buku model aalgoritma yang digunakan sama dengan edisi sebelumnya yakni *Practical Astronomy With Your Calculator* yang membedakanya adalah epoch yang digunakan serata adanya tambahan bahasa program yang berbasis Microsoft Office Excel, selain itu dalam websitenya juga peter telah membagikan program-program yang telah ia buat dalam bukunya. Untuk memudahkan pembaca untuk menerapkanya sendiri dalam program yang akan mereka Buat. Walau demikian penulis tidak berhasil mengakses Excel tersebut dikarenakan website yang digunakan telah kadaluarsa.

e) *The Cursor Radio Navigation and Tracking System.*

Ini merupakan salah satu karya tulis Peter dalam *The Journal of Navigation university of cambridge* tulisan ini

mengenalkan mengenai system CURSOR yang ditemukan oleh Peter, mengenai sistem navigasi dan pelacak gelombang radio.

## **B. Algoritma Peter Duffet Smith untuk menentukan posisi Matahari dan Bulan.**

### **1. Sistem penentuan posisi Matahari**

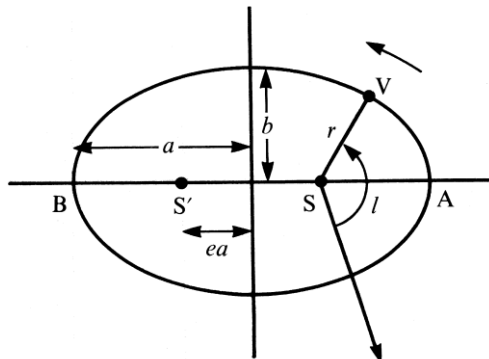
Pada penentuan posisi Matahari Peter mengkaji beberapa aspek, seperti orbit, Perhitungan posisi Matahari, perhitungan orbit Matahari yang lebih persisi, dan lain-lain, berikut penjelasan mengenai aspek-aspek tersebut dan rumus-rumus yang digunakan.

#### **a. Orbit**

Orbit atau garis edar adalah jalur yang dilalui oleh objek, di sekitar objek lainnya. Yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi. Gravitasi melengkungkan ruang layaknya bola melengkungkan karet dan membuat benda di sekitarnya bergerak lurus di area lingkaran.

Peter mengungkapkan bahwa pergerakan planet-planet beserta satelitnya di sekitar Matahari dipengaruhi oleh gaya gravitasi, yakni dengan adanya tarik menarik di antara massa benda langit. Salah satu Konsekuensinya pada jenis variasi kekuatan dengan jarak orbit planet adalah bahwa orbit planet

ini dapat melacak bentuk elips. <sup>5</sup> perhatikan gambar berikut ini :



Gambar 14. Elips orbital.<sup>6</sup>

Dengan bentuk Geometris berdasarkan sifat matematika yang terkenal memungkinkan kita untuk menghitung arah planet dengan tepat. dapat dibayangkan elips seperti lingkaran yang terjepit , faktanya, sebuah lingkaran merupakan kasus khusus pada sebuah elips di mana diantara dua fokus S dan S' bergerak secara bersamaan ke tengah. Jumlah dari jepitan tersebut di ukur oleh eksentritas (e). Untuk sebuah lingkaran,  $e = 0$ , dan untuk elips yang paling rata memiliki nilai yang mendekati 1.

Gambar di atas menjelaskan bahwa semua orbit planet menjadikan Matahari (S) sebagai satu titik Fokus. Pada gambar diatas Planet (V) bergerak kearah panah di sekitar

---

<sup>5</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy With Your Calculator and Your Spread Sheet* (Cambridge : Cambridge University Press 2007) h. 102

<sup>6</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 102

elips, jaraknya dari Matahari bervariasi dari jarak Minimum Di A hingga Ke Maksimum Di B. Poin-poin ini masing-masing disebut dengan Perihelion<sup>7</sup> dan Aphelion<sup>8</sup>. Garis yang menghubungkan Planet ke Matahari disebut dengan *radius vector* ( $r$ ). ( $\theta$ ) adalah sudut yang membuat arah yang tepat di ruang angkasa dalam menentukan posisi planet dalam orbitnya setiap saat. Ukuran pada elips sepenuhnya ditentukan oleh sumbu semi-major ( $a$ ) dan eksentrisitas. Dan untuk panjang sumbu semi-minor ( $b$ ), diperoleh dari dua jumlah ini dengan persamaan, dirumuskan dengan:

$$b^2 = a^2 (1 - e^2)$$

**b. The Apparent orbit of The Sun (Orbit yang tampak dari Matahari)**

Selama setahun Bumi bergerak dalam orbit elipsnya sendiri mengelilingi Matahari dalam satu revolusi lengkap pada kurun waktu sekitar  $365\frac{1}{4}$  hari. Jika dilihat dari Bumi maka nampak bagi kita bahwa Matahari bergerak dalam orbit di sekitar Bumi. Lebih mudah menggapnya bahwa kita yang menjadi titik fokus pada peredaran Matahari. Saat Matahari berada paling dekat dengan Bumi, disebut dengan Pada keadaan perigee (Titik Terdekat) dan ketika berada pada

---

<sup>7</sup> Perihelion adalah titik terdekat dalam garis edar benda langit mengelilingi Matahari.

<sup>8</sup> Aphelion adalah kebalikan dari Perihelion yakni titik terjauh dalam garis edar benda langit mengelilingi Matahari.

paling jauh dengan Bumi disebut dengan Apogee (Titik Terjauh).<sup>9</sup>

Karena bidang yang mengandung orbit Matahari-Bumi mentukan bidang ekliptika, maka sangat mudah untuk menghitung gerakan nyata Matahari karena tidak perlu khawatir tentang penyimpangan dari ekliptika. Setelah menghitung garis bujur ekliptika, Peter telah menetapkan posisi Matahari karena garis lintang ekliptika adalah nol.<sup>10</sup>

**c. Calculating the position of the Sun ( Menghitung Posisi dari Matahari)**

Untuk melakukan perhitungan posisi Matahari Peter menggunakan Epoch sebagai dasar pada perhitungannya. Pada bukunya Peter mengambil contoh epoch pada tahun 2010 januari 0.0 jika dikomparasikan pada Kalender Julian Day (JD) hasilnya adalah  $JD = 24555196.5$ . Rata-Rata bujur ekliptik Matahari pada epoch adalah  $\epsilon_g = 279.557\ 208$  degrees, ini merupakan posisi yang seharusnya dimiliki jika bergerak dalam orbit melingkar dan bukan elips. Peter menjadikan nilai  $\epsilon_g$  sebagai titik awal, dia menambahkan jumlah derajat yang tepat digerakan oleh Matahari sejak saat itu ( yang mungkin Negatif jika kita membuat perhitungan untuk tanggal sebelum zaman), untuk menemukan di mana itu

---

<sup>9</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 103

<sup>10</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 103



berada kapan saja. Untuk melakukannya diperlukan dua konstanta lain, yakni nilai  $\varpi_g = 283.112\ 438$  degrees nilai garis bujur Matahari pada perigee, dan  $e = 0,016\ 705$ , eksentrisitas orbit Matahari-Bumi.<sup>11</sup> Selain itu Peter juga memberikan rumus untuk menentukan nilai-nilai pada epoch yang lain, berikut rumusnya:

$$\varepsilon_g = 279.6966778 + 36000.76892T + 0.0003025T^2$$

**derajat,**

$$\varpi_g = 281.2208444 + 1.719175T + 0.000452778T^2$$

**derajat**

$$e = 0.01675104 - 0.0000418T - 0.000000126T^2,$$

untuk mencari Nilai T adalah dengan  $T = (JD - 2415020,0) / 36525$  nilai tersebut merupakan jumlah abad Julian sejak Tahun 1900 0,5 januari.<sup>12</sup> Jika di bayangkan bahwa Matahari bergerak dalam lingkaran di sekitar Bumi dengan kecepatan Konstan. Alih-alih sepanjang elips yang dilacak. Menurutnya ia dapat dengan mudah menghitung nilai sudut  $M_\odot$ , atau yang disebut dengan nilai anomali rata-rata. Yang dilalui pada nilai fiktif rata-rata Matahari yang bergerak sejak melewati perigee, berikut rumus mencari nilai  $M_\odot$ ,

$$. M = \frac{360}{2365.242191} d \text{ degrees,}$$

---

<sup>11</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 103

<sup>12</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 103

Dimana untuk nilai  $d$  adalah jumlah hari sejak perigee, hal tersebut dikarenakan selama satau tahun Tropis adalah 365.242 191 hari dimana saat matahari telah berputar secara melingkar  $360^\circ$ . Walau demikian peter lebih menggunakan nilai epoch pada tahun 2010 dari pada mendasar pada perhitungan pada saat perigee. Oleh karena jika  $d$  merupakan jumlah hari sejak epoch, maka untuk mencari nilai anomali rata-rata adalah dengan menggunakan rumus berikut:

$$M = \frac{360}{2365.242191} D + \varepsilon g - \varpi g \text{ degrees,}$$

$\varepsilon g$  dan  $\varpi g$  masing-masing adalah garis bujur rata-rata Matahari pada epoch dan perigee. Untuk menghitung peter juga telah memberikan detail nilai-nilai *apparent sun* pada eopch 2010, sebagai berikut :

$\varepsilon g$ (ecliptic longitude at epoch 2010.0) derajat	=279.557208
$\varpi g$ (ecliptic longitutude of Perigee at epoch 2010.0) derajat	= 283.112438
$e$ (eccentricity of orbit at epoch 2010.0)	= <b>0.016705</b>
$r_0$ (semi-major axis)	= $1.495985 \times 10^8$ km
$\theta_0$ (angular diameter at $r = r_0$ )	= 0.533128 degrees

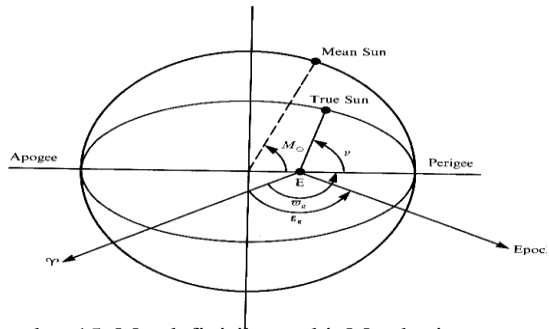
Tabel 1. Detail orbit jelas Matahari pada epoch 2010.0.<sup>13</sup>

$M_\odot$  mengacu pada gerakan rata-rata Matahari yang bergerak dalam lingkaran. Kita benar-benar membutuhkan nilai *true Anomaly* atau nilai anomali sejati ( $v$ ), yang berlaku untuk gerakan Matahari yang sebenarnya dalam elips. Hal ini

---

<sup>13</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 103

dapat ditemukan pada persamaan pusat sampai akurasi yang cukup, perhatikan gambar berikut:



Gambar 15. Mendefinisikan orbit Matahari yang tampak.<sup>14</sup>

Untuk menentukan nilai  $\nu$  menggunakan rumus berikut

$$\nu = M_0 + \frac{360}{\pi} e \sin M_0,$$

Dimana  $\nu$  dan  $M_0$  dinyatakan dalam derajat dan nilai  $\pi = 3.141\ 592\ 7$ . Setelah menemukan  $\nu$ , kita cukup menambahkan nilai  $\omega$  untuk mendapatkan garis bujur Matahari ( $\lambda_0$ )<sup>15</sup>, karenanya untuk menentukan nilai bujur Matahari menggunakan rumus berikut :

$$\lambda_0 = \nu + \omega,$$

atau

$$\lambda_0 = \frac{360}{365.242191} D + \frac{360}{\pi} e \sin \left\{ \frac{360}{365.242191} D + \epsilon g - \omega g \right\} + \epsilon g$$

<sup>14</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 104

<sup>15</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 104

Setelah menghitung nilai garis bujur Matahari ( $\lambda_{\odot}$ ), kemudian menentukan nilai ascension dan deklinasi matahari yang tepat (mengingat bahwa garis ekliptik adalah nol karena matahari berada di garis ekliptika). Untuk menentukannya Peter menggunakan metode Konversi koordinat ekliptika ke khatulistiwa, yang ada pada chapter 27 pada bukunya tersebut. Beberapa rumus yang digunakan adalah sebagai berikut,:

$$\alpha = \tan^{-1} \left\{ \frac{\sin \lambda \cos \varepsilon - \tan \beta \sin \varepsilon}{\cos \lambda} \right\},$$

$$\delta = \sin^{-1} \{ \sin \beta \cos \varepsilon + \cos \beta \sin \varepsilon \sin \lambda \}$$

**d. Calculating orbits more precisely (Menghitung Orbit yang lebih tepat)**

Pada bagian ini Peter menemukan cara untuk menghitung nilai anomali sejati dengan metode yang sedikit lebih akurat. Pada pembahasan sebelumnya telah di kaji mengenai cara mencari nilai anomali rata-rata. Pada pembahasan kali ini untuk mencari nilai anomali rata-ratanya menggunakan persamaan untuk  $\varepsilon_g$  dan  $\omega_g$  yang diberikan pada bagian sebelumnya. Ini mengharuskan untuk mencari jumlah abad Julian sejak 1900, 0,5 Januari (T) untuk digunakan kedalam rumus perhitungan nanti. Rumus yang digunakan untuk menghitung rata-rata anomali adalah sebagai berikut:

$$M_{\odot} = \varepsilon_g - \omega_g$$

Dimana untuk nilai  $e$  dan  $M_0$  semuanya dinyatakan dalam derajat. Selanjutnya mencari nilai anomali eksentrik ( $E$ ), nilai  $E$  di berikan dari equation Kepler, dinami dari astronom jerman yang terkenal Johannes Kepler (1571 M- 1630 M) yang membuat studi rinci tentang planet-planet. Berikut rumusnya

$$E - e \sin E = M_0 \text{ radian,}$$

Untuk  $E$  dan  $M_0$  dinyatakan dalam ukuran Lingkaran atau radian. Akan tetapi menurut Peter untuk mencari nilai persamaan ini tidak mudah, sehingga dia menggunakan solusi Iterasi rutin . untuk melakukan hal tersebut Peter memberikan Metode yang disebut dengan rutin R2, dan untuk nilai  $e$  sekitar 0,1 . menurutnya kita dapat menyusun kembali persamaan untuk menggunakan derajat daripada radian dengan catatan bahwa 1 radian adalah  $180/\pi$  derajat, seingga jika  $E$  dan  $M_0$  dinyatakan dalam derajat , maka cara menghitungnya adalah

$$E - \frac{180}{\pi} e \sin E = M_0 \text{ derajat}$$

Setelah kita menemukan solusi untuk persamaan kepler, kita dapat mencari nilai Anomali sejati ( $v$ ), dengan menggunakan rumus,

$$\tan \left( \frac{v}{2} \right) = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \tan \frac{E}{2}$$

---

<sup>16</sup> Untuk nilai  $e$  di ambil pada Tabel 1 pada pembahsan sebelumnya.

