

**FORMULASI KONJUNGSI HORIZON
BERBASIS ALGORITMA JEAN MEEUS
DAN PENGARUHNYA TERHADAP PENENTUAN
AWAL BULAN KAMARIAH**

TESIS

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat
guna Memperoleh Gelar Magister
dalam Ilmu Falak



oleh:

FIKA AFHAMUL FUSCHA

NIM: 2202048007

**PROGRAM MAGISTER ILMU FALAK
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM
UIN WALISONGO SEMARANG
2024**

MOTO

بِقَدْرِ الْكَدِّ تُكْتَسَبُ الْمَعَالِي * وَمَنْ طَلَبَ الْعُلَى سَهَّرَ اللَّيَالِي

“Sejauh mana ukuran kerja kerasmu, begitu pula ukuran engkau meraih keluhuran (kesuksesan) ﴿٦٦﴾ Barangsiapa mencari keluhuran, hendaklah ia menghidupkan malam-malamnya (dengan ibadah dan ketekunan belajar)”

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : **Fika Afhamul Fuscha**
NIM : 2202048007
Judul Penelitian : **Formulasi Konjungsi Lokal Berbasis Algoritma Jean Meeus dan Pengaruhnya Terhadap Penentuan Awal Bulan Kamariah**
Program Studi : Magister Ilmu Falak
Konsentrasi : -

menyatakan bahwa tesis yang berjudul:

FORMULASI KONJUNGSI LOKAL BERBASIS ALGORITMA JEAN MEEUS DAN PENGARUHNYA TERHADAP PENENTUAN AWAL BULAN KAMARIAH

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

Semarang, 18 Desember 2023

Pembuat pernyataan,



Fika Afhamul Fuscha

NIM: 2202048007



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

Jalan Prof. Dr. H. Hamka Semarang 50185
Telepon (024)7601291, Faksimili (024)7624691, Website : <http://fs.walisongo.ac.id>

FTM-07

PENGESAHAN PERBAIKAN
OLEH MAJELIS PENGUJI UJIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa tesis mahasiswa :

Nama : Fika Afhamul Fuscha
NIM : 2202048007
Judul : FORMULASI KONJUNGSI HORIZON BERBASIS ALGORITMA JEAN MEEUS DAN
PENGARUHNYA TERHADAP PENENTUAN AWAL BULAN KAMARIAH

telah diujikan pada tanggal 27 Desember 2023 dan dinyatakan LULUS oleh majelis penguji :

NAMA	TANGGAL	TANDA TANGAN
<u>Dr. Fakhruddin Aziz, M.SI.</u> Ketua Majelis	4/1 2024	
<u>Dr. Ahmad Adib Rofiuddin, M.SI.</u> Sekretaris	3/1 /24	
<u>Prof. Dr. Muslich Shabir, M.A.</u> Penguji 1	3/1-2024	
<u>Dr. Ahmad Svifaul Anam, M.H.</u> Penguji 2	3/1 -2024	

NOTA PEMBIMBING

Semarang, 18 Desember 2023

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 : Fika Afhamul Fuscha
NIM : 2202048007
Program Studi : Magister Ilmu Falak
Judul Penelitian : Formulasi Konjungsi Lokal Berbasis Algoritma Jean Meeus dan Pengaruhnya Terhadap Penentuan 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.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Pembimbing I



Dr. Mahsun, M.Ag.

NIP. 196711132005011001

NOTA PEMBIMBING

Semarang, 18 Desember 2023

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 : Fika Afhamul Fuscha
NIM : 2202048007
Program Studi : Magister Ilmu Falak
Judul Penelitian : Formulasi Konjungsi Lokal Berbasis Algoritma Jean Meeus dan Pengaruhnya Terhadap Penentuan 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.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Pembimbing II



Dr. Ahmad Adib Rofiuddin, M.Si.
NIP. 198911022018011001

ABSTRAK

Judul : **Formulasi Konjungsi Horizon Berbasis Algoritma Jean Meeus dan Pengaruhnya Terhadap Penentuan Awal Bulan Kamariah**

Penulis : Fika Afhamul Fuscha

NIM : 2202048007

Fenomena yang telah terjadi saat ini adalah dalam perhitungan awal bulan Kamariah khususnya perhitungan posisi Bulan dan Matahari menghasilkan data toposentrik, sedangkan dalam perhitungan konjungsi (*ijtimā'*) masih menghasilkan data geosentrik, sehingga terjadi inkonsistensi antara perhitungan posisi Bulan dan Matahari dengan konjungsi (*ijtimā'*). Perlu adanya formulasi rumus konjungsi (*ijtimā'*) agar data yang disajikan sama-sama bersifat toposentrik. Permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini adalah (1) Bagaimana formulasi konjungsi horizon menggunakan algoritma Jean Meeus *High Accuracy*? (2) Bagaimana pengaruh *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon altitude* dan *moon elongation* dalam penentuan awal bulan Kamariah? Studi ini menggunakan metode *library research* (kepuustakaan) dengan pendekatan interdisipliner dan menggunakan analisis deskriptif (*descriptive analysis*) dengan model regresi linier untuk menentukan pengaruh *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon altitude* dan *moon elongation* dalam penentuan awal bulan Kamariah.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa (1) Algoritma konjungsi horizon disusun menggunakan konsep *iteration* dan *interpolation*. Iterasi digunakan untuk mendapatkan tiga data waktu konjungsi, kemudian ketiga data tersebut dilakukan interpolasi untuk mencari nilai minimum konjungsi. (2) *Moon Age* konjungsi horizon mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap *moon altitude* dan *moon elongation* dengan hasil uji t dan uji F yang menunjukkan nilai signifikansinya kurang dari 0,05.

Kata kunci: formulasi konjungsi horizon, Jean Meeus, awal bulan Kamariah

ABSTRACT

Title : *Formulation of Horizon Conjunction Based on the Jean Meeus Algorithm and its Effect on Determining the Beginning of the Islamic Month*
Author : Fika Afhamul Fuscha
NIM : 2202048007

The phenomenon that occurred at this time in the calculation of the beginning of the Kamariah month, especially in the calculation of the position of the moon and the sun, produces topocentric data, while the calculation of conjunction (ijtima') still produces geocentric data. So there is an inconsistency between the calculation of the position of the Moon and the Sun with conjunction (ijtimā'). It is necessary to formulate the conjunction formula (ijtimā') so that the data presented are both topocentric. The problems studied in this study are: (1) How is the formulation of horizon conjunction using the Jean Meeus High Accuracy algorithm? (2) How does the moon age of the horizon conjunction affect moon altitude and moon elongation in determining the beginning of the Kamariah month? This study uses a library research method with an interdisciplinary approach and uses descriptive analysis with a linear regression model to determine the effect of horizon conjunction moon age on moon altitude and moon elongation in determining the beginning of the Kamariah month.

*The results of this study indicate that: (1) The horizon conjunction algorithm was developed using the concepts of iteration and interpolation. Iteration is used to obtain three conjunction time data, and then the three data are interpolated to find the minimum value of the conjunction. (2) The Moon Age horizon conjunction has a significant effect on moon altitude and moon elongation, with the results of the *t* test and *F* test showing the significance value is less than 0.05.*

Keywords: *formulation of horizon conjunction, Jean Meeus, beginning of the Islamic Month*

ملخص

العنوان : صياغة الإجتماع الافق للروابط استناداً إلى طريقة جان ميوس وتأثيرها على تحديد بداية الشهر الهجرية
اسم الطالب : فيك أفهام الفصحي
رقم الطالب : ٢٢٠٢٠٤٨٠٠٧

الظاهرة التي حدثت حالياً هي أنّ في حساب الشهر الهجرية، خاصة في حساب مواقع القمر والشمس، يتم إنتاج بيانات توبوسنتريك، في حين أنّ في حساب الإجتماع لا يزال يتم إنتاج بيانات جيوسنتريك. وبالتالي، يحدث تناقض بين حساب مواقع القمر والشمس مع الإجتماع. هناك حاجة إلى صياغة صيغة الإجتماع حتى تكون البيانات المقدّمة هي نفسها توبوسنتريك. المشكلة التي تُدرس في هذا البحث هي (١) كيفية صياغة الإجتماع الافق باستخدام طريقة جان ميوس ذات الدقة العالية؟ (٢) ما هو تأثير عمر القمر للإجتماع الافق على ارتفاع القمر وزاوية الإستطالة في تحديد بداية الشهر الهجرية؟ يستخدم هذا البحث أسلوب البحث في المكتبة مع نهج متعدد التخصصات ويستخدم التحليل الوصفي مع نموذج الانحدار الخطي لتحديد تأثير عمر القمر للإجتماع الافق على ارتفاع القمر وزاوية الإستطالة في تحديد بداية الشهر الهجرية.

أظهرت نتائج هذا البحث أنّ (١) الإجتماع الافق يتم تنظيمها باستخدام مفهوم الاستدامة والتداخل. يُستخدم التكرار للحصول على ثلاثة بيانات زمنية للإجتماع ، ثم يتم تفسير هذه البيانات الثلاثة للبحث عن قيمة الاجتماع الدنيا. (٢) عمر القمر للإجتماع الافق له تأثير كبير على ارتفاع القمر وزاوية الإستطالة مع نتائج اختبار T واختبار F التي تظهر قيمة تواترها أقل من 0.05

الكلمات المفتاحية : صياغة الإجتماع الافق، جان ميوس، بداية الشهر الهجرية

TRANSLITERASI

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

A. Konsonan

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Nama
أ	Alif	Tidak dilambangkan	Tidak dilambangkan
ب	Ba	B	Be
ت	Ta	T	Te
ث	Şa	ş	es (dengan titik di atas)
ج	Jim	J	Je
ح	Ĥa	ĥ	ha (dengan titik di bawah)
خ	Kha	Kh	ka dan ha
د	Dal	d	De
ذ	Žal	ž	Zet (dengan titik di atas)
ر	Ra	R	Er
ز	Zai	Z	Zet
س	Sin	S	Es
ش	Syin	Sy	es dan ye
ص	Şad	ş	es (dengan titik di bawah)
ض	Đad	đ	de (dengan titik di bawah)
ط	Ṭa	ṭ	te (dengan titik di bawah)

ظ	Za	z	zet (dengan titik di bawah)
ع	'ain	‘	koma terbalik (di atas)
غ	Gain	G	Ge
ف	Fa	F	Ef
ق	Qaf	Q	Ki
ك	Kaf	K	Ka
ل	Lam	L	El
م	Mim	M	Em
ن	Nun	N	En
و	Wau	W	We
ه	Ha	H	Ha
ء	Hamzah	'	apostrof
ي	Ya	Y	Ye

B. Vokal

1. Vokal Tunggal

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Nama
َ	Fathah	a	a
ِ	Kasrah	i	i
ُ	Dammah	u	u

2. Vokal Rangkap

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Nama
...يَ	Fathah dan ya	Ai	a dan u
...وِ	Fathah dan wau	Au	a dan u

Contoh:

- وَسَطَ *Wasat*
- تَعْدِيلُ *Ta'dil*
- مَيْلُ *Mail*
- قَوْسُ *Qous*

C. Maddah

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Nama
آ...أ...إ...	Fathah dan alif atau ya	ā	a dan garis di atas
...ي...إ...	Kasrah dan ya	ī	i dan garis di atas
...و...أ...	Dammah dan wau	ū	u dan garis di atas

Contoh:

- اجْتِمَاعُ *Ijtimā'*
- اِخْتِلَافُ *Ikhtilāf*
- غُرُوبُ *Gurūb*

D. Ta' Marbutah

Jika kata terakhir dengan ta' marbutah diikuti oleh kata yang menggunakan kata sandang *al* serta bacaan kedua kata itu terpisah, maka ta' marbutah itu ditransliterasikan dengan "h".

Contoh:

- رَوْضَةُ الْأَطْفَالِ *raudah al-atfāl/raudahtul atfāl*
- حِصَّةُ الْأَرْضِ *Ḥiṣṣah al-Arḍ/Ḥiṣṣatul al-Arḍ*
- طَلْحَةُ *talhah*

E. *Syaddah* (Tasydid)

Syaddah atau tasydid yang dalam tulisan Arab dilambangkan dengan sebuah tanda, tanda *syaddah* atau tanda tasydid, ditransliterasikan dengan huruf, yaitu huruf yang sama dengan huruf yang diberi tanda *syaddah* itu.

Contoh:

- خَاصَّةٌ *Khāṣṣah*
- الْبِرُّ *al-birr*

F. Kata Sandang

Baik diikuti oleh huruf *syamsiyah* maupun *qamariyah*, kata sandang ditulis terpisah dari kata yang mengikuti dan dihubungkan dengan tanpa sempang.

Contoh:

- الزَّمَانُ *az-zamanu*
- الْقَمَرُ *al-qamaru*
- الشَّمْسُ *asy-syamsu*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahillāhirabbil'ālamīn, puji syukur kehadiran Allah *Subhānahu Wata'ālā* yang telah memberikan nikmat, hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul ***Formulasi Konjungsi Horizon Berbasis Algoritma Jean Meeus dan Pengaruhnya Terhadap Penentuan Awal Bulan Kamariah*** dengan segala kemudahan dan kemurahan-Nya.

Salawat beserta salam senantiasa kita haturkan kepada baginda Rasulullah *Ṣallallāhu 'Alaihi Wasalam* beserta keluarga, sahabat-sahabat, dan para pengikutnya.

Penulis menyadari bahwa penulisan tesis ini bukanlah hasil jerih payah dari penulis sendiri, melainkan terdapat usaha dan bantuan baik spiritual maupun moral dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis sampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. H. Mahsun, M.Ag. dan Dr. Ahmad Adib Rofiuddin, M.SI. selaku dosen pembimbing, yang telah meluangkan waktu tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan tesis ini.
2. Kedua orang tua penulis Bapak Jaiz dan Ibu Setiti Minarnik beserta keluarga atas segala do'a, dukungan, dan curahan kasih sayang kepada penulis.
3. Dr. H. Arja' Imroni, M.Ag., selaku Dekan Fakultas Syariah dan Hukum beserta jajarannya.

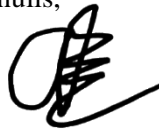
4. Keluarga Magister Ilmu Falak angkatan 2022, khususnya kepada Nailul Alvi Hidayah dan Khabib Suraya yang telah meluangkan waktunya untuk berdiskusi dengan penulis.
5. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu baik secara langsung maupun tidak langsung yang selalu memberikan bantuan, dorongan, semangat, dan do'a kepada penulis selama melaksanakan studi di UIN Walisongo Semarang.

Penulis berdoa semoga seluruh amal kebaikan dan jasa-jasa dari semua pihak yang telah membantu menjadi amal jariah. Tesis ini pastinya banyak kekurangan dari segi penulisan maupun redaksi yang dikutip.

Akhirul kalām, penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik konstruktif demi perbaikan tesis di masa mendatang. Harapan penulis, semoga tesis ini dapat menambah pengetahuan pembaca dan dapat bermanfaat.

Semarang, 18 Desember 2023

Penulis,



Fika Afhamul Fuscha

DAFTAR ISI

JUDUL.....	i
MOTO.....	ii
PERYATAAN KEASLIAN	iii
PENGESAHAN	iv
NOTA PEMBIMBING	v
ABSTRAK	vii
TRANSLITERASI	x
KATA PENGANTAR	xiv
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR GAMBAR	xxii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian.....	6
D. Manfaat Penelitian.....	6
E. Kajian Pustaka.....	6
F. Kerangka Berpikir	9
G. Hipotesis Penelitian	13
H. Metode Penelitian	13
I. Sistematika Pembahasan.....	17
BAB II TINJAUAN UMUM TENTANG PENENTUAN AWAL	
 BULAN KAMARIAH	18

A.	Hisab dan Rukyat dalam Penentuan Awal Bulan Kamariah	18
1.	Hisab.....	18
2.	Rukyat.....	20
B.	Konjungsi	22
C.	Sistem Koordinat.....	28
1.	Koordinat Geografis	28
2.	Koordinat Horizon	30
3.	Koordinat Ekuator.....	32
4.	Koordinat Ekliptika.....	34
D.	Trigonometri dalam Formula Konjungsi Horizon	36
1.	Trigonometri Segitiga Planar	37
2.	Trigonometri Segitiga Bola.....	38
BAB III	FORMULASI KONJUNGSI HORIZON	49
A.	Konsep Iterasi dalam Konjungsi Horizon	49
B.	Konsep Interpolasi dalam Konjungsi Horizon	51
C.	Formulasi Konjungsi Horizon	54
BAB IV	PENGARUH KONJUNGSI HORIZON TERHADAP PENENTUAN AWAL BULAN KAMARIAH.....	69
A.	Pengaruh Konjungsi Ekliptika Terhadap Penentuan Awal Bulan Kamariah	69
B.	Pengaruh Konjungsi Horizon Terhadap Penentuan Awal Bulan Kamariah	75
BAB V	PENUTUP	103
A.	Kesimpulan	103
B.	Saran.....	103

C. Kata Penutup	104
DAFTAR PUSTAKA	105
LAMPIRAN.....	110
RIWAYAT HIDUP	135

DAFTAR TABEL

- Tabel 1. 1 Perbandingan waktu konjungsi ekliptika dan konjungsi horizon, 4
- Tabel 3. 1 Tabel perbandingan konjungsi ekliptika dan konjungsi horizon di berbagai lokasi, 55
- Tabel 3. 2 Perbandingan selisih konjungsi horizon dengan Stellarium (Safar 1445 H), 66
- Tabel 3. 3 Perbandingan selisih konjungsi horizon dengan Stellarium (Jumadilakhir 1445 H), 66
- Tabel 3. 4 Perbandingan selisih konjungsi horizon dengan Stellarium (Ramadan 1445 H), 66
- Tabel 3. 5 Perbandingan waktu konjungsi ekliptika dan konjungsi horizon, 67
- Tabel 4. 1 Waktu Konjungsi ekliptika (Kota Banda Aceh), 69
- Tabel 4. 2 Koefisien determinasi *moon age* konjungsi ekliptika dengan *moon altitude*, 72
- Tabel 4. 3 Kekuatan hubungan antar variabel, 72
- Tabel 4. 4 Distribusi data *moon altitude*, *moon age* (horizon), dan *moon elongation* Kota Banda Aceh, 75
- Tabel 4. 5 Distribusi data *moon altitude*, *moon age* (horizon), dan *moon elongation* Kota Manado, 76
- Tabel 4. 6 Distribusi data *moon altitude*, *moon age* (horizon), dan *moon elongation* Kota Jayapura, 77
- Tabel 4. 7 Hasil uji t *moon age* (horizon) terhadap *moon altitude* (Kota Banda Aceh), 80

- Tabel 4. 8 Hasil uji t *moon age* (horizon) terhadap *moon altitude* (Kota Manado), 81
- Tabel 4. 9 Hasil uji t *moon age* (horizon) terhadap *moon altitude* (Kota Jayapura), 81
- Tabel 4. 10 Hasil uji F *moon age* (horizon) terhadap *moon altitude* (Kota Banda Aceh), 83
- Tabel 4. 11 Hasil uji F *moon age* (horizon) terhadap *moon altitude* (Kota Manado), 83
- Tabel 4. 12 Hasil uji F *moon age* (horizon) terhadap *moon altitude* (Kota Jayapura), 84
- Tabel 4. 13 Kekuatan hubungan antar variabel, 85
- Tabel 4. 14 Hasil koefisien determinasi *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon altitude* (Kota Banda Aceh), 85
- Tabel 4. 15 Hasil koefisien determinasi *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon altitude* (Kota Manado), 86
- Tabel 4. 16 Hasil koefisien determinasi *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon altitude* (Kota Jayapura), 87
- Tabel 4. 17 Hasil uji t *moon age* (horizon) terhadap *moon elongation* (Kota Banda Aceh), 91
- Tabel 4. 18 Hasil uji t *moon age* (horizon) terhadap *moon elongation* (Kota Manado), 91
- Tabel 4. 19 Hasil uji t *moon age* (horizon) terhadap *moon elongation* (Kota Jayapura), 92
- Tabel 4. 20 Hasil uji F *moon age* (horizon) terhadap *moon elongation* (Kota Banda Aceh), 93

- Tabel 4. 21 Hasil uji F *moon age* (horizon) terhadap *moon elongation* (Kota Manado), 94
- Tabel 4. 22 Hasil uji F *moon age* (horizon) terhadap *moon elongation* (Kota Jayapura), 94
- Tabel 4. 23 Kekuatan hubungan antar variabel, 95
- Tabel 4. 24 Hasil koefiesien determinasi *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon elongation* (Kota Banda Aceh), 96
- Tabel 4. 25 Hasil koefiesien determinasi *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon elongation* (Kota Manado), 97
- Tabel 4. 26 Hasil koefiesien determinasi *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon elongation* (Kota Jayapura), 98
- Tabel 4. 27 Perbandingan Konjungsi ekliptika dan Konjungsi horizon (Kota Jayapura), 101

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.1. Diagram Alir Penelitian, 11
- Gambar 1.2. Penentuan Konjungsi horizon, 12
- Gambar 2.1. Sistem Koordinat Geografis, 29
- Gambar 2.2. Sistem Koordinat Horizon, 31
- Gambar 2.3. Sistem Koordinat Ekuator, 33
- Gambar 2.4. Sistem Koordinat Ekliptika, 35
- Gambar 2.5. Segitiga Planar, 37
- Gambar 2. 6 Segitiga Bola, 38
- Gambar 2.7. Sistem Koordinat Horizon (Sudut Waktu), 40
- Gambar 2.8. Trigonometri Sudut Waktu, 40
- Gambar 2.9. Sistem Koordinat Horizon (Azimut), 42
- Gambar 2.10. Trigonometri Azimut, 42
- Gambar 2.11. Sistem Koordinat Horizon (Tinggi Benda Langit), 44
- Gambar 2.12. Trigonometri Tinggi Benda Langit, 45
- Gambar 2.13. Sistem Koodinat Ekuator (Deklinasi), 46
- Gambar 2.14. Trigonometri Deklinasi, 46
- Gambar 2.15. Sistem Koordinat Ekuator (Asensio Rekta), 47
- Gambar 2.16. Trigonometri Asensio Rekta Bulan, 48
- Gambar 3. 1 Peta konjungsi horizon Ramadhan 1445 H, 56
- Gambar 3. 2 Peta konjungsi horizon Ramadan 1445 H, 64
- Gambar 3. 3 Google App Script (GAS), 65
- Gambar 3. 4 Apps Script Editor, 65
- Gambar 4. 1 Logika Konjungsi Visual Basic for Application, 71

- Gambar 4. 2 Linearitas moon age konjungsi ekliptika terhadap moon altitude, 71
- Gambar 4. 3 Linearitas moon age konjungsi ekliptika terhadap moon elongation, 73
- Gambar 4. 4 Koefisien determinasi moon age konjungsi ekliptika dengan moon elongation, 74
- Gambar 4. 5 Linearitas moon age (konjungsi horizon) terhadap moon altitude (Kota Banda Aceh), 88
- Gambar 4. 6 Linearitas moon age (konjungsi horizon) terhadap moon altitude (Kota Manado), 89
- Gambar 4. 7 Linearitas moon age (konjungsi horizon) terhadap moon altitude (Kota Jayapura), 89
- Gambar 4. 8 Linearitas moon age (konjungsi horizon) terhadap moon elongation (Kota Banda Aceh), 99
- Gambar 4. 9 Linearitas moon age (konjungsi horizon) terhadap moon elongation (Kota Manado), 100
- Gambar 4. 10 Linearitas moon age (konjungsi horizon) terhadap moon elongation (Kota Jayapura), 100

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Peranan hilal sangat penting dalam sistem penanggalan kalender Hijriah.¹ Sampai saat ini, penetapan awal bulan Kamariah mempertimbangkan tiga syarat, yakni konjungsi (*ijtimā'*) telah terjadi, konjungsi terjadi sebelum Matahari terbenam, dan Hilal telah memenuhi syarat *imkān ar-ru'yah*.²

Mayoritas akademisi mendefinisikan konjungsi sebagai peristiwa yang terjadi pada sistem koordinat ekuator atau ekliptika. Definisi konjungsi juga dijelaskan oleh Jean Meeus pada bab *Planetary Conjunctions* dalam bukunya yang berjudul "*Astronomical Algorithm*". Meeus mendefinisikan konjungsi ketika terdapat dua benda langit memiliki nilai asensio rekta yang sama

¹ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis* (Semarang: PT. Pustaka Rizki Putra, 2017), 92; Baca juga: Arino Bemi Sado, "Dakwah Inside: Solusi Penyatuan Madzhab Hisab Dan Madzhab Rukyat Dalam Penentuan Awal Bulan Kamariah," *Tasamuh* Vol. 18, no. 1 (2020): 80.

² Nihayatur Rohmah, "Ijtimak Sebagai Prasarat Pergantian Bulan Baru Dalam Kalender Hijriyah," *Al-Mikraj: Indonesian Journal of Islamic Studies and Humanities* 1, no. 1 (2020); Lihat: Thomas Djamaluddin, *Astronomi Memberi Solusi Penyatuan Umat* (Bandung: LAPAN, 2011), 10–11; Baca juga: Mutoha Arkanuddin and Muh Ma'rufin Sudiby, "KRITERIA VISIBILITAS HILAL RUKYATUL HILAL INDONESIA (RHI) (Konsep, Kriteria, Dan Implementasi)," *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 1, no. 1 (2015): 34–44, <https://doi.org/https://doi.org/10.30596/jam.v1i1.737>; Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak: Dalam Teori Dan Praktik* (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2008).

atau bujur ekliptika yang sama.³ Realitanya, dalam sistem koordinat horizon juga mengalami fenomena konjungsi, tetapi sedikit berbeda dengan sistem koordinat ekliptika maupun ekuator.⁴ Fenomena konjungsi dalam koordinat horizon terjadi ketika nilai *altitude* (ketinggian) kedua benda langit tersebut sama. Di sinilah keunikan dari konjungsi horizon, bukan nilai azimutnya yang sama tetapi nilai *altitude* nya yang sama, sehingga dapat disimpulkan bahwa konjungsi bukan hanya terjadi pada sistem koordinat ekliptika dan koordinat ekuator saja, melainkan juga terjadi pada koordinat horizon.

Konjungsi ekliptika, ekuator, dan horizon dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu konjungsi global dan konjungsi lokal. Konjungsi global merupakan perhitungan waktu terjadinya konjungsi (*ijtimā'*) tanpa menggunakan data koordinat di permukaan Bumi, sedangkan konjungsi lokal merupakan perhitungan waktu terjadinya konjungsi (*ijtimā'*) dengan menggunakan data-data koordinat suatu tempat di permukaan Bumi, meliputi lintang tempat, bujur tempat, tinggi tempat, dan zona waktu sehingga konjungsi ekliptika dan ekuator masuk kedalam klasifikasi konjungsi global, sedangkan konjungsi horizon masuk kedalam klasifikasi konjungsi lokal.

³ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms* (Virginia: Willmann-Bell, Inc., 1998).

⁴ TOASTI, *Buku Sakti Olimpiade Astronomi Edisi 2* (Bandung: Yrama Widya, 2020), 49.

Fenomena yang terjadi hingga saat ini adalah dalam perhitungan awal bulan Kamariah khususnya perhitungan posisi Bulan dan Matahari menghasilkan data toposentrik atau masuk dalam sistem koordinat horizon, sedangkan dalam perhitungan konjungsi (*ijtimā'*) masih menghasilkan data geosentrik atau masuk dalam sistem koordinat ekliptika, sehingga terjadi inkonsistensi antara perhitungan posisi Bulan dan Matahari dengan konjungsi (*ijtimā'*).⁵ Perlu adanya formulasi rumus konjungsi (*ijtimā'*) agar data yang disajikan sama-sama bersifat toposentrik. Langkah-langkah yang dilakukan adalah menggunakan transformasi koordinat, dari sistem koordinat ekliptika ditransformasikan ke sistem koordinat ekuator, kemudian dari sistem koordinat ekuator ditransformasikan ke sistem koordinat horizon sehingga menghasilkan formula konjungsi horizon.⁶

Konjungsi horizon bisa menjadi solusi untuk menentukan waktu terjadinya *ijtimā'* dalam perhitungan awal bulan Kamariah, karena dalam perhitungannya memperhatikan koordinat suatu tempat, sedangkan perhitungan konjungsi ekliptika ini mengabaikan koordinat suatu tempat, karena Bumi dianggap sebuah titik. Berikut ini tabel selisih konjungsi horizon dan konjungsi ekliptika dengan

⁵ Direktorat Urusan Agama dan Pembinaan Syariah dan Direktorat Jendral Bimbingan Masyarakat Islam Kementerian Agama RI, *Ephemeris Hisab Rukyat 2023* (Jakarta, 2023).

⁶ Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit* (Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, 2012), 56–61; Baca juga: K. J. Villanueva, *Pengantar Ke Dalam Astronomi Geodesi* (Bandung: Institut Teknologi Bandung, 1978).

menggunakan koordinat Planetarium UIN Walisongo $6^{\circ} 59' 30''$ LS $110^{\circ} 20' 53''$ BT dengan tinggi tempat 109 meter:

Tabel 1. 1 Perbandingan waktu konjungsi ekuiptika dan konjungsi horizon

NO	BULAN	TAHUN	KONJUNGSI EKLIPTIKA	KONJUNGSI HORIZON
1	Muharam	1445	01:31:41,67	02:08:36,74
2	Safar	1445	16:38:02,92	16:58:56,43
3	Rabiulawal	1445	08:39:46,13	03:22:02,01
4	Rabiulakhir	1445	00:55:08,10	23:50:47,11
5	Jumadilawal	1445	16:27:18,47	18:22:14,41
6	Jumadilakhir	1445	06:31:55,55	05:52:31,85
7	Rajab	1445	18:57:17,98	18:05:46,27
8	Syakban	1445	05:59:01,75	04:03:12,72
9	Ramadan	1445	16:00:18,69	15:32:56,05
10	Syawal	1445	01:20:48,05	00:57:35,86
11	Zulkaidah	1445	10:21:50,91	08:19:28,91
12	Zulhijah	1445	19:37:36,17	20:14:10,21

Tabel di atas menunjukkan bahwa selisih waktu antara terjadinya konjungsi ekuiptika dan konjungsi horizon sangat bervariasi, mulai dari 20 menit sampai dengan 5 jam. Selisih ini tentunya akan berbeda-beda tergantung dari koordinat yang dihitung. Hal ini akan menimbulkan permasalahan apabila koordinat yang dihitung memiliki zona waktu yang sama, misalkan WIB (+7 GMT) maka waktu terjadinya konjungsi ekuiptika akan tetap sama, tetapi waktu terjadinya konjungsi horizon akan berbeda, tergantung dari koordinat mana yang akan dihitung walaupun masih dalam satu zona waktu.

Permasalahan selanjutnya adalah ketika kita menghubungkan berbagai kriteria yang ada di Indonesia, misalkan kriteria *wujūd al-hilāl*, dimana konjungsi ekliptika terjadi sebelum *sunset* sedangkan konjungsi horizon terjadi setelah *sunset* seperti pada bulan Jumadilawal 1445 H. Hal ini akan menimbulkan kerancuan dimana menurut konjungsi ekliptika pada saat magrib sudah masuk bulan baru Hijriah, tetapi menurut konjungsi horizon belum masuk bulan baru Hijriah. Beranjak dari latar belakang tersebut, perlu untuk merumuskan perhitungan konjungsi horizon, agar data yang dihasilkan sama-sama bersifat toposentris. Perhitungan ini menggunakan tiga kota-kota besar di Indonesia, yaitu Banda Aceh, Manado, dan Jayapura. Pemilihan lokasi tersebut berdasarkan pembagian zona waktu di Indonesia yang terdiri dari tiga zona waktu.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, rumusan masalah yang akan menjadi fokus dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana formulasi konjungsi horizon menggunakan algoritma Jean Meeus *High Accuracy*?
2. Bagaimana pengaruh *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon altitude* dan *moon elongation* dalam penentuan awal bulan Kamariah?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari studi ini mencakup beberapa aspek, yang dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Mengetahui waktu terjadinya konjungsi horizon berdasarkan sistem koordinat horizon menggunakan algoritma Jean Meeus *High Accuracy*.
2. Mengetahui pengaruh *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon altitude* dan *moon elongation* dalam penentuan awal bulan Kamariah.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini meliputi hal-hal sebagai berikut:

1. Memberikan pengetahuan terkait pengaruh konjungsi horizon terhadap penentuan awal bulan Kamariah.
2. Menambah khazanah keilmuan falak khususnya dalam bidang mekanika benda langit.

E. Kajian Pustaka

Terdapat beberapa kajian yang masih berkaitan dengan tema yang diangkat, mulai dari formulasi konjungsi horizon, *newmoon*, dan penentuan awal bulan kamariah.

Nurul Mujtahidah dalam skripsinya di tahun 2020, melakukan perbandingan terhadap pengaruh konjungsi ekuator dan konjungsi ekliptika terhadap penentuan awal bulan hijriah. Ia melakukan perhitungan terhadap data posisi bulan-matahari, waktu

sunset dan *moonset* selama 100 tahun masehi (1237 bulan) menggunakan buku *Astronomical Alghorithm* Jean Meeus untuk menentukan waktu terjadinya konjungsi ekliptika dan menambah langkah iterasi pada nilai asensio rekta untuk mendapat waktu terjadinya konjungsi ekuator.⁷ Artikel ini membahas mengenai perhitungan konjungsi ekuator dan ekliptika serta untuk mengetahui pengaruhnya terhadap penentuan awal bulan Kamariah, persamaan dengan penelitian yang dilakukan adalah menggunakan teori *iteration* dalam perhitungan. Sedangkan perbedaannya terletak pada fokus kajian penulis menggunakan konjungsi horizon.

Nihayatur Rohmah juga melakukan penelitian berjudul “Ijtimak Sebagai Prasarat Pergantian Bulan Baru dalam kalender Hijriah” yang di terbitkan oleh jurnal *Al-Mikraj: Indonesian Journal of Islamic Studies and Humanities* vol.1 no.1 tahun 2020, dimana dalam artikel tersebut membahas mengenai syarat terjadinya *Newmoon* atau pergantian bulan baru dalam kalender hijriah adalah telah mengalami peristiwa konjungsi/*ijtimā*’.⁸ Artikel ini tidak membahas mengenai formulasi konjungsi horizon, tetapi hanya berfokus kepada pembahasan konjungsi sebagai syarat pergantian bulan baru Hijriah. Persamaan dengan penelitian penulis terdapat pada teori yang digunakan, yaitu syarat terjadinya

⁷ Nurul Mujtahidah, “Pengaruh Konjungsi Ekuator Terhadap Penentuan Awal Bulan Hijriah” (Universitas Gadjah Mada, 2020).

⁸ Rohmah, “Ijtimak Sebagai Prasarat Pergantian Bulan Baru Dalam Kalender Hijriyah.”

pergantian bulan baru Hijriah harus sesudah terjadinya fenomena konjungsi.

Waliawati dan M. Ihtirozun Ni'am dalam artikel yang diterbitkan oleh Jurnal al-Afaq Vol. 4, No. 2, Desember 2022 yang berjudul "Konvergensi Rukyat Tarbi' dan *Badr* dengan Kriteria *Imkan ar-Rukyah* Neo MABIMS" berusaha melakukan kajian untuk menggali konvergensi antara metode rukyat *tarbi'* dan *badr* yang digunakan di Pondok Pesantren Nurul Hidayah Garut dan metode *imkan ar-rukayah* Neo-MABIMS yang digunakan oleh pemerintah.⁹ Artikel ini membahas mengenai penentuan awal bulan Kamariah pada saat *tarbi'/quarters* dan *badr/full moon*, dan tidak berpedoman pada saat *ijtimā'/new moon*/konjungsi. Penelitian ini berbeda dengan penelitian penulis, dimana penulis menggunakan perhitungan (hisab) dalam penentuan awal bulan Kamariah. Persamaan dari penelitian ini adalah menggunakan kriteria Neo MABIMS dengan tinggi hilal minimal 3 derajat dan elongasi minimal 6,4 derajat.

Anisah Budiwati dalam disertasinya yang berjudul "Formulasi Kalender Hijriah dalam Pendekatan Historis-Astronomis" melakukan penelitian mengenai konsep landasan astronomis untuk mengungkap kepastian peristiwa penting di masa lampau dalam kalender hijriah melalui literatur sejarah keislaman

⁹ Waliawati and M. Ihtirozun Ni'am, "Konvergensi Rukyat Tarbi' Dan Badr Dengan Kriteria Imkanur Rukyat Neo MABIMS (Praktek Penentuan Awal Bulan Kamariah Di Pondok Pesantren Nurul Hidayah Garut)," *AL-AFAQ: Jurnal Ilmu Falak Dan Astronomi* 4, no. 2 (2022).

yang ada pada *naş* maupun buku teks sejarah.¹⁰ Artikel ini hanya berfokus kepada kajian sejarah dan formulasi kalender Hijriah pada masa awal peradaban Islam, dan tidak membahas mengenai formulasi konjungsi horizon.

Imas Musfiroh dan Hendri dalam artikel yang berjudul “Analisis Regresi Non-linier (Polinomial) dalam Pembentukan Kriteria Visibilitas Hilal di Indonesia” menjelaskan terkait hubungan semidiameter, iluminasi, *altitude*, lebar hilal, dan elongasi, dimana koefisien determinasi terbesar diperoleh dari hubungan semidiameter toposentrik dengan fraksi iluminasi bernilai 0,945.¹¹ Artikel ini belum membahas mengenai koefisien determinasi *altitude* dengan *moon age* yang dihitung dari waktu terjadinya konjungsi horizon. Persamaan artikel ini dengan penelitian yang dilakukan adalah hubungan *altitude* dan elongasi. Sedangkan perbedaannya terdapat pada analisis regresi non-linear (Polinomial).

F. Kerangka Berpikir

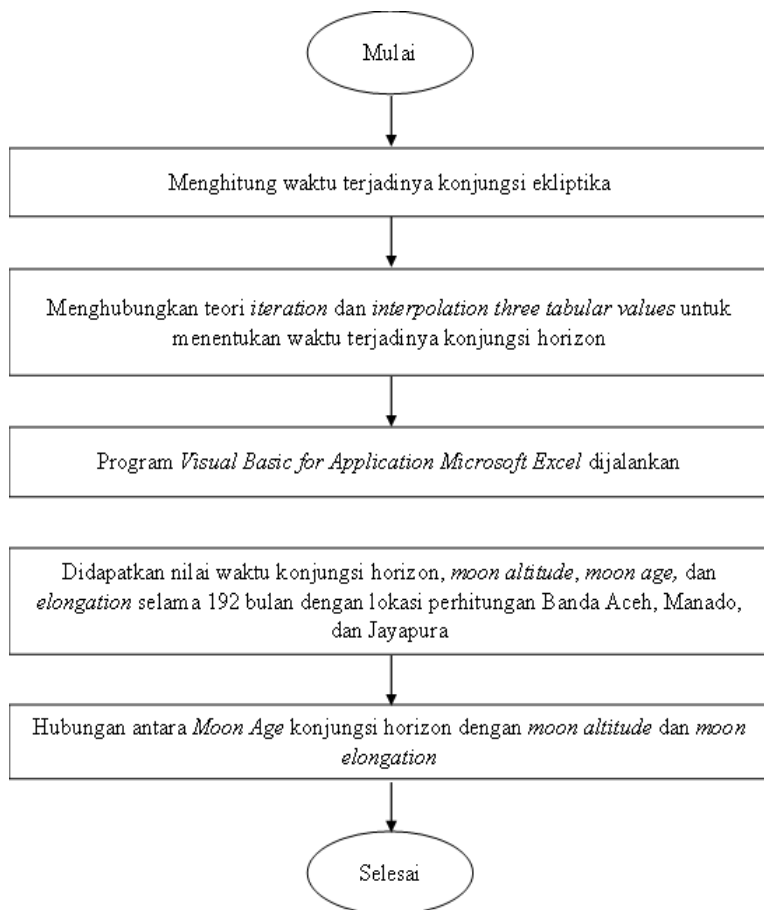
Penelitian formulasi konjungsi horizon ini menggabungkan antara teori *iteration* dan *interpolation three tabular values* yang ada bab 5 dan bab 3 buku “*Astronomical Algorithm*” karya Jean Meeus. Penggabungan dua formula tersebut digunakan untuk

¹⁰ Anisah Budiwati, “Formulasi Kalender Hijriah Dalam Pendekatan Historis-Astronomis” (Universitas Islam Negeri Walisongo, 2019).

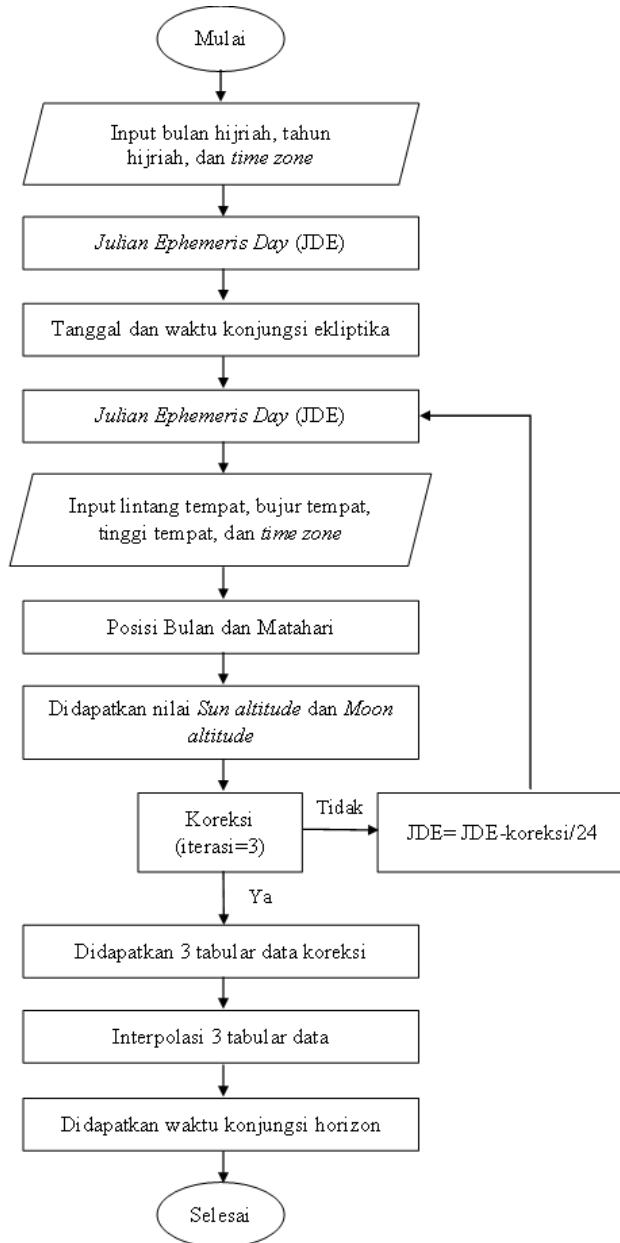
¹¹ Imas Musfiroh and Hendri, “Analisis Regresi Non Linier (Polinomial) Dalam Pembentukan Kriteria Visibilitas Hilal Di Indonesia,” *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 4, no. 1 (2018).

menentukan kapan waktu terjadinya konjungsi horizon. Basis data yang dipakai dalam perhitungan konjungsi horizon adalah waktu terjadinya konjungsi ekliptika. Kemudian waktu tersebut ditransformasikan kedalam koordinat horizon untuk mengetahui nilai *sun and moon altitude*. Setelah itu, dilakukan iterasi sampai tiga kali untuk mendapatkan nilai koreksi mendekati 0. Nilai koreksi merupakan selisih antara *sun and moon altitude*. Dalam beberapa kasus, terjadinya konjungsi tidak selalu menunjukkan koreksi sama dengan 0, tetapi masih memiliki selisih. Hal ini disebabkan bentuk dari orbit Bumi bukan parabola melainkan elips, hal ini dijelaskan didalam buku buku “*Astronomical Algorithm*” bab *Angular Separation*. Sehingga dari tiga data iterasi, dilakukan interpolasi tiga tabular data untuk mencari nilai minimum koreksi.

Pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan bantuan *software Visual Basic for Application Microsoft Excel (VBA Microsoft Excel)* untuk mendapatkan data konjungsi horizon sebanyak 192 bulan hijriah dilokasi Banda Aceh, Manado, Jayapura berdasarkan 3 zona waktu di Indonesia. Setelah itu dilakukan analisis regresi linier sederhana untuk mengetahui pengaruh konjungsi horizon dan konjungsi ekliptika terhadap penentuan awal bulan Kamariah. Secara sistematis rumusan hipotesis dan langkah-langkah penelitian dapat digambarkan pada diagram alir pada gambar 1.1 dan gambar 1.2.



Gambar 1.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1.2. Skema Penentuan Konjungsi horizon

G. Hipotesis Penelitian

Hipotesis merupakan dugaan sementara yang perlu diuji kebenarannya lebih dulu. Hipotesis dalam penelitian ini adalah *moon age* konjungsi horizon memiliki pengaruh terhadap *moon altitude* dan *moon elongation* dalam perhitungan awal bulan Kamariah.

H. Metode Penelitian

Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *library research* (kepustakaan) dengan menggunakan pendekatan interdisipliner karena dalam menyelesaikan permasalahan penelitian ini melibatkan ilmu astronomi, geodesi, Statistika, dan matematika.

2. Sumber Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu sumber data primer dan sumber data sekunder. Sumber data primer dalam penelitian ini adalah buku "*Astronomical Alghorithm*" karya Jean Meeus. Sedangkan sumber data sekunder dalam penelitian ini meliputi buku "Mekanika Benda Langit" karya Rinto Anugraha, "Astronomi Geodesi" karya Bambang Sudarsono dan seluruh dokumen yang berkaitan dengan penelitian ini.

3. Populasi dan Sampel Penelitian

a. Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah 360 bulan hijriah, karena dalam kalender hijriah memiliki siklus 30 tahun. Dalam satu tahun terdapat 12 bulan, sehingga dalam satu siklus terdapat 360 bulan hijriah.

b. Sampel

Besarnya sampel dalam penelitian ini ditentukan dengan rumus *Slovin*, karena populasi dalam penelitian ini lebih dari 100, sehingga dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1 + (N \times e^2)}$$

Keterangan:

n = jumlah sampel

N = jumlah populasi

e = perkiraan tingkat kesalahan penelitian¹²

Penelitian ini menggunakan tingkat kesalahan penelitian (e) sebesar 5% sehingga perhitungannya menjadi sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1 + (N \times e^2)}$$
$$n = \frac{360}{1 + (360 \times (0,05)^2)}$$

¹² Sandu Siyoto and M. Ali Sodik, *Dasar Metodologi Penelitian* (Yogyakarta: Literasi Media Publishing, 2015).

$$n = 189,47$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka ukuran sampel pada penelitian ini adalah 189,47. Agar perhitungan lebih mudah, maka angka tersebut dibulatkan menjadi 192 bulan (16 tahun) hijriah.

c. Variabel Penelitian

1) Variabel Dependen (Terikat)

Variabel terikat (Y) merupakan variabel yang dipengaruhi variable bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah *moon altitude* dan *moon elongation*.

2) Variabel Independen (Bebas)

Variabel bebas (X) merupakan variabel yang mempengaruhi variable terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah *moon age* konjungsi horizon.

4. Metode Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data-data yang diperlukan dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah studi dokumentasi. Proses ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *software Visual Basic for Application Microsoft Excel (VBA Microsoft Excel)* yang memuat perhitungan konjungsi horizon dengan menambahkan perhitungan iterasi sampai mendapatkan koreksi waktu mendekati 0 detik. Aplikasi ini juga membantu untuk menghitung konjungsi horizon selama 192 bulan di wilayah Banda Aceh, Manado, Jayapura.

5. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif (*descriptive analysis*) dengan model regresi linier menggunakan bantuan *Microsoft Office Excel*. Model ini digunakan untuk analisis linieritas *moon age* dengan *altitude* pada saat *sunset* di wilayah Banda Aceh, Manado, Jayapura. Untuk mengetahui pengaruh serta hubungan antar variabel maka melakukan Uji t (Parsial), Uji F (Simultan), dan Uji R² (Koefisien Determinasi).

a. Uji t

Uji t digunakan untuk melihat apakah variabel bebas secara parsial berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat. Apabila $t_{hitung} > t_{tabel}$ atau nilai signifikansinya $< 0,05$ maka dapat disimpulkan bahwa variabel bebas berpengaruh terhadap variabel terikat.

b. Uji F

Uji F dilakukan untuk mengetahui apakah variabel bebas berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat. Apabila hasil $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau signifikansi $F < 0,05$ maka dapat disimpulkan bahwa variabel bebas mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap variabel terikat.

c. Koefisien Determinasi (R²)

Koefisien determinasi digunakan untuk mengetahui seberapa besar persentasi sumbangan pengaruh variabel bebas.

I. Sistematika Pembahasan

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

Bab I Pendahuluan. Bab ini meliputi pembahasan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, kajian pustaka, metode penelitian, dan sistematika pembahasan.

Bab II Tinjauan Umum Tentang Awal Bulan Kamariah. Pada bab ini akan dipaparkan mengenai hisab dan rukyat, konjungsi (*ijtimā'*), sistem koordinat, dan transformasi koordinat.

Bab III Formulasi Konjungsi Horizon. Pada bab ini, pembahasan mencakup penjelasan konsep iterasi dalam konjungsi horizon, konsep interpolasi dalam konjungsi horizon, dan formulasi konjungsi horizon.

Bab IV Pengaruh Konjungsi Horizon Terhadap Penentuan Awal Bulan Kamariah. Pada bab ini akan dipaparkan pengaruh *moon age* konjungsi ekliptika terhadap *moon altitude* dan *moon elongation*, dan pengaruh *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon altitude* dan *moon elongation* pada saat *sunset* di wilayah tiga wilayah.

Bab V Penutup. Bab ini memuat kesimpulan, saran atau rekomendasi, dan kata penutup.

BAB II

TINJAUAN UMUM TENTANG PENENTUAN AWAL BULAN KAMARIAH

A. Hisab dan Rukyat dalam Penentuan Awal Bulan Kamariah

Terdapat beberapa metode dalam menentukan awal bulan Kamariah, namun dua metode yang lebih umum dikenal di masyarakat adalah metode hisab dan rukyat. Kedua metode ini juga merupakan konsep penting dalam menentukan awal bulan Kamariah di Indonesia.

1. Hisab

Secara etimologis, kata hisab berasal dari bahasa Arab (حَسَبَ - يَحْسُبُ - حِسَابًا) yang berarti *al-Adad wa al-Ihsha'*, bilangan atau hitungan.¹ Dalam bahasa Inggris kata ini disebut *arithmetic* yang mempunyai arti ilmu hitung.² Hisab dalam perspektif bahasa merupakan suatu ilmu yang membahas tentang seluk beluk perhitungan. Menurut para ahli ilmu falak, hisab merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang perhitungan benda-benda langit pada orbitnya untuk diketahui

¹ Ahmad Warson Munawwir, *Al-Munawwir: Kamus Arab Indonesia* (Surabaya: Pustaka Progresif, 1997), 261.

² John M Echols, *Kamus Inggris Indonesia* (Jakarta: PT. Gramedia, 2005), 37.

kedudukannya antara satu dengan lainnya supaya diketahui waktu-waktu yang ada di Bumi.³

Pada zaman Rasulullah, pengetahuan masyarakat Arab mengenai hisab masih bersifat praktis. Mereka belum mempunyai pengetahuan canggih untuk melakukan perhitungan astronomis. Hal tersebut dapat dilihat dari sabda Nabi,

حَدَّثَنَا آدَمُ، حَدَّثَنَا شُعْبَةُ، حَدَّثَنَا الْأَسْوَدُ بْنُ قَيْسٍ، حَدَّثَنَا سَعِيدُ بْنُ عَمْرٍو، أَنَّهُ سَمِعَ ابْنَ عُمَرَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُمَا، عَنِ النَّبِيِّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ ، أَنَّهُ قَالَ: «إِنَّا أُمَّةٌ أُمِّيَّةٌ، لَا نَكْتُبُ وَلَا نَحْسِبُ، الشَّهْرُ هَكَذَا وَهَكَذَا» يَعْني مَرَّةً تِسْعَةً وَعِشْرِينَ، وَمَرَّةً ثَلَاثِينَ (رواه بخاري)⁴

“Telah menceritakan kepada kami [Adam] telah menceritakan kepada kami [Syu’bah] telah menceritakan kepada kami [Al Aswad bin Qais] telah menceritakan kepada kami [Sa’id bin ‘Amr] bahwa dia mendengar [Ibnu ‘Umar Radiallahu ‘anhuma] dari Nabi sallallahu ‘alaihi wasallam bersabda: “Kita ini adalah ummat yang ummi, yang tidak biasa menulis dan juga tidak menghitung satu bulan itu jumlah harinya segini dan segini, yaitu sekali berjumlah dua puluh sembilan dan sekali berikutnya tiga puluh hari”. (HR. Bukhori)

Hadis tersebut bukan menyatakan ketidakpahaman Rasulullah pada ilmu hisab, tetapi justru menunjukkan bahwa hisab sudah dikenal pada zaman Rasul tetapi masih sangat sederhana. Dari pengalaman empirik, Rasul mengetahui bahwa satu bulan dalam kalender hijriah itu tidak kurang dari 29 dan

³ Jaenal Arifin, “Fiqh Hisab Rukyah Di Indonesia (Telaah Sistem Penetapan Awal Bulan Qamariyyah),” *Yudisia* 5, no. 2 (2014): 409.

⁴ Muhammad ibn Ismail Abu Abdullah Al-Bukhori, “Sahih Bukhori,” in 3 (Dar al-Thuq al-Najah, n.d.), 27.

tidak lebih dari 30. Hanya saja pengetahuan saat itu belum mampu menentukan perkiraan bulan mana saja yang berjumlah 29 hari dan yang 30 hari.

2. Rukyat

Secara etimologi (bahasa) rukyat berasal dari bahasa Arab, yaitu dari kata (رَأَى - يَرَى - رُؤْيَةً) yang berarti mengamati.⁵ Kata rukyat pada umumnya diartikan dengan mengamati menggunakan mata kepala, Sedangkan dalam astronomi, rukyat dikenal dengan istilah observasi.⁶ Adapun dasar pelaksanaan *ru'yah al-hilal*, tercantum dalam Hadis Nabi riwayat Bukhori.

حَدَّثَنَا عَبْدُ اللَّهِ بْنُ مَسْلَمَةَ حَدَّثَنَا مَالِكٌ عَنْ نَافِعٍ عَنْ عَبْدِ اللَّهِ بْنِ عُمَرَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُمَا أَنَّ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ ذَكَرَ رَمَضَانَ فَقَالَ لَا تَصُومُوا حَتَّى تَرَوْا الْهِلَالَ وَلَا تُفْطِرُوا حَتَّى تَرَوْهُ فَإِنْ عُمَّ عَلَيْكُمْ فَأَقْدُرُوا لَهُ

“Abdullah bin Maslamah telah menceritakan kepada kami, Malik telah menceritakan kepada kami, dari Nafi’ dari Abdullah bin ‘Umar raḍiallahu ‘anhumā bahwa Rasulullah ṣallallahu ‘alaihi wa sallam menceritakan tentang bulan Ramadhan lalu Beliau bersabda: "Janganlah kalian berpuasa hingga kalian melihat hilal dan jangan pula kalian berbuka hingga kalian melihatnya. Apabila kalian terhalang oleh awan maka perkirakanlah jumlahnya (jumlah hari disempurnakan)" (HR. Bukhari).

Pada penjelasan redaksi “*faqdurū lahu*”, muncul beberapa pendapat, sebagaimana pendapat Imam Syafi’i, Imam

⁵ Munawwir, *Al-Munawwir: Kamus Arab Indonesia*, 460.

⁶ Susiknan Azhari, *Ensiklopedia Hisab Rukyat* (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2005), 128.

Hanafi dan mayoritas ulama salaf dan khalaf dengan menyempurnakan 30 hari. Ada pula pendapat yang mengatakan dengan menghitung kedudukan hilal dengan hisab seperti pendapat Muṭarraf Ibn Abdillah, Abu al-Abbas Ibn Suraij dan Abu Qutaibah.⁷

Menurut *Jumhur Ulama'* bahwa penentuan awal bulan Ramadan sebagai bulan yang di dalamnya diwajibkan berpuasa dan awal bulan Syawal sebagai dimulainya berbuka dari puasa Ramadan harus dengan *ru'yah al-hilal* atau melihat bulan baru secara langsung (empiris).⁸ Hal tersebut senada dengan pendapat imam Nawawi dalam kitab *al-Majmu' Syarh al-Muhadzab* juz VI, yang berbunyi:

وَلَا يَجِبُ صَوْمُ رَمَضَانَ إِلَّا بِرُؤْيَةِ الْهَلَالِ فَإِنْ غَمَّ عَلَيْهِمْ وَجِبَ عَلَيْهِمْ أَنْ يَسْتَكْمِلُوا شَعْبَانَ⁹

“Tidak wajib puasa Ramadhan kecuali dengan alasan *ru'yah al-hilal*. Maka apabila hilal tertutup awan bagi mereka, maka wajib menyempurnakan (*istikmal*) Sya'ban.” (*al-Majmu' Syarh al-Muhadzab*, Juz VI, halaman 269).

Seringkali masyarakat mendikotomikan antara hisab dengan rukyat, padahal keduanya adalah sama. Dalam sebuah hadis rasul disebutkan bahwa,

صُومُوا لِرُؤْيَيْهِ، وَأَفْطَرُوا لِرُؤْيَيْهِ، فَإِنْ غَمَّ عَلَيْكُمْ فَأَقْدُرُوا لَهُ

⁷ Syamsul Arifin, “Manhaj Muhammadiyah Tentag Penentuan Awal Bulan Ramadhan, Syawal Dan Dzulhujjah,” in *Upaya Penyatuan Kalender Hijriyah Indonesia Sejak 1975 Hingga Kini* (Duta Media, 2018), 123.