Dan kemudian mencari nilai bujur ekliptika sama seperti pembahasan sebelumnya yakni dengan menggunakan rumus :

$$\lambda_{\theta} = v + \varpi g,$$

berikut ini cara untuk menemukan solusi untuk equation kepler  $E - e \sin E = M_{\odot}$  radian untuk nilai kecil dari  $e$ . dengan menggunakan Rutin R2 semua sudut dinyatakan dalam radian. Langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Pertama letakan  $E = E_0 = M$ .
2. Kemudian langkah selanjutnya mencari Nilai deklinasi dengan metode  $\delta = E - e \sin E - M$
3. Jika nilai deklinasi ( $\delta$ ) lebih kecil dari  $\epsilon$  maka lanjutkan pada step 6
4. Jika nilai deklinasi lebih besar dari  $\epsilon$  maka lanjutkan pada step 4
5. Selanjutnya menemukan nilai dari delta E , yakni dengan :
 
$$\Delta E = \delta / (1 - e \cos E).$$
6. Ambil nilai baru  $E_1 = E - \Delta E$ . Lanjutkan ke langkah 2.
7. Maka hasil akhirnya adalah, Nilai sekarang dari E adalah solusinya, koreksi dalam  $\epsilon$  dari nilai sebenarnya.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 108

**e. Calculating the Sun's distance and angular size ( Menghitung jarak dan ukuran sudut Matahari)**

Setelah menemukan nilai Anomli Sejati, selanjutnya kita dapat dengan Mudah menghitung Jarak Matahari-Bumi ( $r$ ) dan juga mencari ukuran Sudut Matahari (diamter Sudut Matahari) ( $\theta$ ), rumus untuk menghitungnya :

$$r = r_0 \left( \frac{1 - e^2}{1 + e \cos v} \right).$$

$$\theta = \theta_0 \left( \frac{1 + e \cos v}{1 - e^2} \right)$$

di mana  $r_0$  adalah sumbu semi-mayor,  $\theta_0$  adalah diameter sudut ketika  $r = r_0$ , dan  $e$  adalah eksentrisitas orbit. Konstanta-konstanta ini diberikan pada Tabel 3. 1

**f. Sunrise and Sunset**

Pada pembahasan sebelumnya telah di kaji mengenai cara menghitung terbit dan menentukan waktu objek benda langit apapun yang diketahui berada di atas koordinat khatulistiwa. Maka pada pembahasan kali ini Peter menggunakan metode yang sama untuk melakukan perhitungan waktu terbit dan terbenamnya Matahari.

Fakta bahwa Matahari terus menerus bergerak sepanjang ekliptika menyebabkan koordinat Khatulistiwa berubah-ubah. Nilai  $\alpha$  dan  $\delta$  yang kami hitung benar hanya untuk waktu yang

kami pilih. Menurutnya Asalkan kita tidak memerlukan akurasi tinggi dalam perhitungan kita, kita dapat mengabaikan gerakan Matahari dan hanya mengambil posisi pada tengah hari sebagai benar untuk matahari terbit dan terbenam. Hasilnya kemudian dalam beberapa menit dari nilai yang benar.<sup>18</sup>

Tahap selanjutnya adalah memperkirakan adanya pembiasan pada atmosfer Bumi dan juga mengetahui Geosentris paralaknya. Selain itu juga harus mempertimbangkan diameter yang terbatas dari waktu Matahari terbit dan terbenam pada cakram Matahari yang biasanya dikutip sebagai acuan untuk tubuh bagian atas Matahari.

**g. Twilight (senja)**

Intesitas sinar Matahari yang tersebar turun tajam ketika Matahari turun lebih rendah di bawah cakrawala, dan hampir terabaikan pada saat sudut puncak Matahari mencapai  $108^\circ$ , yaitu  $18^\circ$  di bawah cakrawala. Priode setelah Matahari terbenam atau sebelum Matahari terbit di mana sudut zenith Matahari kurang dari jumlah yang disepakati disebut senja.  $96^\circ$  untuk *Civil Twilight*,  $102^\circ$  untuk *Nautical Twilight* dan  $108^\circ$  untuk *Astronomical Twilight*.

---

<sup>18</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 113



Peter memberikan rumus yang cukup sederhana untuk menghitung durasi senja pagi atau sore , pertama dengan menemukan sudut jam (H) dari ketika Matahari saat terbit atau terbenam, berikut rumusnya:

$$\mathbf{Cos H = - tan \phi . tan \delta,}$$

Dimana  $\phi$  adalah garis lintang geografis dan  $\delta$  adalah deklinasi Matahari. Lalu kita menghitung sudut jamnya pada titik ketika sudut puncaknya adalah  $\Theta_t = 96,102$ , or  $108$  derajat, menggunakan rumus,

$$\mathbf{Cos H' = \frac{\cos \theta t - \sin \phi . \sin \delta}{\cos \phi . \cos \delta}}$$

Selanjutnya untuk menghitung durasi lamanya waktu senja pada jam-jam sidereal, adalah dengan rumus

$$\mathbf{t = \frac{H' - H}{15} \text{ jam}}$$

untuk mendapatkan interval waktu yang setara dalam jam normal (UT) kita harus mengalikan dengan 0,9973. selama satu tahun deklinasi Matahari berkisar dari  $- 23,5^\circ$  hingga  $25^\circ$ . Untuk lintang utara  $48,5^\circ$  atau selatan  $- 48,5^\circ$  akan mengalami senja yang berlangsung sepanjang malam selama musim panas.

## h. The equation of time

Gerakan Matahari yang tampak di sepanjang bidang ekliptika tidak teratur. Gerakan Matahari yang tidak teratur ini disebabkan oleh dua efek, yaitu :

- 1) Orbit Bumi tidak berbentuk lingkaran tetapi elips, karena itu kecepatannya bervariasi sepanjang tahun, maksimum pada perihelion dan minimum pada aphelion. Dilihat dari Bumi, kecepatan Matahari dalam orbitnya yang bervariasi dari maksimum perigee hingga minimum pada apogee.<sup>19</sup>
- 2) Sumbu Bumi dimiringkan pada sudut tegak lurus bidang ekliptika. Sudutnya sama dengan kemiringan ekliptika  $\varepsilon = 23^\circ 26'$ . Bumi bertindak sebagai giroskop besar yang menjaga sumbu rotasinya dalam arah tetap di ruang angkasa, membuat ketinggian Matahari pada siang hari bervariasi sepanjang tahun dari maksimum pada pertengahan musim panas hingga minimum pada pertengahan musim dingin. Variasi ketinggian ini berdampak kecil pada waktu transit Matahari.<sup>20</sup>

Untuk menghitung penyimpangan nyata Matahari dari penjaan waktu yang sempurna, kita membayangkan Matahari fiktif yang disebut *mean sun* yang berarti sesuatu yang bergerak dengan kecepatan seragam di sepanjang garis

---

<sup>19</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 116

<sup>20</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 116

katulistiwa. Siang didefinisikan sebagai instan ketika Matahari rata-rata melintasi meridian, dan dua bagian berturut-turut dari *Mean sun* di atasnya menentukan panjang hari. Waktu yang diukur oleh *mean Sun* berhubungan dengan UT.

Perbedaan antara waktu Matahari nyata dan waktu Matahari rata-rata (*mean Sun*) disebut dengan Equation of Time (persamaan Waktu), rumus untuk menentukannya adalah sebagai berikut :

$$\Delta_t = \text{RST} - \text{MST} ,$$

Di mana  $\Delta_t$  adalah nilai Equation of Time, MST adalah rata-rata waktu Matahari dan RST adalah Waktu Matahari Sebenarnya.

Kita dapat menghitung nilai Equation of time pada hari apa saja dengan cukup mudah. Terlebih dulu mengetahui *Right ascension* Matahari<sup>21</sup> dan mengingat bahwa waktu yang tepat adalah waktu sidereal saat transit, mengkonversikan *Right ascension* ke UT. Hasilnya adalah UT di mana Matahari yang sebenarnya transit, dengan mengurangi 12 jam 00 menit dari ini. UT dimana rata-rata matahari Transit. Kemudian kita akan mendapatkan nilai equation of Time.<sup>22</sup>

---

<sup>21</sup> bujur matahari dalam koordinat ekuator bumi

<sup>22</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 116

## 2. Algoritma Penentuan Posisi Bulan

Sama halnya dengan sebelumnya pada penentuan posisi Matahari, Peter juga menjabarkan beberapa aspek yang menjadi acuan dalam pergerakan Bulan seperti orbit Bulan, hisab posisi Bulan, fase-fase bulan dan lain sebagainya, berikut penjabarannya,

### a. The Moon's orbit (Orbit Bulan)

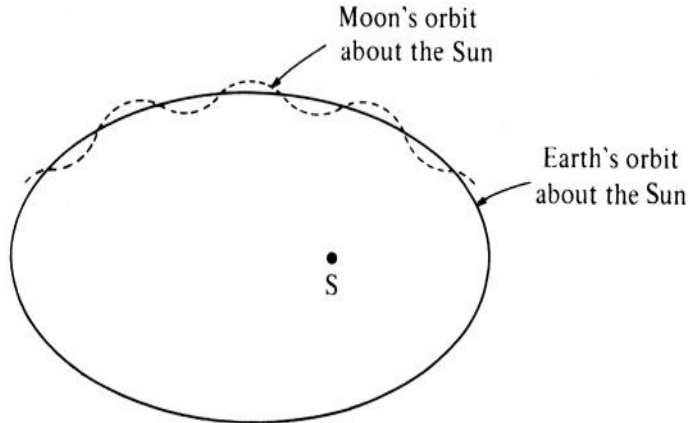
Untuk para pengamat yang berada di Bumi, Bulan akan terlihat mengitari Bumi . bulan berevolusi terhadap Bumi berdasarkan bintang adalah selama 27,3217 hari. Priode ini disebut dengan bulan sideral. Selama ini Bumi bergerak disepanjang orbitnya sendiri jadi posisi Matahari berubah-ubah sehubungan dengan Bintang-bintang. Karenanya Bulan memiliki beberapa jarak tambahan untuk mendapatkan kembali posisi relatifnya terhadap Matahari. Interval di defenisikan waktu yang di ambil untuk Bulan kembali ke posisi yang sama ke Matahari ini disebut dengan Bulan sinodik dan ini sama dengan 29.5306 hari. Arah dari pergerakan Bulan yang mengorbit Bumi disebut dengan *P. rograde*.<sup>23</sup>

Seorang pengamat langit melihat tata surya dari jarak yang jauh, namun, melihat Bulan membuat putaran di luar angkasa terhadap Bumi. Lebih baik untuk menggambarkan situasi dimana orbit bulan mengelilingi Matahari, seperti halnya Bumi, dan

---

<sup>23</sup> Cari artinya di ensiklopedi astronomy

pengaruh dari Bumi aladh membuat orbit Bulan sedikit bergoyang ketika posisi relatif Bumi dan Bulan Berubah. Perhatikan gambar berikut.



Gambar 16. orbit Bulan banyak dibesar-besarkan. Bulan jauh lebih dekat ke Bumi daripada yang disarankan oleh diagram ini; khususnya, orbitnya di mana-mana cekung ke arah Matahari.<sup>24</sup>

Ini dikarenakan Gravitasi Matahari menekan Bulan lebih kuat daripada Bumi, bahkan, yang terakhir lebih dekat. Tidak mengherankan bahwa orbit Bulan sangat rumit untuk di hitung sejak itu datur oleh dua bentuk. Bukan satu, dan dua tubuh itu sendiri terikat di orbit tentang satu sama lain.

Ada tiga efek utama dari gangguan yang disebabkan oleh Matahari pada orbit nyata Bulan di sekitar Bumi. Yang pertama itu disebut dengan *Evection* di mana nilai nyata eksentrisitas orbit Bulan sedikit berbeda. Yang kedua disebabkan oleh variasi

---

<sup>24</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 162

jarak Bumi-Matahari saat Bumi bergerak dalam elipsnya sendiri terhadap Matahari. Koreksi ini disebut *annual equation*. Ketidaksetaraan ketiga memperhitungkan gerakan Bulan di medan gravitasi Matahari. Saat Bulan berada di satu sisi Bumi, ia lebih dekat ke Matahari sehingga gaya tarik gravitasi matahari sedikit lebih kuat daripada ketika Bulan berada di sisi lain Bumi. Ini disebut dengan *Variation*. Koreksi ini sendiri, bersama dengan koreksi yang biasa disebut *Equation of the centre*.<sup>25</sup> Dapat membuat hingga  $9^\circ$  perbedaan pada anomali rata-rata Bulan. Sehingga ini sangat penting untuk diperhitungkan. Peter melakukan enam kali koreksi untuk menemukan posisi dari Bulan hingga seperlima derajat.

**b. Calculating the Moon's position (Menghitung posisi Bulan)**

Untuk menentukan posisi bulan Langkah-langkah yang digunakan hampir sama dengan menghitung posisi dari sebuah Planet, yang membedakan ialah , ketentuan koreksi harus diterapkan pada setiap langkah dan garis bujur dari nilai *ascending node* dan nilai perigee bulan tidak dapat dianggap konstantan. <sup>26</sup> untuk menghitung posisi Bulan adalah dengan melalui tahapan berikut langkah pertama yang dilakukannya adalah menentukan nilai anomali rata-rata Bulan yang mengacu pada posisi Bulan fiktif yang bergerak secara seragam ke Bumi.

---

<sup>25</sup> variasi posisi sudut dalam sebuah orbit dari gerakan yang seragam karena eksentrisitas dari orbit. Inilah perbedaan antara anomali yang sebenarnya dan anomali rata-rata. Lihat Leif J. Robinson, *Philip's Astronomy Encyclopedia*, (London : Octopus publishing Group 2002) h. 132

<sup>26</sup>Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 164

selanjutnya adalah menghitung nilai garis bujur dengan merujuk ke bidang ekliptika, berdasarkan koordinat ekliptika geosentris deklinasi Matahari dan Bujur Matahari. Kemudian terakhir, mengkonversikan nilai ascensio recta dan deklinasi Matahari

Pada perhitungan ini Peter menggunakan Epoch 2010 Januari 0,0 sebagai titik awal. Dengan menghitung jumlah hari sejak Epoch sampai tanggal dan waktu yang akan digunakan. Untuk mendapatkan akurasi yang lebih baik peter menggunakan Waktu trestrial daripada waktu Universal, Berikut ini tahapan-tahapan dan rumus-rumus yang digunakan untuk menentukan posisi Bulan oleh Peter:

1. Menentukan nilai bujur ekliptika Matahari dan anomali rata-rata.<sup>27</sup>
2. Menentukan nilai bujur ekliptika bulan ( $l$ ) dengan menggunakan rumus:

$$l = 13.1763966. D + l_o$$

3. Menentukan Nilai rata-rata anomali Bulan ( $M_m$ ) dengan rumus

$$M_m = l - 0.1114041 . D - P_o$$

4. Menentukan Bujur ekliptika titik simpul naik perpotongan orbit bulan dengan lingkaran ekliptika ( $N$ ). Dengan rumus

$$N = N_o - 0.0529539 . D$$

---

<sup>27</sup> Untuk menentukan ini dapat menggunakan metode yang ada pada part 46 dalam Buku.

Untuk symbol  $l_0$ ,  $P_0$  dan  $N_0$  mewakili nilai Bujur Pada Epoch yang dicari

Selanjutnya menghitung koreksi dari nilai *Evection*<sup>28</sup> ( $E_v$ ), *annual equation*<sup>29</sup>, ( $A_e$ ) dan Koreksi Ketiga, ( $A_3$ ). Rumusnya:

$$E_v = 1.2739 \sin(2C - M_m)$$

$$A_e = 0.1858 \sin(M_0),$$

$$A_3 = 0.37 \sin(M_0),$$

Untuk mencari Nilai  $C$  adalah dengan  $C = l - \lambda_0$ . dengan koreksi ini kita dapat menemukan nilai koreksi Anomali Bulan ( $M'_m$ ):

$$M'_m = M_m + E_v - A_e - A_3.$$

Selanjutnya kita bisa menghitung nilai dari equation pusat ( $E_c$ ), dengan rumus :

$$E_c = 6.2886 \sin(M'_m).$$

Sebelum melanjutkan ke koreksi selanjutnya, maka harus menghitung :

$$A_4 = 0.214 \sin(2. M'_m)$$

---

<sup>28</sup> ketidakteraturan periodik dalam gerakan bulan, disebabkan oleh daya tarik matahari.

<sup>29</sup> Variasi dalam gerakan nyata bulan yang disebabkan oleh variasi jarak bumi dari matahari sepanjang tahun.



Selanjutnya mencari nilai dari koreksi bujur Bulan ( $l'$ ), berikut rumusnya:

$$l' = l + E_v + E_c - A_e + A_4.$$

Koreksi terakhir yang diterapkan pada bujur Bulan adalah Nilai Variasinya, dengan Rumus :

$$V = 0.6583 \sin 2 (l' - \lambda_{\odot})$$

Kemudian mencari nilai orbit sejati bujur Bulan ( $l''$ ), hanya dengan menghitung

$$l'' = l' + V$$

merujuk pada garis bujur ekliptika kita dapat menghitung nilai lintang ekliptik Bulan dan Bujur Bulan, dengan :

$$\lambda_m = \tan^{-1} \left\{ \frac{\sin(l'' - N') \cos i}{\cos(l'' - N')} \right\} + N'$$

Dan

$$\beta_m = \sin^{-1} \{ \sin(l'' - N') \sin i \}$$

dimana  $N'$  adalah koreksi bujur dari titik simpul Bulan, berikut cara menghitungnya:

$$N' = N - 0.16 \sin(M_{\odot})^{30}$$

---

<sup>30</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 165

Untuk Nilai dari  $l_0$ ,  $P_0$ ,  $N_0$ ,  $i$ , dan beberapa parameter lain pada Koreksi Bulan, Peter telah melistnya pada daftar berikut ini:

Bujur rata-rata Bulan dari Epoch yang di hitung 91.929336 derajat	$l_0$	=
Bujur rata-rata titik terjauh dari Epoch =130.143076 derajat	$P_0$	=
Bujur rata-rata titik sampel dari Epoch 291.682547 derajat	$N_0$	=
Inklinasi orbit Bulan 5.145396 derajat	$i$	=
Eksentrisitas orbit Bulan 0.0549	$e$	=
Sumbu Semi-Major orbit Bulan km	$a =$	384.401
Diameter sudut bulan pada jarak $a$ dari Bumi 0.5181 derajat	$\theta_0$	=
Paralaks Bulan pada jarak $a$ dari Bumi 0.9507 derajat	$\pi_0$	=

Tabel 2. Elements orbit Bulan<sup>31</sup>, Epoch 2010

<sup>31</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 165

### c. **The Moon's hourly motions ( Pergerakan Bulan Perjam)**

Pada pembahasan sebelumnya untuk menentukan posisi Bulan kita menggunakan metode yang cukup panjang. Menurut Peter untuk menghitung pergerakan bulan cukup dengan menemukan posisi Bulan pada satu waktu dari pada melakukan perhitungan berulang-ulang.

Untuk menghitung pergerakan Bulan perjam Peter memberikan rumus yang sederhana, berikut formula yang digunakan untuk menghitung pergerakan bulan:

$$\Delta\beta = 0.05 \cos (l'' - N') \text{ derajat / jam}$$

$$\Delta\lambda = 0.55 + 0.06 \cos (M'_m) \text{ derajat/ jam}$$

Dimana  $\Delta\beta$  adalah gerakan perjam dalam lintang dan  $\Delta\lambda$  adalah gerakan perjam dalam bujur.<sup>32</sup>

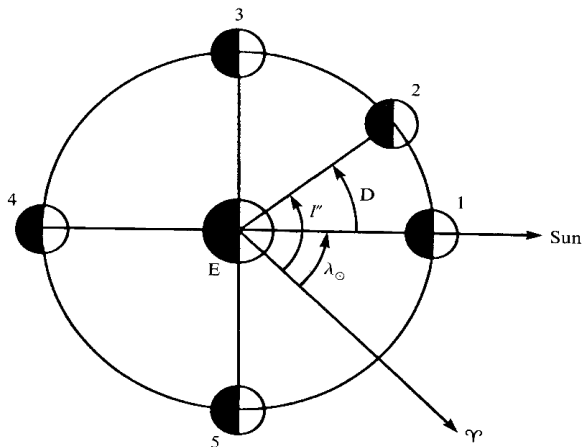
### d. **The phases of the Moon (Fase Bulan)**

Posisi relatif Matahari dan Bulan yang dilihat dari Bumi berubah selama satu bulan. Jika kita lihat dari Bumi kita hanya akan melihat sebagian dari Bulan, yakni bagian bulan yang menghadap Matahari dan terkena sinarnya secara langsung. Menurut Peter, ketika Bulan Purnama, bagian yang mengarah ke Bumi tidak diterangi secara seragam tetapi tumpang tindih dengan sisi Terang dan Gelap. Maka kita hanya akan melihat sebagiannya saja. Area

---

<sup>32</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 170

bagian-bagian yang terkena cahaya ini di sebut dengan Fase.<sup>33</sup>Peter mengilustrasikanya pada gambar berikut ini.



Gambar 17. Fase Bulan.<sup>34</sup>

Pada gambar di atas menunjukkan saat Bulan akan Mengitari Bumi (E). Bulan digambarkan dalam 5 posisi ditandai dari 1 sampai 5. Pada bagian 1, seluruh sisi gelap mengarah ke arah kita , maka saat itu bulan tidak akan terlihat. Ini masuk dalam fase pertama yakni fase *New Moon* (Bulan Baru). Kemudian setelah satu minggu Bulan akan mencapai posisi ke 3, pada posisi ini kita dapat melihat sebagian bulan yang terkena cahaya Matahari, sehingga fase ini disebut dengan fase *quadrature* (Bulan sebagian/setengah). Fase ini termasuk dalam Kuartal pratama fase Bulan. Kemudian fase 4,

<sup>33</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 171

<sup>34</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 172

adalah Purnama. Posisi dimana ketika Bulan berhadapan dengan Matahari. Kemudian lanjut ke posisi ke 5 Bulan kembali ke fase quadrature (sebagian/setengah), pada fase ini bulan termasuk kedalam kuartal ketiga. Antara posisi 3 dan 5 menunjukan setengah dari bulan yang disinari Matahari, dan proses pembesaran dan pengecilan Bulan pada masa quadrature itu disebut dengan *gibbous*.<sup>35</sup>

Sudut  $D$  disebut dengan usia Bulan, nilainya bervariasi antara  $0^0$  sampai  $360^0$ , saat bulan menyelesaikan satu siklus orbitnya. Terkadang sudut ini dinyatakan dalam hari, 1 hari itu sama dengan  $13^0$ , untuk menghitung nilai fase menggunakan rumus berikut:

$$F = \frac{1}{2} (1 - \cos.D)$$

Untuk mencari nilai  $D$  kebanyakan menggunakan perhitungan seperti ini.

$$D = l'' - \lambda_0 \text{ derajat}$$

Salah satu hal yang penting untuk tahap menghitung gerhana Matahari ataupun Bulan adalah saat di mana bulan berada pada fase *new Moon* dan *full Moon*, itu adalah saat dimana Bulan dalam keadaan konjungsi dari Matahari secara berurutan.

---

<sup>35</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 171

**e. The position-angle of the Moon's bright limb (Posisi-sudut anggota tubuh Bulan yang cerah)**

sudut posisi Bulan yang paling terang ditandai dengan symbol  $\chi$ .  $\chi$  didefinisikan sebagai sudut titik tengah ekstremitas. Untuk mengetahui nilai dari *moon's bright limb* ini dengan menggunakan Rumus berikut :

$$\chi = \tan^{-1} \left\{ \frac{\cos \delta_{\odot} \cdot \sin (a_{\odot} - a_m)}{\cos \delta_m \cdot \sin \delta_{\odot} - \sin \delta_m \cdot \cos \delta_{\odot} \cdot (a_{\odot} - a_m)} \right\}$$

dimana untuk  $a_{\odot}$ ,  $\delta_{\odot}$  dan  $a_m$ ,  $\delta_m$ . masing-masing adalah kordinat equatorial dari Matahari dan Bulan.

**f. The Moon's distance, angular size and horizontal parallax (Jarak , ukuran sudut dan paralaks horizontal Bulan)**

Selama satu kali orbital bulan, jarak Bulan ( $p$ ), dari Bumi bervariasi, tergantung kepada posisi bulan saat itu berada pada titik terdekat (perigee) atau pada titik terjauh (apogee). Pada titik perigee jarak antara bulan ke Bumi adalah sekitar 356.000 Km sedangkan untuk titik apogee jaraknya adalah sekitar 407.000 km.<sup>36</sup> Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung jarak :

$$p = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cdot \cos (M'_m + E_c)}$$

$M'_m$  adalah nilai koreksi anomali,  $E_c$  adalah koreksi dari equation of the center . untuk  $e$  adalah nilai eksentrisitas (0.054900) dan  $a$  adalah sumbu semi –major pada orbit Bulan. Peter

---

<sup>36</sup>Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 176

menyatakan jarak sebagai pecahan dari nilai sumbu semi-major orbit bulan. Ditulis dalam rumus:

$$\rho' = \frac{\rho}{\alpha} = \frac{(1 - e^2)}{1 + e \cdot \cos(M'_m + E_C)}$$

$\rho$  dinyatakan dalam satuan Kilometer.

selanjutnya, untuk menghitung nilai sudut diameter Bulan ( $\Theta$ ) dengan mengikuti hasil dari  $\rho$ , berikut rumusnya:

$$\Theta = \frac{\theta_0}{\rho'}$$

Dimana  $\theta_0$  adalah sudut diameter Bulan ketika berada pada jarak  $a$  dari Bumi.

Untuk horizontal paralaks Bulan di artikan sebagai sudut yang di rujuk di bulan oleh jari-jari Bumi. Horizontal di simbolkan dalam  $\pi$ . Berikut rumus menghitungnya.

$$\pi = \frac{\pi_0}{\rho'}$$

untuk  $\pi_0$  adalah jarak  $a$  dari Bumi.<sup>37</sup> Dari sini kita bisa menghitung nilai  $\rho$  dengan jari-jari Bumi (6378.14 km), berikut rumusnya:

$$\rho = \frac{6378.14}{\sin(\pi)}$$

---

<sup>37</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 176

### **g. Moonrise and Moonset (terbit dan terbenamnya Bulan)**

Untuk menghitung waktu terbit dan terbenamnya Bulan Peter menggunakan metode yang sama dengan yang digunakan untuk menentukan waktu terbit dan terbenamnya Bintang. Akan tetapi ada 3 faktor yang sedikit rumit pada penentuannya. Salah satunya adalah bulan bergerak cepat sehingga menyebabkan nilai pada ascension recta dan deklinasi selalu berubah-ubah. Untuk menemukan waktu tenggelamnya bulan, secara singkat membutuhkan koordinat dari bulan pada saat itu. Tetapi untuk menemukan koordinatnya membutuhkan waktu dari terbenamnya bulan.<sup>38</sup>

Masalah kedua adalah juga berhubungan dengan perubahan posisi yang cepat dari bulan. Untuk menemukan siklus dari terbit dan terbenamnya bulan pada suatu lokasi dan tanggal tertentu di Bumi. Kita perlu tahu waktu yang berdasarkan tanggal Greenwich. Peter melakukan iterasi berulang-ulang untuk menemukan posisi bulan saat itu, katakanlah pada tengah hari. Gunakan posisi tersebut untuk menghitung waktu dari terbit dan terbenamnya Bulan, kemudian hitung ulang posisi bulan pada waktu itu. Lalu hitung ulang kembali waktu terbit dan terbenamnya Bulan. Terus lakukan perhitungan sampai perubahannya cukup kecil untuk di biarkan. Kita juga harus memperhitungkan fakta bahwa kalender mungkin berubah, dan konversi dari GST<sup>39</sup> ke UT mungkin terlihat Ambigu.

---

<sup>38</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 178

<sup>39</sup> Green Wich Sideral Time.



Dan kemudian ada fakta bahwa bulan mungkin tidak terbit ataupun terbenam pada tanggal tertentu.<sup>40</sup>

Masalah terbesar ketiga adalah bahwa bulan secara Astronomis terlalu dekat dengan Bumi. Berdasarkan hasil penelitiannya koordinat yang mereka gunakan benar dari pusat Bumi. Akan tetapi ketika mereka melakukan pengamatan koordinatnya sedikit berubah. Efek ini disebut dengan paralaks. Dalam kasus Bulan, nilai paralaks bisa sampai satu derajat lebih. Dengan mempertimbangkan ini, bersamaan dengan koreksi untuk pembiasan Atmosfir dan ukuran terbatas dari bagian Bulan. Kita dapat menemukan waktu terbit dan terbenamnya Bulan yang benar dalam kurun waktu satu atau dua menit.

### **C. Analisis Kekurangan Algoritma Peter Duffett Smith dalam Perhitungan Fase Bulan dan data Ephemeris**

#### **1. Kekurangan**

Kekurangan pada Algoritma Peter adalah pada koreksi untuk menghitung data ephemeris masih dalam kategori menengah belum pada tingkat *Apparent*<sup>41</sup>. Dalam artian masih satu tingkat dibawah algoritma Jean Meeus. Untuk mencapai Koreksi yang tinggi pada algoritma Peter adalah dengan menambahkan beberapa koreksi akurasi tinggi seperti yang ada pada Jean Meeus. Adapun Koreksi-koreksi tersebut ialah

---

<sup>40</sup> Petter Duffett Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 178

<sup>41</sup> Posisi benda langit sebenarnya dilihat dari pusat bumi yang bergerak, dan dirujuk pada ekuator,ekliptika dan ekuinok, lihat Jean Meeus,*Astronomical Algorithms*, (Virginia : William-Bell,Inc 1991)h. 137

koreksi Nutasi dan Abrasi. Pada bukunya disebutkan Koreksi-koreksi tersebut akan tetapi koreksi tersebut tidak digunakan dalam mengoreksi hasil data ephimeris Matahari dan Bulan.

Kekurangan lainnya adalah algoritmanya tidak terlalu lengkap, sebagai contoh pada penentuan waktu ijtimak, Peter hanya memberikan penjelasan tentang pada suatu tanggal terjadi fase bulan apa. Sedangkan untuk mengetahui fase bulan terjadi pada tanggal berapa tidak dijelaskan. Algoritma Peter dalam menjelaskan mengenai fase bulan adalah dengan mencari tahu pada tanggal ini terjadi fase bulan apa. Dalam algoritmanya di berikan ketentuan bahwa 1 hari itu sama dengan  $13^\circ$ . Sehingga jika ingin mengetahui pada saat ijtimak itu terjadi pada tanggal berapa tidak dijelaskan dalam algoritmanya.

## **BAB IV**

### **ANALISIS SISTEM HISAB AWAL BULAN KAMARIAH ALGORITMA PETER DUFFETT SMITH**

#### **A. Reformulasi Algoritma Peter Duffett Smith Dalam Menentukan Waktu Ijtimak**

Reformulasi algoritma Peter dalam menentukan waktu ijtimak dimaksudkan untuk memodifikasi Algoritma Peter yang sebelumnya hanya menjelaskan mengenai pada tanggal ke fase menjadi fase ke tanggal. Pada modifikasi kali ini untuk menentukan waktu ijtimak adalah dengan mengetahui selisih bujur antara Matahari dan Bulan. Untuk mengetahui selisih waktu bujurnya tidak semata-mata langsung dijabarkan dalam Algoritma Peter. Dikarenakan terdapat beberapa Algoritma Pendukung yang tidak dijelaskan dalam Algoritma Peter salah satunya ialah algoritma untuk menghitung pergerakan Matahari Perjam, sehingga pada model ini nanti akan ditambahkan dengan algoritma pergerakan Matahari perjam yang digunakan untuk menghitung pergerakan Matahari pada umumnya.

Adapun berikut ini metode menentukan waktu ijtimak yang telah di modifikasi sebagai berikut.