⁸ Wahbah Az-Zuhaili, “Al-Fiqhu Al-Islami Wa Adillatuhu,” in *J. II* (Beirut: Dar al-Fikr, 1989), 597–608.

⁹ Imam Abu Zakariya Muhyiddin bin Syarof An-Nawawi, “Al-Majmu' Syarh Al-Muhadzab,” in *J. VI* (Beirut: Dar Kutub al-Ilmiah, 1996), 269.

Lafadz *صُومُوا لِرُؤْيَيْهِ* (berpuasalah apabila melihat hilal) menunjukkan perintah untuk melaksanakan rukyat dengan menggunakan mata secara langsung atau menggunakan bantuan teleskop. Sedangkan lafad *فَأَقْذِرُوا لَهُ* (perkiraan dengan hisab) juga bisa diartikan dengan hisab dengan formulasi astronomi maupun programming.

B. Konjungsi

Konjungsi dalam bahasa arab disebut juga dengan *iqtirān*, dalam literatur kitab falak dikenal dengan *ijtimā'*. Konjungsi merupakan peristiwa ketika Matahari dan Bulan memiliki bujur Astronomi yang sama.¹⁰ Dalam ilmu astronomi konjungsi merupakan fase peralihan dari Bulan mati menjadi Bulan baru, atau dikenal dengan istilah *new moon*.¹¹ Peristiwa konjungsi ditandai dengan nilai *Illuminated Fraction of the Moon's Disk* atau persentasi penampakan cahaya Bulan mencapai nilai minimum.¹²

Pada saat terjadi peristiwa konjungsi, Bulan sama sekali tidak tampak dari permukaan Bumi. Oleh sebab itu, istilah yang tepat

¹⁰ Ahmad Ghazali Muhammad Fathullah, *Irsyad Al-Murid Ila Ma'rifati 'Ilmi Al-Falak 'Ala Al-Rashd Al-Jadid*, Cet. V (Lambulan: LFNU Lambulan, 1442), 78.

¹¹ Muhammad Nurkhanif et al., "THE INTEGRATION BETWEEN SYAR'I AND ASTRONOMY TO DETERMINE THE BEGINNING OF HIJRI CALENDAR: An Applied Study of Moon Elongation to Prove the Hilal Testimony," *Ulul Albab: Jurnal Studi Islam* 23, no. 2 (2022).

¹² Hendro Setyanto and Fahmi Fatwa Rosyadi Satria Hamdani, "Kriteria 29: Cara Pandang Baru Dalam Penyusunan Kalender Hijriyah," *Al-Ahkam* 25, no. 2 (2015): 21.

dalam mendefinisikan fase *new moon* adalah Bulan mati, karena seluruh bagian Bulan yang terkena sinar Matahari dalam posisi membelakangi Bumi, artinya Bumi menghadap Bulan yang sama sekali tidak terkena sinar Matahari.¹³ Sehingga dalam mengamati Bulan pada saat terjadinya konjungsi sangat susah. Citra Bulan sabit pada saat konjungsi pernah diabadikan oleh Thierry Legault seorang Astrofotografer asal perancis dan memperoleh rekor dunia dengan elongasi 4,25 derajat mengalahkan Martin Elaser dengan elongasi 5 derajat. Citra Bulan sabit ini diambil pada awal Ramadhan 1434 H bertepatan dengan tanggal 8 Juli 2013 jam 07.14 GMT.¹⁴

Fenomena konjungsi memiliki peranan penting dalam penentuan awal bulan Kamariah. Pada dasarnya terdapat dua aliran yang berpedoman pada konjungsi (*ijtimā'*) semata dan aliran yang berpedoman pada konjungsi (*ijtimā'*) dengan syarat posisi hilal di atas ufuk.¹⁵

¹³ Vivit Fitriyanti, "Penerapan Ilmu Astronomi Dalam Upaya Unifikasi Kalender Hijriyah Di Indonesia," in *Annual Conference on Islamic Studies (ACIS)* (Surabaya: Annual International Conference on Islamic Studies, 2012).

¹⁴ Ahmad Adib Rofiuddin, "Pemikiran Muhammad Abdul Hayy Tentang Penentuan Awal Bulan Hijriah Dengan Metode Rukyatul Hilal Pada Siang Hari," *Jurnal Lentera: Kajian Keagamaan, Keilmuan Dan Teknologi* 18, no. 1 (2019): 92–110.

¹⁵ Jaenal Arifin, "Fiqh Hisab Rukyah Di Indonesia (Telaah Sistem Penetapan Awal Bulan Qamariyyah)," *Yudisia: Jurnal Pemikiran Hukum Dan Hukum Islam* 5, no. 2 (2016); H Susiknan Azhari, "Kalender Islam Ke Arah Integrasi Muhammadiyah-NU," 2012.

1. Konjungsi semata

Aliran ini tidak memperhatikan apakah hilal dapat dilihat maupun tidak, karena aliran ini berpegang pada konsep astronomi murni. Poin penting dalam aliran ini adalah telah terjadi fenomena konjungsi. Aliran ini terbagi menjadi lima golongan, yaitu:

a. *Ijtimā' Qabl al-Gurūb*

Golongan ini berpendapat, jika fenomena konjungsi terjadi sebelum Matahari terbenam maka pada malam itu juga sudah berganti bulan baru sehingga bulan sebelumnya berlangsung selama 29 hari. Sebaliknya, apabila fenomena konjungsi terjadi setelah Matahari terbenam, maka pada malam itu belum memasuki bulan baru, artinya perlu penambahan satu hari, sehingga umur bulannya menjadi 30 hari. Sistem ini tidak memperhatikan posisi hilal apakah sudah di atas ufuk maupun masih dibawah ufuk. Asalkan fenomena konjungsi berlangsung sebelum Matahari terbenam, maka malam itu juga sudah memasuki bulan baru.

Konsep ini juga pernah dimunculkan oleh Agus Mustofa yang dikenal dengan istilah IQG (*Ijtimā' Qabla al-Gurūb*).¹⁶ Konsep Agus Mustofa ini tidak memakai prinsip *Wilayah al-Hukmi*, sehingga akan menimbulkan permasalahan jika diterapkan di Indonesia, karena akan

¹⁶ Agus Mustofa, *Mengintip Bulan Sabit Sebelum Maghrib*, vol. 39 (Surabaya: PADMA press, 2014).

menyebabkan perbedaan awal bulan antara dua wilayah di Indonesia khususnya pada bulan Ramadan, Syawal, dan Zulhijah. Alasan yang mendasari Agus Mustofa tidak menerapkan prinsip *Wilayah al-Hukmi* karena prinsip tersebut hasil ijtihad yang cenderung subyektif untuk membenaran sebuah kriteria.¹⁷

Sebelum tahun 1356 H/1937 M, Muhammadiyah pernah memakai konsep *Ijtimā' Qabla al-Gurūb* tanpa mempertimbangkan posisi hilal pada saat Matahari terbenam apakah sudah di atas ufuk atau belum. Karena konsep ini mengalami banyak permasalahan, pada tahun 1357 H/1938 M Muhammadiyah mulai memakai konsep *wujūd al-hilāl*.¹⁸

b. *Ijtimā' Qabl al-Fajr*

Golongan ini berpendapat, jika fenomena konjungsi terjadi sebelum terbitnya fajar, maka malam itu sudah berganti bulan baru, meskipun pada saat Matahari terbenam konjungsi belum terjadi. Salah satu kalender yang menganut system ini adalah kalender Libia. Kalender ini menganut sistem *Ijtimā' Qabla al-Fajr* di perbatasan sebelah timur Libia, apabila diperbatasan

¹⁷ Rofiuddin, “Pemikiran Muhammad Abdul Hayy Tentang Penentuan Awal Bulan Hijriah Dengan Metode Rukyatul Hilal Pada Siang Hari.”

¹⁸ H. Rohmat, “Penentuan Awal Bulan Qamariyah Menurut Muhammadiyah,” *Ijtimaiyya: Jurnal Pengembangan Masyarakat* 7, no. 1 (2014): 14–16.

tersebut telah terjadi konjungsi maka pada hari tersebut telah memasuki bulan baru.¹⁹

c. *Ijtimā' wa Ṭulu' Syams*

Golongan ini berpendapat, jika fenomena konjungsi terjadi pada siang hari sejak terbitnya Matahari, itu menandakan bahwa malamnya telah menjadi bagian dari bulan baru. Namun, jika konjungsi terjadi pada malam hari, bulan baru akan dimulai pada hari berikutnya saat siang hari.

d. *Ijtimā' wa Nisf al-Nahr*

Golongan ini berpendapat, jika fenomena konjungsi terjadi sebelum tengah hari, maka setelah tengah hari telah menjadi bagian dari bulan baru.

e. *Ijtimā' wa Nisf al-Lail*

Golongan ini berpendapat, jika fenomena konjungsi terjadi sebelum tengah malam, maka setelah Tengah malam itu sudah berganti bulan baru.²⁰

2. Konjungsi dengan syarat posisi Bulan di atas ufuk

Secara garis besar, aliran ini menggunakan kriteria bahwa bulan baru dimulai ketika Matahari terbenam setelah terjadi konjungsi, dengan syarat pada saat itu hilal sudah

¹⁹ Nur Anshari, "Perumusan Garis Tanggal Kamariah Internasional Berdasarkan Konjungsi," *Al-Qadha: Jurnal Hukum Islam Dan Perundang-Undangan* 4, no. 2 (2017): 17–27.

²⁰ Muhammad Himmatur Riza, "Kriteria Kalender Hijriyah Global Tanggal Turki 2016 Perspektif Tim Hisab Rukyat Kementerian Agama RI," *ElFalaky: Jurnal Ilmu Falak* 2, no. 1 (2018).

terlihat di atas ufuk. Aliran ini terbagi menjadi empat macam, yaitu Konjungsi dengan syarat posisi hilal di atas ufuk *Hakiki*, Konjungsi dengan syarat posisi hilal di atas ufuk *Hissi*, Konjungsi dengan syarat posisi hilal di atas ufuk *Mar'i*, Konjungsi dengan syarat posisi hilal memenuhi kriteria *Imkan ar-Rukyah*.²¹

Mayoritas Masyarakat Indonesia menganut aliran yang kedua, yaitu telah terjadi konjungsi dengan syarat posisi hilal di atas ufuk. Tentunya Sebagian golongan terdapat beberapa syarat tambahan yang harus diperhatikan. Seperti halnya yang telah disepakati oleh negara-negara anggota MABIMS (Menteri-menteri Agama Brunei Darussalam, Indonesia, Malaysia, dan Singapura) yang mensyaratkan tinggi Bulan minimal 3 derajat dan elongasi Bulan terhadap Matahari minimal 6,4 derajat.²² Berbeda dengan organisasi Masyarakat Muhammadiyah yang hanya menerapkan syarat telah terjadi konjungsi dan *wujūd al-hilāl* (posisi Bulan berada di atas ufuk).²³

²¹ Muh. Rasywan Syarif, "Diskursus Perkembangan Formulasi Kalender Hijriah," *ElFalaky: Jurnal Ilmu Falak* Vol. 2, no. 1 (2018).

²² Hariyono, "Diferensial Penerapan Kriteria Neo Visibilitas Hilal MABIMS Di Indonesia Tahun 2021-2022 M/1442-1443 H" (Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang, 2022).

²³ Abu Yazid Raisal, "Berbagai Konsep Hilal Di Indonesia," *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 4, no. 2 (2018).

C. Sistem Koordinat

Fenomena seperti konjungsi dapat diprediksi dengan memperhatikan pergerakan benda langit. Ada empat macam sistem koordinat yang mempermudah dalam memahami posisi benda langit, yaitu:

1. Koordinat Geografis

Koordinat geografis merupakan sistem yang digunakan untuk menentukan posisi titik pada permukaan Bumi berdasarkan lintang dan bujur. Sistem koordinat geografis dibagi menjadi 2, yaitu:²⁴

a) Lintang

Garis lintang merupakan sudut yang diukur dari ekuator Bumi ke arah Kutub Utara atau Kutub Selatan Bumi. Nilai maksimum garis lintang adalah 90 derajat. Nilai tersebut akan bernilai positif (+) apabila terletak disebelah utara khatulistiwa (lintang utara), sebaliknya akan bernilai negatif (-) apabila berada diselatan khatulistiwa (lintang selatan).²⁵

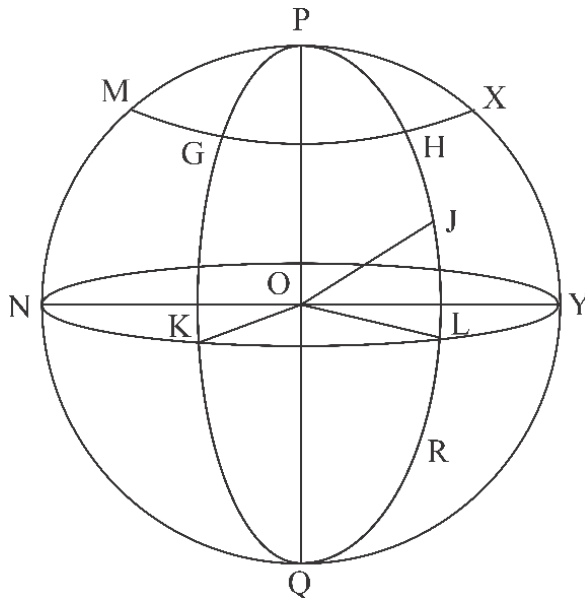
b) Bujur

Bujur merupakan sudut antara meridian pengamat dan meridian 0 derajat yang berada di *Greenwich*

²⁴ Romauli Basaria, Adi Setiawan, and Eko Sedyono, "Penentuan Luas Wilayah Kabupaten Dan Kota Di Provinsi Sulawesi Tengah Menggunakan Metode Poligon Dengan Bantuan Google Earth," *Jurnal Mereumatika: Jurnal Penelitian Matematika Dan Pendidikan Matematika* 3, no. 1 (2018): 10.

²⁵ Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak* (Yogyakarta: Bismillah Publisher, 2012), 298.

Observatory. Lokasi yang berada di timur Greenwich memiliki bujur bernilai positif (0° - 180° BT) dan lokasi yang berada di barat Greenwich memiliki bujur bernilai negatif (0° - 180° BB).²⁶ Untuk menentukan lintang dan bujur, pengamat perlu mengetahui terlebih dahulu bidang referensi yang digunakan dalam koordinat ini, yaitu bidang ekuator dan meridian. Pada gambar 2.1., lingkaran besar PQ adalah meridian, sedangkan lingkaran besar yang tegak lurus dengan PQ adalah bidang ekuator bumi (lingkaran besar NY). Jika kita asumsikan J adalah lokasi pengamat, maka:



Gambar 2.1. Sistem Koordinat Geografis

²⁶ Hannu Karttunen et al., *Fundamental Astronomy* (Berlin: Springer, 2007).

P	= Kutub utara
Q	= Kutub selatan
PGKQ	= Meridian 0 derajat
NKLY	= Bidang ekuator
PHLQ	= Meridian Pengamat
<KOL atau KL	= Bujur tempat
<LOJ atau LJ	= Lintang tempat

2. Koordinat Horizon

Benda-benda yang ada di langit memiliki posisi layaknya benda atau lokasi yang ada di Bumi. Posisi benda langit dapat dinyatakan dengan titik pada bola langit yaitu tinggi dan azimut yang ditentukan relatif terhadap horizon atau cakrawala:

a) Tinggi

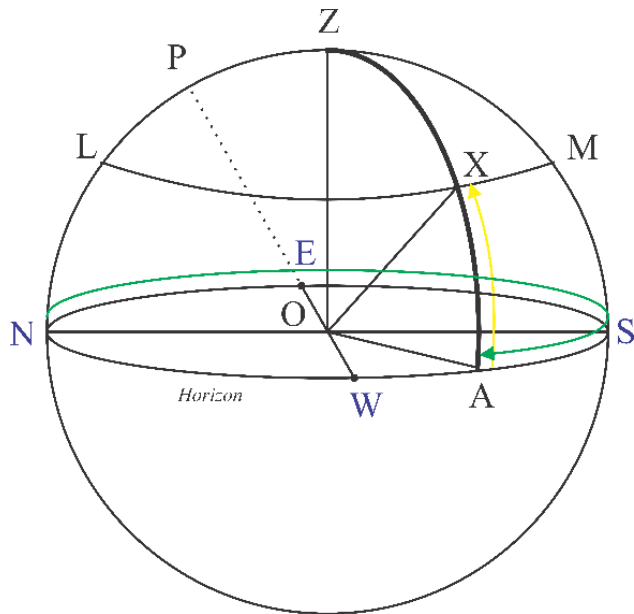
Tinggi merupakan ketinggian benda langit yang diukur secara vertikal dari horizon (0°) sepanjang lingkaran besar bola langit. Tinggi dilambangkan dengan huruf a dan memiliki nilai maksimum 90 derajat yang berada di titik Zenith. Tinggi memiliki rentang yang berkisar antara -90 derajat dan +90 derajat. Benda langit yang berada di atas horizon memiliki tinggi positif dan benda langit yang berada di bawah horizon memiliki nilai tinggi negatif.²⁷

²⁷ Karttunen et al.

b) Azimut

Azimut merupakan sudut searah jarum jam yang diukur sepanjang horizon dari utara menuju ke proyeksi benda langit. Azimut memiliki nilai maksimum 360 derajat. Arah utara memiliki nilai azimut sebesar 0 derajat, arah Timur memiliki nilai azimut sebesar 90 derajat, Selatan 180 derajat, dan Barat 270 derajat.²⁸

Konsep tinggi dan azimut dapat lebih mudah dipahami melalui gambar 2.2. huruf O diasumsikan sebagai lokasi pengamat dan X adalah benda langit yang diamati. Maka,



Gambar 2.2. Sistem Koordinat Horizon

²⁸ Mitchell Beazley, *Astronomy Encyclopedia* (London: Octopus Publishing Group, 2002).

Z	= Zenith pengamat
$\angle XOZ$ atau busur ZX	= Jarak zenith (z)
NESA	= Azimut (A)
$\angle AOX$ atau busur AX	= <i>Altitude</i> (a)

3. Koordinat Ekuator

Penentuan posisi benda langit menggunakan sistem koordinat horizon bersifat lokal, artinya posisi benda langit akan berbeda-beda tergantung pada lokasi pengamat. Untuk menentukan posisi benda langit yang tidak dipengaruhi oleh lokasi pengamat, maka dapat menggunakan sistem koordinat ekuator. Sistem koordinat ekuator memiliki dua komponen, yaitu deklinasi dan asensio rekta:

a) Deklinasi

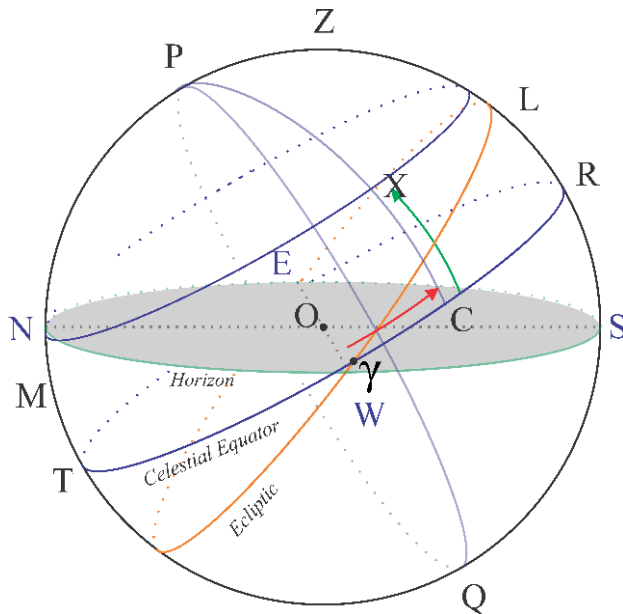
Deklinasi adalah sudut yang diukur dari lingkaran ekuator langit menuju ke bintang yang diamati. Nilai maksimum deklinasi adalah 90 derajat. Deklinasi akan bernilai negatif (-) apabila benda langit berada disebelah selatan ekuator, sebaliknya akan bernilai positif (+) apabila berada di sebelah utara ekuator.

b) Asensio Rekta

Asensio Rekta merupakan sudut yang diukur berlawanan arah jarum jam (diukur ke arah timur) dari

titik Aries sepanjang lingkaran ekuator. Nilai maksimum asensio rekta adalah 360 derajat atah 24 jam.²⁹

Konsep deklinasi dan Asensio rekta dapat lebih mudah dipahami melalui gambar 2.3. huruf O diasumsikan sebagai lokasi pengamat dan X adalah benda langit yang diamati. Maka,



Gambar 2.3. Sistem Koordinat Ekuator

- γ = Titik Aries (*vernal equinox*)
- CX = Deklinasi
- γ C = Asensio Rekta
- RC = Sudut Jam Bintang (*hour angle*)

²⁹ William Marshall Smart and Robin Michael Green, *Textbook on Spherical Astronomy* (Cambridge University Press, 1977).

4. Koordinat Ekliptika

Sistem koordinat ekliptika adalah sistem koordinat yang menggunakan bidang ekliptika sebagai acuan utamanya. Ekliptika adalah jalur tahunan Matahari yang digambarkan dalam lingkaran besar bola langit. Bidang ekliptika memiliki kemiringan 23,5 derajat dari ekuator langit. Hal ini dikarenakan sumbu rotasi Bumi miring sebesar 23.5 derajat.³⁰

Bidang ekliptika berpotongan dengan bidang ekuator langit di dua titik, yaitu pada titik Aries (*vernal equinox*) dan *autumnal equinox*. Pada *vernal equinox*, asensio rekta dan deklinasi matahari akan bernilai 0. Dalam penentuan posisi benda langit, sistem koordinat ini memiliki dua komponen pengukuran yaitu lintang ekliptika dan bujur ekliptika.³¹

a) Lintang Ekliptika

Lintang Ekliptika adalah sudut yang diukur dari bidang ekliptika menuju ke kutub ekliptika. Nilai maksimal lintang ekliptika adalah 90 derajat. Lintang ekliptika akan bernilai negatif (-) apabila benda langit berada disebelah selatan ekliptika, sebaliknya akan bernilai positif (+) apabila berada di sebelah utara ekliptika.

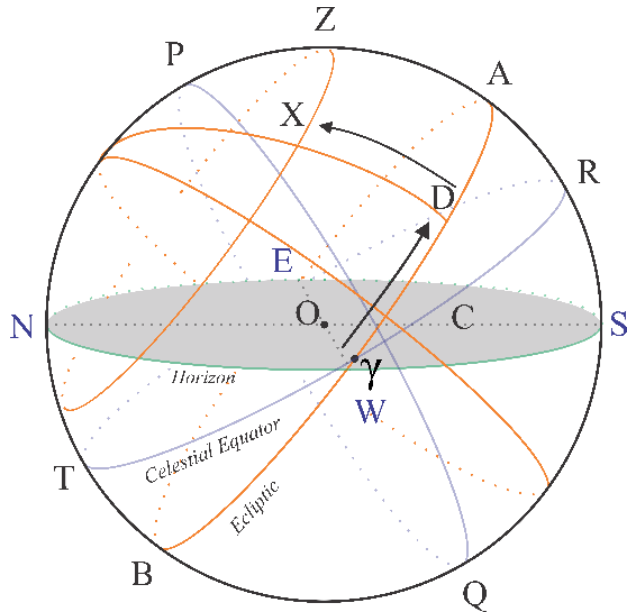
b) Bujur Ekliptika

Bujur Ekliptika merupakan sudut yang diukur dari titik aries ke arah timur berlawanan arah jarum jam sampai

³⁰ Karttunen et al., *Fundamental Astronomy*.

³¹ Beazley, *Astronomy Encyclopedia*.

ke titik kaki benda langit sepanjang lingkaran ekliptika.
 Nilai maksimal bujur ekliptika adalah 360 derajat.³²



Gambar 2.4. Sistem Koordinat Ekliptika

- γ = Titik Aries (*vernal equinox*)
- DX = Lintang Ekliptika (β)
- γD = Bujur Ekliptika (λ)

³² Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, 52.

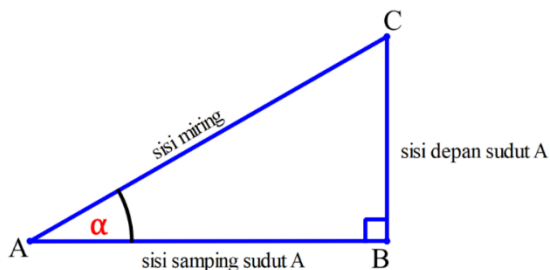
D. Trigonometri dalam Formula Konjungsi Horizon

Trigonometri berasal dari dua kata Yunani, yaitu *Trigonon* yang berarti tiga sudut/segitiga, dan *metro* yang berarti mengukur.³³ Trigonometri merupakan salah satu pembahasan matematika yang digunakan untuk memperkirakan gerak benda-benda langit seperti Matahari, Bulan, Bintang. Dalam dunia astronomi, trigonometri mempunyai peranan penting, karena dapat memudahkan untuk menghitung jarak, ukuran menggunakan metode sudut dan skala dengan tepat dan akurat.

Model permasalahan yang berhubungan dengan segitiga, baik segitiga planar maupun segitiga bola dapat diselesaikan menggunakan trigonometri dengan syarat dua sisi/sudut segitiga harus diketahui. Segitiga bola atau yang dikenal dengan *spherical triangle* adalah sebuah segitiga yang terbentuk dari tiga titik dipermukaan bola. Trigonometri dapat digolongkan menjadi dua, yaitu trigonometri bidang planar (datar), dan trigonometri bidang bola atau biasa disebut dengan *spherical trigonometri*. Terdapat beberapa aturan dalam trigonometri baik pada bidang datar maupun bidang bola,

³³ S. T. Negoro and B. Harahap, *Ensiklopedia Matematika* (Bogor: Ghalia Indonesia, 2005), 380.

1. Trigonometri Segitiga Planar



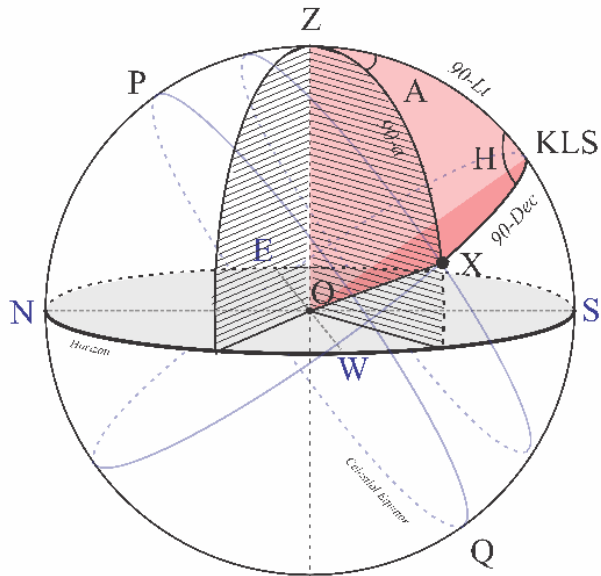
Gambar 2.5. Segitiga Planar

Ilustrasi segitiga siku-siku di atas memberikan perbandingan trigonometri sebagai berikut:³⁴

- $\sin \theta = \frac{\text{Depan}}{\text{Miring}} = \frac{BC}{AC} = \frac{a}{b}$
- $\cos \theta = \frac{\text{Samping}}{\text{Miring}} = \frac{AB}{AC} = \frac{c}{b}$
- $\tan \theta = \frac{\text{Depan}}{\text{Samping}} = \frac{BC}{AB} = \frac{a}{c} = \frac{\sin \theta}{\cos \theta}$
- $\csc \theta = \frac{1}{\sin \theta} = \frac{\text{Miring}}{\text{Depan}} = \frac{AC}{BC} = \frac{b}{a}$
- $\sec \theta = \frac{1}{\cos \theta} = \frac{\text{Miring}}{\text{Samping}} = \frac{AC}{AB} = \frac{c}{b}$
- $\cot \theta = \frac{1}{\tan \theta} = \frac{\text{Samping}}{\text{Depan}} = \frac{AB}{BC} = \frac{c}{a}$

³⁴ TOASTI, *Buku Sakti Olimpiade Astronomi Edisi 2*.