##### **1. Menentukan Waktu Ijtima'**

Algoritma Peter untuk menghitung waktu ijtimak itu tidak dijelaskan dalam bukunya. Dalam menghitung fase bulan peter menggunakan cara dengan mencari nilai elongasi Bulan. Untuk menghitung fase bulan dengan cara menentukan tanggal kemudian mencari tau fase bulan yang

terjadi pada tanggal tersebut. Sedangkan untuk mengetahui nilai ijtima adalah dengan mengetahui fase saat itu terjadi pada tanggal berapa. Selain itu juga membutuhkan nilai bujur Matahari dan Bulan, Sehingga untuk mengetahui nilai ijtima, kami menggunakan konsep dengan menghitung nilai Bujur Matahari dan Bulan dengan menggunakan algoritma Peter. Berikut Rumus Menghitung Bujur Matahari dan Bulan berdasarkan Algoritma Peter, berikut langkah-langkah menghitung ijtima dengan menggunakan rumus Peter:

a. Menentukan Nilai JD (Julian Day)

Untuk mengetahui Nilai JD yang akan digunakan untuk menentukan Waktu ijtima adalah dengan mengkonversi tahun hijriyah yang akan dihitung ke waktu JD, rumus untuk menghitungnya adalah sebagai berikut:

$$\text{Tahun Hijriyah} - 1 \times 354^1 + \text{Jumlah Hari Bulan Hijriyah} + 29 + 1948438,5^2$$

b. Menentukan Bilangan Abad Julian (T)

Untuk menghitung Nilai Bilangan Abad Julian adalah dengan mencari selisih dari Nilai JD yang telah ditentukan sebelumnya dengan Nilai JD yang menjadi Acuan Peter. Peter menggunakan Epoch 1 Januari 2010, (2455196,5). Kemudian dibagi 36525<sup>3</sup> berikut rumusnya:

---

<sup>1</sup> Jumlah hari dalam satu Tahun Hijriyah

<sup>2</sup> Julian Daya pada tanggal 1 Muharam 1 hijriyah atau tanggal 15 juli 622

<sup>3</sup> Jumlah Hari dalam 1 abad Masehi

- c. Menghitung bujur rata-rata Matahari ( $\varepsilon g$ )

Menghitung Bujur rata-rata Matahari adalah dengan Rumus berikut ini:

$$\varepsilon g = 279.6966778 + 36000.76892T + 0.0003025T^2 \text{ derajat,}$$

- d. Menghitung Bujur rata-rata Matahari di Perigee ( $\varpi g$ )

Menghitung Bujur rata-rata Matahari adalah dengan Rumus berikut ini:

$$\varpi g = 281.2208444 + 1.719175T + 0.000452778T^2 \text{ derajat}$$

- e. Menghitung Anomali rata-rata Matahari ( $M_0$ )

Menghitung Anomali rata-rata Matahari adalah dengan menghitung selisih dari  $\varepsilon g$  dan  $\varpi g$ , berikut rumusnya :

$$M_0 = \varepsilon g - \varpi g,$$

- f. Menghitung Bujur Matahari ( $\lambda_\theta$ )

Menghitung nilai Bujur Matahari dengan menggunakan rumus Peter adalah sebagai berikut:

$$\lambda_\theta = v^4 + \varpi g,$$

- g. Menghitung nilai pergerakan Matahari perjam ( $\Delta\lambda M$ )

Untuk mengetahui pergerakan Matahari perjam adalah dengan menggunakan rumus berikut:

$$360 \div 365,242191 \div 24$$

---

<sup>4</sup> Nilai True Anomali (anomali sejati) dari Matahari

h. Menghitung Bujur Bulan ( $\lambda_m$ )

Menghitung nilai Bujur Bulan menggunakan Rumus Peter adalah sebagai Berikut:

$$\lambda_m = \tan^{-1} \left\{ \frac{\sin (l'' - N') \cos i}{\cos (l'' - N')} \right\} + N'$$

i. Menghitung nilai pergerakan Bulan perjam ( $\Delta\lambda_m$ )

Menghitung Pergerakan Bulan perjam adalah dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$\Delta\lambda_m = 0.55 + 0.06 \cos (M'_m) \text{ derajat/ jam}$$

j. Menghitung selisih Nilai Bujur Matahari ( $\lambda_o$ ) dan Bujur Bulan ( $\lambda_m$ ).

Setelah menemukan nilai dari Bujur Matahari dan Bulan, kemudian untuk mengetahui waktu Ijtmiak adalah dengan mengetahui selisih antara Bujur Matahari dan bulan. Berikut adalah rumus untuk menghitung selisih Bujur Matahari dan Bulan:

$$\lambda_o - \lambda_m \div (\Delta\lambda_m - \Delta\lambda_M)$$

Setelah menemukan selisih dari bujur Matahari dan Bulan maka kita akan mengetahui seberapa jauh perbedaan Bujur Matahari dan Bulan. Untuk mengetahui kapan Ijtmiak adalah saat Bujur Matahari dan Bulan sama. Pada perhitungan pertama selisih antara Bujur Matahari dan Bulan cukup besar. Sehingga kami melakukan perhitungan Ulang (*iterasi*) hingga selisih bujur Matahari dan bulan tidak terlalu besar.

Selisih yang kami dapatkan setelah melakukan *iterasi* paling kecil adalah sampai satuan detik. Berikut tabel hasil selisih Bujur Matahari dan Bulan setelah *iterasi* :

Bulan hijriyah	Selisih bujur matahari dan bulan setelah iterasi			
	JD <sup>5</sup>	JD 1	JD 2	JD 3
Rajab	33° 46' 26,01"	-0° 49' 3,02"	0° 0' 22,03"	-0° 0' 0,18"
Sya'ban	23° 32' 21,13"	-0° 35' 54,98"	0° 0' 21,29"	-0° 0' 0,22"
Ramadhan	35° 29' 51,31"	-1° 21' 10,59"	0° 1' 19,72"	-0° 0' 1,37"
Syawal	19° 59' 12,86"	-0° 44' 32,69"	0° 1' 15,22"	-0° 0' 2,14"
Dzulqo'dah	28° 24' 0,24"	-1° 21' 31,53"	0° 3' 20,35"	-0° 0' 8,26"
Dzulhijjah	11° 4' 29,42"	-0° 33' 38,94"	0° 1' 41,98"	-0° 0' 5,15"

tabel 3. hasil selisih Bujur Matahari dan Bulan

Setelah menemukan selisih terkecil maka itulah waktu ijtima pada tanggal julian day, langkah selanjutnya adalah merubah nilai Julian day tadi menjadi Penanggalan Masehi, meliputi Hari, tanggal, Bulan dan Tahun. Sebelum menghitung tanggal julian day ke masehi berikut ini data-data yang dibutuhkan:

$$Z = JD + 0,5$$

$$F = JD + 0,5 - Z$$

$$h = Z - 1867216,25 \div 365324,25$$

$$A = Z + 1 + h - (h \div 4)$$

$$B = A + 1524$$

$$C = (B - 122,1) \div 365,25$$

$$D = C \times 365,25$$

$$E = (B - D) \div 30,6001$$

---

<sup>5</sup> JD pertama ini adalah JD rata-rata sebelum adanya koreksi selisih bujur.

Selanjutnya adalah Menentukan Hari, Tanggal dan waktu Ijtimak dalam penanggalan Masehi :

- 1) Merubah hari dari JD ke Masehi

Merubah hari dari JD ke Masehi adalah dengan menggunakan rumus berikut:

$$\mathbf{B - D - (30,6001 \times E) + F}$$

- 2) Merubah Tanggal dari JD ke Masehi

Merubah Tanggal dari JD ke Masehi adalah dengan mengambil hasil dari penentuan perubahan Hari dari JD ke Masehi

- 3) Merubah Bulan dari JD ke Masehi

$$\mathbf{E - 1 \text{ atau } E - 13^6}$$

- 4) Merubah Tahun dari JD ke Masehi

$$\mathbf{C - 4715 \text{ atau } C - 4716^7}$$

- 5) Menentukan Jam Ijtimak

$$\mathbf{(F \times 24) \div 24}$$

## **B. Implementasi Algoritma Peter Dalam Hisab Awal Bulan Kamariah.**

Pada pembahasan sebelumnya telah di jabarkan mengenai algoritma Petter dalam menentukan posisi Matahari dan Bulan. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa Algoritma Peter tidak secara khusus Memberikan perhitungan untuk menentukan

---

<sup>6</sup> Jika hasil E lebih kecil dari 14 maka - 1, dan jika lebih besar dari 14 maka -13

<sup>7</sup> Jika Bulan 1 dan 2 maka - 4715, dan jika bulan 3 keatas maka - 4716



awal bulan Kamariah, sehingga pada pembahasan saat ini penulis akan mencoba menjabarkan berdasarkan Algoritma Peter mengenai Hisab Awal bulan Kamariah:

Adapun langkah-langkah dalam menghitung Awal Bulan kamariah dengan menggunakan sistem Algoritma Peter Adalah sebagai berikut:

1. Menentukan Waktu Ijtimak

Untuk menentukan waktu ijtimak menggunakan algoritma Peter adalah dengan menggunakan hasil dari Reformulasi algoritma Peter dalam menentukan waktu Ijtimak yang telah dijelaskan pada pembahasan diatas.

2. Menghitung Waktu Ghurub (waktu Magrib)

Setelah mengetahui waktu kapan terjadinya Ijtimak, maka selanjutnya adalah mencari waktu Ghurub, menghitung waktu Ghurub adalah dengan dua kali perhitungan. Yakni mencari waktu ghurub taqribi dan ghurub hakiki.

Untuk menghitung Ghurub Taqribi membutuhkan nilai JD. Waktu JD nya dhitung dengan Tanggal Ijtimak akan tetapi jamnya menggunakan Jam waktu Matahari terbenam Taqribi yakni jam 11 GMT atau Jam 18 WIB, setelah mendapatkan Nilai JD nya selanjutnya adalah menggunakan Langkah yang sama untuk menghitung Data Ephemeris Matahari. Hal ini dikarenakan untuk menghitung Waktu Ghurub memerlukan Nilai equation of time dan deklinasi.

Setelah menentukan data Ephemeris Matahari selanjutnya adalah Menghitung Tinggi Matahari Saat Terbenam ( $h_0$ ), menggunakan Rumus :

$$h_0 = -(R + SDM + Dipp)$$

**Ket:**

**R** : Refraksi

**SDM** : Sudut Diameter Matahari

SDM yang digunakan adalah  $0^\circ 16'$ , untuk Refraksi yang digunakan adalah Refraksi saat Benda Langit Terbenam yakni  $0^\circ 34'$ , sedangkan untuk menghitung dipp menggunakan Rumus:

$$Dipp = 0^\circ 1,76'' \times \sqrt{tt}$$

**Ket :**

**Tt** : Tinggi Tempat

Setelah mengetahui Tinggi Matahari selanjutnya adalah menghitung sudut waktu Matahari ( $t_0$ ), menggunakan Rumus:

$$\cos t_0 = -\tan LT \times \tan \delta + \sin h_0 / \cos LT / \cos \delta$$

Setelah menemukan Nilai  $t_0$  selanjutnya adalah menghitung waktu Ghurub Taqribi dengan menggunakan Rumus:

$$G. \text{ Taqribi} = 12 - eot + (BD - BT) / 15 + t_0 / 15$$

**Ket :**

**Eot** : equation of time

**BD** : Bujur Daerah

## **BT : Bujur Tempat**

Kemudian setelah mengetahui Waktu Ghurub Taqribi , langkah selanjutnya adalah menghitung waktu Ghurub Hakiki, untuk menghitung waktu Ghurub hakiki, memerlukan pula waktu JD, tanggal yang digunakan adalah tanggal ijtimak akan tetapi jam yang digunakan adalah jam Ghurub Taqribi yang dirubah ke UT. Kemudian mengikuti langkah-langkah seperti menghitung waktu ghurub taqribi. untuk menghitung waktu ghurub hakiki.

3. Menentukan Posisi, Umur, Tinggi dan Lama Hilal, serta Terbenam Hilal

Setelah mengetahui Waktu Ghurub tadi, maka selanjutnya adalah menentukan Posisi, Umur, Tinggi dan Lama Hilal, untuk menentukanya adalah dengan melalui langkah-langkah berikut Ini

- a. Menghitung Arah Matahari ( $A_0$ )

Untuk menghitung arah Matahari adalah dengan Menggunakan Rumus berikut ini:

$$\tan A_0 = (\tan S_0 \times \cos LT / \sin t_0 - \sin LT / \tan t_0)$$

**Ket ;**

$S_0$  : **deklinasi Matahari**

$LT$  : **Lintang Tempat**

$t_0$  : **Sudut Waktu Matahari**

b. Menghitung Azimuth Matahari ( $Az_0$ )

Menghitung Azimuth Matahari dengan menggunakan Metode berikut:

$$Az_0 = 180 - A_0 \text{ atau } 360 - A_0$$

Ket:

Jika arah Matahari negatif maka  $-180$ , dan jika arah Mataharinya positif maka  $-360$

c. Menghitung Sudut Waktu Bulan ( $tm$ )

Menghitung sudut Waktu Bulan menggunakan Rumus Berikut :

$$a_0 - a_m + t_0$$

ket:

$a_0$  : Tinggi Matahari

$a_m$  : Tinggi Bulan

d. Menghitung tinggi Hilal Hakiki (Hh)

Menghitung Hilal hakiki dengan menggunakan rumus:

$$\sin Hh = \sin LT \times \sin \delta_m + \cos LT \times \cos \delta_m \times \cos tm$$

ket :

$\delta_m$  : Deklinasi Bulan

e. Menghitung refraksi Bulan (R)

Menghitung nilai refraksi Bulan<sup>8</sup> dengan Rumus: berikut

---

<sup>8</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 80

$$R = \frac{P (0.1594 + 0,196 \times hm + 0,00002 \times hm^2)}{(27+29) (1+0.505 \times hm + 0,0845 \times hm^2)}$$

**Ket:**

**P = Tekanan Udara**

- f. Menghitung Paralaks (P)

Menghitung paralaks dengan Menggunakan Rumus Berikut:

$$P = \pi \times \text{Cos} (hm)^9$$

**Ket:**

**$\pi$  : Horizontal Paralaks**

- g. Menghitung Tinggi Hilal Mar'i (h'm)

Untuk mengetahui tinggi Hilal Mar'i adalah setelah kita mengetahui tinggi Hilal hakiki, berikut ini rumus menghitung tinggi Hilal Mar'i:

$$h'm = hm - P + R + 1,76/60 \times TT$$

**ket:**

**TT : Tinggi Tempat**

- h. Menghitung arah Bulan / Hilal (Am)

Menghitung arah Bulan/ Hilal rumus yang digunakan sama dengan menghitung arah Matahari, yang membedakan hanyalah penggunaan deklinasinya dan sudut waktunya. untuk arah Bulan menggunakan deklinasi Bulan dan sudut waktu bulan berikut rumusnya :

---

<sup>9</sup> Petter Duffet Smith, *Practical Astronomy*,..... h. 176

$$\tan A_m = (\tan \delta_m \times \cos LT / \sin t_m - \sin LT / \tan t_m)$$

**ket:**

$\delta_m$  : Deklinasi Bulan

$t_m$  : Sudut Waktu Bulan

$LT$  : Lintang Tempat

- i. Menghitung Azimuth Hilal ( $A_zm$ )

Rumus menghitung Azimuth Hilal sama dengan rumus yang digunakan untuk menghitung azimuth Matahari, yakni dengan mengurangi hasil dari Arah Bulan dengan 180, jika nilainya negatif dan 360 jika hasilnya Positif.

- j. Menghitung Lama Hilal Di atas Ufuk (Mukus)

Untuk mengetahui berapa lama Hilal berada di atas Ufuk adalah dengan membagi hasil Tinggi Bulan Mar'i dengan 15, berikut rumusnya

$$\text{Mukus} = h'm / 15$$

- k. Menghitung Posisi Hilal ( $P_h$ )

Menghitung posisi Hilal adalah dengan menghitung hasil selisih dari Azimuth Bulan di Kurangkan dengan Azimuth Matahari, berikut Rumusnya:

$$P_h = A_zo - A_zm$$

- l. Menghitung Elongasi Bulan ( $e_l$ )

Menghitung elongasi Bulan adalah dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$\cos e_l = \sin h'_m \times \sin h_o + \cos h'_m \times \cos h_o \times \cos P_h$$

**Ket:**

**$h_o$  : Tinggi Matahari**

**$h'_m$  : Tinggi Hilal Mar'i**

**$P_h$  : Posisi Hilal**

m. Menghitung Waktu Terbenamnya Hilal ( $H_t$ )

Mengetahui waktu terbenamnya Hilal adalah dengan mengetahui hasil selisih antara Waktu lama hilal di atas Ufuk dengan Waktu Ghurub hakiki, berikut rumusnya:

$$H_t = \text{Mukus} - \text{Ghurub hakiki}$$

### **C. Analisis Akurasi Hisab Awal Bulan Kamariah Algoritma Peter Duffett Smith**

Uji Akurasi dilakukan dengan cara membandingkan perhitungan menggunakan Algoritma Peter Duffett Smith yang telah di implementasikan ke dalam hisab awal bulan kamariah dengan hisab awal bulan kamariah yang lainnya, Perbandingan bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dari Algoritma Peter dalam hisab awal bulan kamariah.