2. Trigonometri Segitiga Bola



Gambar 2. 6 Segitiga Bola

Merujuk pada aturan cosinus dalam segitiga bola bahwa berlaku rumus;

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

$$\cos b = \cos a \cos c + \sin a \sin c \cos B$$

$$\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C$$

Merujuk pada aturan sinus dalam segitiga bola bahwa berlaku rumus;³⁵

$$\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b} = \frac{\sin C}{\sin c}$$

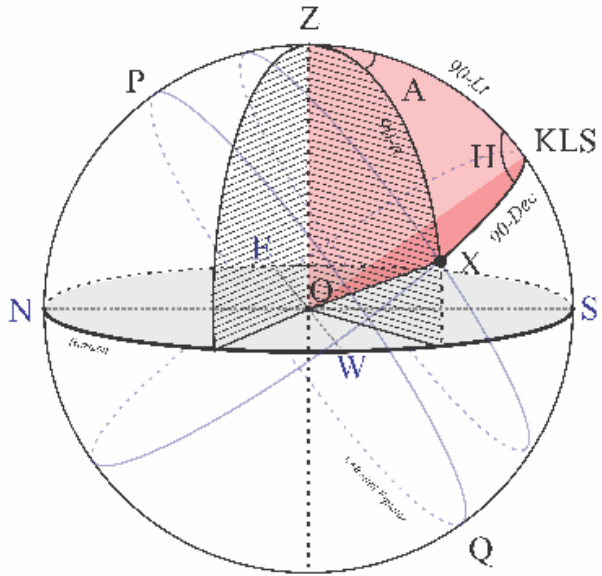
Rumus-rumus trigonometri yang telah diuraikan di atas dapat diterapkan pada teori konjungsi horizon:

1. Konsep Rumus Sudut Waktu

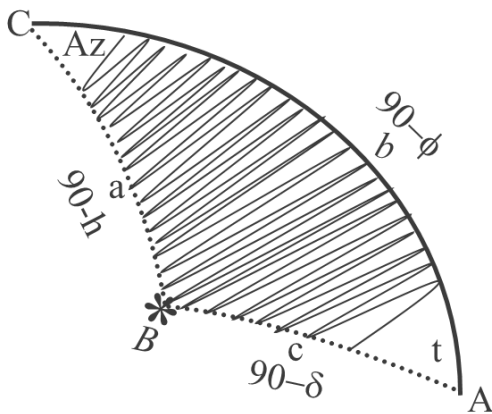
Sudut waktu disebut juga dengan *faḍlu ad-dāir* (فضل الدائر) yang memiliki arti sudut yang dihitung dari titik kulminasi sampai ke benda langit. Dalam dunia astronomi *faḍlu ad-dāir* (فضل الدائر) disebut dengan *hour angle* (*t*).

Sudut waktu adalah sudut yang dihitung dari titik kulminasi sampai titik benda langit berada. Nilai sudut waktu tergantung kepada posisi benda langit. Apabila benda langit berada di timur (sebelum kulminasi) maka sudut waktu bernilai negatif (-), sebaliknya apabila benda langit berada di sebelah barat (setelah kulminasi) maka sudut waktu bernilai positif (+). Rumus sudut waktu matahari dapat dibuktikan melalui gambar segitiga bola berikut;

³⁵ Lutfi Adnan Muzamil, *STUDI FALAK DAN TRIGONOMETRI: Cara Cepat Dan Praktis Memahami Trigonometri Dalam Ilmu Falak* (Yogyakarta: CV. Pustaka Ilmu Group, 2015), 45.



Gambar 2.7. Sistem Koordinat Horizon (Sudut Waktu)



Gambar 2.8. Trigonometri Sudut Waktu

Setelah mengetahui titik-titik sudut dan sisi berurutan, dapat dibuat rumus sudut waktu matahari sebagai berikut;

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

$$\begin{aligned} \cos(90 - h) &= \cos(90 - \varphi) \cos(90 - \delta) \\ &+ \sin(90 - \varphi) \sin(90 - \delta) \cos t \end{aligned}$$

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

$$\sin h - \sin \varphi \sin \delta = \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

$$\cos t = \frac{\sin h - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta}$$

$$\cos t = \sin h / \cos \varphi / \cos \delta - \frac{\sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta}$$

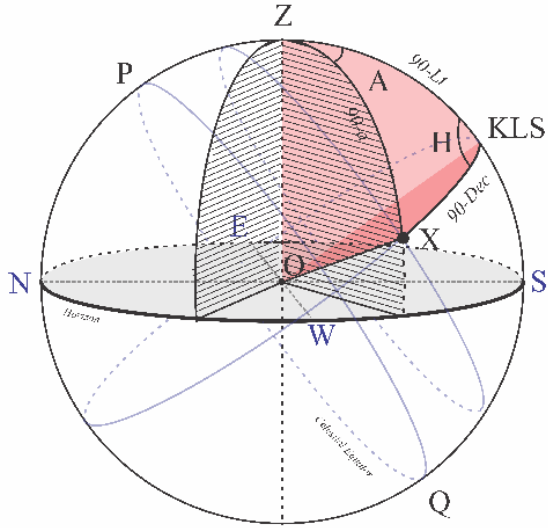
Dengan bantuan gambar segitiga bola dapat diperoleh persamaan-persamaan trigonometri yang menghasilkan rumus sudut waktu berikut;³⁶

$$\cos t = \sin h / \cos \varphi / \cos \delta - \tan \varphi \tan \delta$$

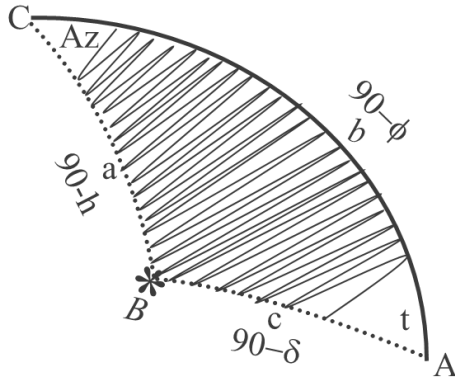
2. Konsep Rumus Azimut

Azimut atau yang dikenal dengan *simt* (سِمْت) merupakan komponen terpenting dalam perhitungan awal bulan kamariah. Dengan mengetahui nilai azimut dari suatu benda langit, seseorang dapat mengetahui posisi benda langit tersebut. Azimut juga digunakan untuk melokalisir hilal pada saat *rukyah al-hilal* akhir bulan kamariah. Rumus azimut baik azimut Bulan maupun azimut Matahari dapat dibuktikan melalui gambar segitiga bola berikut;

³⁶ Muzamil, 46.



Gambar 2.9. Sistem Koordinat Horizon (Azimut)



Gambar 2.10. Trigonometri Azimut

Setelah mengetahui titik-titik sudut dan sisi berurutan, dapat dibuat rumus azimut sebagai berikut;

$$\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C$$

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

$$\begin{aligned}
\cos c &= (\cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A) \cos b \\
&\quad + \sin a \sin b \cos C \\
\cos c &= \cos^2 b \cos c + \cos b \sin b \sin c \cos A \\
&\quad + \sin a \sin b \cos C \\
\cos c &= (1 - \sin^2 b) \cos c + \cos b \sin b \sin c \cos A \\
&\quad + \sin a \sin b \cos C \\
\cos c &= \cos c - \cos c \sin^2 b + \cos b \sin b \sin c \cos A \\
&\quad + \sin a \sin b \cos C \\
\cos c \sin^2 b &= \cos b \sin b \sin c \cos A + \sin a \sin b \cos C \\
\sin b \cot c &= \cos b \cos A + \frac{\sin A \cos C}{\sin C} \\
\sin b \cot c &= \cos b \cos A + \sin A \cot C \\
\cot C &= \frac{\sin b \cot c - \cos b \cos A}{\sin A} \\
\cot(90 - Az) & \\
&= \frac{\sin(90 - \varphi) \cot(90 - \delta) - \cos(90 - \varphi) \cos t}{\sin t}
\end{aligned}$$

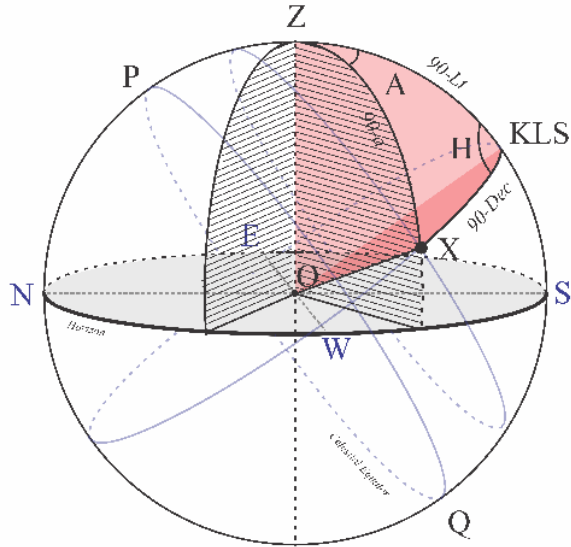
Dengan bantuan gambar segitiga bola dapat diperoleh persamaan-persamaan trigonometri yang menghasilkan rumus sudut waktu berikut;³⁷

$$\tan Az = -\sin \varphi / \tan t + \cos \varphi \tan \delta / \sin t$$

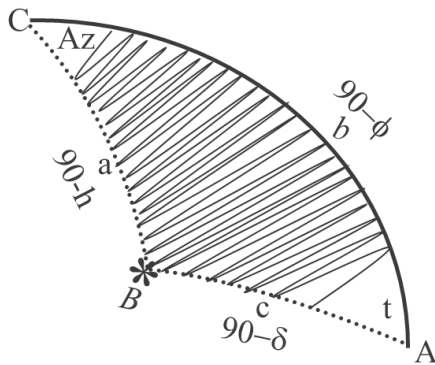
³⁷ Muzamil, 46.

3. Konsep Rumus Tinggi Benda Langit

Tinggi disebut juga dengan *irtifā'* (ارتفاع) atau dalam astronomi dikenal dengan tinggi (h). Rumus tinggi hilal hakiki dapat dibuktikan melalui gambar segitiga bola berikut;



Gambar 2.11. Sistem Koordinat Horizon (Tinggi Benda Langit)



Gambar 2.12. Trigonometri Tinggi Benda Langit

Setelah mengetahui titik-titik sudut dan sisi berurutan, dapat dibuat rumus sudut waktu matahari sebagai berikut;

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

$$\begin{aligned}\cos(90 - h) &= \cos(90 - \varphi) \cos(90 - \delta) \\ &+ \sin(90 - \varphi) \sin(90 - \delta) \cos t\end{aligned}$$

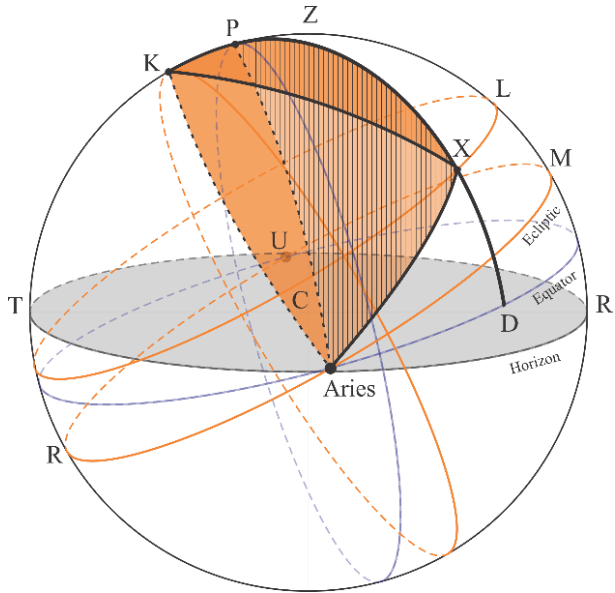
Dengan bantuan gambar segitiga bola dapat diperoleh persamaan-persamaan trigonometri yang menghasilkan rumus sudut waktu berikut;³⁸

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

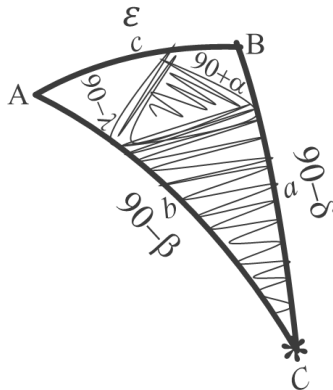
4. Konsep Rumus Deklinasi

Deklinasi merupakan salah satu komponen penting yang digunakan untuk menghitung tinggi hilal dan posisinya. Rumus deklinasi dapat dibuktikan melalui gambar segitiga bola berikut;

³⁸ Muzamil, 46.



Gambar 2.13. Sistem Koodinat Ekuator (Deklinasi)



Gambar 2.14. Trigonometri Deklinasi

Setelah mengetahui titik-titik sudut dan sisi berurutan, dapat dibuat rumus deklinasi sebagai berikut;

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

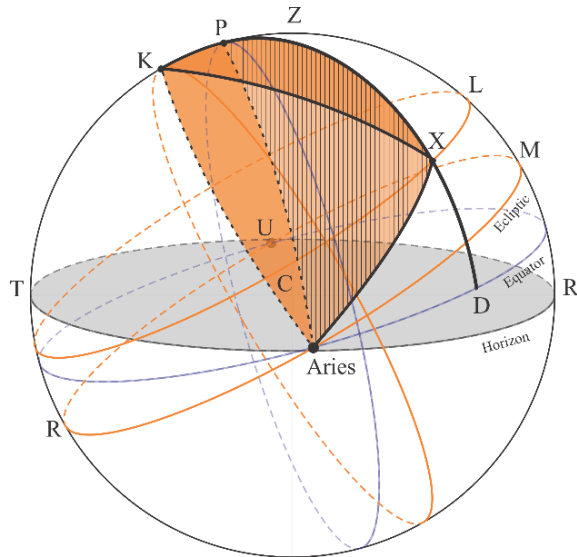
$$\begin{aligned} \cos(90 - \delta) &= \cos(90 - \beta) \cos \varepsilon \\ &+ \sin(90 - \beta) \sin \varepsilon \cos(90 - \lambda) \end{aligned}$$

Dengan bantuan gambar segitiga bola dapat diperoleh persamaan-persamaan trigonometri yang menghasilkan rumus deklinasi berikut;³⁹

$$\sin \delta = \sin \beta \cos \varepsilon + \cos \beta \sin \varepsilon \sin \lambda$$

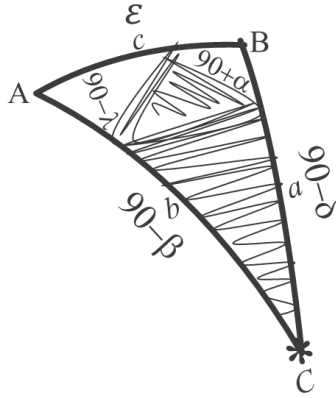
5. Konsep Rumus Asensio Rekta

Asensio rekta bulan disebut juga dengan *Maṭāli' al-Falakiyyah* (مطالع الفلكية) ditandai dengan simbol *alpha* (α), atau dalam bahasa Inggris dikenal dengan *Right Ascension*.



Gambar 2.15. Sistem Koordinat Ekuator (Asensio Rekta)

³⁹ Muzamil, 46.



Gambar 2.16. Trigonometri Asensio Rekta Bulan

Setelah mengetahui titik-titik sudut dan sisi berurutan, dapat dibuat rumus asensio rekta bulan sebagai berikut;

$$\cos b = \cos a \cos c + \sin a \sin c \cos B$$

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

$$\cos b = (\cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A) \cos c + \sin a \sin c \cos B$$

$$\cot B = \frac{\sin c \cot b - \cos c \cos A}{\sin A}$$

$$\cot(90 + \alpha) = \frac{\sin \epsilon \cot(90 - \beta) - \cos \epsilon \cos(90 - \lambda)}{\sin(90 - \lambda)}$$

Dengan bantuan gambar segitiga bola dapat diperoleh persamaan-persamaan trigonometri yang menghasilkan rumus asensio rekta bulan berikut;⁴⁰

$$\tan \alpha = (-\tan \beta \sin \epsilon + \cos \epsilon \sin \lambda) / \cos \lambda$$

⁴⁰ Muzamil, 46.

BAB III

FORMULASI KONJUNGSI HORIZON

A. Konsep Iterasi dalam Konjungsi Horizon

Iterasi merupakan metode yang berisi pengulangan perhitungan yang dilakukan beberapakali sampai nilai suatu kuantitas yang dicari diperoleh. Iterasi dimulai dengan menentukan nilai perkiraan untuk kuantitas yang tidak diketahui, kemudian digunakan dalam sebuah rumus atau kumpulan sehingga diperoleh nilai lebih baik yang mendekati eksak. Iterasi digunakan untuk meningkatkan akurasi dan ketepatan perhitungan terkait dengan posisi dan gerakan benda langit.¹ Dalam astronomi, iterasi digunakan untuk menyesuaikan dan menyempurnakan hasil perhitungan dengan mempertimbangkan berbagai pengaruh kompleks, seperti gaya gravitasi planet dan efek relativitas.

Iterasi memiliki kelebihan yaitu dapat meningkatkan ketepatan hasil perhitungan astronomi. Dengan melakukan perulangan, kesalahan yang mungkin terjadi pada iterasi sebelumnya dapat dikoreksi, memberikan solusi yang semakin mendekati nilai yang benar. Penerapan iterasi tidak hanya terbatas pada penentuan posisi planet, namun juga luas digunakan dalam berbagai aspek astronomi yang melibatkan perhitungan yang rumit. Metode ini memberikan fleksibilitas dalam menangani

¹ J Meeus, "Astronomical Algorithms (2nd Edition Errata)," *Astronomical Algorithms*, 1991.

kompleksitas fenomena langit dan pergerakan benda-benda langit selama periode waktu yang Panjang.

Sebagai contoh mencari nilai dari akar kuadrat 159 sampai delapan desimal. Kita tahu kalau 12×12 adalah 144, seperti yang dilakukan 12 merupakan nilai perkiraan awal akar kuadrat dari 159. Kita bagi 159 dengan 12 dan tempat hasil bagi 13.2500. Rata-rata Aritmatika dari 12 dan 13.2500 adalah 12.6250, nilai ini lebih baik untuk akar kuadrat yang diperlukan. Kita sekarang membagi 159 dengan 12.6250, hasil baginya adalah 12.59406, Rata-rata dari 12.6250 (hasil sebelumnya) dan 12.59406 adalah 12.60953, nilai menjadi semakin lebih baik untuk akar kuadrat. Dengan cara itu, kita menemukan berturut-turut,

12 = nilai awal

12.625 000 00

12.609 529 71

12.609 520 22

12.609 520 22

Hasil 12.609 520 22 menghasilkan 12.609 520 22 lagi. Nilai konstan ini adalah akar kuadrat dari 159.

B. Konsep Interpolasi dalam Konjungsi Horizon

Beberapa masalah yang sering muncul dalam perhitungan astronomi adalah mencari nilai tengah (*intermediate value*) dari beberapa data yang telah tersaji. Cara untuk mencari nilai tengah dari beberapa data ini adalah dengan melakukan interpolasi.² Interpolasi merupakan prosedur numerik untuk menemukan nilai rata-rata dari data tabular yang telah disajikan. Metode interpolasi yang akan dibahas dalam subbab ini adalah interpolasi dengan tiga atau lima data tabular.³

1. Tiga nilai tabular

Metode interpolasi dengan tiga data tabular terdiri dari fungsi y (y_1 , y_2 , dan y_3) yang bersesuaian dengan fungsi x (x_1 , x_2 , dan x_3) dimana x biasanya merupakan fungsi waktu.⁴ Interpolasi dengan tiga data tabular dapat digambarkan dengan tabel dibawah ini:⁵

x_1	y_1		
		a	
x_2	y_2		c
		b	
x_3	y_3		

² M. Lombardi, "Interpolation and Smoothing," *Astronomy and Astrophysics* 395, no. 2 (2002): 733–45, <https://doi.org/10.1051/0004-6361:20021293>.

³ A M Valencia, *Astronomical Interpolation* (academia.edu, 1998).

⁴ Lombardi, "Interpolation and Smoothing."

⁵ Meeus, "Astronomical Algorithms (2nd Edition Errata)."

Dimana $a = y_2 - y_1$, $b = y_3 - y_2$, dan $c = b - a$. a dan b adalah perbedaan tingkat pertama dan c adalah perbedaan tingkat kedua.

Interpolasi dengan tiga data tabular ini bisa digunakan ketika selisih tingkat ketiga dalam interpolasi lima data tabular cukup kecil (mendekati 0) dan nilai x_2 harus memiliki nilai yang hampir sama dengan nilai sesungguhnya yang kita cari. Faktor interpolasi didefinisikan dengan n yang bernilai $x-x_2$ dan harus memiliki satuan yang sama dengan data interval tabel. Jika x berada setelah x_2 , maka n bernilai positif ($x > x_2$) dan jika x berada sebelum table x_2 , maka $n < 0$. Nilai n akan berkisar antara -1.0 dan +1.0.⁶ Rumus interpolasi tiga data tabular adalah sebagai berikut:

- a. Nilai Tengah (*intermediate value*)

$$y = y_2 + \frac{n}{2}(A + B + n.C)$$

- b. Nilai ekstrim (*extreme value*)

$$y_m = y_2 - \left(\frac{(A + B)^2}{8C} \right)$$

$$n_m = -\frac{A + B}{2C}$$

- c. Nilai nol (*zero value*)

$$n_0 = -\frac{2y_2}{A + B + Cn_0}$$

⁶ Lombardi, "Interpolation and Smoothing"; Meeus, "Astronomical Algorithms (2nd Edition Errata)."

Dimana A , B , dan C adalah selisih, y adalah nilai tengah dari fungsi, dan n adalah faktor interpolasi.

2. Lima nilai tabular

Interpolasi dengan lima tabular data digunakan ketika interpolasi tiga data tabular tidak bisa diabaikan. Maka dari itu, diperlukan data yang lebih banyak untuk mendapatkan tingkatan perbedaan yang lebih tinggi lagi. Interpolasi dengan lima nilai data tabular dapat digambarkan dengan tabel di bawah ini.

y_1	a			
y_2		e		
	b		h	
y_3		f		k
	c		j	
y_4		g		
	d			
y_5				

Dimana perbedaan tingkat pertamanya adalah $a = y_2 - y_1$, $b = y_3 - y_2$, $c = y_4 - y_3$, $d = y_5 - y_4$. Perbedaan tingkat kedua adalah $e = b - a$, $f = c - b$, dan $g = d - c$. Perbedaan tingkat ketiga adalah $h = f - e$ dan $j = g - f$. Perbedaan tingkat keempat adalah $k = j - h$. Rumus interpolasi lima data tabular adalah sebagai berikut:

a. Nilai tengah (*intermediate value*)

$$y = y_3 + n \left(\frac{b + c}{2} - \frac{h + j}{12} \right) + n^2 \left(\frac{f}{2} - \frac{k}{24} \right) + n^3 \left(\frac{h + j}{12} \right) + n^4 \left(\frac{k}{24} \right)$$

b. Nilai ekstrim (*extreme value*)

$$n_m = \frac{6b + 6c - h - j + an_m^2 \cdot (h + j) + 2n_m^3 \cdot k}{k - 12f}$$

c. Nilai Nol (*zero value*)

$$n_0 = \frac{-24y_3 + n_0^2(k - 12f) - 2n_m^2 \cdot (h + j) + 2n_m^3 \cdot k}{2(6b + 6c - h - j)}$$

C. Formulasi Konjungsi Horizon

Perhitungan konjungsi atau *new moon* yang telah digunakan sampai saat ini masih menghasilkan data geosentrik, dimana setiap tempat yang berada dalam satu zona waktu memiliki waktu konjungsi yang sama. Karena sistem koordinat yang dipakai adalah koordinat ekliptika. Sistem koordinat ini menganggap bahwa Bumi adalah sebuah titik, sehingga semua tempat yang ada di Bumi memiliki waktu yang sama. Seperti halnya dalam perhitungan waktu sholat dimana disetiap tempat memiliki waktu yang berbeda-beda walaupun dalam zona waktu yang sama. Sebagai contoh perhitungan konjungsi pada bulan Rajab 1445 H dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 3. 1 Tabel perbandingan konjungsi ekliptika dan konjungsi horizon di berbagai lokasi

NO	KOTA	TIME ZONE	KONJUNGSI EKLIPTIKA	KONJUNGSI HORIZON
1	Banda Aceh	7	18:57:17.98	19:28:21.86
2	Semarang	7	18:57:17.98	18:05:36.26
3	Medan	7	18:57:17.98	19:13:29.31
4	Denpasar	8	19:57:17.98	18:48:33.86
5	Kupang	8	19:57:17.98	18:25:04.47
6	Makassar	8	19:57:17.98	18:55:03.49
7	Ambon	9	20:57:17.98	19:42:07.21
8	Biak	9	20:57:17.98	19:35:26.07
9	Jayapura	9	20:57:17.98	19:18:31.83

Tabel di atas menunjukkan bahwa waktu terjadinya konjungsi ekliptika disemua tempat itu sama, tergantung dari zona waktu dari daerah tersebut. Sehingga dibutuhkan transformasi sistem koordinat, dari koordinat ekliptika menjadi koordinat horizon. Dengan menggunakan sistem koordinat horizon, penentuan posisi benda langit bersifat lokal, artinya posisi benda langit akan berbeda-beda tergantung pada lokasi pengamat.



Gambar 3. 1 Peta konjungsi horizon Ramadhan 1445 H

Daerah yang berwarna gelap menunjukkan bahwa pada saat Matahari terbenam 10 Maret 2024 wilayah tersebut belum mengalami konjungsi, sedangkan wilayah yang berwarna hijau menunjukkan bahwa konjungsi telah terjadi sehingga umur Bulan direntang 0 sampai 8 jam setelah terjadinya konjungsi.

Algoritma konjungsi horizon ini disusun menggunakan dua konsep yang ada didalam buku *Astronomical Algorithm*, yaitu *iteration* dan *interpolation*. Iterasi digunakan untuk mendapatkan tiga data waktu konjungsi, kemudian ketiga data tersebut dilakukan interpolasi untuk mencari nilai minimum konjungsi. Adapun Langkah-langkah untuk menghitung waktu terjadinya konjungsi horizon adalah sebagai berikut.

1. Menentukan waktu terjadinya konjungsi ekliptika
 - a. Menghitung HY (jumlah hari dalam satuan tahun)
 - b. Menghitung K (jumlah fase *New Moon* sejak *epoch* 2000)
 - c. Menghitung T
 - d. Menghitung *Julian Ephemeris Day* (JDE)

- e. Menghitung E
 - f. Menghitung *Sun's Mean Anomaly* (M)
 - g. Menghitung *Moon's Mean Anomaly* (M')
 - h. Menghitung *Moon's Argument of Latitude* (F)
 - i. Menghitung Koreksi *New Moon* (Ta)
 - j. Menghitung *Julian Ephemeris Day* (JDE) *New Moon*
Terkoreksi
2. Menghitung *sun altitude* saat konjungsi ekliptika
- a. Menghitung DM (*Apparent Sun Declination*)
$$\sin \delta_m = \sin \beta \cos \varepsilon + \cos \beta \sin \varepsilon \sin \lambda$$
 - b. Menghitung ARM (*Apparent Sun Right Ascension*)
$$\tan \alpha_m = (-\tan \beta \sin \varepsilon + \cos \varepsilon \sin \lambda) / \cos \lambda$$
 - c. Menghitung HA (*Sun Hour Angle*)
$$HA = GHA + \lambda_x - \alpha_m$$
 - d. Menghitung *sun altitude* Geosentrik
$$\sin h_{geo} = \sin \varphi \sin \delta_m + \cos \varphi \cos \delta_m \cos HA$$
 - e. Menghitung koreksi Geosentrik ke Toposentrik
$$\sin koreksi = \rho \sin paralaks \cos h_{geo}$$
 - f. Menghitung *sun altitude* Toposentrik
$$h_{m_{topo}} 1 = h_{geo} - koreksi$$
3. Menghitung *moon altitude* saat konjungsi ekliptika
- a. Menghitung DB (*Apparent Moon Declination*)
$$\sin \delta_c = \sin \beta \cos \varepsilon + \cos \beta \sin \varepsilon \sin \lambda$$

b. Menghitung ARB (*Apparent Moon Right Ascension*)

$$\tan \alpha_c = (-\tan \beta \sin \varepsilon + \cos \varepsilon \sin \lambda) / \cos \lambda$$

c. Menghitung HA (*Moon Hour Angle*)

$$HA = GHA + \lambda_x - \alpha_c$$

d. Menghitung *moon altitude* Geosentrik

$$\sin h_{geo} = \sin \varphi \sin \delta_c + \cos \varphi \cos \delta_c \cos HA$$

e. Menghitung koreksi Geosentrik ke Toposentrik

$$\sin koreksi = \rho \sin paralaks \cos h_{geo}$$

f. Menghitung *moon altitude* Toposentrik

$$h_{c_{topo}} 1 = h_{geo} - koreksi$$

4. Koreksi *Julian Ephemeris Day* (JDE)

$$\begin{aligned} \text{Koreksi JDE} = & \text{JDE Terkoreksi} + (h_{c_{topo}} 1 \\ & - h_{m_{topo}} 1) / 24 \end{aligned}$$

5. Melakukan Iterasi

Iterasi dibutuhkan untuk mendapatkan nilai koreksi mendekati 0. Karena dalam perhitungan ini menggunakan interpolasi tiga tabular data, maka hanya memerlukan tiga kali iterasi. Adapun data-data yang dibutuhkan dalam iterasi yaitu *apparent sun declination*, *apparent sun right ascension*, *sun hour angle*, *sun altitude* geosentrik, koreksi geosentrik ke toposentrik, *sun altitude* toposentrik, *apparent moon declination*, *apparent moon right ascension*, *moon hour angle*, *moon altitude* geosentrik, koreksi geosentrik ke toposentrik, *moon altitude* Toposentrik. Data-data tersebut menggunakan

Julian Ephemeris Day yang sudah dikoreksi (Koreksi JDE) bukan pada saat konjungsi ekliptika.

Iterasi 1

- a. Menghitung DM (*Apparent Sun Declination*)

$$\sin \delta_m = \sin \beta \cos \varepsilon + \cos \beta \sin \varepsilon \sin \lambda$$

- b. Menghitung ARM (*Apparent Sun Right Ascension*)

$$\tan \alpha_m = (-\tan \beta \sin \varepsilon + \cos \varepsilon \sin \lambda) / \cos \lambda$$

- c. Menghitung HA (*Sun Hour Angle*)

$$HA = GHA + \lambda_x - \alpha_m$$

- d. Menghitung *sun altitude* Geosentrik

$$\sin h_{geo} = \sin \varphi \sin \delta_m + \cos \varphi \cos \delta_m \cos HA$$

- e. Menghitung koreksi Geosentrik ke Toposentrik

$$\sin koreksi = \rho \sin paralaks \cos h_{geo}$$

- f. Menghitung *sun altitude* Toposentrik

$$h_{m_{topo}}^2 = h_{geo} - koreksi$$

- g. Menghitung DB (*Apparent Moon Declination*)

$$\sin \delta_c = \sin \beta \cos \varepsilon + \cos \beta \sin \varepsilon \sin \lambda$$

- h. Menghitung ARB (*Apparent Moon Right Ascension*)

$$\tan \alpha_c = (-\tan \beta \sin \varepsilon + \cos \varepsilon \sin \lambda) / \cos \lambda$$

- i. Menghitung HA (*Moon Hour Angle*)

$$HA = GHA + \lambda_x - \alpha_c$$

- j. Menghitung *moon altitude* Geosentrik

$$\sin h_{geo} = \sin \varphi \sin \delta_c + \cos \varphi \cos \delta_c \cos HA$$

- k. Menghitung koreksi Geosentrik ke Toposentrik

$$\sin koreksi = \rho \sin paralaks \cos h_{geo}$$

- l. Menghitung *moon altitude* Toposentrik

$$h_{c_{topo}2} = h_{geo} - \text{koreksi}$$

- m. Menghitung Selisih *JDE*

$$\text{Selisih JDE} = (\text{Koreksi JDE} - \text{JDE Terkoreksi}) \times 24$$

- n. Menghitung Kecepatan Matahari (K_m)

$$K_m = (h_{m_{topo}2} - h_{m_{topo}1}) / \text{selisih JDE}$$

- o. Menghitung Kecepatan Matahari (K_c)

$$K_c = (h_{c_{topo}2} - h_{c_{topo}1}) / \text{selisih JDE}$$

- p. Koreksi Waktu

$$\text{Koreksi1} = (h_{c_{topo}2} - h_{m_{topo}2}) \times (1 / (K_c - K_m))$$

- q. Koreksi *Julian Ephemeris Day* (JDE)

$$\text{JDE1} = \text{Koreksi JDE} + \text{Koreksi1} / 24$$

Iterasi 2

- a. Menghitung DM (*Apparent Sun Declination*)

$$\sin \delta_m = \sin \beta \cos \varepsilon + \cos \beta \sin \varepsilon \sin \lambda$$

- b. Menghitung ARM (*Apparent Sun Right Ascension*)

$$\tan \alpha_m = (-\tan \beta \sin \varepsilon + \cos \varepsilon \sin \lambda) / \cos \lambda$$

- c. Menghitung HA (*Sun Hour Angle*)

$$\text{HA} = \text{GHA} + \lambda_x - \alpha_m$$

- d. Menghitung *sun altitude* Geosentrik

$$\sin h_{geo} = \sin \varphi \sin \delta_m + \cos \varphi \cos \delta_m \cos \text{HA}$$

- e. Menghitung koreksi Geosentrik ke Toposentrik

$$\sin \text{koreksi} = \rho \sin \text{paralaks} \cos h_{geo}$$

f. Menghitung *sun altitude* Toposentrik

$$h_{m_{topo}3} = h_{geo} - koreksi$$

g. Menghitung DB (*Apparent Moon Declination*)

$$\sin \delta_c = \sin \beta \cos \varepsilon + \cos \beta \sin \varepsilon \sin \lambda$$

h. Menghitung ARB (*Apparent Moon Right Ascension*)

$$\tan \alpha_c = (-\tan \beta \sin \varepsilon + \cos \varepsilon \sin \lambda) / \cos \lambda$$

i. Menghitung HA (*Moon Hour Angle*)

$$HA = GHA + \lambda_x - \alpha_c$$

j. Menghitung *moon altitude* Geosentrik

$$\sin h_{geo} = \sin \varphi \sin \delta_c + \cos \varphi \cos \delta_c \cos HA$$

k. Menghitung koreksi Geosentrik ke Toposentrik

$$\sin koreksi = \rho \sin paralaks \cos h_{geo}$$

l. Menghitung *moon altitude* Toposentrik

$$h_{c_{topo}3} = h_{geo} - koreksi$$

m. Menghitung Selisih *JDE*

$$\text{Selisih JDE} = (\text{Koreksi JDE} - \text{JDE Terkoreksi}) \times 24$$

n. Menghitung Kecepatan Matahari (K_m)

$$K_m = (h_{m_{topo}3} - h_{m_{topo}2}) / \text{selisih JDE}$$

o. Menghitung Kecepatan Matahari (K_c)

$$K_c = (h_{c_{topo}3} - h_{c_{topo}2}) / \text{selisih JDE}$$

p. Koreksi Waktu

$$\text{Koreksi2} = (h_{c_{topo}3} - h_{m_{topo}3}) \times (1 / (K_c - K_m))$$

q. Koreksi *Julian Ephemeris Day* (JDE)

$$JDE2 = JDE1 + \text{Koreksi2} / 24$$

Iterasi 3

- a. Menghitung DM (*Apparent Sun Declination*)

$$\sin \delta_m = \sin \beta \cos \varepsilon + \cos \beta \sin \varepsilon \sin \lambda$$

- b. Menghitung ARM (*Apparent Sun Right Ascension*)

$$\tan \alpha_m = (-\tan \beta \sin \varepsilon + \cos \varepsilon \sin \lambda) / \cos \lambda$$

- c. Menghitung HA (*Sun Hour Angle*)

$$HA = GHA + \lambda_x - \alpha_m$$

- d. Menghitung *sun altitude* Geosentrik

$$\sin h_{geo} = \sin \varphi \sin \delta_m + \cos \varphi \cos \delta_m \cos HA$$

- e. Menghitung koreksi Geosentrik ke Toposentrik

$$\sin koreksi = \rho \sin \text{paralaks} \cos h_{geo}$$

- f. Menghitung *sun altitude* Toposentrik

$$h_{m_{topo}}^4 = h_{geo} - koreksi$$

- g. Menghitung DB (*Apparent Moon Declination*)

$$\sin \delta_c = \sin \beta \cos \varepsilon + \cos \beta \sin \varepsilon \sin \lambda$$

- h. Menghitung ARB (*Apparent Moon Right Ascension*)

$$\tan \alpha_c = (-\tan \beta \sin \varepsilon + \cos \varepsilon \sin \lambda) / \cos \lambda$$

- i. Menghitung HA (*Moon Hour Angle*)

$$HA = GHA + \lambda_x - \alpha_c$$

- j. Menghitung *moon altitude* Geosentrik

$$\sin h_{geo} = \sin \varphi \sin \delta_c + \cos \varphi \cos \delta_c \cos HA$$

- k. Menghitung koreksi Geosentrik ke Toposentrik

$$\sin koreksi = \rho \sin \text{paralaks} \cos h_{geo}$$

- l. Menghitung *moon altitude* Toposentrik

$$h_{c_{topo}}^4 = h_{geo} - koreksi$$

m. Menghitung Selisih *JDE*

$$\text{Selisih } JDE = (\text{Koreksi } JDE - JDE \text{ Terkoreksi}) \times 24$$

n. Menghitung Kecepatan Matahari (K_m)

$$K_m = (h_{m_{topo}4} - h_{m_{topo}3}) / \text{selisih } JDE$$

o. Menghitung Kecepatan Matahari (K_c)

$$K_c = (h_{c_{topo}4} - h_{c_{topo}3}) / \text{selisih } JDE$$

p. Koreksi Waktu

$$\text{Koreksi3} = (h_{c_{topo}4} - h_{m_{topo}4}) \times (1 / (K_c - K_m))$$

q. Koreksi *Julian Ephemeris Day* (JDE)

$$JDE3 = JDE2 + \text{Koreksi3} / 24$$

6. Interpolasi Tiga Tabular Data

$$a = \text{Koreksi2} - \text{Koreksi1}$$

$$b = \text{Koreksi3} - \text{Koreksi2}$$

$$c = b - a$$

$$N_m = 0$$

Iterasi 1

$$N_{m1} = ((-2 \times \text{Koreksi2}) / (a + b + c \times N_m))$$

Iterasi 2

$$N_{m2} = ((-2 \times \text{Koreksi2}) / (a + b + c \times N_{m1}))$$

Iterasi 3

$$N_{m3} = ((-2 \times \text{Koreksi2}) / (a + b + c \times N_{m2}))$$

Iterasi 4

$$N_m4 = ((-2 \times \text{Koreksi2}) / (a + b + c \times Nm3))$$

7. Menghitung Waktu Konjungsi horizon

$$\text{Konjungsi Lokal} = JDE2 - (N_m4 \times \text{Koreksi3}) / 24$$

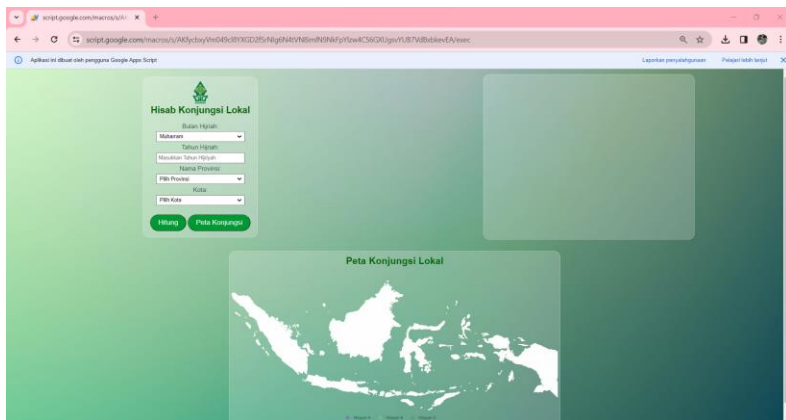
Algoritma tersebut kemudian diimplementasikan dalam sebuah peta dengan menggunakan aplikasi google script, untuk mengetahui waktu terjadinya konjungsi horizon diseluruh wilayah Indonesia. Peta tersebut dapat diakses melalui link <http://bit.ly/konjungsilokal>.



Gambar 3. 2 Peta konjungsi horizon Ramadan 1445 H

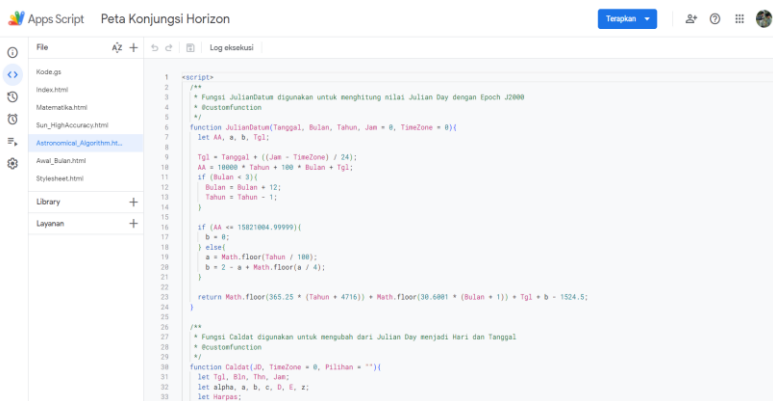
Aplikasi pada gambar di atas menggunakan *Google App Script* (GAS) yang dijalankan melalui *google cloud*. *Google App Script* merupakan sebuah bahasa pemrograman berbasis *JavaScript* yang berada di *cloud scripting* yang memberikan kemampuan untuk mengotomatisasi tugas-tugas di berbagai produk Google dan layanan dari pihak lain dengan lebih mudah. Dengan menggunakan

bantuan GAS, dapat membuat sebuah *website* untuk memudahkan perhitungan dan bersifat gratis.



Gambar 3. 3 Google App Script (GAS)

Algoritma data Matahari dan data Bulan yang dipakai dalam *Google App Script* menggunakan algoritma Jean Meeus *high accuracy*. Rumus yang sudah disajikan, kemudian dirubah menjadi bahasa *javascript*.



Gambar 3. 4 Apps Script Editor

Pengkajian terhadap tingkat akurasi algoritma konjungsi horizon dapat dilakukan dengan membandingkan algoritma ini dengan aplikasi Stellarium. Karena pada saat terjadinya konjungsi, Bulan sama sekali tidak terkena sinar Matahari, sehingga akan sulit untuk mengamati Bulan secara langsung, apalagi ketika konjungsi terjadi pada saat Matahari dan Bulan berada dibawah ufuk. Perbandingan hasil algoritma konjungsi horizon dengan Stellarium dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. 2 Perbandingan selisih konjungsi horizon dengan Stellarium (Safar 1445 H)

	Formulasi	Stellarium	Selisih
Konjungsi	16:58:44.10	16:59:00	00:00:15,90
<i>Sun Altitude</i>	8° 58' 27,71"	8° 54' 35,3"	-0°03'52,41"
<i>Moon altitude</i>	8° 58' 27,33"	8° 54' 32,3"	-0°03'55,03"
Selisih	0°00' 00,38"	0°00' 03,00"	-0°00'02,62"

Tabel 3. 3 Perbandingan selisih konjungsi horizon dengan Stellarium (Jumadilakhir 1445 H)

	Formulasi	Stellarium	Selisih
Konjungsi	5:52:22	5:52:00	00:00:22
<i>Sun Altitude</i>	7°18'39,52"	7°21'02"	0°02'22,48"
<i>Moon altitude</i>	7°18'39,52"	7°20'47,2"	0°02'07,68"
Selisih	0°00'00,00"	0°00'14,7"	0°00'14,80"

Tabel 3. 4 Perbandingan selisih konjungsi horizon dengan Stellarium (Ramadan 1445 H)

	Formulasi	Stellarium	Selisih
Konjungsi	15:32:32	15:34:00	00:01:28
<i>Sun Altitude</i>	34°14'43,06"	33°54'16,1"	00°20'26,96"
<i>Moon altitude</i>	34°14'44,34"	33°54'17,5"	00°26'26,84"
Selisih	00°00'01,28"	00°00'1,40"	00°00'0,12"

Berdasarkan data waktu konjungsi bulan Safar, Jumadilakhir, dan Ramadan dapat disimpulkan bahwa selisih antara formulasi konjungsi horizon dengan aplikasi Stellarium memiliki rentang antara 16 detik sampai 1,5 menit. Perhitungan tabel di atas memakai koordinat Planetarium UIN Walisongo 6° 59' 30" LS 110° 20' 53" BT.

Selain melakukan uji akurasi terhadap Stellarium, perlunya untuk membandingkan antara konjungsi ekliptika dengan konjungsi horizon. Berikut ini tabel selisih konjungsi horizon dan konjungsi ekliptika:

Tabel 3. 5 Perbandingan waktu konjungsi ekliptika dan konjungsi horizon

NO	BULAN	TAHUN	KONJUNGSI EKLIPTIKA	KONJUNGSI HORIZON
1	Muharam	1445	01:31:41,67	02:08:36,74
2	Safar	1445	16:38:02,92	16:58:56,43
3	Rabiulawal	1445	08:39:46,13	03:22:02,01
4	Rabiulakhir	1445	00:55:08,10	23:50:47,11
5	Jumadilawal	1445	16:27:18,47	18:22:14,41
6	Jumadilakhir	1445	06:31:55,55	05:52:31,85
7	Rajab	1445	18:57:17,98	18:05:46,27
8	Syakban	1445	05:59:01,75	04:03:12,72
9	Ramadan	1445	16:00:18,69	15:32:56,05
10	Syawal	1445	01:20:48,05	00:57:35,86
11	Zulkaidah	1445	10:21:50,91	08:19:28,91
12	Zulhijah	1445	19:37:36,17	20:14:10,21

Tabel di atas menunjukkan bahwa selisih waktu antara terjadinya konjungsi ekliptika dan konjungsi horizon sangat

bervariatif, mulai dari 20 menit sampai dengan 5 jam. Selisih ini tentunya akan berbeda-beda tergantung dari koordinat yang dihitung. Hal ini akan menimbulkan permasalahan apabila koordinat yang dihitung memiliki zona waktu yang sama, misalkan WIB (+7 GMT) maka waktu terjadinya konjungsi ekliptika akan tetap sama, tetapi waktu terjadinya konjungsi horizon akan berbeda, tergantung dari koordinat mana yang akan dihitung walaupun masih dalam satu zona waktu.

BAB IV

PENGARUH KONJUNGSI HORIZON TERHADAP PENENTUAN AWAL BULAN KAMARIAH

A. Pengaruh Konjungsi Eklptika Terhadap Penentuan Awal Bulan Kamariah

Sebelum mengetahui pengaruh konjungsi horizon terhadap penentuan awal bulan Kamariah, perlu untuk mengetahui berapa persen pengaruh konjungsi eklptika terhadap penentuan awal bulan Kamariah. Sampel data yang diambil adalah waktu konjungsi eklptika menggunakan lokasi Banda Aceh sebanyak 192 bulan hijriah. Sampel data tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 1 Waktu Konjungsi eklptika (Kota Banda Aceh)

NO	BULAN	TAHUN	JAM	TANGGAL
1	Muharam	1440	01:01:27	10 September 2018 M
2	Safar	1440	10:46:54	09 Oktober 2018 M
3	Rabiulawal	1440	23:02:03	07 November 2018 M
4	Rabiulakhir	1440	14:20:27	07 Desember 2018 M
5	Jumadilawal	1440	08:28:19	06 Januari 2019 M
6	Jumadilakhir	1440	04:03:33	05 Februari 2019 M
7	Rajab	1440	23:03:57	06 Maret 2019 M
8	Syakban	1440	15:50:27	05 April 2019 M
9	Ramadan	1440	05:45:21	05 Mei 2019 M
10	Syawal	1440	17:01:51	03 Juni 2019 M
11	Zulkaidah	1440	02:16:08	03 Juli 2019 M
12	Zulhijah	1440	10:11:43	01 Agustus 2019 M

...
181	Muharam	1455	00:51:31	31 Maret 2033 M
182	Safar	1455	09:46:05	29 April 2033 M
183	Rabiulawal	1455	18:36:23	28 Mei 2033 M
184	Rabiulakhir	1455	04:06:55	27 Juni 2033 M
185	Jumadilawal	1455	15:12:30	26 Juli 2033 M
186	Jumadilakhir	1455	04:39:42	25 Agustus 2033 M
187	Rajab	1455	20:39:43	23 September 2033 M
188	Syakban	1455	14:28:28	23 Oktober 2033 M
189	Ramadan	1455	08:39:11	22 November 2033 M
190	Syawal	1455	01:46:33	22 Desember 2033 M
192	Zulkaidah	1445	17:01:36	20 Januari 2034 M

Data tersebut diperoleh dengan menggunakan bantuan *software Visual Basic for Application Microsoft Excel (VBA Microsoft Excel)*, sehingga dalam memperoleh hasil yang akurat dalam waktu singkat. Logika yang dipakai dalam *Visual Basic for Application Microsoft Excel* adalah sebagai berikut.

```

For Indeks = 1 To Jumlah_Bulan

    Isi = Ws.UsedRange.Rows.Count + 1

    If Bulan > 12 Then
        Bulan = Bulan - 12
        Tahun = Tahun + 1
    End If

    If Bulan + 1 > 12 Then
        a = Bulan + 1 - 12
        b = Tahun + 1
    Else
        a = Bulan + 1
        b = Tahun
    End If

    '////////// Konjungsi Ekliptika //////////////////////////////////////

    Temp = Split(KonjungsiEkliptika(Bulan, Tahun, , DeltaT), vbCr)
    c = Cdbl(Temp(0))
    D = CalDat(c, TZ, "Tanggal")
    E = CalDat(c, TZ, "JAM")
    Temp1 = Split(KonjungsiEkliptika(a, b, , DeltaT), vbCr)
    F = Cdbl(Temp1(0)) - c
    ALM = Cdbl(Temp(1))
    ALB = Cdbl(Temp(2))
    LM = Cdbl(Temp(3))
    LB = Cdbl(Temp(4))

    'JD Ijtima' Ekliptika
    'Tanggal Ijtima' Ekliptika
    'Jam Ijtima' Ekliptika
    'Durasi Lunasi Ekliptika

```

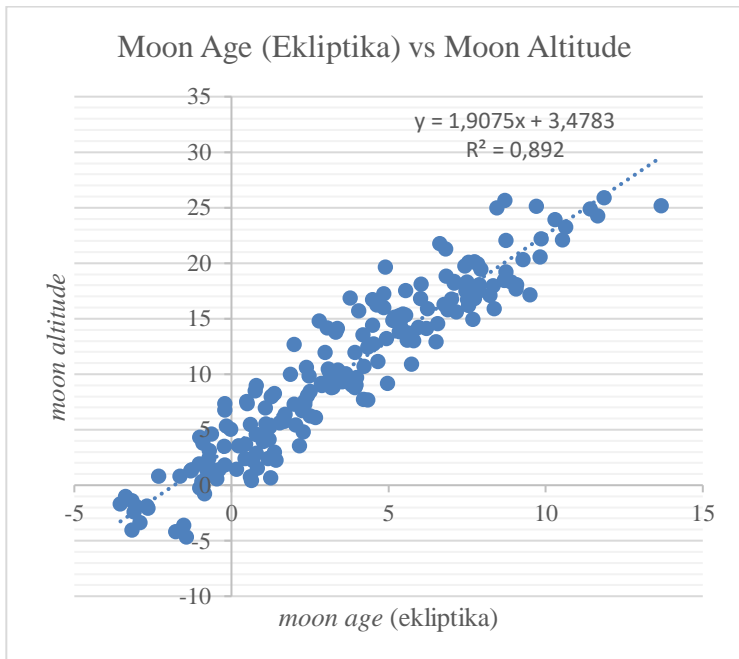
```

'//////////////////////////////////// Konjungsi Horizon //////////////////////////////////////
Temp = Split(KonjungsiHorizon(Bulan, Tahun, , DeltaT), vbCr)
K = CDbl(Temp(0))
L = CalDat(K, TZ, "Tanggal")
M = CalDat(K, TZ, "JAM")
Temp1 = Split(KonjungsiHorizon(a, b, , DeltaT), vbCr)
N = CDbl(Temp1(0)) - K
HM = CDbl(Temp(1))
HB = CDbl(Temp(2))
AZM = CDbl(Temp(3))
AZB = CDbl(Temp(4))
'JD Ijtima' Horizon
'Tanggal Ijtima' Horizon
'Jam Ijtima' Horizon
'Durasi Lunasi Horizon

```

Gambar 4. 1 Logika Konjungsi *Visual Basic for Application*

Setelah data-data tersebut dikumpulkan, kemudian dilakukan analisis regresi linear antara *moon age* konjungsi ekliptika terhadap *moon altitude* sehingga muncul sebuah diagram sebagai berikut.



Gambar 4. 2 Linearitas *moon age* konjungsi ekliptika terhadap *moon altitude*

Tabel 4. 2 Koefisien determinasi *moon age* konjungsi ekliptika dengan *moon altitude*

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.944456
R Square	0.891997
Adjusted R Square	0.891428
Standard Error	1.21699
Observations	192

Kriteria yang digunakan untuk mengetahui kekuatan hubungan antara variabel *moon age* konjungsi ekliptika dengan *moon altitude* sebagai berikut.

Tabel 4. 3 Kekuatan hubungan antar variabel¹

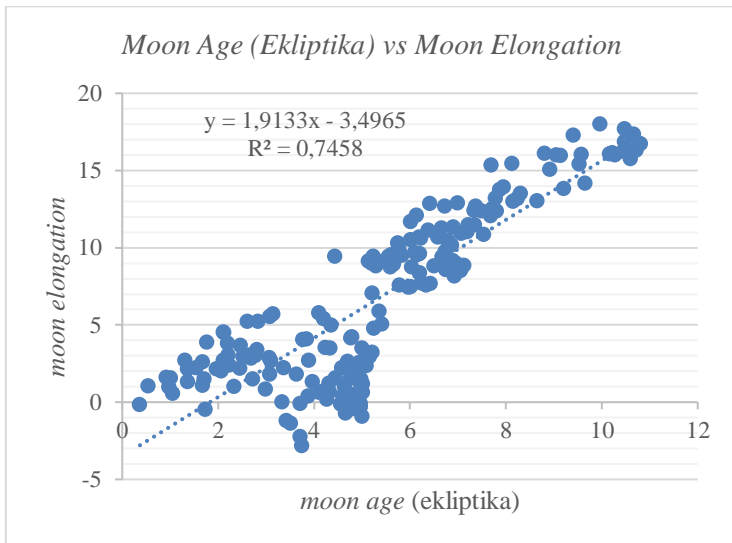
R	Hubungan
0,00 < R < 0,20	Sangat Lemah
0,20 < R < 0,40	Lemah
0,40 < R < 0,60	Cukup Kuat
0,60 < R < 0,80	Kuat
0,80 < R < 1,00	Sangat Kuat

Kekuatan hubungan antara variabel *moon age* konjungsi ekliptika dengan *moon altitude* tersebut adalah **sangat kuat**. Karena nilai *Multiple R* dari ketiga data tersebut memiliki rentang kategori 0,80 sampai 1. Nilai koefisiensi determinasi data tersebut

¹ Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D* (Bandung: Alfabeta, 2010).

dapat dilihat dari nilai *R Square* yang menunjukkan 0,89 atau 89%. Artinya variabel *moon age* konjungsi ekliptika memiliki pengaruh sebesar 89% terhadap *moon altitude*, sisanya dipengaruhi oleh faktor lainnya yang tidak dijelaskan didalam model. Rata-rata penyimpangan variabel dependen prediksi terhadap variabel dependen sebenarnya adalah 1,21.

Hubungan *moon age* konjungsi ekliptika terhadap *moon elongation*, apabila dilakukan analisis regresi linear menggunakan data-data tersebut maka menghasilkan diagram sebagai berikut:



Gambar 4. 3 Linearitas *moon age* konjungsi ekliptika terhadap *moon elongation*

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,8635849
R Square	0,7457788
Adjusted R Square	0,7444408
Standard Error	1,2329175
Observations	192

Gambar 4. 4 Koefisien determinasi *moon age* konjungsi ekliptika dengan *moon elongation*

Kekuatan hubungan antara variabel *moon age* konjungsi ekliptika dengan *moon elongation* tersebut adalah **kuat**. Karena nilai *Multiple R* dari ketiga data tersebut memiliki rentang kategori 0,60 sampai 0,80. Nilai koefisiensi determinasi data tersebut dapat dilihat dari nilai *R Square* yang menunjukkan 0,74 atau 74%. Artinya variabel *moon age* konjungsi ekliptika memiliki pengaruh sebesar 74% terhadap *moon elongation*, sisanya dipengaruhi oleh faktor lainnya yang tidak dijelaskan didalam model. Rata-rata penyimpangan variabel dependen prediksi terhadap variabel dependen sebenarnya adalah 1,23.

B. Pengaruh Konjungsi Horizon Terhadap Penentuan Awal Bulan Kamariah

Pengumpulan data-data sampel konjungsi horizon ini menggunakan tiga kota, yaitu Banda Aceh, Manado, dan Jayapura. Pemilihan lokasi tersebut berdasarkan pembagian zona waktu di Indonesia yang terdiri dari tiga zona waktu. Sehingga dengan memakai tiga wilayah tersebut dapat mencakup beberapa wilayah di Indonesia yang memiliki zona waktu yang sama. Data-data yang dikumpulkan tersebut dapat dideskripsikan pada tabel berikut.