Penulis membandingkan data hasil perhitungan dari Algoritma Peter dengan beberapa macam model hisab, untuk hisab kontemporer penulis menggunakan algoritma Jean Meeus, pemilihan algoritma Jean Meeus dikarenakan algoritma ini merupakan reduksi dari algoritma VSOP-87 dan ELP-2000. VSOP-87 merupakan algoritma untuk menentukan posisi

Matahari dengan ribuan suku koreksi, sedangkan ELP-2000 merupakan algoritma penentuan posisi Bulan yang berdasarkan teori terbaru dan memiliki tingkat keakurasian yang sangat akurat. Dua algoritma ini menjadi dasar dari teori yang digunakan oleh Jean Meus. Sehingga algoritma Jean Meeus dapat dijadikan sebagai tolak ukur keakurasian data pada hisab posisi Matahari dan Bulan.

Selain menggunakan algoritma Jean Meeus perbandingan juga akan dilakukan dengan menggunakan Hisab Ephemeris Kemenag RI dan Program software *acurate Time*<sup>10</sup> aplikasi penentuan waktu yang dikembangkan oleh Moh. Shawkat Odeh.

Langkah perbandingan yang akan penulis lakukan adalah dengan membandingkan hasil perhitungan antara Algoritma Peter dengan beberapa Hisab tersebut, pertama, adalah membandingkan tanggal dan waktu ijtima. Setelah ijtima perbandingan selanjutnya adalah mengetahui selisih waktu Ghurub Antara model-model hisab itu. Kemudian setelah mendapat nilai waktu ghurub terakhir ialah menentukan ketinggian dan elongasi Hilal.

Pada perhitungannya penulis memilih tahun-tahun yang mana pada tahun tersebut terdapat hisab yang menghasilkan

---

<sup>10</sup> *Acuarate time* adalah perangkat lunak resmi yang diadopsi oleh Kementerian Urusan Islam Yordania, untuk menghitung waktu sholat di yordania dan UEA. Dibuat Oleh Mohammad Odeh, Ketua International Astronomical Center (IAC), lihat di [www.icoproject.org/accut.html?l=en](http://www.icoproject.org/accut.html?l=en)



posisi tinggi Hilal dibawah ufuk dan di atas ufuk. Sehingga, tahun-tahun tersebut dikategorikan sebagai tahun kritis.

### 1. Perhitungan Awal bulan Ramadhan 1427 H/2006 M

Data hasil perhitungan menggunakan algoritma Peter tersebut penulis bandingkan dengan tujuan untuk menemukan selisih antara hasil perhitungan satu dengan hasil lainnya. Pada perhitugan ini koordinat yang penulis gunakan adalah lintang  $-6^{\circ} 54' 52,3''$  (Selatan) dan Bujur  $110^{\circ} 17' 2,9''$  Bujur Timur.

Pada perbandingan pertama ini penulis membandingkan data hasil perhitungan algoritma Peter dengan hasil perhitungan beberapa metode hisab lain. Perbandingan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui keakurasian hasil perhitungan dengan algoritma Peter

Keterangan	Sistem Perhitungan Awal Bulan Kamariah		
	Alg. Peter	Jean Meeus	Ephimeris
Ijtimak	22-9-2006/ 18:55:54 WD	22-9-2006/ 18:45:02 WD	22-9-2006/ 18:50:38 WD
W. Ghurub	17:35:02 WIB	17:35:14 WIB	17:35:14 WIB
Azimuth Matahari	$270^{\circ}10'31,98''$	$270^{\circ}10'10,31''$	$270^{\circ}10'23,2''$
Azimuth Bulan	$270^{\circ}1'7,78''$	$270^{\circ}1'4,18''$	$270^{\circ}1'18,32''$
Tinggi Hilal	$-2^{\circ}1'53,86''$	$-2^{\circ}0'5,41''$	$-2^{\circ}19'20,85''$

Elongasi	1°6'29,99"	1°5'9,78"	1°24'16,33
----------	------------	-----------	------------

Tabel 4. Hasil Perbandingan untuk Ramadhan 1427 H/ 2006 M

Data hasil perhitungan dengan menggunakan Algoritma Peter Duffett Smith yang telah dibandingkan dengan beberapa hisab kontemporer menunjukan hasil yang saling berdekatan. Hasil perbandingan perhitungan dengan jean Meeus berselisih hanya pada satuan menit dan detik busur.

Berdasarkan data diatas,berikut ini beberapa kesimpulan pada perhitungan untuk Awal Bulan Kamariah tahun 1427 H / 2006 M :

- Waktu Ijtimak : untuk ijtimak antara beberapa model hisab dan Alg. Peter berselisih antara 5 menit, sedangkan untuk tanggalnya sama
- Waktu Ghurub : untuk waktu ghurub berselish antara 12 detik WIB<sup>11</sup>
- Azimuth Matahari : Nilai Azimuth Matahari berselisih sekitar 20 - 10 detik busur
- Azimuth Bulan : Nilai Azimuth Bulan berselisih sekitar 4-10 detik busur
- Tinggi Hilal : tinggi Hilal berselisih antara 1-18 menit busur
- Elongasi : untuk elongasi Hilal berselisih sekitar 1-18 menit busur.

---

<sup>11</sup> Waktu Indonesia Barat

Data yang paling penting pada hisab awal bulan kamariah adalah ketinggian Hilal. Ketinggian Hilal ini akan berdampak Hilal dalam keadaan Hilal wujud (di atas ufuk) atau di bawah ufuk. Selain itu juga sebagai salah satu parameter yang menjadi penentu masuknya awal bulan kamariah adalah ketinggian Hilal. Jika dilihat antara alg. Peter dan Jean Meeus selisih nya sangat kecil. Bahkan tidak mencapai 5 menit busur. Sedangkan pada ephemeris hanya sebatas maks 18 menit busur. Selisih ini masih terhitung kecil sehingga bisa dijadikan sebagai acuan penentuan awal bulan kamariah.

Selain menggunakan hisab kontemporer diatas penulis juga membandingkan dengan software Falak yang juga memiliki perhitungan mengenai awal bulan kamariah, software tersebut ialah *Acurate Time*, berikut hasil perbandingannya:

Keterangan	Sistem Perhitungan Awal Bulan Kamariah	
	Alg. Peter	Acurate Time
Ijtimak	22-9-2006/ 18:55:54 WD	22-9-2006/ 18:45:WD
W. Ghurub	17:35:02 WIB	17:35 WIB
Azimuth Matahari	270°10'31,98"	270° 10' 58"
Azimuth Bulan	270°1'7,78"	270°1' 54"
Tinggi Hilal	-2°1'53,86"	-2°20' 18"
Elongasi		

	1°6'29,99"	1°29' 49"
--	------------	-----------

Tabel 5. Hasil perbandingan Alg. Peter dan *Acurate Time* Ramadhan 1427 H  
 Data hasil perbandingan antara algoritma Peter dan *Acurate Time* juga memiliki selisih yang kecil hanya berkisar antara menit hingga detik busur. Berikut kesimpulan dari perbandingan diatas:

- Ijtimak: untuk tanggal ijtimak sama, sedangkan untuk waktunya berselisih sekitar 10 menit busur.
- Waktu ghurub sama pada satuan jam dan menitnya, untuk *Acurate Time* hasil perhitungan hanya sampai satuan menit
- Azimuth Matahari berselisih sekitar 18 detik busur
- Azimuth Bulan berselisih sekitar 46 detik busur
- Tinggi Hilal berselisih sekitar 19 menit 36 detik
- Elongasi Hilal berselisih sekitar 23 menit 19 detik

**2. Perhitungan Awal bulan Syawal 1427 H/2006 M**

Lintang : -6° 54' 52,3" S

Bujur : 110° 17' 2,9"

Perbandingan dengan beberapa hisab kontemporer:

Keterangan	Sistem Perhitungan Awal Bulan Kamariah		
	Alg. Peter	Jean Meeus	Ephimeris
Ijtimak	22-10-2006/ 12:4:41 WD	22-10-2006/ 12:14:03 WD	22-10-2006/ 12:14:4,76 WD
W. Ghurub	17:32:30 WIB	17:32:37 WIB	17:32:37 WIB
Azimuth Matahari	258°43'8,88"	258°43'26,99"	258°43'23,17"
Azimuth Bulan	255°5'40,55"	255°9'44,45"	255°9'40,96"

Tinggi Hilal	0°14'53,9	0°21'57,55"	0°17'50,08"
Elongasi	3°48'45,01	3°47'19,75"	3°45'57,3"

Tabel 6. Hasil Perbandingan untuk Syawal 1427 H/2006M  
Kesimpulan :

- Ijtimak : tanggal Ijtimak sama, jam Ijtimak berselisih 10 menit
- Waktu Ghurub : waktu ghurub berselisih 7 detik busur
- Azimuth Matahari : berselisih sekitar 21 detik busur
- Azimuth Bulan : berselisih sekitar 4 menit busur
- Tinggi Hilal : berselisih sekitar 3-7 menit busur
- Elongasi Hilal : berselisih sekitar 1-3 menit busur

Perbandingan Dengan *Acurate Time*:

Keterangan	Sistem Perhitungan Awal Bulan Kamariah	
	Alg. Peter	Acurate Time
Ijtimak	22-10-2006/ 12:4:41 WD	22-10-2006/ 12:14:WD
W. Ghurub	17:32:30 WIB	17:32 WIB
Azimuth Matahari	258°43'8,88"	258° 43' 59"
Azimuth Bulan	255°5'40,55"	255°10' 14"
Tinggi Hilal	0°14'53,9"	0°6' 40"

Elongasi	3°48'45,01	3°38' 18"
----------	------------	-----------

Tabel 7. Hasil perbandingan Alg. Peter dan *Acurate Time* Syawal 1427 H  
Kesimpulan :

- Ijtimak : tanggal ijtimak sama, jam berselisih 10 menit
- Waktu Ghurub : sama
- Azimuth Matahari : berselisih sekitar 50 detik busur
- Azimuth Bulan :berselisih sekitar 5 menit 27 detik busur
- Tinggi Hilal :berselisih 8 menit 14 detik busur
- Elongasi Hilal : berselisih sekitar 10 menit 27 detik busur

### 3. Perhitungan Awal bulan Ramadhan 1428 H/2007 M

Lintang : -6° 54' 52,3" S

Bujur : 110° 17' 2,9"

Perbandingan dengan beberapa hisab kontemporer:

Keterangan	Sistem Perhitungan Awal Bulan Kamariah		
	Alg. Peter	Jean Meeus	Ephimeris
Ijtimak	11-9-2007/ 19:50:36 WD	11-9-2007/ 19:44:16 WD	11-9-2007/ 19:44:13WD
W. Ghurub	17:36:55 WIB	17:37:7 WIB	17:37:8 WIB
Azimuth Matahari	274°32'33,53"	274° 32'7,24"	274°32'21"
Azimuth Bulan	273°52'42,34"	273°54'44,11"	273°55'3"
Tinggi Hilal	-2°9'30,53"	-2°10'30"	-2°8'5,51"
Elongasi			

	1°53'54,81"	1°21'5,4"	1°45'29,58"
--	-------------	-----------	-------------

Tabel 8. Hasil Perbandingan untuk Ramadhan 1428 H/2007 M  
Kesimpulan :

- Ijtimak : tanggal Ijtimak sama, jam Ijtimak berselisih 6 menit
- Waktu Ghurub : waktu ghurub berselisih 1 menit
- Azimuth Matahari : berselisih sekitar 20 detik busur
- Azimuth Bulan : berselisih sekitar 2 menit busur
- Tinggi Hilal : berselisih sekitar 2 menit busur
- Elongasi Hilal : berselisih sekitar 8-30 menit busur

Perbandingan Dengan *Acurate Time*:

Keterangan	Sistem Perhitungan Awal Bulan Kamariah	
	Alg. Peter	Acurate Time
Ijtimak	11-9-2007/ 19:50:36 WD	11-9-2007/ 19:44:WD
W. Ghurub	17:36:55 WIB	17:37 WIB
Azimuth Matahari	274°32'33,53"	274° 32' 56"
Azimuth Bulan	273°52'42,34"	273°55' 34"
Tinggi Hilal	-2°9'30,53"	-2°04'05"
Elongasi	1°53'54,81"	1°22' 18"

Tabel 9. Hasil perbandingan Alg. Peter dan *Acurate Time* Ramadhan 1428 H  
Kesimpulan :

- Ijtimak : tanggal ijtimak sama, jam ijtimak berselisih 6 menit

- Waktu Ghurub : berselisih 1 menit
- Azimuth Matahari : berselisih sekitar 20 detik busur
- Azimuth Bulan :berselisih sekitar 3 menit 9 detik busur
- Tinggi Hilal :berselisih 5 menit 48 detik busur
- Elongasi Hilal : berselisih sekitar 30 menit 37 detik busur

#### 4. Perhitungan Awal bulan Syawal 1428 H/2007 M

Lintang :  $-6^{\circ} 54' 52,3''$  S

Bujur :  $110^{\circ} 17' 2,9''$

Perbandingan dengan beberapa hisab kontemporer:

Keterangan	Sistem Perhitungan Awal Bulan Kamariah		
	Alg. Peter	Jean Meeus	Ephimeris
Ijtimak	11-10-2007/ 11:50:46 WD	11-10-2007/ 12:00:44 WD	11-10-2007/ 12:00:44 WD
W. Ghurub	17:32:43 WIB	17:32:51 WIB	17:32:52 WIB
Azimuth Matahari	$262^{\circ}52'22,4''$	$262^{\circ} 52'26,24''$	$262^{\circ}52'32,28''$
Azimuth Bulan	$258^{\circ}40'7,44''$	$258^{\circ}46'12,97''$	$258^{\circ}46' 19,62''$
Tinggi Hilal	$0^{\circ}8'28,57''$	$0^{\circ}12'58,26''$	$0^{\circ}9' 26,49''$
Elongasi	$4^{\circ}20'21,61''$	$4^{\circ}15'34,41''$	$4^{\circ}14'38,37''$

Tabel 10. Hasil Perbandingan untuk Syawal 1428 H/2007 M

Kesimpulan :

- Ijtimak : tanggal Ijtimak sama, jam Ijtimak berselisih 10 menit



- Waktu Ghurub : waktu ghurub berselisih 8 detik
- Azimuth Matahari : berselisih sekitar 10 detik busur
- Azimuth Bulan : berselisih sekitar 6 menit busur
- Tinggi Hilal : berselisih sekitar 1-4 menit busur
- Elongasi Hilal : berselisih sekitar 5-6 menit busur

Perbandingan Dengan *Acurate Time*:

Keterangan	Sistem Perhitungan Awal Bulan Kamariah	
	Alg. Peter	Acurate Time
Ijtimak	11-10-2007/ 11:50:46 WD	11-10-2007/ 12:01:WD
W. Ghurub	17:32:43 WIB	17:33 WIB
Azimuth Matahari	262°52'22,4"	262° 53' 08"
Azimuth Bulan	258°40'7,44"	258°46' 54"
Tinggi Hilal	0°8'28,57"	0°16' 04"
Elongasi	4°20'21,61"	4°21'45"

Tabel 11. Hasil perbandingan Alg. Peter dan *Acurate Time* Syawal 1428 H  
Kesimpulan :

- Ijtimak : tanggal ijtimak sama, jam ijtimak berselisih 10 menit
- Waktu Ghurub : berselisih 1 menit
- Azimuth Matahari : berselisih sekitar 1 menit busur
- Azimuth Bulan :berselisih sekitar 6 menit 40 detik busur

- Tinggi Hilal :berselisih 8 menit 53 detik busur
- Elongasi Hilal : berselisih sekitar 1 menit 20 detik busur

### 5. Perhitungan Awal bulan Syawal 1432 H/2011 M

Lintang :  $-6^{\circ} 54' 52,3''$  S

Bujur :  $110^{\circ} 17' 2,9''$

Perbandingan dengan beberapa hisab kontemporer:

Keterangan	Sistem Perhitungan Awal Bulan Kamariah		
	Alg. Peter	Jean Meeus	Ephimeris
Ijtimak	29-8-2011/ 10:09:19 WD	29-8-2011/ 10:04:03 WD	29-8-2011/ 10:04:06 WD
W. Ghurub	17:38:52 WIB	17:39:5 WIB	17:39:06 WIB
Azimuth Matahari	$279^{\circ}21'36,83''$	$279^{\circ} 21'5,75''$	$279^{\circ}21'14,95''$
Azimuth Bulan	$273^{\circ}19'34,82''$	$273^{\circ}27'10,96''$	$273^{\circ}27' 20,36''$
Tinggi Hilal	$1^{\circ}24'58,94''$	$1^{\circ}25'49,51''$	$1^{\circ}25'12,87''$
Elongasi	$6^{\circ}28'30,76''$	$6^{\circ}21'5,02''$	$6^{\circ}20'51,36''$

Tabel 12. Hasil Perbandingan untuk Syawal 1432 H/2011 M

Kesimpulan :

- Ijtimak : tanggal Ijtimak sama, jam Ijtimak berselisih 5 menit
- Waktu Ghurub : waktu ghurub berselisih 1 menit
- Azimuth Matahari : berselisih sekitar 15 detik busur
- Azimuth Bulan : berselisih sekitar 8 menit busur
- Tinggi Hilal : berselisih sekitar 1 menit busur

- Elongasi Hilal : berselisih sekitar 7-8 menit busur

Perbandingan Dengan *Acurate Time*:

Keterangan	Sistem Perhitungan Awal Bulan Kamariah	
	Alg. Peter	Acurate Time
Ijtimak	29-8-2011/ 10:09:19 WD	29-08-2011/ 10:04:WD
W. Ghurub	17:38:52 WIB	17:39 WIB
Azimuth Matahari	279°21'36,83"	279° 21' 50"
Azimuth Bulan	273°19'34,82"	273°28' 01"
Tinggi Hilal	1°24'58,94"	1°07' 51"
Elongasi	6°28'30,76"	6°13'13"

Tabel 13. Hasil perbandingan Alg. Peter dan *Acurate Time* Syawal 1432 H  
Kesimpulan :

- Ijtimak : tanggal ijtimak sama, jam ijtimak berselisih 5 menit
- Waktu Ghurub : berselisih 1 menit
- Azimuth Matahari : berselisih sekitar 20 detik busur
- Azimuth Bulan :berselisih sekitar 9 menit 30 detik busur
- Tinggi Hilal :berselisih 17 menit 8 detik busur
- Elongasi Hilal : berselisih sekitar 15 menit 20 detik busur

## 6. Perhitungan Awal bulan Dzulhijjah 1432 H/2011 M

Lintang : -6° 54' 52,3" S

Bujur : 110° 17' 2,9"

Perbandingan dengan beberapa hisab kontemporer:

Keterangan	Sistem Perhitungan Awal Bulan Kamariah		
	Alg. Peter	Jean Meeus	Ephimeris
Ijtimak	27-10-2011/ 3:08:09 WD	27-10-2011/ 2:55:45 WD	27-10-2011/ 2:55:54 WD
W. Ghurub	17:32:47 WIB	17:32:53 WIB	17:32:34 WIB
Azimuth Matahari	257°2'47,15"	257° 3'18,95"	257°3'11,53"
Azimuth Bulan	252°18'42,7"	252°25'31,35"	252°25' 53,41"
Tinggi Hilal	6°2'47,5"	6°8'22,27"	6°5'7,43"
Elongasi	8°25'50,67"	8°26'35,41"	8°23'51,19"

Tabel 14. Hasil Perbandingan untuk Dzulhijjah 1432 H/2011 M  
Kesimpulan :

- Ijtimak : tanggal Ijtimak sama, jam Ijtimak berselisih 14 menit
- Waktu Ghurub : waktu ghurub berselisih 10 detik
- Azimuth Matahari : berselisih sekitar 1 menit busur
- Azimuth Bulan : berselisih sekitar 7 menit busur
- Tinggi Hilal : berselisih sekitar 6 menit busur
- Elongasi Hilal : berselisih sekitar 1-2 menit busur

Perbandingan Dengan *Acurate Time*:

Keterangan	Sistem Perhitungan Awal Bulan Kamariah	
	Alg. Peter	Acurate Time
Ijtimak	27-10-2011/	

	3:08:09 WD	27-10-2011/ 02:56:WD
W. Ghurub	17:32:47 WIB	17:33 WIB
Azimuth Matahari	257°2'47,15"	257° 3' 48"
Azimuth Bulan	252°18'42,7"	252°25' 51"
Tinggi Hilal	6°2'47,5"	5°58' 33"
Elongasi	8°25'50,67"	8°14'47"

Tabel 15. Hasil perbandingan Alg. Peter dan *Accurate Time* Dzulhijjah 1432 H  
Kesimpulan :

- Ijtimak : tanggal ijtimak sama, jam ijtimak berselisih 13 menit
- Waktu Ghurub : berselisih 1 menit
- Azimuth Matahari : berselisih sekitar 1 menit busur
- Azimuth Bulan :berselisih sekitar 7 menit 10 detik busur
- Tinggi Hilal :berselisih 5 menit busur
- Elongasi Hilal : berselisih sekitar 11 menit busur

#### 7. Perhitungan Awal bulan Dzulqo'dah 1440 H/ 2019 M

Lintang :  $-6^{\circ} 54' 52,3''$  S

Bujur :  $110^{\circ} 17' 2,9''$

Perbandingan dengan beberapa hisab kontemporer:

Keterangan	Sistem Perhitungan Awal Bulan Kamariah		
	Alg. Peter	Jean Meeus	Ephimeris
Ijtimak	3-7-2019/ 2:15:53 WD	3-7-2019/ 2:16:06 WD	3-7-2019/ 2:18:54 WD
W. Ghurub	17:35:11 WIB	17:35:21 WIB	17:35:19 WIB
Azimuth Matahari	293°1'11,02"	293° 1'23,63"	293°1'11,58"
Azimuth Bulan	293°33'7,18"	293°34'44,72"	293°34' 26,78"
Tinggi Hilal	6°55'23,4"	6°54'47,51"	6°49'19,21"
Elongasi	7°52'31,52"	7°51'32"	7°46'4,11"

Tabel 16. Hasil Perbandingan untuk Dzulqo'dah 1440 H/2019 M

Kesimpulan :

- Ijtimak : tanggal Ijtimak sama, jam Ijtimak berselisih 1-3 menit
- Waktu Ghurub : waktu ghurub berselisih 10 detik
- Azimuth Matahari : berselisih sekitar 10 detik busur
- Azimuth Bulan : berselisih sekitar 1 menit busur
- Tinggi Hilal : berselisih sekitar 1-7 menit busur
- Elongasi Hilal : berselisih sekitar 1-7 menit busur

Perbandingan Dengan *Acurate Time*:

Keterangan	Sistem Perhitungan Awal Bulan Kamariah	
	Alg. Peter	Acurate Time
Ijtimak	3-7-2019/ 2:15:53 WD	3-7-2019/ 02:16:WD
W. Ghurub	17:35:11 WIB	17:35 WIB
Azimuth Matahari	293°1'11,02"	293° 1' 48"
Azimuth Bulan	293°33'7,18"	293°35' 19"
Tinggi Hilal	6°55'23,4"	6°45' 20"
Elongasi	7°52'31,52"	7°37' 13"

Tabel 17. Hasil perbandingan Alg. Peter dan *Acurate Time* Dzulqo'dah 1440 H  
Kesimpulan :

- Ijtimak : tanggal ijtimak sama, jam ijtimak berselisih 1 menit
- Waktu Ghurub : berselisih 1 menit
- Azimuth Matahari : berselisih sekitar 30 detik busur
- Azimuth Bulan :berselisih sekitar 2 menit busur
- Tinggi Hilal :berselisih 10 menit busur
- Elongasi Hilal : berselisih sekitar 15 menit busur

#### 8. Perhitungan Awal bulan Dzuhijjah 1440 H/2019 M

Lintang :  $-6^{\circ} 54' 52,3''$  S

Bujur :  $110^{\circ} 17' 2,9''$

Perbandingan dengan beberapa hisab kontemporer:

Keterangan	Sistem Perhitungan Awal Bulan Kamariah		
	Alg. Peter	Jean Meeus	Ephemeris
Ijtimak	1-8-2019/ 10:5:41 WD	1-8-2019/ 10:11:41 WD	1-8-2019/ 10:14:35 WD
W. Ghurub	17:39:54 WIB	17:40:07 WIB	17:40:00 WIB
Azimuth Matahari	288°3'6,66"	288° 2' 56,22"	288°3'01"
Azimuth Bulan	289°43' 52,49"	289°41'0,22"	289°41' 38,89"
Tinggi Hilal	3°4'11,36"	3°0' 42,9"	2°58'15,95"
Elongasi	4°20'30,91"	4°15' 48,58"	4°13'46,13"

Tabel 18. Hasil Perbandingan untuk Dzulhijjah 1440 H/2019 M

Kesimpulan :

- Ijtimak : tanggal Ijtimak sama, jam Ijtimak berselisih 10 menit
- Waktu Ghurub : waktu ghurub berselisih 10 detik
- Azimuth Matahari : berselisih sekitar 1 menit busur
- Azimuth Bulan : berselisih sekitar 2 menit busur
- Tinggi Hilal : berselisih sekitar 4 -6 menit busur
- Elongasi Hilal : berselisih sekitar 5-7 menit busur

Perbandingan dengan *Acurate Time*:



Keterangan	Sistem Perhitungan Awal Bulan Kamariah	
	Alg. Peter	Acurate Time
Ijtimak	1-8-2019/ 10:5:41 WD	1 -8 -2019/ 10:12 WD
W. Ghurub	17:39:54 WIB	17:40 WIB
Azimuth Matahari	288°3'6,66"	288° 3' 29"
Azimuth Bulan	289°43' 52,49"	289° 41' 38"
Tinggi Hilal	3°4'11,36"	2°46' 52"
Elongasi	4°20'30,91"	3° 58' 43"

Tabel 19. Hasil perbandingan Alg. Peter dan *Acurate Time* Dzulhijjah 1440 H  
Kesimpulan :

- Ijtimak : tanggal ijtimak sama, jam ijtimak berselisih 7 menit
- Waktu Ghurub : berselisih 6 detik
- Azimuth Matahari : berselisih sekitar 22 detik busur
- Azimuth Bulan :berselisih sekitar 2 menit busur
- Tinggi Hilal :berselisih 24 menit busur
- Elongasi Hilal : berselisih sekitar 22 menit busur

Dari 8 kali perbandingan di atas, bisa dilihat bahwa algoritma Peter Duffett Smith memiliki keakurasian yang baik, bahkan cukup mendekati dengan hisab Kontemporer yang memiliki tingkat akurasi yang baik, seperti Jean Meus. Selisih pada ketinggian Hilal ada pada interval 1-19 Menit

busur. Selisih paling kecil adalah 1 menit dan selisih yang paling besar adalah 19 menit. Untuk Elongasi Hilal selisihnya sama dengan ketinggian Hilal ada pada interval menit, sekitar 1- 30 menit busur,terkecil adalah 1 menit dan terbesar 30 menit busur.

Untuk perbandingan pada software *Acurate Time* selisihnya dengan algoritma Peter Duffett Smith juga termasuk kecil, tidak sampai satuan derajat, hanya berselisih pada satuan menit. Selisih terbesar pada ketinggian Hilal hanya sampai 24 menit busur, sedangkan pada elongasinya sekitar 30 menit busur. Pada posisi Hilal antara algoritma Peter Duffett Smith dengan beberapa pembandinganya menghasilkan hasil yang selalu sama, yakni ketika berdasarkan hasil perhitungan posisi Hilal berada di bawah ufuk atau di atas ufuk, maka algoritma Peter juga menghasilkan data yang sama.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

1. Algoritma Peter Duffett Smith dalam hisab awal bulan kamariah merupakan upaya untuk menerapkan Algoritma Peter Duffett Smith ke dalam salah satu metode hisab untuk menentukan awal bulan kamariah. Dengan melakukan perhitungan menggunakan data-data dari Algoritma Peter tersebut, akan tetapi, penerapan ini bukan hanya mengambil data-data algoritmanya saja. Jelas bahwa Peter tidak secara khusus melakukan perhitungan awal bulan kamariah. Perlu adanya beberapa alur-alur untuk menghitung posisi bulan yang akan di jadikan acuan awal bulan kamariah. Selain itu juga untuk menentukan kapan waktu terjadinya ijtimak dalam algoritmanya Peter tidak dijelaskan, yang ada hanyalah pada waktu atau tanggal berapa terjadi fase bulan apa. Sehingga untuk mendapatkan waktu ijtimak sedikit dilakukan perombakan yakni merubah dari tanggal untuk ijtimak menjadi ijtimak untuk tanggal caranya yakni, dengan menghitung selisih antara bujur Bulan dan Matahari, dari hasil selisih tersebut kemudian akan diketahui kapan waktu Ijtimak yang akan dicari. Kemudian setelah mengetahui waktu ijtimaknya maka untuk melakukan kelangkah selanjutnya seperti Mengetahui waktu Ghurub dan posisi hilal menggunakan metode untuk menghitung awal bulan kamariah pada umumnya.
2. Hasil uji akurasi algoritma Peter Duffett Smith dalam hisab awal bulan kamariah yang dikomparasikan dengan beberapa hisab awal

bulan kamariah lainnya memiliki hasil perhitungan dengan selisih yang sangat kecil, terutama dalam penentuan ketinggian hilal yang menjadi parameter dalam penentuan awal bulan kamariah. Dari 8 kali perhitungan dan perbandingan selisih dalam penentuan ketinggian hilal hanya pada satuan menit saja. dengan selisih minimal 1 menit hingga selisih maksimal sekitar 19 menit busur. Selain menggunakan hisab awal bulan kamariah, perbandingan juga dilakukan dengan menggunakan software aplikasi falak *Acurate Time*, hasil perbandingan antara algoritma Peter dan *Acurate Time* juga terhitung kecil, karna hanya pada satuan menit busur saja, selisih ketinggian Hilalnya maksimal sekitar 24 menit busur. Berdasarkan uji akurasi tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil hisab awal bulan kamariah yang didapatkan dari hasil penerapan dari algoritma Peter Duffett Smitth baik untuk dijadikan sebagai salah satu metode dalam melakukan perhitungan awal bulan kamariah.

## **B. Saran-saran**

1. Perkembangan ilmu hisab saat ini telah membuka mata kita bahwa ilmu pengetahuan tidak serta merta berhenti pada satu haluan saja. Banyaknya model-model hisab yang berkembang pada zaman sekarang ini telah membuktikan kepada kita bahwa kita tidak hanya harus berpedoman pada satu asumsi saja. Mengambil perumpamaan seperti algoritma Jean meus yang dijadikan dasar perhitungan pada penentuan awal bulan kamariah, menjelaskan bahwa untuk menentukan ibadah bagi umat Muslim tidak hanya harus menggunakan metode yang dibuat oleh orang muslim juga. Sehingga baik bagi kita

untuk mencoba mengkaji algoritma dasar dari ilmuwan-ilmuan non-Muslim lainnya.