Tabel 4. 4 Distribusi data *moon altitude*, *moon age* (horizon), dan *moon elongation* Kota Banda Aceh

	<i>Moon Altitude</i>	<i>Moon Age</i> (Horizon)	<i>Moon Elongation</i>
Mean	2,47339	6,4384	5,4349
Standard Error	0,16502	0,42653	0,1760
Median	2,58897	5,70549	5,2456
Standard Deviation	2,28658	5,91017	2,4389
Minimum	-1,23825	-2,92056	0,3676
Maximum	7,06393	14,82342	10,8077
Count	192	192	192

Jumlah data yang dikumpulkan menggunakan markas Banda Aceh adalah 192 bulan hijriah. Koordinat yang dipakai untuk lokasi Banda Aceh adalah 5° 35' LU 95° 20' BT. Pemilihan

lokasi Banda Aceh untuk mewakili daerah-daerah yang berada pada zona waktu +7 GMT. Tabel 4.2 menunjukkan bahwa dari total 192 data nilai minimum tinggi hilal adalah -1,24 derajat dan maksimumnya adalah 7,06 derajat. Sedangkan umur minimal hilal pada saat *sunset* adalah -2,92 jam dan maksimumnya adalah 14,82 jam. Nilai *moon altitude* menunjukkan persebaran data sebesar 46,1% frekuensi nilai bawah dan 53,9% frekuensi nilai atas. Sedangkan persebaran data *moon age* sebesar 48,6% frekuensi nilai bawah dan 51,4% frekuensi nilai atas. Nilai minimum *moon elongation* pada tabel di atas adalah 0,367 derajat, sedangkan maksimum *moon elongation* 10,807 derajat dengan persebaran data sebesar 46,7% frekuensi nilai bawah dan 53,3% frekuensi nilai atas.

Tabel 4. 5 Distribusi data *moon altitude*, *moon age* (horizon), dan *moon elongation* Kota Manado

	<i>Moon Altitude</i>	<i>Moon Age (Horizon)</i>	<i>Moon Elongation</i>
Mean	2,80489	7,85696	5,6953
Standard Error	0,16425	0,43148	0,1871
Median	3,03486	9,45763	5,6577
Standard Deviation	2,27587	5,97872	2,5931
Minimum	-1,28097	-2,7658	0,4262
Maximum	7,15279	14,9985	10,3513
Count	192	192	192

Data yang terkumpul dari markas Manado Sulawesi Utara mencakup 192 bulan hijriah dengan koordinat lokasi 1° 33' LU 124° 53' BT. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada representasi zona waktu +8 GMT untuk daerah-daerah terkait. Tabel 4.3 menggambarkan bahwa dari total data tersebut, nilai minimum tinggi hilal adalah -1,28 derajat dan nilai maksimumnya mencapai 7,15 derajat. Sementara itu, rentang umur minimum hilal pada saat *sunset* adalah -2,77 jam dan maksimumnya adalah 14,99 jam. Persentase persebaran data *moon altitude* menunjukkan 51,17% untuk nilai bawah dan 48,83% untuk nilai atas. Adapun persebaran data *moon age* sebesar 68,81% untuk nilai bawah dan 31,19% untuk nilai atas. Nilai minimum *moon elongation* pada tabel di atas adalah 0,426 derajat, sedangkan maksimum *moon elongation* 10,351 derajat dengan persebaran data sebesar 52,7% frekuensi nilai bawah dan 47,3% frekuensi nilai atas.

Tabel 4. 6 Distribusi data *moon altitude*, *moon age* (horizon), dan *moon elongation* Kota Jayapura

	<i>Moon Altitude</i>	<i>Moon Age</i> (Horizon)	<i>Moon Elongation</i>
Mean	2,82764	7,23943	5,6142
Standard Error	0,17354	0,43779	0,1863
Median	3,28453	7,33882	5,7009
Standard Deviation	2,40466	6,06613	2,5812
Minimum	-1,56326	-3,6789	0,4647

Maximum	7,4104	14,95691	10,5653
Count	192	192	192

Data yang terhimpun dari markas Jayapura meliputi 192 bulan hijriah dengan posisi koordinat $2^{\circ} 28'$ LU dan $140^{\circ} 38'$ BT. Pemilihan lokasi ini berdasarkan zona waktu +9 GMT yang merepresentasikan daerah-daerah terkait. Dalam Tabel 4.4 tergambar bahwa dari keseluruhan data tersebut, nilai terendah tinggi hilal adalah $-1,56$ derajat dan nilai tertingginya mencapai $7,41$ derajat. Rentang umur minimum hilal saat *sunset* adalah $-3,68$ jam dan maksimumnya ialah $14,96$ jam. Persentase penyebaran data *moon altitude* menunjukkan $54,02\%$ untuk nilai bawah dan $45,98\%$ untuk nilai atas. Sedangkan distribusi *moon age* adalah $59,12\%$ untuk nilai bawah dan $40,88\%$ untuk nilai atas. Nilai minimum *moon elongation* pada tabel di atas adalah $0,465$ derajat, sedangkan maksimum *moon elongation* $10,565$ derajat dengan persebaran data sebesar $51,8\%$ frekuensi nilai bawah dan $48,2\%$ frekuensi nilai atas.

Jumlah keseluruhan data yang dikumpulkan sebanyak 576 bulan hijriah yang terdiri dari tiga lokasi yaitu Banda Aceh, Manado, dan Jayapura yang didasarkan pada representasi zona waktu. Masing-masing lokasi terdiri dari 192 data bulan hijriah. Perhitungan ini menggunakan kriteria 29, sehingga basis data perhitungan *moon altitude*, *moon elongation* maupun *moon age* adalah setiap tanggal 29 akhir bulan hijriah dengan memakai kriteria Neo MABIMS.

Berdasarkan ketiga tabel di atas, distribusi data *moon altitude* secara merata adalah tabel perhitungan kota Manado dengan 51,17% frekuensi nilai bawah dan 48,83% frekuensi nilai atas. Kemudian distribusi data *moon elongation* secara merata adalah tabel perhitungan kota Jayapura dengan 51,8% frekuensi nilai bawah dan 48,2% frekuensi nilai atas. Sedangkan distribusi data *moon age* secara merata adalah tabel perhitungan kota Banda Aceh dengan 48.6% frekuensi nilai bawah dan 51.4% frekuensi nilai atas, sehingga perhitungan *moon age* konjungsi horizon dengan menggunakan koordinat Banda Aceh dapat mewakili seluruh wilayah Indonesia dalam konsep *Wilayah al-Hukmi*.

Hipotesis diajukan dalam penelitian ini adalah adanya pengaruh *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon altitude* dan *moon elongation* dalam penentuan awal bulan Kamariah. Untuk menjawab hipotesis tersebut dilakukan dua tahapan yaitu, tahap yang pertama yaitu dengan menguji pengaruh *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon altitude*, kemudian tahap yang kedua dengan menguji pengaruh *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon elongation*. Adapun tahapan yang pertama yaitu untuk menguji pengaruh *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon altitude* dilakukan beberapa pengujian sebagai berikut.

1. Uji t

Uji t digunakan untuk mengetahui signifikansi pengaruh variabel *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon altitude*. Kriteria yang digunakan untuk mengetahui

pengaruh variabel *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon altitude* dalam uji t ini sebagai berikut:

- a. Apabila nilai *P-value* lebih kecil dari nilai *alpha* (0,05) maka variabel *moon age* memiliki pengaruh terhadap variabel *moon altitude*.
- b. Apabila nilai *P-value* lebih besar dari nilai *alpha* (0,05) maka variabel *moon age* tidak memiliki pengaruh terhadap variabel *moon altitude*.

Tabel 4. 7 Hasil uji t *moon age* (horizon) terhadap *moon altitude*
(Kota Banda Aceh)

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	0,056705922	0,059380383	0,954961	0,340811
Moon Age	0,375354875	0,006802401	55,17976	6,6E-119

Hasil uji t untuk markas Banda Aceh menunjukkan bahwa nilai *P-value* lebih kecil dari nilai *alpha* (0,05), sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel *moon age* memiliki pengaruh terhadap variabel *moon altitude*. Nilai *coefficients moon age* bernilai positif, artinya ketika nilai variabel *moon age* naik, maka nilai *moon altitude* juga ikut naik. Sehingga dapat dibuat persamaan $y = 0,0567 + 0,3753 X$. Ketika *moon age* bernilai 1 jam, maka *moon altitude* akan bertambah sebesar 0,3753 derajat.

Tabel 4. 8 Hasil uji t *moon age* (horizon) terhadap *moon altitude* (Kota Manado)

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	-0,080501679	0,071696222	-1,12282	0,26293
Moon Age	0,367240064	0,007268762	50,5231	4E-112

Hasil uji t pada markas Manado menunjukkan bahwa nilai *P-value* lebih kecil dari nilai *alpha* (0,05), mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh variabel *moon age* terhadap variabel *moon altitude*. Koefisien *moon age* memiliki nilai positif, menandakan bahwa kenaikan nilai *moon age* juga diikuti oleh kenaikan nilai *moon altitude*. Dengan demikian, dapat dibentuk model persamaan $y = -0,0805 + 0,3672 X$. Ketika *moon age* bernilai 1 jam, maka *moon altitude* akan bertambah sebesar 0,3672 derajat.

Tabel 4. 9 Hasil uji t *moon age* (horizon) terhadap *moon altitude* (Kota Jayapura)

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	0,10808623	0,086633142	1,247631	0,213702
Moon Age	0,3756587	0,009182293	40,91121	3,81E-96

Hasil uji t yang dilakukan di markas Jayapura menunjukkan bahwa nilai *P-value* lebih kecil dibandingkan dengan nilai *alpha* (0,05). Ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh antara variabel *moon age* dengan variabel *moon*

altitude. Koefisien *moon age* menunjukkan angka positif, menggambarkan bahwa kenaikan nilai *moon age* juga mengakibatkan peningkatan nilai *moon altitude*. Dengan demikian, dapat dirumuskan suatu model matematis $y = 0,1081 + 0,3757 X$. Ketika *moon age* bernilai 1 jam, maka nilai *moon altitude* akan meningkat sebesar 0,3757 derajat.

Berdasarkan hasil uji t dari ketiga tabel di atas dapat disimpulkan bahwa *moon age* konjungsi horizon memiliki pengaruh terhadap *moon altitude* karena nilai *P-value* yang dihasilkan dari ketiga tabel tersebut lebih kecil dari 0,05.

2. Uji F

Uji F digunakan untuk mengetahui apakah variabel *moon age* konjungsi horizon secara bersamaan memiliki pengaruh terhadap *moon altitude* sebagai variabel dependen. Kriteria yang digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon altitude* dalam uji F ini sebagai berikut:

- a. Apabila nilai *Significance F* lebih kecil dari nilai *alpha* (0,05) maka variabel *moon age* memiliki pengaruh terhadap variabel *moon altitude*.
- b. Apabila nilai *Significance F* lebih besar dari nilai *alpha* (0,05) maka variabel *moon age* tidak memiliki pengaruh terhadap variabel *moon altitude*.

Tabel 4. 10 Hasil uji F *moon age* (horizon) terhadap *moon altitude* (Kota Banda Aceh)

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regressor	1	939,977	939,977	3044,8	6,6223E-119
Residual	190	58,6558	0,30871		
Total	191	998,633			

Hasil uji F untuk markas Banda Aceh menunjukkan bahwa nilai *Significance F* lebih kecil dari nilai *alpha* (0,05), sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel *moon age* memiliki pengaruh terhadap variabel *moon altitude*.

Tabel 4. 11 Hasil uji F *moon age* (horizon) terhadap *moon altitude* (Kota Manado)

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	920,76775	920,7677	2552,58	4,3041E-112
Residual	190	68,536898	0,360721		
Total	191	989,30465			

Hasil uji F untuk markas Manado menunjukkan bahwa nilai *Significance F* lebih kecil dari nilai *alpha* (0,05), sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel *moon age* memiliki pengaruh terhadap variabel *moon altitude*.

Tabel 4. 12 Hasil uji F *moon age* (horizon) terhadap *moon altitude* (Kota Jayapura)

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	991,84446	991,844	1673,7	3,80501E-96
Residual	190	112,59329	0,5926		
Total	191	1104,4378			

Hasil uji F untuk markas Jayapura menunjukkan bahwa nilai *Significance F* lebih kecil dari nilai *alpha* (0,05), sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel *moon age* memiliki pengaruh terhadap variabel *moon altitude*.

Berdasarkan hasil uji F dari ketiga tabel di atas dapat disimpulkan bahwa *moon age* konjungsi horizon memiliki pengaruh terhadap *moon altitude* karena nilai *Significance F* yang dihasilkan dari ketiga tabel tersebut lebih kecil dari 0,05.

3. Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien Determinasi digunakan untuk mengetahui seberapa besar persentasi pengaruh variabel *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon altitude*. Sebelum membahas koefisien determinasi, perlu untuk mengetahui kekuatan hubungan antara variabel *moon age* konjungsi horizon dengan *moon altitude*. Kriteria yang digunakan untuk mengetahui kekuatan hubungan antara variabel *moon age* konjungsi horizon dengan *moon altitude* sebagai berikut.

Tabel 4. 13 Kekuatan hubungan antar variabel²

R	Hubungan
$0,00 < R < 0,20$	Sangat Lemah
$0,20 < R < 0,40$	Lemah
$0,40 < R < 0,60$	Cukup Kuat
$0,60 < R < 0,80$	Kuat
$0,80 < R < 1,00$	Sangat Kuat

Tabel 4. 14 Hasil koefisien determinasi *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon altitude* (Kota Banda Aceh)

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,97019
R Square	0,94126
Adjusted R Square	0,94095
Standard Error	0,55562
Observations	192

Kekuatan hubungan antara variabel *moon age* konjungsi horizon dengan *moon altitude* dengan titik koordinat Banda Aceh menunjukkan **sangat kuat**. Karena nilai *Multiple R* dari tabel di atas adalah 0,97019. Nilai koefisiensi dapat dilihat dari nilai *R Square* yang menunjukkan 0,94 atau 94%. Artinya variabel *moon age* memiliki pengaruh sebesar 94% terhadap *moon altitude*,

² Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D* (Bandung: Alfabeta, 2010).

sisanya dipengaruhi oleh faktor lainnya yang tidak dijelaskan didalam model. Rata-rata penyimpangan variabel dependen prediksi terhadap variabel dependen sebenarnya 0,55.

Tabel 4. 15 Hasil koefisien determinasi *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon altitude* (Kota Manado)

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,96474
R Square	0,93072
Adjusted R Square	0,93036
Standard Error	0,6006
Observations	192

Hubungan antara variabel *moon age* konjungsi horizon dengan *moon altitude* pada titik koordinat Manado menunjukkan hubungan **sangat kuat**. Hal ini tercermin dari nilai *Multiple R* sebesar 0,96474 yang tercantum dalam tabel 4.15. Nilai koefisiensi dapat diinterpretasikan melalui nilai *R Square* yang mencapai 0,93 atau 93%. Artinya, sekitar 93% variasi dalam *moon altitude* dapat dijelaskan oleh variasi dalam *moon age*, sementara sisanya dipengaruhi oleh faktor-faktor lain yang tidak dijelaskan dalam model tersebut. Rata-rata kesalahan prediksi dari variabel dependen terhadap variabel dependen sebenarnya adalah sebesar 0,55.

Tabel 4. 16 Hasil koefisien determinasi *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon altitude* (Kota Jayapura)

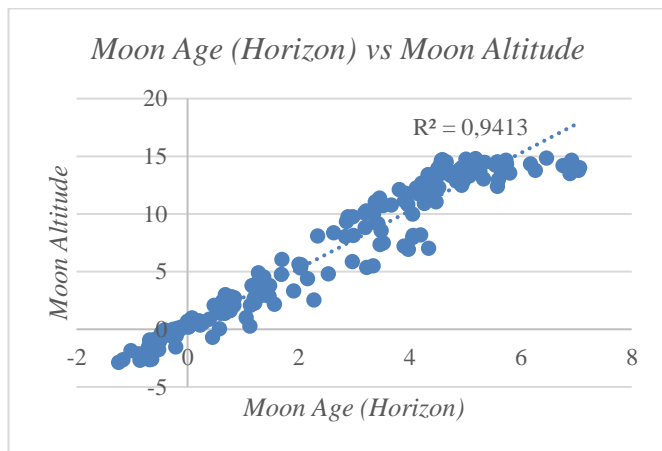
<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,94766
R Square	0,89805
Adjusted R Square	0,89752
Standard Error	0,7698
Observations	192

Keterkaitan antara *moon age* konjungsi horizon dan *moon altitude* di titik koordinat Jayapura menunjukkan korelasi yang **sangat kuat**. Informasi tersebut tergambar dari angka *Multiple R* sebesar 0,96474 yang tercatat di Tabel 4.16. Koefisien tersebut dapat diinterpretasikan melalui nilai *R Square* yang mencapai 0,898 atau setara dengan 89%. Ini menandakan sekitar 89% variasi dalam *moon altitude* dapat dijelaskan oleh variasi dalam *moon age* konjungsi horizon, sementara sisanya dipengaruhi oleh faktor-faktor lain yang tidak diuraikan dalam model tersebut. Rata-rata kesalahan dalam memprediksi variabel dependen terhadap variabel dependen sebenarnya sebesar 0,55.

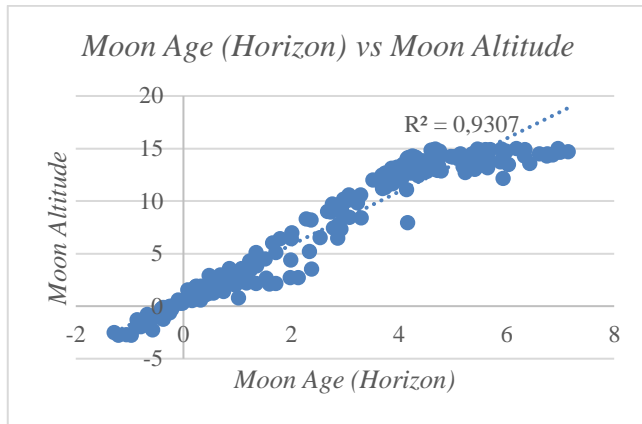
Berdasarkan ketiga tabel di atas dapat disimpulkan bahwa kekuatan hubungan antara variabel *moon age* konjungsi horizon dengan *moon altitude* tersebut **sangat kuat**. Karena nilai *Multiple R* dari ketiga tabel tersebut memiliki rentang kategori 0,80 sampai 1. Hal ini dapat

ditarik kesimpulan bahwa semakin lama *moon age* maka akan semakin tinggi nilai *moon altitude*. Nilai koefisiensi determinasi menunjukkan di atas 0,89 atau 89%. Artinya variabel *moon age* memiliki pengaruh sebesar 89% terhadap *moon altitude*, sisanya dipengaruhi oleh faktor lainnya yang tidak dijelaskan didalam model. Rata-rata penyimpangan variabel dependen prediksi terhadap variabel dependen sebenarnya dibawah 0,76.

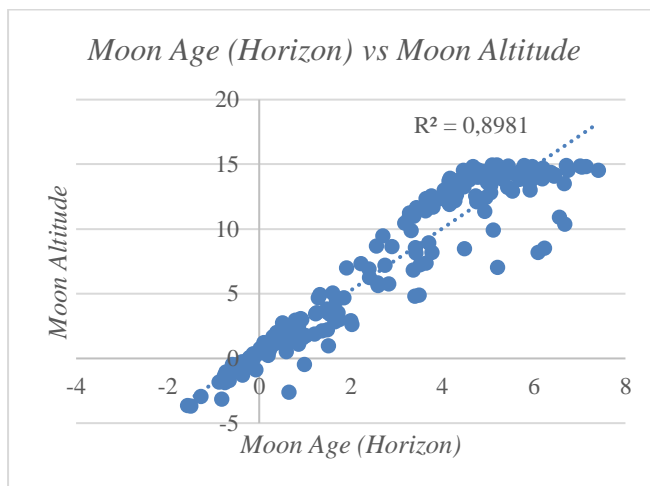
Hubungan antara *moon age* konjungsi horizon dengan *moon altitude* dapat digambarkan dalam sebuah grafik linearitas sebagai berikut.



Gambar 4. 5 Linearitas *moon age* (konjungsi horizon) terhadap *moon altitude* (Kota Banda Aceh)



Gambar 4. 6 Linearitas *moon age* (konjungsi horizon) terhadap *moon altitude* (Kota Manado)



Gambar 4. 7 Linearitas *moon age* (konjungsi horizon) terhadap *moon altitude* (Kota Jayapura)

Perbedaan gradien pada grafik tersebut dapat disebabkan oleh berbagai faktor. Salah satunya adalah perbedaan lokasi perhitungan. Koefiesien determinasi *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon altitude* ketiga grafik

tersebut sama dengan nilai dari *R Square* hitung. Nilai koefisien determinasi di atas 0,89 atau 89%, artinya kriteria yang menjadikan *moon altitude* sebagai syarat penentuan awal bulan Kamariah dapat menggunakan *moon age* konjungsi horizon sebagai acuan.

Kemudian tahapan yang kedua yaitu dengan menguji pengaruh *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon elongation* dalam penentuan awal bulan Kamariah. Adapun untuk menguji pengaruh *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon elongation* dalam penentuan awal bulan Kamariah adalah sebagai berikut.

1. Uji t

Uji t digunakan untuk mengetahui signifikansi pengaruh variabel *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon elongation*. Kriteria yang digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon elongation* dalam uji t ini sebagai berikut:

- a. Apabila nilai *P-value* lebih kecil dari nilai *alpha* (0,05) maka variabel *moon age* memiliki pengaruh terhadap variabel *moon elongation*.
- b. Apabila nilai *P-value* lebih besar dari nilai *alpha* (0,05) maka variabel *moon age* tidak memiliki pengaruh terhadap variabel *moon elongation*.

Tabel 4. 17 Hasil uji t *moon age* (horizon) terhadap *moon elongation*
(Kota Banda Aceh)

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	3,16377706	0,135613742	23,3293	1,1278E-57
Moon Age	0,35274462	0,015535419	22,7058	5,0172E-56

Hasil uji t untuk markas Banda Aceh menunjukkan bahwa nilai *P-value* lebih kecil dari nilai *alpha* (0,05), sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel *moon age* memiliki pengaruh terhadap variabel *moon elongation*. Nilai *coefficients moon age* bernilai positif, artinya ketika nilai variabel *moon age* naik, maka nilai *moon elongation* juga ikut naik. Sehingga dapat dibuat persamaan $y = 3,164 + 0,3527 X$. Ketika *moon age* bernilai 1 jam, maka *moon elongation* akan bertambah sebesar 0,3527 derajat.

Tabel 4. 18 Hasil uji t *moon age* (horizon) terhadap *moon elongation*
(Kota Manado)

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	2,7343616	0,153617882	17,7998	2,411E-42
Moon Age	0,3768604	0,015574207	24,1977	6,195E-60

Hasil uji t pada markas Manado menunjukkan bahwa nilai *P-value* lebih kecil dari nilai *alpha* (0,05), mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh variabel *moon age* terhadap variabel *moon elongation*. Koefisien *moon age*

memiliki nilai positif, menandakan bahwa kenaikan nilai *moon age* juga diikuti oleh kenaikan nilai *moon elongation*. Dengan demikian, dapat dibentuk model persamaan $y = 2,7343 + 0,3768 X$. Ketika *moon age* bernilai 1 jam, maka *moon elongation* akan bertambah sebesar 0,3768 derajat.

Tabel 4. 19 Hasil uji t *moon age* (horizon) terhadap *moon elongation* (Kota Jayapura)

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	2,94392108	0,145211428	20,2733	2,1449E-49
Moon Age	0,36885051	0,015391036	23,9653	2,4715E-59

Hasil uji t yang dilakukan di markas Jayapura menunjukkan bahwa nilai *P-value* lebih kecil dibandingkan dengan nilai *alpha* (0,05). Ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh antara variabel *moon age* dengan variabel *moon elongation*. Koefisien *moon age* menunjukkan angka positif, menggambarkan bahwa kenaikan nilai *moon age* juga mengakibatkan peningkatan nilai *moon elongation*. Dengan demikian, dapat dirumuskan suatu model matematis $y = 2,9439 + 0,3688 X$. Ketika *moon age* bernilai 1 jam, maka nilai *moon altitude* akan meningkat sebesar 0,3688 derajat.

Berdasarkan hasil uji t dari ketiga tabel di atas dapat disimpulkan bahwa *moon age* memiliki pengaruh terhadap *moon elongation* karena nilai *P-value* yang dihasilkan dari ketiga tabel tersebut lebih kecil dari 0,05.

2. Uji F

Uji F digunakan untuk mengetahui apakah variabel *moon age* konjungsi horizon secara bersamaan memiliki pengaruh terhadap *moon elongation* sebagai variabel dependen. Kriteria yang digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon elongation* dalam uji F ini sebagai berikut:

- a. Apabila nilai *Significance F* lebih kecil dari nilai *alpha* (0,05) maka variabel *moon age* memiliki pengaruh terhadap variabel *moon elongation*.
- b. Apabila nilai *Significance F* lebih besar dari nilai *alpha* (0,05) maka variabel *moon age* tidak memiliki pengaruh terhadap variabel *moon elongation*.

Tabel 4. 20 Hasil uji F *moon age* (horizon) terhadap *moon elongation* (Kota Banda Aceh)

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	830,145	830,145	515,555	5,01716E-56
Residual	190	305,9375	1,6102		
Total	191	1136,083			

Hasil uji F untuk markas Banda Aceh menunjukkan bahwa nilai *Significance F* lebih kecil dari nilai *alpha* (0,05), sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel *moon age* memiliki pengaruh terhadap variabel *moon elongation*.

Tabel 4. 21 Hasil uji F *moon age* (horizon) terhadap *moon elongation* (Kota Manado)

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	969,641	969,641	585,53	6,19461E-60
Residual	190	314,641	1,656006		
Total	191	1284,28			

Hasil uji F untuk markas Manado menunjukkan bahwa nilai *Significance F* lebih kecil dari nilai *alpha* (0,05), sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel *moon age* memiliki pengaruh terhadap variabel *moon elongation*.

Tabel 4. 22 Hasil uji F *moon age* (horizon) terhadap *moon elongation* (Kota Jayapura)

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	956,219	956,219	574,335	2,47148E-59
Residual	190	316,334	1,66492		
Total	191	1272,55			

Hasil uji F untuk markas Jayapura menunjukkan bahwa nilai *Significance F* lebih kecil dari nilai *alpha* (0,05), sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel *moon age* memiliki pengaruh terhadap variabel *moon elongation*.

Berdasarkan hasil uji F dari ketiga tabel di atas dapat disimpulkan bahwa *moon age* konjungsi horizon memiliki pengaruh terhadap *moon elongation* karena nilai *Significance F* yang dihasilkan dari ketiga tabel tersebut lebih kecil dari 0,05.

3. Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien Determinasi digunakan untuk mengetahui seberapa besar persentasi pengaruh variabel *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon elongation*. Sebelum membahas koefisien determinasi, perlu untuk mengetahui kekuatan hubungan antara variabel *moon age* konjungsi horizon dengan *moon elongation*. Kriteria yang digunakan untuk mengetahui kekuatan hubungan antara variabel *moon age* konjungsi horizon dengan *moon elongation* sebagai berikut.

Tabel 4. 23 Kekuatan hubungan antar variabel³

R	Hubungan
$0,00 < R < 0,20$	Sangat Lemah
$0,20 < R < 0,40$	Lemah
$0,40 < R < 0,60$	Cukup Kuat
$0,60 < R < 0,80$	Kuat
$0,80 < R < 1,00$	Sangat Kuat

³ Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D* (Bandung: Alfabeta, 2010).

Tabel 4. 24 Hasil koefiesien determinasi *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon elongation* (Kota Banda Aceh)

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,854815
R Square	0,730708
Adjusted R Square	0,729291
Standard Error	1,268935
Observations	192

Kekuatan hubungan antara variabel *moon age* konjungsi horizon dengan *moon elongation* dengan titik koordinat Banda Aceh menunjukkan **kuat**. Karena nilai *Multiple R* dari tabel di atas adalah 0,7307. Nilai koefisiensi dapat dilihat dari nilai *R Square* yang menunjukkan 0,73 atau 73%. Artinya variabel *moon age* memiliki pengaruh sebesar 73% terhadap *moon elongation*, sisanya dipengaruhi oleh faktor lainnya yang tidak dijelaskan didalam model. Rata-rata penyimpangan variabel dependen prediksi terhadap variabel dependen sebenarnya 1,27.

Tabel 4. 25 Hasil koefisien determinasi *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon elongation* (Kota Manado)

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,8689109
R Square	0,7550062
Adjusted R Square	0,7537168
Standard Error	1,2868589
Observations	192

Hubungan antara variabel *moon age* konjungsi horizon dengan *moon elongation* pada titik koordinat Manado menunjukkan hubungan **kuat**. Hal ini tercermin dari nilai *Multiple R* sebesar 0,7550 yang tercantum dalam tabel 4.15. Nilai koefisiensi dapat diinterpretasikan melalui nilai *R Square* yang mencapai 0,75 atau 75%. Artinya, sekitar 75% variasi dalam *moon elongation* dapat dijelaskan oleh variasi dalam *moon age*, sementara sisanya dipengaruhi oleh faktor-faktor lain yang tidak dijelaskan dalam model tersebut. Rata-rata kesalahan prediksi dari variabel dependen terhadap variabel dependen sebenarnya adalah sebesar 1,29.

Tabel 4. 26 Hasil koefisien determinasi *moon age* konjungsi horizon terhadap *moon elongation* (Kota Jayapura)

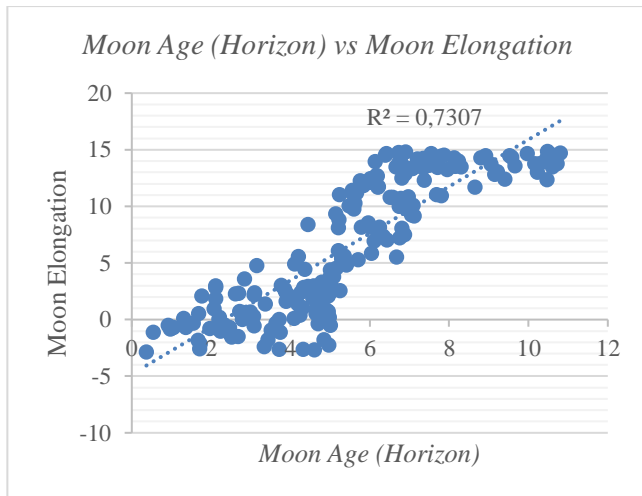
<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,866844
R Square	0,751418
Adjusted R Square	0,750109
Standard Error	1,290316
Observations	192

Keterkaitan antara *moon age* konjungsi horizon dan *moon elongation* di titik koordinat Jayapura menunjukkan korelasi yang **kuat**. Informasi tersebut tergambar dari angka *Multiple R* sebesar 0,7514 yang tercatat di Tabel 4.16. Koefisien tersebut dapat diinterpretasikan melalui nilai *R Square* yang mencapai 0,751 atau setara dengan 75%. Ini menandakan sekitar 75% variasi dalam *moon elongation* dapat dijelaskan oleh variasi dalam *moon age* konjungsi horizon, sementara sisanya dipengaruhi oleh faktor-faktor lain yang tidak diuraikan dalam model tersebut. Rata-rata kesalahan dalam memprediksi variabel dependen terhadap variabel dependen sebenarnya sebesar 1,29.

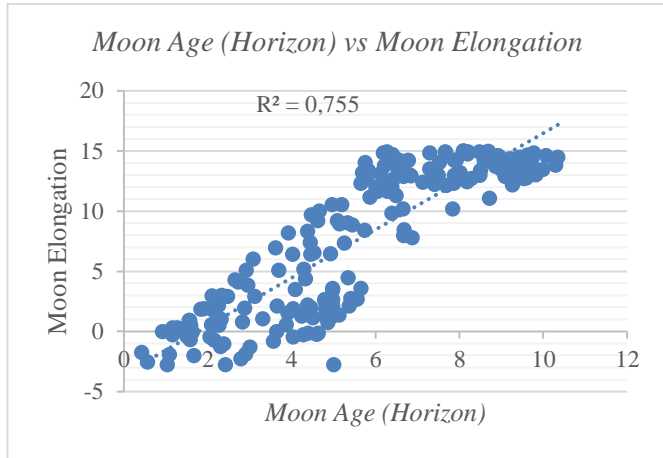
Berdasarkan ketiga tabel di atas dapat disimpulkan bahwa kekuatan hubungan antara variabel *moon age* konjungsi horizon dengan *moon elongation* tersebut **kuat**. Karena nilai *Multiple R* dari ketiga tabel tersebut memiliki

rentang kategori 0,60 sampai 0,80. Hal ini dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin lama *moon age* maka akan semakin tinggi nilai *moon elongation*. Nilai koefisiensi determinasi menunjukkan di bawah 0,75 atau 75%. Artinya variabel *moon age* memiliki pengaruh sebesar 75% terhadap *moon elongation*, sisanya dipengaruhi oleh faktor lainnya yang tidak dijelaskan didalam model. Rata-rata penyimpangan variabel dependen prediksi terhadap variabel dependen sebenarnya dibawah 1,29.

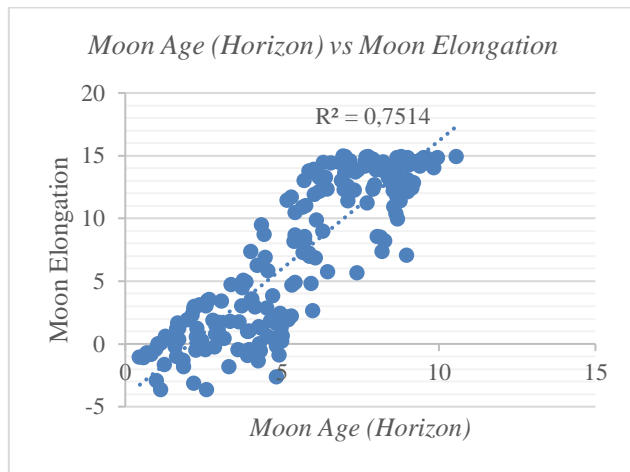
Hubungan antara *moon age* konjungsi horizon dengan *moon elongation* dapat digambarkan dalam sebuah grafik linearitas sebagai berikut.



Gambar 4. 8 Linearitas *moon age* (konjungsi horizon) terhadap *moon elongation* (Kota Banda Aceh)



Gambar 4. 9 Linearitas *moon age* (konjungsi horizon) terhadap *moon elongation* (Kota Manado)



Gambar 4. 10 Linearitas *moon age* (konjungsi horizon) terhadap *moon elongation* (Kota Jayapura)

Perbedaan gradien pada grafik tersebut dapat disebabkan oleh berbagai faktor. Salah satunya adalah perbedaan lokasi perhitungan. Koefisien determinasi *moon*

age konjungsi horizon terhadap *moon elongation* ketiga grafik tersebut sama dengan nilai dari *R Square* hitung. Nilai koefisien determinasi di bawah 0,75 atau 75%, artinya kriteria yang menjadikan *moon elongation* sebagai syarat penentuan awal bulan Kamariah dapat menggunakan *moon age* konjungsi horizon sebagai acuan.

Perhitungan konjungsi horizon bisa menjadi solusi untuk menentukan waktu terjadinya *ijtimā'* dalam perhitungan awal bulan Kamariah, karena dalam perhitungannya memperhatikan koordinat suatu tempat, sedangkan perhitungan konjungsi ekliptika ini mengabaikan koordinat suatu tempat, karena Bumi dianggap sebuah titik. Waktu terjadinya konjungsi ekliptika dengan konjungsi horizon memiliki selisih waktu yang bervariasi, selisih tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 27 Perbandingan Konjungsi ekliptika dan Konjungsi horizon (Kota Jayapura)

NO	BULAN	TAHUN	KONJUNSI EKLIPTIKA	KONJUNSI HORIZON	TINGGI HILAL	ELONGASI
1	Jumadilawal	1419	11:03:03,69	20:17:31,04	1°33'58,00"	3°13'00,77"
2	Muharam	1425	18:17:46,05	17:27:24,64	0°02'47,13"	4°48'58,67"
3	Syawal	1434	06:50:49,10	02:24:28,74	1°43'17,87"	7°08'04,82"
4	Syakban	1440	17:50:26,90	15:44:21,29	0°23'31,82"	4°57'24,64"
5	Syakban	1441	18:28:03,97	16:31:43,70	0°15'38,91"	4°59'41,28"
6	Safar	1445	18:38:02,92	17:14:03,50	0°08'27,73"	4°33'15,96"
7	Syawal	1463	17:41:02,62	16:47:30,34	0°01'15,08"	2°53'44,30"

Ketika menghubungkan berbagai kriteria yang ada di Indonesia, misalkan kriteria *wujūd al-hilāl*, dimana konjungsi ekliptika terjadi sebelum *sunset* sedangkan konjungsi horizon terjadi setelah *sunset* ataupun sebaliknya seperti pada tabel 3.5. Hal ini akan menimbulkan kerancuan dimana menurut konjungsi ekliptika, seperti pada bulan Jumadilawal 1419 H pada saat magrib jam 17:45:55,82 WIT tinggi hilal sudah berada pada ketinggian $1^{\circ}33'58,00''$. Jika dalam kriteria *wujūd al-hilāl* menggunakan konjungsi ekliptika, maka pada malam itu sudah memasuki bulan baru karena konjungsi sudah terjadi. Tetapi, jika menggunakan konjungsi horizon, maka malam tersebut belum masuk bulan baru karena belum terjadi konjungsi.

Kekurangan dari formulasi konjungsi horizon adalah waktu terjadinya konjungsi bersifat lokal, artinya waktu konjungsi akan berbeda-beda tergantung pada lokasi atau koordinat yang dihitung, sehingga untuk keperluan *Wilayah al-Hukmi* di Indonesia, perlu menghitung waktu konjungsi dari daerah Timur sampai Barat wilayah Indonesia. Selain itu, perhitungan konjungsi horizon juga lebih Panjang dari konjungsi ekliptika. Tetapi, formulasi konjungsi horizon juga memiliki kelebihan, yaitu waktu terjadinya konjungsi sesuai dengan lokasi suatu tempat. Hal ini akan terlihat ketika terjadi fenomena gerhana, dimana pada waktu terjadi konjungsi horizon, daerah tersebut mengalami puncak terjadinya gerhana.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan analisis pada bab-bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Algoritma konjungsi horizon ini disusun menggunakan dua konsep yang ada didalam buku *Astronomical Algorithm*, yaitu *iteration* dan *interpolation*. Iterasi digunakan untuk mendapatkan tiga data waktu konjungsi, kemudian ketiga data tersebut dilakukan interpolasi untuk mencari nilai minimum konjungsi.
2. *Moon age* konjungsi horizon mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap *moon altitude* dan *moon elongation*. Hal ini dibuktikan dengan hasil uji t dan uji F yang menunjukkan nilai signifikansinya kurang dari 0,05. Besarnya pengaruh *moon age* terhadap *moon altitude* kurang lebih adalah 89%, dan besarnya pengaruh *moon age* terhadap *moon elongation* kurang lebih adalah 75%, sehingga hipotesis *moon age* konjungsi horizon memiliki pengaruh terhadap *moon altitude* dan *moon elongation* dapat diterima.

B. Saran

Penelitian ini membahas mengenai formulasi konjungsi horizon berbasis algoritma Jean Meeus dan pengaruhnya terhadap penentuan awal bulan Kamariah, terdapat beberapa saran yang harus diperhatikan:

1. Perhitungan konjungsi horizon ini akan lebih efektif apabila menggunakan bantuan *Microsoft Office Excel* atau aplikasi web yang sudah disediakan, karena Langkah-langkahnya yang begitu Panjang dan rumit. Perlu adanya reformulasi algoritma agar perhitungannya lebih singkat dan akurat.
2. Model penelitian ini bisa dikembangkan dengan melihat perbandingan antara konjungsi ekliptika, maupun konjungsi horizon dengan menggunakan berbagai macam variabel seperti elongasi.

C. Kata Penutup

Alhamdulillah, penulis ucapkan kepada Allah *Subhanahu wata'ala* sebagai ungkapan rasa syukur atas terselesaikannya Tesis ini. *Akhirul kalam*, penulis menyadari bahwa Tesis ini masih jauh dari sempurna. Karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik konstruktif demi perbaikan penelitian di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Bukhori, Muhammad ibn Ismail Abu Abdullah. "Sahih Bukhori." In 3. Dar al-Thuq al-Najah, n.d.
- An-Nawawi, Imam Abu Zakariya Muhyiddin bin Syarof. "Al-Majmu' Syarh Al-Muhadzab." In *J. VI*. Beirut: Dar Kutub al-Ilmiah, 1996.
- Anshari, Nur. "Perumusan Garis Tanggal Kamariah Internasional Berdasarkan Konjungsi." *Al-Qadha: Jurnal Hukum Islam Dan Perundang-Undangan* 4, no. 2 (2017): 17–27.
- Anugraha, Rinto. *Mekanika Benda Langit*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, 2012.
- Arifin, Jaenal. "Fiqih Hisab Rukyah Di Indonesia (Telaah Sistem Penetapan Awal Bulan Qamariyyah)." *Yudisia* 5, no. 2 (2014).
- . "Fiqih Hisab Rukyah Di Indonesia (Telaah Sistem Penetapan Awal Bulan Qamariyyah)." *Yudisia: Jurnal Pemikiran Hukum Dan Hukum Islam* 5, no. 2 (2016).
- Arifin, Syamsul. "Manhaj Muhammadiyah Tentag Penentuan Awal Bulan Ramadhan, Syawal Dan Dzulhujjah." In *Upaya Penyatuan Kalender Hijriyah Indonesia Sejak 1975 Hingga Kini*. Duta Media, 2018.
- Arkanuddin, Mutoha, and Muh Ma'rufin Sudibyo. "KRITERIA VISIBILITAS HILAL RUKYATUL HILAL INDONESIA (RHI) (Konsep, Kriteria, Dan Implementasi)." *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 1, no. 1 (2015): 34–44. <https://doi.org/https://doi.org/10.30596/jam.v1i1.737>.
- Az-Zuhaili, Wahbah. "Al-Fiqhu Al-Islami Wa Adillatuhu." In *J. II*. Beirut: Dar al-Fikr, 1989.

- Azhari, H Susiknan. “Kalender Islam Ke Arah Integrasi Muhammadiyah-NU,” 2012.
- Azhari, Susiknan. *Ensiklopedia Hisab Rukyat*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2005.
- Basaria, Romauli, Adi Setiawan, and Eko Sedyono. “Penentuan Luas Wilayah Kabupaten Dan Kota Di Provinsi Sulawesi Tengah Menggunakan Metode Poligon Dengan Bantuan Google Earth.” *Jurnal Mereumatika: Jurnal Penelitian Matematika Dan Pendidikan Matematika* 3, no. 1 (2018).
- Beazley, Mitchell. *Astronomy Encyclopedia*. London: Octopus Publishing Group, 2002.
- Budiwati, Anisah. “Formulasi Kalender Hijriah Dalam Pendekatan Historis-Astronomis.” Universitas Islam Negeri Walisongo, 2019.
- Djamaluddin, Thomas. *Astronomi Memberi Solusi Penyatuan Umat*. Bandung: LAPAN, 2011.
- Echols, John M. *Kamus Inggris Indonesia*. Jakarta: PT. Gramedia, 2005.
- Fathullah, Ahmad Ghazali Muhammad. *Irsyad Al-Murid Ila Ma’rifati ‘Ilmi Al-Falak ‘Ala Al-Rashd Al-Jadid*. Cet. V. Lambulan: LFNU Lambulan, 1442.
- Fitriyanti, Vivit. “Penerapan Ilmu Astronomi Dalam Upaya Unifikasi Kalender Hijriyah Di Indonesia.” In *Annual Conference on Islamic Studies (ACIS)*. Surabaya: Annual International Conference on Islamic Studies, 2012.
- Hambali, Slamet. *Pengantar Ilmu Falak*. Yogyakarta: Bismillah Publisher, 2012.
- Hariyono. “Diferensial Penerapan Kriteria Neo Visibilitas Hilal

- MABIMS Di Indonesia Tahun 2021-2022 M/1442-1443 H.” Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang, 2022.
- Izzuddin, Ahmad. *Ilmu Falak Praktis*. Semarang: PT. Pustaka Rizki Putra, 2017.
- Karttunen, Hannu, Pekka Kröger, Heikki Oja, Markku Poutanen, and Karl Johan Donner. *Fundamental Astronomy*. Berlin: Springer, 2007.
- Khazin, Muhyiddin. *Ilmu Falak: Dalam Teori Dan Praktik*. Yogyakarta: Buana Pustaka, 2008.
- Lombardi, M. “Interpolation and Smoothing.” *Astronomy and Astrophysics* 395, no. 2 (2002): 733–45. <https://doi.org/10.1051/0004-6361:20021293>.
- Meeus, J. “Astronomical Algorithms (2nd Edition Errata).” *Astronomical Algorithms*, 1991.
- Meeus, Jean. *Astronomical Algorithms*. Virginia: Willmann-Bell, Inc., 1998.
- Mujtahidah, Nurul. “Pengaruh Konjungsi Ekuator Terhadap Penentuan Awal Bulan Hijriah.” Universitas Gadjah Mada, 2020.
- Munawwir, Ahmad Warson. *Al-Munawwir: Kamus Arab Indonesia*. Surabaya: Pustaka Progresif, 1997.
- Musfiroh, Imas, and Hendri. “Analisis Regresi Non Linier (Polinomial) Dalam Pembentukan Kriteria Visibilitas Hilal Di Indonesia.” *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 4, no. 1 (2018).
- Mustofa, Agus. *Mengintip Bulan Sabit Sebelum Maghrib*. Vol. 39. Surabaya: PADMA press, 2014.

- Muzamil, Lutfi Adnan. *STUDI FALAK DAN TRIGONOMETRI: Cara Cepat Dan Praktis Memahami Trigonometri Dalam Ilmu Falak*. Yogyakarta: CV. Pustaka Ilmu Group, 2015.
- Negoro, S. T., and B. Harahap. *Ensiklopedia Matematika*. Bogor: Ghalia Indonesia, 2005.
- Nurkhanif, Muhammad, Azmi Muttaqin, Ali Imron, and Mohd Razlan Ahmad. “THE INTEGRATION BETWEEN SYAR’I AND ASTRONOMY TO DETERMINE THE BEGINNING OF HIJRI CALENDAR: An Applied Study of Moon Elongation to Prove the Hilal Testimony.” *Ulul Albab: Jurnal Studi Islam* 23, no. 2 (2022).
- Raisal, Abu Yazid. “Berbagai Konsep Hilal Di Indonesia.” *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 4, no. 2 (2018).
- RI, Direktorat Urusan Agama dan Pembinaan Syariah dan Direktorat Jendral Bimbingan Masyarakat Islam Kementerian Agama. *Ephemeris Hisab Rukyat 2023*. Jakarta, 2023.
- Riza, Muhammad Himmatur. “Kriteria Kalender Hijriyah Global Tunggal Turki 2016 Perspektif Tim Hisab Rukyat Kementerian Agama RI.” *ElFalaky: Jurnal Ilmu Falak* 2, no. 1 (2018).
- Rofuiddin, Ahmad Adib. “Pemikiran Muhammad Abdul Hayy Tentang Penentuan Awal Bulan Hijriah Dengan Metode Rukyatul Hilal Pada Siang Hari.” *Jurnal Lentera: Kajian Keagamaan, Keilmuan Dan Teknologi* 18, no. 1 (2019): 92–110.
- Rohmah, Nihayatur. “Ijtimak Sebagai Prasarat Pergantian Bulan Baru Dalam Kalender Hijriyah.” *Al-Mikraj: Indonesian Journal of Islamic Studies and Humanities* 1, no. 1 (2020).
- Rohmat, H. “Penentuan Awal Bulan Qamariyah Menurut

- Muhammadiyah.” *Ijtimaiyya: Jurnal Pengembangan Masyarakat* 7, no. 1 (2014): 14–16.
- Sado, Arino Bemi. “Dakwah Inside : Solusi Penyatuan Madzhab Hisab Dan Madzhab Rukyat Dalam Penentuan Awal Bulan Kamariah.” *Tasamuh* Vol. 18, no. 1 (2020): 79–95.
- Setyanto, Hendro, and Fahmi Fatwa Rosyadi Satria Hamdani. “Kriteria 29: Cara Pandang Baru Dalam Penyusunan Kalender Hijriyah.” *Al-Ahkam* 25, no. 2 (2015): 205–20.
- Siyoto, Sandu, and M. Ali Sodik. *Dasar Metodologi Penelitian*. Yogyakarta: Literasi Media Publishing, 2015.
- Smart, William Marshall, and Robin Michael Green. *Textbook on Spherical Astronomy*. Cambridge University Press, 1977.
- Sugiyono. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2010.
- Syarif, Muh. Rasywan. “Diskursus Perkembangan Formulasi Kalender Hijriah.” *ElFalaky: Jurnal Ilmu Falak* Vol. 2, no. 1 (2018).
- TOASTI. *Buku Sakti Olimpiade Astronomi Edisi 2*. Bandung: Yrama Widya, 2020.
- Valencia, A M. *Astronomical Interpolation*. academia.edu, 1998.
- Villanueva, K. J. *Pengantar Ke Dalam Astronomi Geodesi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung, 1978.
- Waliawati, and M. Ihtirozun Ni’am. “Konvergensi Rukyat Tarbi’ Dan Badr Dengan Kriteria Imkanur Rukyat Neo MABIMS (Praktek Penentuan Awal Bulan Kamariah Di Pondok Pesantren Nurul Hidayah Garut).” *AL-AFAQ: Jurnal Ilmu Falak Dan Astronomi* 4, no. 2 (2022).

LAMPIRAN

Lampiran 1. *Script* Konjungsi horizon VBA

Public Function KonjungsiHorizon(ByVal Sheet As String) As String

Dim Bulan As Byte, Tahun As Double, TambahHari As Integer,
Lintang As Double, Bujur As Double

Dim TT As Double, TZ As Double, Kriteria As String, DeltaT As
String, Kota As String

Dim Bulan1 As Double, Tahun1 As Double, Koreksiawalbulan As
Double, Selisih As Double

Dim JDE As Double, JDIjt As Double, I As Byte, Temp As Variant,
LT As String, BT As String

Dim KU As Double, KoreksiWD As Double, EOT As Double, SDM
As Double, Dm As Double, WP As Double

Dim HMT As Double, SWM As Double, Maghrib As Double,
Ghurub As Double, Umur As Double, AZM As Double, ARM As
Double

Dim ARB As Double, SWB As Double, Db As Double, HP As
Double, SDB As Double, HHakiki As Double, AZC As Double

Dim BAZ As Double, Keadaan As String, PB As Double, Thkoreksi
As Double, Ref As Double, HAtas As Double, HTengah As Double,
HBawah As Double

Dim NF As Double, PNF As Double, SBSBH As Double, SBSBM
As Double, MK As Double, TerbHilal As Double, FI As Double

Dim NH As Double, MRG As Double, ELTopo As Double, ELGeo
As Double, MKHilal As Double, hmatahari As Double

Dim Jam1 As Double, Jam2 As Double, temp1 As String, temp2 As
String, WH As Double

Dim ELM As Double, ALB As Double, Konstanta As Double,
Kecepatan As Double, kecepatan1 As Double, Hmat As Double, HBul
As Double, JDAwal As Double

Dim HmTopo As Double, hTopo As Double, Er As Byte, Ket As
String

Dim Y1 As Double, Y2 As Double, Y3 As Double, Ym As Double, a
As Double, b As Double, c As Double, Nm As Double

Kota = Worksheets(Sheet).Range("A4").Value

Bulan = Worksheets(Sheet).Range("A10").Value
 Tahun = Worksheets(Sheet).Range("A11").Value
 TambahHari = Worksheets(Sheet).Range("A13").Value
 Lintang = Worksheets(Sheet).Range("A5").Value
 Bujur = Worksheets(Sheet).Range("A6").Value
 TT = Worksheets(Sheet).Range("A8").Value
 TZ = Worksheets(Sheet).Range("A7").Value
 Kriteria = Worksheets(Sheet).Range("A12").Value
 DeltaT = Worksheets(Sheet).Range("A14").Value

JDIjt = Ijtima_JeanMeeus(Bulan, Tahun, , DeltaT)

KU = 0.0293333333 * Sqr(TT)
 KoreksiWD = (TZ * 15# - Bujur) / 15#

Koreksiawalbulan = JDIjt

ELM = SunLongitudeHighAccuracy(Koreksiawalbulan, DeltaT)
 ALB = MoonLongitude(Koreksiawalbulan, DeltaT)

EOT = EquationOfTime(Koreksiawalbulan, DeltaT)

Dm = ApparentSunDeclinationHighAccuracy(Koreksiawalbulan, DeltaT)

ARM =

ApparentSunRightAscensionHighAccuracy(Koreksiawalbulan, DeltaT)

SWM = Modulus(GreenwichHourAngle(Koreksiawalbulan, DeltaT)
 + Bujur / 15, 24) * 15 - ARM

HMT = Degrees(Asin(Sin(Radians(Lintang)) * Sin(Radians(Dm)) +
 Cos(Radians(Lintang)) * Cos(Radians(Dm)) * Cos(Radians(SWM))))

HmTopo = SunGeoToTopo(Lintang, TT, Koreksiawalbulan, HMT)

ARB = ApparentMoonRightAscention(Koreksiawalbulan, DeltaT)

Db = MoonDeclination(Koreksiawalbulan, DeltaT)

SDB = MoonSemidiameter(Koreksiawalbulan, DeltaT)

HP = HorizontalMoonParallax(Koreksiawalbulan, DeltaT)

SWB = Modulus(GreenwichHourAngle(Koreksiawalbulan, DeltaT) +
 Bujur / 15, 24) * 15 - ARB

$HHakiki = \text{Degrees}(\text{Asin}(\text{Sin}(\text{Radians}(\text{Lintang})) * \text{Sin}(\text{Radians}(\text{Db})) + \text{Cos}(\text{Radians}(\text{Lintang})) * \text{Cos}(\text{Radians}(\text{Db})) * \text{Cos}(\text{Radians}(\text{SWB}))))$
 $hTopo = \text{MoonGeoToTopo}(\text{Lintang}, \text{TT}, \text{Koreksiawalbulan}, \text{HHakiki})$

$AZM = \text{Degrees}(\text{Atn2}(\text{Sin}(\text{Radians}(\text{Lintang})) * \text{Cos}(\text{Radians}(\text{SWM})) - \text{Cos}(\text{Radians}(\text{Lintang})) * \text{Tan}(\text{Radians}(\text{Dm})), \text{Sin}(\text{Radians}(\text{SWM}))))$
 $AZM = \text{Modulus}(AZM + 180, 360)$

$AZC = \text{Degrees}(\text{Atn2}(\text{Sin}(\text{Radians}(\text{Lintang})) * \text{Cos}(\text{Radians}(\text{SWB})) - \text{Cos}(\text{Radians}(\text{Lintang})) * \text{Tan}(\text{Radians}(\text{Db})), \text{Sin}(\text{Radians}(\text{SWB}))))$
 $AZC = \text{Modulus}(AZC + 180, 360)$

$'ELTopo = \text{Degrees}(\text{Acos}(\text{Sin}(\text{Radians}(\text{HmTopo})) * \text{Sin}(\text{Radians}(\text{HTopo})) + \text{Cos}(\text{Radians}(\text{HmTopo})) * \text{Cos}(\text{Radians}(\text{HTopo})) * \text{Cos}(\text{Radians}(\text{BAZ}))))$
 $'ELGeo = \text{Degrees}(\text{Acos}(\text{Sin}(\text{Radians}(\text{Dm})) * \text{Sin}(\text{Radians}(\text{Db})) + \text{Cos}(\text{Radians}(\text{Dm})) * \text{Cos}(\text{Radians}(\text{Db})) * \text{Cos}(\text{Radians}(\text{ARM} - \text{ARB}))))$
 $'FI = \text{FractionIllumination}(\text{Koreksiawalbulan}, \text{DeltaT})$
 $'Umur = (\text{Koreksiawalbulan} - \text{JDIjt}) * 24$

$\text{Jam1} = \text{CalDat}(\text{Koreksiawalbulan}, \text{TZ}, \text{"JDJAM"})$
 $\text{Konstanta} = (\text{hTopo} - \text{HmTopo})$
 $\text{JDAwal} = \text{Koreksiawalbulan}$
 $\text{Koreksiawalbulan} = \text{Koreksiawalbulan} + \text{Konstanta} / 24$

$\text{temp1} = \text{Konversi}(\text{Jam1}, \text{"JAM"}) \& \text{vbTab} \& \text{Konversi}(\text{ELM}) \& \text{vbTab} \& \text{Konversi}(\text{ALB}) \& \text{vbTab} \& _$
 $\text{Konversi}(\text{ARM}) \& \text{vbTab} \& \text{Konversi}(\text{ARB}) \& \text{vbTab} \& _$
 $\text{Konversi}(\text{HmTopo}) \& \text{vbTab} \& _$
 $\text{Konversi}(\text{hTopo}) \& \text{vbTab} \& \text{Konversi}(\text{AZM}) \& \text{vbTab} \& _$
 $\text{Konversi}(\text{AZC})$

$\text{For } I = 0 \text{ To } 2$
 $\text{Hmat} = \text{HmTopo}$
 $\text{HBul} = \text{hTopo}$

$\text{ELM} = \text{SunLongitudeHighAccuracy}(\text{Koreksiawalbulan}, \text{DeltaT})$
 $\text{ALB} = \text{MoonLongitude}(\text{Koreksiawalbulan}, \text{DeltaT})$

EOT = EquationOfTime(Koreksiawalbulan, DeltaT)
 Dm = ApparentSunDeclinationHighAccuracy(Koreksiawalbulan, DeltaT)
 ARM = ApparentSunRightAscensionHighAccuracy(Koreksiawalbulan, DeltaT)
 SWM = Modulus(GreenwichHourAngle(Koreksiawalbulan, DeltaT) + Bujur / 15, 24) * 15 - ARM
 HMT = Degrees(Asin(Sin(Radians(Lintang)) * Sin(Radians(Dm)) + Cos(Radians(Lintang)) * Cos(Radians(Dm)) * Cos(Radians(SWM))))
 HmTopo = SunGeoToTopo(Lintang, TT, Koreksiawalbulan, HMT)