2. Penelitian terhadap Algoritma Peter Duffett Smith yang telah diimplementasikan kedalam hisab awal bulan kamariah ini menghasilkan model hisab awal bulan kamariah yang dapat dijadikan salah satu acuan dalam menghitung awal bulan kamariah. Akan tetapi, penelitian ini masih sangat jauh dari kata sempurna, sehingga diharapkan untuk pembaca yang akan mengkaji algoritma yang sama untuk lebih mengkaji secara mendalam. Seperti dengan adanya penambahan koreksi-koreksi yang lebih baik lagi. Sehingga akurasinya akan lebih memadai.
3. Adanya software-software dan aplikasi falak pada era modern ini, membuat kita perlu untuk mulai mengikuti kemajuan zaman sekarang ini, pada penelitian ini algoritma Peter telah diaplikasikan kedalam Program yang berbasis pada komputerisasi. Diterapkan dalam Microsoft Office Excel. Dan belum di aplikasikan dalam program aplikasi Android. Sehingga memungkinkan untuk dikembangkan kedalam sistem aplikasi Android pada *Smart Phone*.



## DAFTAR PUSTAKA

### Buku

- Admiranto, A. Gunawan *Menjelajah Tata Surya*, (Yogyakarta : Penerbit Kanisius 2009)
- Agama RI, Departemen *Al-Hikmah Al-Qur'an dan Terjemahnya*,(Bandung : CV Penerbit Diponegoro, 2008)
- Agama RI, Kementrian *Al-Qur'anul Karim*, (Bandung: Sygma 2014)
- Agama, Badan Hisab dan Rukyat Departemen *Almanak Hisab Rukyat*, (Jakarta: Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam, 1981),
- Agama, Peradilan *Pedoman Perhitungan Awal Bulan Kamariah Dengan Ilmu Ukur Bola*, (Jakarta: Bagian Proyek Pembinaan Administrasi Hukum dan Peradilan Agama 1983)
- al-Dimyathi,. Abi Bakr Ibn al-Sayyid Muhammad Shatha *Hashiyah I'annah al-Thalibin 'ala Hal Alfaz Fath}u al-Mu'in Li Sharh Qurrah al-'Ain Bi al-Muhimmah al-Din, Juz II*, (Beirut : Darul Fikr. Tt)
- Ali, Ahmad *Kitab Shahih Al-Bukhari dan Muslim, terj* (Jakarta : Alita Akasara Media,2013)
- Ali, Sayuthi *Ilmu Falak 1*, (Jakarta: Raja Grafindo Persada, 1997),
- Al-Jailani, Zubair Umar *Al-Khulasotul Wafiyah*, (Kudus: Menara Kudus)
- al-Naisaburi, Abu al-Husain Muslim bin al-Hajjaj *Sahih Muslim*, (Riyad: Bait al-Afkar al-Dauliyyah, 1998)
- Al-Thabari, Abu Ja'far Muhammad bin Jarir *Tafsir Ath-Thabari jilid 12*, terj. Abdul Somad, dkk.( Jakarta : Pustaka Azzam 2008)
- Al-Thabari, Abu Ja'far Muhammad bin Jarir *Tafsir Ath-Thabari jilid 16*, terj. Abdul Somad, dkk.( Jakarta : Pustaka Azzam 2008)
- Anugraha, Rinto *Mekanika Benda Langit*,( Yogyakarta : FMIPA UGM Yogyakarta 2012)

- Azhari,Suksiknan *Ensikolopedia Hisab Rukyat*, (Yogyakarta: Pustaka Pelajar 2012).,
- Azwar, Saifuddin *Metode Penelitian*, (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, Cet-5, 2004),
- Butar-Butar, Arwin Juli Rakhmadi *Pengantar Ilmu Falak Teori, Praktik, dan Fikih*, (Depok: PT RajaGrafindo Persada 2018)
- \_\_\_\_\_ *Pengantar Ilmu falak Teori, Praktik, dan Fikih*, (Depok: Rajawali Press 2018)
- Corbin, Anselm Straus dan Juliet *Dasar-Dasar Penelitian Kualitatif Prosedur, Teknik, dan Teori Grounded*, (Surabaya: PT Bina Ilmu 1997)
- Departemen Agama RI, *Al-Hikmah Al-Qur'an dan Terjemahnya*,(Bandung : CV Penerbit Diponegoro, 2008)
- Departemen Agama RI, *Al-qur'an dan Terjemahnya*,(Semarang: Alwaah, 1993),
- Echols, John M, *Kamus Inggris Indonesia*, (Jakarta: PT Gramedia, 2005)
- Giancoli , Douglas C. *Fisika: Prinsip dan Aplikasi*, (Jakarta: Eralngga, 2014)
- Hambali, Slamet *Almanak Sepanjang Masa*, (Semarang: Program Pascasarjana Iain Walisongo Semarang, 2011)
- \_\_\_\_\_ *Pengantar Ilmu Falak : Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta* (Banyuwangi : Bismillah Publisher, 2012)
- \_\_\_\_\_ *Ilmu Falak 1*, (Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo Semarang 2011)
- Hamka, *Tafsir Al Azhar*, Juz XXVII (Jakarta: Pustaka Panjimas, 1983),
- Hamka, *Tafsir Al-Azhar juz X*, (Jakarta: Pustaka Panjimas,1985),
- Izzuddin , Slamet Hambali dan Ahmad *Awal Ramadhan 1418 H dan Validitas Ilmu hisab Rukyah*, dalam *wawasan*, 30 desember 1997



- Izzuddin, Ahmad *Fiqih Hisab rukyah*, (Jakarta: Penetbit Erlangga 2007)
- \_\_\_\_\_ *Ilmu falak Praktis*, (Semarang : PT. Pustaka Rizki Putra 2012)
- Jumsa, Uum *ILMU FALAK Panduan Praktis Menentukan Hilal*, (Bandung: *Humaniora* 2006)
- Kadir, A. *Formula Baru Ilmu Falak: Panduan Lengkap dan Praktis Hisab Arah Kiblat, Waktu-Waktu Salat, Awal Bulan dan Gerhana*,(Jakarta: Amzah, 2012),
- Karim Ms, Abdul *Mengenal Ilmu Falak*, (Semarang : Intra Pustaka Utama, 2006),
- Kemenag, *Almanak Hisab Rukyat*. (Jakarta: kementrian Agama RI 2010)
- Khazin, Muhyiddi *Kamus Ilmu Falak*, (Jogjakarta: Buana Pustaka, 2005)
- \_\_\_\_\_ *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004),
- \_\_\_\_\_ *Kamus Ilmu Falak*, (Yogyakarta: Buana Pustaka 2005)
- Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Badan Litbang & Diklat Kementerian Agama RI dengan Lembaga ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), *Manfaat Benda-Benda Langit Dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains* ,(Jakarta: Widya Cahaya, 2015),
- Ma'sum, Penerbit *Al-Qur'an dan Tajwid*, (Solo : Ma'sum, 2009)
- Meus,Jean *Astronomical Algorithms* (Virginia: William-Bell,Inc)
- Moore, Sir Patrick *Philip's Atlas of The Universe (Revised Edition)*, ttp,
- Mulyo,Agung *Pegantar Ilmu Kebumian; Pengetahuan Geologi Untuk Pemula*,(Bandung: Pustaka Setia, 2008)
- Munawwir,Ahmad Warson *Al-Munawwir: Kamus Arab Indonesia*,(Surabaya: Pustaka Progresif, 1997)
- Murod ,A'la *Sistem Informasi Perbandingan Hisab Urfi dan Kontemporer Dalam Penetapan Awal Bulan Qamariyyah Berbasis Web, skripsi* (Kudus : Universitas Muria Kudus 2015)

- Nashirudin, Muhammad, *Kalender Hijriah Universal*, (Semarang: El-Wafa. 2013),
- Nasir, K .H. Abdul Karim & M.Rifa Jamaluddin, *Mengenal Ilmu Falak Teori dan Impelementasi*, ( Yogyakarta: Qudsi Media 2012)
- PBNU, Sek.jen *Pedoman Rukyat dan Hisab Nadlatul Ulama*, (Jakarta: Lajnah Falakiyah PBNU, 2006)
- Ruskanda, Farid *100 Masalah Hisab Rukyat*, (Jakarta: Gema Insanai Press, 1996),
- Saksono, Tono *Mengkompromikan Rukyat & Hisab*, (Jakarta: PT Amythas Publicita 2007)
- Shihab, M. Quraish *Tafsir Al-Misbah*, (Jakarta: Lentera Hati, 2002)
- Smith, Petter Duffet *Astronomy with Your Personal Computer* (New York : Cambridge University Press 1997)
- Smith, Petter Duffet *Easy Pc Astronomy*, (New York : Cambridge University Press 1997)
- Smith, Petter Duffet *Practical Astronomy With Your Calculator An Your Speedsheet*. (New York : Cambridge University Press 2011)
- Smith, Petter Duffet *Practical Astronomy With Your Calculator An Your Speedsheet*. (New York : Cambridge University Press 2011)
- Smith, Petter Duffet *Practical Astronomy With Your Calculator*. (New York : Cambridge University Press 2007)
- Sugiyono, *Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Method)*, (Bandung: Alfabeta 2012)
- Sutyanto, Winardi *Bintang-Bintang di Alam Semesta*,(Bandung: ITB,2010)
- Suwitra, Nyoman *Astronomi Dasar*,(Singaraja: Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan Negeri Singaraja)
- Syaikh, ‘Abdullah bin Muhammad bin Abdurahman bin Ishaq Alu *Tafsir Ibnu Katsir jilid 1*, terj. M. ‘Abdul Ghoffar, ( Jakarta: Pustakan Imam Asy-Syafi’i, 2008)

Wardan, Muhammad *Kitab Ilmu Falak dan Hisab*, (Yogyakarta: cet. 1, 1957)

Zainal, Baharurudiin *ILMU FALAK*, (Selangor : Dawama Sdn, bhd 2004)

### **Jurnal-Jurnal, Artikel dan Karya tulis Ilmiah**

Amin, "Muhammad faishol, Metode penentuan awal Bulan Kamariah perspektif Empat Mazhab", *Hayula: Indonesian Journal of Multidisciplinary Islamic Studies*, Vol. 2 No. 1 (2018)

Haryono, *Astronomical Algorithms modern berbasis Teori VSOP87 dan EIP-2000 Dalam penentuan Awal Bulan Hijriyah.*, tesis (Semarang: Pascasarjana Uin Walisongo Semarang)

Laila, Nurul *Algoritma Astronomi Modern Dalam Penentuan Awal Bulan Qamariah (Pemanfaatan Komputerisasi Program Hisab Dan Sistem Rukyat On-Line)*, Jurisdicte, Jurnal Hukum dan Syariah, Volume 2, Nomor 2, Desember 2011,

Maryam, Eni Nuraeni *Sistem Hisab Awal Bulan Kamariah Dr. Ing. Khafid dalam program Mawaqit*, jurnal al Marshad vol 2 no 1 2016

Musfiroh, Imas *HISAB AWAL BULAN KAMARIAH (Studi Komparatif Sistem Hisab Almanak Nautika dan Astronomical Algorithms Jean Meeus)* tesis, (Uin Walisongo Semarang 2014)

NQZ, Andi Muh. Akhyar dan Rinto Anugraha *Optimasi Kriteria Hisab di Indonesia Berdasarkan Posisi Matahari dan Bulan Menggunakan Algoritma Meeus: Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIX HFI Jateng & DIY, Yogyakarta 25 April 2015.*

Nursodik, *Kajian Kriteria Hisab Global Turki dan Usulan Kriteria Baru MABIMS dengan Menggunakan Algoritma Jean Meeus.*: Jurnal Al-Ahkam Vol. 28. No. 1, (2018)

Pratama, "Dito Alif Penentuan Awal Bulan Qomariah di Indonesia", (Laporan Hasil Penelitian Mahasiswa: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Iain Walisongo Semarang tahun 2013)

Rafiqi, Ainul Kamal, 2013, *Studi Perbandingan Hisab Irtifa" Hilal Menurut Sistem Almanak Nautika dan New Comb*, Skripsi.( Semarang: IAIN Walisongo)

Sabiq, Fairuz "Telaah Metodologi Penetapan Awal Bula Qamariah di Indonesia", *Tesis* (Pascasarjana IAIN Walisongo Semarang, 2007),

Woan, Peter J. Duffet-Smith and Graham "The Cursor Radio Navigation and Tracking System," *Journal*, ( *The Journal of Navigation* , vol 45, issue 2)

### **Website**

[http://bumi-tuntungan.blogspot.com/2010/09/aritmetika\\_penghitungan-kalender-islam.html](http://bumi-tuntungan.blogspot.com/2010/09/aritmetika_penghitungan-kalender-islam.html)

<https://aliboron.wordpress.com/2011/02/06/tentang-bulan-sideris-dan-sinodis/>

<https://www.phy.cam.ac.uk/directory/duffettsmith>

<https://ilmugeografi.com/ilmu-bumi/pengertian-bumi>

<https://deebacalah.blogspot.com/2013/07/6-juli-2013-bumi-berada-pada-titik.html>

[www.fisikanet.lipi.go.id/utama.cgi](http://www.fisikanet.lipi.go.id/utama.cgi)

<http://astronomyandyou.blogspot.com/2011/07/julai-2011-ijtimak-dua-kali.html>

<https://www.phy.cam.ac.uk/directory/duffettsmithp>

[https://books.google.co.id/books/about/Astronomy\\_with\\_Your\\_Personal\\_Computer.html](https://books.google.co.id/books/about/Astronomy_with_Your_Personal_Computer.html)

[www.icoproject.org//accut.html?l=en](http://www.icoproject.org//accut.html?l=en)

## Lampiran-lampiran

### 1. Surat Wawancara

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dr. Eng Rinto Anugraha NQZ, S.Si,  
M.Si

Alamat : Anugraha Catering Krangkungan RT  
003 RW 008 No. 70, Condongcatu,  
Sangrahan, Kec. Depok, Kab. Sleman,  
Yogyakarta 55281

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : Muhammad Al-Farabi Putra

NIM : 1702048006

Perguruan Tinggi : UIN Walisongo Semarang

Perogram Studi : Program Studi S2 Ilmu Falak  
Fakultas Syari'ah dan Hukum

Judul Tesis : Algoritma Peter Duffett Smith dalam  
Hisab Awal Bulan Kamriah

Mahasiswa tersebut telah melakukan penelitian/wawancara pada tanggal 13 Juli 2019. Demikian surat keterangan ini kami buat sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 13 Juli 2019

Mengetahui,



Dr. Eng. Rinto Anugraha NQZ, S.Si, M.Si

## 2. Contoh Perhitungan

Awal bulan : Ramadhan 1427 H/2006

L :  $6^{\circ} 54' 52,3''$

B :  $110^{\circ} 17' 2,9''$

a. Waktu ijtimak

KETERANGAN	RUMUS	HASIL
Jumlah hari Bulan Hijriyah (JHBH)	-	207
Julian day (JD)	$t.hjri-1*354,366666667+JHBH+29+1948438,5$	2454000,5
Abad (T)	$JD-2455196,5/3625$	-0,032744695
Jum. Hari dr Epoch (1-1-2010) (D)	$JD - 2455196,5$	-1196
	Menghitung Bujur Matahari	
Bujur rata2 Matahari (BrM)	$279,557208+36000,76892*T+0,0003025*T$	$180^{\circ}43'22,78''$
Bujur rata2 Mathari di pergee (Wg)	$283,112438+1,719175*T+0,000452778*T$	$283^{\circ}3'22,12''$
Eksentrisitas Orbit Bumi (e)	$0,016705-0,0000418*T-0,000000126*T$	$0^{\circ}1'0,14''$
Anomali Rata2 Matahari (Mo)	$BrM - Wg : 360$	$257^{\circ}40'0,66''$
True Anomali (v)	$Mo+360*e*\sin Mo$	$255^{\circ}47'47,84''$
Bujur Matahari ( $\lambda_0$ )	$v + Wg : 360$	$178^{\circ}51'9,96''$
Kecepatan Matahari ( $\Delta\lambda_0$ )	$360 : 365,242191 : 24$	$0^{\circ}2'27,85''$
	Menghitung bujur Bulan	
L	$13,1763966*D+91,929336;360$	$172^{\circ}57'32,41''$
Mm	$1-0,1114041*D-130,143076$	$176^{\circ}3'18,83''$
Ev	$1,2739*\sin (2*(1-\lambda_0)-Mm)$	$0^{\circ}10'25,79''$
Ae	$0,1858*\sin Mo$	$-0^{\circ}10'53,44''$
A3	$0,37*\sin Mo$	$-0^{\circ}21'41,26''$

M'm	Mm+Ev-Ae-A3	176°46'19,32"
Ecm	6,2886*Sin M'm	0°21'14,77"
A4	0,214*Sin (2*M'm)	-0°1'26,62"
I'	L+Ev+Ecm-Ae+A4	173°38'39,79"
V	0,6583*Sin (2*I' - λo)	-0°7'8,49"
I''	I'+V	173°38'39,79"
N'	291,682547-0,16*SIN(Mo)	-0°7'8,49"
Bujur Bulan (λm)	Tan <sup>-1</sup> (Sin (I''-N') * Cos 5.145396 : Cos (I''-N'))+N'	173°25'43,15"
Kecepatan Bulan (Δλm)	0,55+0,06*Cos M'm	0°29'24,34"
Selisih Bujur Matahari dan Bulan (λo-λm)	λo-λm	12°4'46,98"
	Dengan selisih yang besar antara bujur Matahari dan Bulan maka dilakukan Iterasi untuk mencari Nilai selisih Bujur Bulan dan Matahari agar sama atau bernilai 0, Iterasi dilakukan sebanyak 3 kali	
	Menghitung Ijtimak	
JD Ijtimak	JDK+selisih bujur	2454001,2888 16780
Z	JD.ijtimak+0,5	2454001
F	JD.Ijtmk + 0,5-Z	0,788816781
H	Z-1867216,25:36524,25	16
A	Z+1+h-h:4	2454014
B	A+1524	2455538
C	B-122,1:365,25	6722
D	C*365,25	2455210
E	B-D:30,6001	10
Tanggal	B-D-(30,6001*E)+F	22,78881678
TANGGAL	-	22
BULAN	Jika E < 14 maka E-1 ,sebaliknya Jika E > 14 maka E-13	9 (September)
TAHUN	C-4715 atau C-4716	2006
JAM	(F*24):24	18.55.54

b. Menghitung Ghurub

KET.	RUMUS	HASIL
	<b>Menghitung Data Ephemeris Matahari</b>	
JD Ghurub		2454000,958
T	JDGhurub-2455196,5:36525	-0,032732147
D	JDGhurub-2455196,5	-1195,541667
Eg	$279,557208+36000,76892*T+0,0003025*T$	181,1747504
Wg	$283,112438+1,719175*T+0,000452778*T$	283,05616620
E	$0,016705-0,0000418*T-0,000000126*T$	0,016706368
Mo	Eg-Wg	258,11858420
Ec	$e*\sin Mo$	-1,873394119
V	$Mo*e*\sin Mo$	256,24519008
Bujur Matahari ( $\lambda_0$ )	<b><math>v+Wg+GST+EoT</math></b>	179°17'45,84"
Kemiringan Ekliptika ( $\epsilon_0$ )	$23+26+16,77-46,815*T-0,0006*T+0,00181*T+\Delta\epsilon$	23°26'27,97"
Deklinasi Matahari ( $\delta_0$ )	$\sin = (\sin \epsilon_0 * \sin \lambda_0)$	0°16'48,08"
Acsensio Rekta Matahari ( $\alpha_0$ )	$\tan = \cos \lambda_0 * \cos \epsilon_0 - \tan (0) * \sin \epsilon_0$	179°21'14,97"
Ketinggian Matahari ( $h_0$ )	$0-0^{\circ}16'-0^{\circ}34-0^{\circ}1,76*\sqrt{TT}$	-0°56'3,94"
Sudut Waktu Matahari ( $t_0$ )	$\cos = \tan LT * \tan \delta_0 + \sin h_0 : \cos LT : \cos \delta_0$	90°54'26,36"
T	(JD.Ghurub + 0,5)-2451545:36525	0°4'2,07
T0	$(6,697374558+2400,051336*T+0,000025862*T)+24*20$	0°4'50,53



UT	12	12
A	$UT * 1,002737909$	12,03285491
GST	$T0 + A + \Delta \epsilon * \cos \epsilon_0$	12.06.58
Equation Of Time	GST-UT	00.07.34
Ghurub Taqribi	$12 - eot + (BD - BT) : 15 + to : 15$	17.34.55
Ghurub Tahkiki	$12 - eot + (BD - BT) : 15 + to : 15$	17.35.02

c. Menghitung Posisi Hilal

KET.	RUMUS	HASIL
	<b>Menghitung Data Ephemeris Bulan</b>	
l	$13,1763966 * D + 91,929336;360$	178,7698015
Mm	$l - 0,1114041 * D - 130,143076$	181,8168999
Ev	$1,2739 * \sin(2 * (l - \lambda_0)) - Mm$	0,063018029
Ae	$0,1858 * \sin Mo$	-0,181807973
A3	$0,37 * \sin Mo$	-0,362050323
M'm	$Mm + Ev - Ae - A3$	182,4237762
Ecm	$6,2886 * \sin M'm$	-0,265946521
A4	$0,214 * \sin(2 * M'm)$	0,018084038
l'	$l + Ev + Ecm - Ae + A4$	178,766765
V	$0,6583 * \sin(2 * l' - \lambda_0)$	-0,011772338
l''	$l' + V$	178,7549927
N'	$291,682547 - 0,16 * \sin(Mo)$	355,148621
x	$\tan^{-1}(\sin(l'' - N') * \cos 5.145396 : \cos(l'' - N')) + N'$	3,591877314
Y	$\tan^{-1}(\cos l'' - N') * \sin(l'' - N') * \cos 5.145396$	-176,4081227
Bujur Bulan ( $\lambda_m$ )	$y + N'$	178°44'25,79"
Lintang Bulan ( $\beta_m$ )	$93,2720993 + 483202,0175273 * T - 0,0034029 : 352600 + T : 863310000$	-0°19'23,59"
Deklinasi Bulan ( $\delta_m$ )	$\sin dm = \sin \lambda_m * \cos \epsilon_0 + \cos \lambda_m * \sin \epsilon_0 * \sin \lambda_m$	0°12'15,79"
Acsensio Recta Bulan ( $\alpha_m$ )	$\tan \alpha_m = \cos \lambda_m * \cos \epsilon_0 - \tan \lambda_m * \sin \epsilon_0$	178°42'57,7"

Jarak Bulan (p')	$1-0,0549 : 1+0,0549 * \text{Cos}$	$1^{\circ}3'17,48''$
Ukuran Sudut Bulan ( $\theta$ )	$0,5181 : p'$	$0^{\circ}29'28,16''$
Horizontal Paralaks ( $\pi$ )	$0,9507 : p'$	$0^{\circ}54'4,54''$
<b>Menghitung Posisi Hilal</b>		
Arah Matahari (A <sub>0</sub> )	$\tan A_0 = (\tan \delta_0 \times \cos LT / \sin t_0 - \sin LT / \tan t_0)$	$89^{\circ}49'28,2''$
Azimuth Matahari (A <sub>z</sub> )	$Az_0 = 180 - A_0$ atau $360 - A_0$	$270^{\circ}10'31,98''$
Sudut Waktu Bulan (t <sub>m</sub> )	$a_0 - a_m + t_0$	$91^{\circ}31'45,23''$
Tinggi Hilal Hakiki (h <sub>m</sub> )	$\sin H_h = \sin LT \times \sin \delta_m + \cos LT \times \cos \delta_m \times \cos t_m$	$-1^{\circ}32'33,76''$
Refraksi (R)	<b><math>R = P (0.1594 + 0.196 \times hm + 0.00002 \times hm^2 : (27+29) (1+0.505 \times hm + 0.0845 \times hm^2)</math></b>	$0^{\circ}19'9,32''$
Paralaks	$P = \pi \times \text{Cos} (h_m)$	$0^{\circ}54'3,36''$
Tinggi Bulan Mar'i (h'm)	$h'm = h_m - P + R + 1,76/60 \times \sqrt{TT}$	$-2^{\circ}1'53,86''$
Arah Hilal (A <sub>m</sub> )	$\tan A_m = (\tan \delta_m \times \cos LT / \sin t_m - \sin LT / \tan t_m)$	$89^{\circ}58'52,22''$
Azimuth Hilal (A <sub>z</sub> <sub>m</sub> )	$Az_m = 180 - A_m$ atau $360 - A_m$	$270^{\circ}1'7,78''$
Mukus	$Mukus = h'm / 15$	$-0^{\circ}8'7,59''$
Posisi Hilal	$Ph = Az_0 - Az_m$	$-0^{\circ}9'24,2''$
Elongasi	$\text{Cos } e_l = \sin h'm \times \sin h_0 + \cos h'm \times \cos h_0 \times \text{Cos } Ph$	$1^{\circ}6'29,99''$
Hilal terbenam	$H_t = \text{Mukus} - \text{Ghurub hakiki}$	$17.26.55$

### 3. Contoh Hasil Perhitungan Menggunakan program Excel

Hasil Perhitungan Ramadhan 1427 H/2006 M Algoritma Peter

Duffett Smith

## HISAB AWAL BULAN KAMARIAH

PETER DUFFETT SMITTH

### DATA GEOGRAFIS

LT	s	6	54	52,3	-6,91453
BT	t	110	17	2,9	110,2841
BD		105			105
TT		10			

### DATA HASIL PERHITUNGAN

IJTIMAK AKHIR BULAN	شعبان	1427
Saat Ijtima'		
tanggal ijtima	22	JUM'AT PAHING
	September	
	2006	
jam ijtimak	18,55,54	
Ghurub haqiqi	17,35,02	
Azimuth Matahari	270°10'31,98	
sudut waktu bulan	91°31'45,23	
tinggi hilal hakiki	-1°-32'-33,76	
tinggi bulan mar'i	-2°-1'-53,86	
arah bulan/hilal	89°58'52,22	
azimuth hilal	270°1'7,78	
lama hilal diatas ufuk	0°-8'-7,59	
posisi hilal	0°-9'-24,2	
elongasi	1°6'29,99	
	2°58'12,68	
hilal terbenam	17,26,55	

## HISAB AWAL BULAN KAMARIAH

PETER DUFFETT SMITTH

### DATA GEOGRAFIS

LT	s	6	54	52,3	-6,91453
BT	t	110	17	2,9	110,2841
BD		105			105
TT		10			

### DATA HASIL PERHITUNGAN

IJTIMAK AKHIR BULAN	رمضان	1428		
	Saat Ijtima'			
tanggal ijtima	11	KAMIS	LEGI	
	Oktober			
	2007			
jam ijtimak	11.50.46			
Ghurub haqiqi	17.32.43			
Azimuth Matahari	262°52'22,04			
sudut waktu bulan	90°51'51,33			
tinggi hilal hakiki	0°30'41,44			
tinggi bulan mar'i	0°8'28,57			
arah bulan/hilal	-78°-40'-7,44			
azimuth hilal	258°40'7,44			
lama hilal diatas ufuk	0°0'33,9			
posisi hilal	-4°-12'-14,6			
elongasi	4°20'21,61			
	4°20'21,32			
hilal terbenam	17.33.17			

# Hasil Perhitungan Dzulhijjah1432 H/2011 M Algortima Peter

Duffet Smith

## HISAB AWAL BULAN KAMARIAH

PETER DUFFETT SMITH

### DATA GEOGRAFIS

LT	s	6	54	52,3	-6,91453
BT	t	110	17	2,9	110,2841
BD		105			105
TT		10			

### DATA HASIL PERHITUNGAN

IJTIMAK AKHIR BULAN	ذو القعدة	1432
	Saat Ijtima'	
tanggal ijtima	27	KAMIS PON
	Oktober	
	2011	
jam ijtimak	03.08.59	
Ghurub haqiqi	17.32.47	
Azimuth Matahari	257°2'47,15	
sudut waktu bulan	85°3'28,8	
tinggi hilal hakiki	6°49'59,57	
tinggi bulan mar'i	6°2'47,5	
arah bulan/hilal	-72°-18'-42,7	
azimuth hilal	252°18'42,7	
lama hilal diatas ufuk	0°24'11,17	
posisi hilal	-4°-44'-4,45	
elongasi	8°25'50,67	
	8°25'42,43	
hilal terbenam	17.56.59	

# Hasil Perhitungan Dzuhijjah 1440 H/2019 M Algortima Peter

Duffet Smith

## HISAB AWAL BULAN KAMARIAH

PETER DUFFETT SMITTH

### DATA GEOGRAFIS

LT	s	6	54	52,3	-6,91453
BT	t	110	17	2,9	110,2841
BD		105			105
TT		10			

### DATA HASIL PERHITUNGAN

IJTIMAK AKHIR BULAN	ذو القعدة	1440
Saat Ijtima'		
tanggal ijtima	1	KAMIS PON
	Agustus	
	2019	
jam ijtimak	10.05.41	
Ghurub haqiqi	17.39.54	
Azimuth Matahari	288°3'6,66	
sudut waktu bulan	83°33'15,56	
tinggi hilal hakiki	3°47'10,57	
tinggi bulan mar'i	3°4'11,36	
arah bulan/hilal	70°16'7,51	
azimuth hilal	289°43'52,49	
lama hilal diatas ufuk	0°12'16,76	
posisi hilal	1°40'45,84	
elongasi	4°20'30,91	
	4°20'29,89	
hilal terbenam	17.52.10	

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Muhammad Al-Farabi Putra  
Tempat tanggal lahir : Bengkulu, 19 Maret 1996  
Alamat asal : BTN KEBAN AGUNG BLOK AG N0 05,  
Kec. Lawang Kidul , Tanjung Enim ,Kab.  
Muara Enim, Prov. Sumatra Selatan  
Alamat sekarang : Jln.Bukit Gondoriyo, Perumnas Bukit  
Bringin Lestari No. 35  
No Handphone : 082322317226  
Email : [farabyputra96@gmail.com](mailto:farabyputra96@gmail.com)

Riwayat Pendidikan :

a. Pendidikan Formal

1. TK Kartika ,Talang Gabus, Tanjung Enim, lulus tahun 2001
2. SDN 25 Keban Agung, Tanjung Enim, lulus tahun 2007
3. MTSN Lawang Kidul, Tanjung Enim, lulus tahun 2010
4. MA Qodratullah, Langkan, Banyuasin III lulus tahun 2013
5. UIN Walisongo Semarang/ Syari'ah dan Hukum/ Ilmu Falak/  
lulus tahun 2017

b. Pendidikan Non Formal

1. TPQ Nurul Iman BTN Keban Agung, Tanjung Enim,
2. TPQ An-Nuur BTN Keban Agung, Tanjung Enim
3. Madrasah Diniyah Pondok Pesantren Qodratullah
4. Pendidikan Bahasa Inggris di Nano English Course ,Pare,  
Kediri pada bulan Januari tahun 2015.
5. Kursus Bahasa Arab di Ocean ,Pare, Kediri

6. Pondok Pesantren Al Firdaus Semarang tahun 2013-2017.
- c. Pengalaman Organisasi
1. Pengurus ISTIQQO (Ikatan Santri Qodratullah)
  2. Pengurus Community Santri Scholar Of Ministry Of Religous Affairs (CSSMoRA) UIN Walisongo Semarang.
  3. Anggota Community Santri Scholar Of Ministry Of Religous Affairs (CSSMoRA) UIN Walisongo Semarang.
  4. Anggota KEMASS (Keluarga Mahasiswa Sumatra Selatan) Semarang
- d. Publikasi
1. Studi Analisi Pemikiran Rinto Anugraha tentang Toleranis Rasdhul Kiblat (Skripsi UIN Walisongo Semarang 2017)
  2. Nabi Idris dalam kajian sejarah Ilmu Falak (Jurnal Ulul Albab Unisula Semarang 2019)

Demikian riwayat pendidikan ini dibuat dengan sebenar-benarnya untuk menjadi maklum dan periksa adanya.

Semarang, 11 Juni 2019

Hormat saya,

Muhammad Al-Farabi Putra

NIM. 1702048006