 ARB = ApparentMoonRightAscention(Koreksiawalbulan, DeltaT)
 Db = MoonDeclination(Koreksiawalbulan, DeltaT)
 SDB = MoonSemidiameter(Koreksiawalbulan, DeltaT)
 HP = HorizontalMoonParallax(Koreksiawalbulan, DeltaT)
 SWB = Modulus(GreenwichHourAngle(Koreksiawalbulan, DeltaT) + Bujur / 15, 24) * 15 - ARB
 HHakiki = Degrees(Asin(Sin(Radians(Lintang)) * Sin(Radians(Db)) + Cos(Radians(Lintang)) * Cos(Radians(Db)) * Cos(Radians(SWB))))
 hTopo = MoonGeoToTopo(Lintang, TT, Koreksiawalbulan, HHakiki)

 AZM = Degrees(Atn2(Sin(Radians(Lintang)) * Cos(Radians(SWM)) - Cos(Radians(Lintang)) * Tan(Radians(Dm)), Sin(Radians(SWM))))
 AZM = Modulus(AZM + 180, 360)

 AZC = Degrees(Atn2(Sin(Radians(Lintang)) * Cos(Radians(SWB)) - Cos(Radians(Lintang)) * Tan(Radians(Db)), Sin(Radians(SWB))))
 AZC = Modulus(AZC + 180, 360)

 ELTopo = Degrees(Acos(Sin(Radians(HmTopo)) * Sin(Radians(HTopo)) + Cos(Radians(HmTopo)) * Cos(Radians(HTopo)) * Cos(Radians(BAZ))))


```
'      ELGeo = Degrees(Acos(Sin(Radians(Dm)) * Sin(Radians(Db)) +
Cos(Radians(Dm)) * Cos(Radians(Db)) * Cos(Radians(ARM - ARB))))
'      FI = FractionIllumination(Koreksiawalbulan, DeltaT)
'      Umur = (Koreksiawalbulan - JDIjt) * 24
```

```
Jam1 = CalDat(Koreksiawalbulan, TZ, "JDJAM")
Selisih = (Koreksiawalbulan - JDAwal) * 24
Kecepatan = (HmTopo - Hmat) / Selisih
kecepatan1 = (hTopo - HBul) / Selisih
Konstanta = (hTopo - HmTopo) * (1 / (kecepatan1 - Kecepatan))
If Konstanta > 360 Or Konstanta < -360 Then
    Konstanta = 0.1
End If
JDAwal = Koreksiawalbulan
Koreksiawalbulan = Koreksiawalbulan - Konstanta / 24
```

```
temp1 = temp1 & vbCr & Konversi(Jam1, "JAM") & vbTab &
Konversi(ELM) & vbTab & Konversi(ALB) & vbTab & _
    Konversi(ARM) & vbTab & Konversi(ARB) & vbTab &
Konversi(HmTopo) & vbTab & _
    Konversi(hTopo) & vbTab & Konversi(AZM) & vbTab &
Konversi(AZC)
```

```
If I = 0 Then
    Temp = Konstanta & vbTab & Koreksiawalbulan
Else
    Temp = Temp & vbTab & Konstanta & vbTab &
Koreksiawalbulan
End If
```

```
Next
```

```
Temp = Split(Temp, vbTab)
Y1 = Cdbl(Temp(0))
Y2 = Cdbl(Temp(2))
Y3 = Cdbl(Temp(4))
```

```
a = Y2 - Y1
```

$$b = Y3 - Y2$$

$$c = b - a$$

$$Nm = 0$$

For I = 0 To 3

$$Nm = ((-2 * Y2) / (a + b + c * Nm))$$

Debug.Print Nm

Next

$$\text{Koreksiawalbulan} = \text{CDBl}(\text{Temp}(3)) - (Nm * \text{Konstanta}) / 24$$

$$\text{ELM} = \text{SunLongitudeHighAccuracy}(\text{Koreksiawalbulan}, \text{DeltaT})$$

$$\text{ALB} = \text{MoonLongitude}(\text{Koreksiawalbulan}, \text{DeltaT})$$

$$\text{EOT} = \text{EquationOfTime}(\text{Koreksiawalbulan}, \text{DeltaT})$$

$$Dm = \text{ApparentSunDeclinationHighAccuracy}(\text{Koreksiawalbulan}, \text{DeltaT})$$

$$\text{ARM} =$$

$$\text{ApparentSunRightAscensionHighAccuracy}(\text{Koreksiawalbulan}, \text{DeltaT})$$

$$\text{SWM} = \text{Modulus}(\text{GreenwichHourAngle}(\text{Koreksiawalbulan}, \text{DeltaT}) + \text{Bujur} / 15, 24) * 15 - \text{ARM}$$

$$\text{HMT} = \text{Degrees}(\text{Asin}(\text{Sin}(\text{Radians}(\text{Lintang})) * \text{Sin}(\text{Radians}(Dm)) + \text{Cos}(\text{Radians}(\text{Lintang})) * \text{Cos}(\text{Radians}(Dm)) * \text{Cos}(\text{Radians}(\text{SWM}))))$$

$$\text{HmTopo} = \text{SunGeoToTopo}(\text{Lintang}, \text{TT}, \text{Koreksiawalbulan}, \text{HMT})$$

$$\text{ARB} = \text{ApparentMoonRightAscention}(\text{Koreksiawalbulan}, \text{DeltaT})$$

$$Db = \text{MoonDeclination}(\text{Koreksiawalbulan}, \text{DeltaT})$$

$$\text{SDB} = \text{MoonSemidiameter}(\text{Koreksiawalbulan}, \text{DeltaT})$$

$$\text{HP} = \text{HorizontalMoonParallax}(\text{Koreksiawalbulan}, \text{DeltaT})$$

$$\text{SWB} = \text{Modulus}(\text{GreenwichHourAngle}(\text{Koreksiawalbulan}, \text{DeltaT}) + \text{Bujur} / 15, 24) * 15 - \text{ARB}$$

$$\text{HHakiki} = \text{Degrees}(\text{Asin}(\text{Sin}(\text{Radians}(\text{Lintang})) * \text{Sin}(\text{Radians}(Db)) + \text{Cos}(\text{Radians}(\text{Lintang})) * \text{Cos}(\text{Radians}(Db)) * \text{Cos}(\text{Radians}(\text{SWB}))))$$

$$h\text{Topo} = \text{MoonGeoToTopo}(\text{Lintang}, \text{TT}, \text{Koreksiawalbulan}, \text{HHakiki})$$

$$\text{AZM} = \text{Degrees}(\text{Atn2}(\text{Sin}(\text{Radians}(\text{Lintang})) * \text{Cos}(\text{Radians}(\text{SWM})) - \text{Cos}(\text{Radians}(\text{Lintang})) * \text{Tan}(\text{Radians}(Dm)), \text{Sin}(\text{Radians}(\text{SWM}))))$$

$$\text{AZM} = \text{Modulus}(\text{AZM} + 180, 360)$$

$AZC = \text{Degrees}(\text{Atn2}(\text{Sin}(\text{Radians}(\text{Lintang})) * \text{Cos}(\text{Radians}(\text{SWB})) - \text{Cos}(\text{Radians}(\text{Lintang})) * \text{Tan}(\text{Radians}(\text{Db})), \text{Sin}(\text{Radians}(\text{SWB}))))$
 $AZC = \text{Modulus}(AZC + 180, 360)$

$\text{ELTopo} = \text{Degrees}(\text{Acos}(\text{Sin}(\text{Radians}(\text{HmTopo})) * \text{Sin}(\text{Radians}(\text{HTopo})) + \text{Cos}(\text{Radians}(\text{HmTopo})) * \text{Cos}(\text{Radians}(\text{HTopo})) * \text{Cos}(\text{Radians}(\text{BAZ}))))$

$\text{ELGeo} = \text{Degrees}(\text{Acos}(\text{Sin}(\text{Radians}(\text{Dm})) * \text{Sin}(\text{Radians}(\text{Db})) + \text{Cos}(\text{Radians}(\text{Dm})) * \text{Cos}(\text{Radians}(\text{Db})) * \text{Cos}(\text{Radians}(\text{ARM} - \text{ARB}))))$

$\text{FI} = \text{FractionIllumination}(\text{Koreksiawalbulan}, \text{DeltaT})$

$\text{Umur} = (\text{Koreksiawalbulan} - \text{JDIjt}) * 24$

$\text{Jam1} = \text{CalDat}(\text{Koreksiawalbulan}, \text{TZ}, \text{"JDJAM"})$

$\text{temp1} = \text{temp1} \& \text{vbCr} \& \text{Konversi}(\text{Jam1}, \text{"JAM"}) \& \text{vbTab} \& \text{Konversi}(\text{ELM}) \& \text{vbTab} \& \text{Konversi}(\text{ALB}) \& \text{vbTab} \& _$

$\text{Konversi}(\text{ARM}) \& \text{vbTab} \& \text{Konversi}(\text{ARB}) \& \text{vbTab} \& \text{Konversi}(\text{HmTopo}) \& \text{vbTab} \& _$

$\text{Konversi}(\text{hTopo}) \& \text{vbTab} \& \text{Konversi}(\text{AZM}) \& \text{vbTab} \& \text{Konversi}(\text{AZC})$

$\text{LT} = \text{Iif}(\text{Lintang} < 0, \text{Konversi}(\text{Abs}(\text{Lintang})) \& \text{" LS "}, \text{Konversi}(\text{Lintang}) \& \text{" LU "})$

$\text{BT} = \text{Iif}(\text{Bujur} < 0, \text{Konversi}(\text{Abs}(\text{Bujur})) \& \text{" BB "}, \text{Konversi}(\text{Bujur}) \& \text{" BT "})$

$\text{KonjungsiHorizon} = \text{"Waktu"} \& \text{vbTab} \& \text{"Bujur Ekliptika Matahari"} \& \text{vbTab} \& \text{"Bujur Ekliptika Bulan"} \& \text{vbTab} \& \text{"Asensio Rekta Matahari"} \& \text{vbTab} \& \text{"Asensio Rekta Bulan"} \& _$

$\text{vbTab} \& \text{"Tinggi Matahari Toposentrik"} \& \text{vbTab} \& \text{"Tinggi Bulan Toposentrik"} \& \text{vbTab} \& \text{"Azimut Matahari"} \& \text{vbTab} \& \text{"Azimut Bulan"} \& \text{vbCr} \& _$

temp1

$\text{KonjungsiHorizon} = \text{"Tracking Konjungsi Horizon "} \& \text{CalDat}(\text{Koreksiawalbulan}, \text{TZ}, \text{"TANGGAL"}) \& \text{" ("} \& \text{BulanHijriah}(\text{Bulan}) \& \text{" "} \& \text{Tahun} \& \text{" H")} \& _$

```

vbCr & "Koordinat: " & Kota & " " & LT & BT & TT
& " Meter " & TZ & " GMT" & _
vbCr & " " & vbCr & KonjungsiHorizon

```

End Function

Lampiran 2. *Script* Konjungsi horizon dengan memasukkan jumlah bulan yang dihitung

```

Public Function Pola_Hijriah(ByVal Sheet As String) As String
    Dim Indek As Long, Temp As Variant, Temp1 As Variant, temp2 As
Variant, a As Byte, b As Long
    Dim c As Double, D As String, E As String, F As Double, G As
Double, H As String, I As String, J As Double
    Dim K As Double, L As String, M As String, N As Double, O As
Double, P As String, Isi As Double
    Dim Wb As Workbook, Ws As Worksheet, Q As Double, R As
Double
    Dim Bulan As Byte, Tahun As Double, Lintang As Double, Bujur As
Double
    Dim TT As Double, TZ As Double, Kriteria As String, DeltaT As
String, Jumlah_Bulan As Double
    Dim ALM As Double, ALB As Double, LM As Double, LB As
Double
    Dim ARM As Double, ARB As Double, Dm As Double, Db As
Double
    Dim HM As Double, HB As Double, AZM As Double, AZB As
Double
    Dim Age_Ekliptika As Double, Age_Ekuator As Double,
Age_Horizon As Double, Ket As String, Er As String

```

```

Set Wb = ThisWorkbook
Set Ws = Wb.Worksheets("Data")

```

```

Bulan = Worksheets(Sheet).Range("A10").Value
Tahun = Worksheets(Sheet).Range("A11").Value

```



```

Temp1 = Split(KonjungsiHorizon(a, b, , DeltaT), vbCr)
N = Cdbl(Temp1(0)) - K
Lunasi Horizon
HM = Cdbl(Temp(1))
HB = Cdbl(Temp(2))
AZM = Cdbl(Temp(3))
AZB = Cdbl(Temp(4))
'Durasi

```

```

'/////////////////////////////////////////////////////////////////
/////////////////////////////////////////////////////////////////
/////////////////////////////////////////////////////////////////

```

```

Temp = Split(Koreksi(Bulan, Tahun, 0, Lintang, Bujur, TT, TZ,
Kriteria, DeltaT), vbCr)
O = Cdbl(Temp(0))
Kriteria 29
P = CalDat(O, TZ, "Tanggal")
Ijtima' Kriteria 29
Q = Cdbl(Temp(4))
R = Cdbl(Temp(5))
'JD Ijtima'
'Tanggal

```

'/// Analisis \\\\///

```

Age_Ekliptika = (O - c) * 24
Age_Ekuator = (O - G) * 24
Age_Horizon = (O - K) * 24

```

```

If (Age_Ekliptika < 0 And Age_Horizon > 0) Or (Age_Ekliptika >
0 And Age_Horizon < 0) Then
    Ket = "Berbeda"
Else
    Ket = ""
End If

```

If Indek = 1 Then

```

    Pola_Hijriah = (Isi - 2 + Indek) & vbTab & BulanHijriah(Bulan)
& vbTab & Tahun & vbTab & _
        c & vbTab & D & vbTab & E & vbTab & F & vbTab
& ALM & vbTab & ALB & vbTab & LM & vbTab & LB & vbTab &
(LB - LM) & vbTab & _
        G & vbTab & H & vbTab & I & vbTab & J & vbTab &
ARM & vbTab & ARB & vbTab & Dm & vbTab & Db & vbTab & (Db
- Dm) & vbTab & _
        K & vbTab & L & vbTab & M & vbTab & N & vbTab
& HM & vbTab & HB & vbTab & (HB - HM) & vbTab & AZM &
vbTab & AZB & vbTab & (AZB - AZM) & vbTab & _
        O & vbTab & P & vbTab & Q & vbTab & R & vbTab
& Age_Ekliptika & vbTab & Age_Ekuator & vbTab & Age_Horizon &
vbTab & Ket & vbTab & Er
    Else
        Pola_Hijriah = Pola_Hijriah & vbCr & _
(Isi - 2 + Indek) & vbTab & BulanHijriah(Bulan) &
vbTab & Tahun & vbTab & _
        c & vbTab & D & vbTab & E & vbTab & F & vbTab
& ALM & vbTab & ALB & vbTab & LM & vbTab & LB & vbTab &
(LB - LM) & vbTab & _
        G & vbTab & H & vbTab & I & vbTab & J & vbTab &
ARM & vbTab & ARB & vbTab & Dm & vbTab & Db & vbTab & (Db
- Dm) & vbTab & _
        K & vbTab & L & vbTab & M & vbTab & N & vbTab
& HM & vbTab & HB & vbTab & (HB - HM) & vbTab & AZM &
vbTab & AZB & vbTab & (AZB - AZM) & vbTab & _
        O & vbTab & P & vbTab & Q & vbTab & R & vbTab
& Age_Ekliptika & vbTab & Age_Ekuator & vbTab & Age_Horizon &
vbTab & Ket & vbTab & Er
    End If

    Bulan = Bulan + 1
Next

If Bulan > 12 Then
    Bulan = Bulan - 12
    Tahun = Tahun + 1

```


End If

```
Worksheets("Isian").Range("A10").Value = Bulan  
Worksheets("Isian").Range("A11").Value = Tahun
```

End Function

Lampiran 3. *Script* Peta Konjungsi horizon

```
<!DOCTYPE html>  
<html>  
  <head>  
    <meta charset="utf-8">  
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-  
scale=1">  
    <title>Konjungsi Horizon</title>  
  </head>  
  
  <?!= include('Stylesheet'); ?>  
  <?!= include('Matematika'); ?>  
  <?!= include('Sun_HighAccuracy'); ?>  
  <?!= include('Astronomical_Algorithm'); ?>  
  <?!= include('Awal_Bulan'); ?>  
  <?var url = ScriptApp.getService().getUrl();?><input type="hidden"  
value="<?= url ?>" id="url" />  
  
  <script>  
    function GetKota(Provinsi){  
      google.script.run.withSuccessHandler(function(ar){  
        console.log(ar);  
        kota.length = 0;  
  
        let option = document.createElement("option");  
        option.value = "";  
        option.text = "";  
        kota.appendChild(option);  
        ar.forEach(function(item, index){  
          let option = document.createElement("option");  
          option.value = item;  
          option.text = item;
```

```

    kota.appendChild(option);
  });

  }).getkota(Provinsi);
};
</script>
<body>
  <div class="container">
    <div class="Input">
      <br>
      <h2>Hisab Konjungsi Lokal</h2><br>
      <form>
        <label for="BulanH">Bulan Hijriah:</label>
        <select id="BulanH" name="BulanH" required>
          <option value="1" data-text="Muharram">Muharram</option>
          <option value="2" data-text="Shafar">Shafar</option>
          <option value="3" data-text="Rabi'ul Awal">Rabi'ul
Awal</option>
          <option value="4" data-text="Rabi'ul Akhir">Rabi'ul
Akhir</option>
          <option value="5" data-text="Jumadil Awal">Jumadil
Awal</option>
          <option value="6" data-text="Jumadil Akhir">Jumadil
Akhir</option>
          <option value="7" data-text="Rajab">Rajab</option>
          <option value="8" data-text="Sya'ban">Sya'ban</option>
          <option value="9" data-text="Ramadhan">Ramadhan</option>
          <option value="10" data-text="Syawal">Syawal</option>
          <option value="11" data-text="Dzul Qo'dah">Dzul
Qo'dah</option>
          <option value="12" data-text="Dzul Hijjah">Dzul Hijjah</option>
        </select><br>
        <label for="TahunH">Tahun Hijriah:</label>
        <input type="text" id="TahunH" name="TahunH" required
placeholder="Masukkan Tahun Hijriyah"><br>
        <label for="Provinsi">Nama Provinsi:</label>
        <select name="Provinsi" id="provinsi" required
onchange="GetKota(this.value)" >
          <option selected disabled value="">Pilih Provinsi</option>
          <option value="" ></option>

```

```

    <? for(var i = 0; i < prov.length; i++) { ?>
    <option value="<?= prov[i] ?>" ><?= prov[i] ?></option>
    <? } ?>
</select><br>
<label>Kota:</label>
<select name="kota" id="kota" required>
  <option selected disabled value="">Pilih Kota</option>
</select><br><br>
<input type="submit" value="Hitung">
<button type="button" id="TombolPeta">Peta Konjungsi</button>
</form>
</div>

<div class="Data">
  <div class = "Data1">
    <p id="Judul"></p>
  </div>
  <div class = "Data2">
    <p id="Markas"></p>
  </div>
  <div class = "Data3">
    <div class="D1">
      <p id="JamIjtGeo1"></p>
      <p id="TanggalljtGeo1"></p>
      <p id="JamIjtTopo1"></p>
      <p id="TanggalljtTopo1"></p>
    </div>
    <div class="D2">
      <p id="JamIjtGeo"></p>
      <p id="TanggalljtGeo"></p>
      <p id="JamIjtTopo"></p>
      <p id="TanggalljtTopo"></p>
    </div>
  </div>
  <div class = "Data4">
    <div class="D3">
      <p id="hsb1"></p>
      <p id="Maghrib1"></p>
      <p id="HHakiki1"></p>
      <p id="hTopo1"></p>
      <p id="ELGeo1"></p>
      <p id="ELTopo1"></p>
    </div>
  </div>

```

```

<p id="AZM1"></p>
<p id="AZC1"></p>
<p id="BAZ1"></p>
<p id="UmrGeo1"></p>
<p id="UmrTopo1"></p>
</div>
<div class="D4">
  <p id="hsb"></p>
  <p id="Maghrib"></p>
  <p id="HHakiki"></p>
  <p id="hTopo"></p>
  <p id="ELGeo"></p>
  <p id="ELTopo"></p>
  <p id="AZM"></p>
  <p id="AZC"></p>
  <p id="BAZ"></p>
  <p id="UmrGeo"></p>
  <p id="UmrTopo"></p>
</div>
</div>
</div>

```

```

<div class="petakonjungsi">
  <h3 id="judulpeta">Peta Konjungsi Lokal</h3>
  <h4 id="tglpeta"> </h4><br><br>
  <div class="map-container">
    
    </div>

```

```

  <div class="Legend">
    <div id="Legend-A" class="Legend-Item">
      <div class="Legend-Color" style="background-color:
rgba(150,58,230,0.5);"></div>
      <div class="Legend-Label">Wilayah A</div>
    </div>
    <div id="Legend-B" class="Legend-Item">
      <div class="Legend-Color" style="background-color:
rgba(113,211,116,0.5);"></div>
      <div class="Legend-Label">Wilayah B</div>
    </div>
    <div id="Legend-C" class="Legend-Item">

```

```

        <div class="Legend-Color" style="background-color:
        rgba(113,130,116,0.5);"></div>
        <div class="Legend-Label">Wilayah C</div>
    </div>
</div>
<div>
    <p id="LatLonDisplay">Lintang: 0, Bujur: 0</p>
</div>
</div>
</body>

<script>

function populateLokasi() {
    google.script.run.withSuccessHandler(function(data) {
        const selectLokasi = document.getElementById('kota');
        data.kota.forEach(item => {
            const option = document.createElement('option');
            option.value = item;
            option.text = item;
            selectLokasi.appendChild(option);
        });
    }).getprovinsi();
}

document.addEventListener("DOMContentLoaded", function() {
    populateLokasi();
});

var bulan;
var tahun;
var lintang;
var bujur;
var timezone;
var prov;
var kot;
var JDAwalBulan;
var horizon;
var JDljtGeo;
var JDljtTopo;
var TglGeo;

```

```
var JamGeo;  
var TglTopo;  
var JamTopo;  
var TglHisab;  
var Maghrib;  
var HHakiki;  
var ELGeo;  
var hTopo;  
var ELTopo;  
var UmurGeo;  
var UmurTopo;  
var AZM;  
var AZC;  
var BAZ;
```

```
document.addEventListener("DOMContentLoaded", function() {  
    populateLokasi();  
});
```

```
// Menangani pengiriman formulir saat tombol "Submit" ditekan  
const form = document.querySelector("form");  
form.addEventListener("submit", function(event) {  
    event.preventDefault(); // Mencegah pengiriman formulir langsung
```

```
// Mengambil nilai dari input field  
bulan = parseInt(document.getElementById("BulanH").value);  
tahun = parseInt(document.getElementById("TahunH").value);
```

```
// Mendapatkan elemen select  
var select = document.getElementById("BulanH");
```

```
// Mendapatkan indeks pilihan yang dipilih  
var selectedIndex = select.selectedIndex;
```

```
prov = document.getElementById("provinsi").value;  
kot = document.getElementById("kota").value;
```

```
// Mengirim permintaan ke server untuk mendapatkan data kolom tiga  
sampai ke empat
```

```
google.script.run.withSuccessHandler(function(data) {  
    //console.log(data); // Untuk memeriksa data yang diterima  
    lintang = parseFloat(data.dLat);
```

```

    bujur = parseFloat(data.dLon);
    timezone = parseFloat(data.dTiz);

    // Setelah menerima data, panggil fungsi perhitungan
    hitungHilal();
    tulisHasil();

    }).getDataFromSheetByLocation(kot);

    // Untuk keperluan contoh, kami akan menampilkan pesan ke konsol
    console.log("Data yang akan dikirim ke server.");
    console.log("Bulan: " + bulan);
    console.log("Tahun: " + tahun);
    console.log("Provinsi: " + prov);
    console.log("Kota: " + kot);
    console.log("Lintang: " + lintang);
    console.log("Bujur: " + bujur);
    console.log("Time Zone: " + timezone);
});

function hitungHilal(){
    JDAwalBulan = Koreksi(bulan, tahun, 0, lintang, bujur, 0, timezone,
    "IRNU", 1);
    horizon = Konjungsi_Horizon(bulan, tahun, 0, lintang, bujur, 0,
    timezone, 1);
    JDIjtGeo = Number(pisah(JDAwalBulan, 2));
    JDIjtTopo = Number(pisah(horizon, 0));
    TglGeo = Caldat(JDIjtGeo, timezone);
    JamGeo = Caldat(JDIjtGeo, timezone, "JAM");
    TglTopo = Caldat(JDIjtTopo, timezone);
    JamTopo = Caldat(JDIjtTopo, timezone, "JAM");
    TglHisab = Number(pisah(JDAwalBulan, 0));
    Maghrib = Konversi(Number(pisah(JDAwalBulan, 3)), "JAM");
    HHakiki = Konversi(Number(pisah(JDAwalBulan, 4)));
    ELGeo = Konversi(Number(pisah(JDAwalBulan, 5)));
    hTopo = Konversi(Number(pisah(JDAwalBulan, 6)));
    ELTopo = Konversi(Number(pisah(JDAwalBulan, 7)));
    UmurGeo = Konversi(Number(pisah(JDAwalBulan, 8)), "JAM1");
    UmurTopo = Konversi(Number(pisah(horizon, 1)), "JAM1");
    AZM = Konversi(Number(pisah(JDAwalBulan, 9)));
    AZC = Konversi(Number(pisah(JDAwalBulan, 10)));

```

```

    BAZ = Konversi(Number(pisah(JDAwalBulan, 11)));
}

function tulisHasil(){
    document.getElementById("Judul").innerHTML = "Hisab Awal Bulan "
+ BulanHijriah(bulan) + " " + tahun + " H";
    document.getElementById("Markas").innerHTML = "Markaz
perhitungan : " + kot + " " + Konversi(lintang, "L") + " " + Konversi(bujur,
"B");

    document.getElementById("JamIjtGeo1").innerHTML = "Jam Ijtima'
Geosentris";
    document.getElementById("TanggalljtGeo1").innerHTML = "Tanggal
Ijtima' Geosentris";
    document.getElementById("JamIjtTopo1").innerHTML = "Jam Ijtima'
Toposentris";
    document.getElementById("TanggalljtTopo1").innerHTML = "Tanggal
Ijtima' Toposentris";

    document.getElementById("JamIjtGeo").innerHTML = " : " + JamGeo;
    document.getElementById("TanggalljtGeo").innerHTML = " : " +
TglGeo;
    document.getElementById("JamIjtTopo").innerHTML = " : " +
JamTopo;
    document.getElementById("TanggalljtTopo").innerHTML = " : " +
TglTopo;

    document.getElementById("hsb1").innerHTML = "Tanggal
Perhitungan";
    document.getElementById("Maghrib1").innerHTML = "Waktu
Maghrib";
    document.getElementById("HHakiki1").innerHTML = "Tinggi Hilal
Geosentris";
    document.getElementById("hTopo1").innerHTML = "Tinggi Hilal
Toposentris";
    document.getElementById("ELGeo1").innerHTML = "Elongasi
Geosentris";
    document.getElementById("ELTopo1").innerHTML = "Elongasi
Toposentris";
    document.getElementById("AZM1").innerHTML = "Azimut Matahari";
    document.getElementById("AZC1").innerHTML = "Azimut Hilal";
    document.getElementById("BAZ1").innerHTML = "Beda Azimut";

```



```

document.getElementById("UmrGeo1").innerHTML = "Umur Hilal
(Geosentris)";
document.getElementById("UmrTopo1").innerHTML = "Umur Hilal
(Toposentris)";

document.getElementById("hsb").innerHTML = " : " +
Caldat(TglHisab, timezone);
document.getElementById("Maghrib").innerHTML = " : " + Maghrib;
document.getElementById("HHakiki").innerHTML = " : " + HHakiki;
document.getElementById("hTopo").innerHTML = " : " + hTopo;
document.getElementById("ELGeo").innerHTML = " : " + ELGeo;
document.getElementById("ELTopo").innerHTML = " : " + ELTopo;
document.getElementById("AZM").innerHTML = " : " + AZM;
document.getElementById("AZC").innerHTML = " : " + AZC;
document.getElementById("BAZ").innerHTML = " : " + BAZ;
document.getElementById("UmrGeo").innerHTML = " : " + UmurGeo;
document.getElementById("UmrTopo").innerHTML = " : " +
UmurTopo;
}

//kode untuk bagian peta//
var tombolPeta = document.getElementById("TombolPeta");

// Menambahkan fungsi JavaScript saat tombol diklik
tombolPeta.addEventListener("click", function() {
    // Gantilah dengan tindakan yang sesuai dengan kebutuhan Anda
    petaKonjungsi();
});

var mapContainer = document.querySelector('.map-container');
var mapWidth = mapContainer.offsetWidth;
document.querySelector('.Legend').style.width = `${mapWidth}px`;
var mapHeight = mapContainer.offsetHeight;

var markers = [];
var mapImage = document.querySelector('.map-container img');
var mapsClickable = true;

mapContainer.addEventListener('click', function(event) {

```

```

if (!mapsClickable) {
    return;
}

var mapContainer = document.querySelector('.map-container');
var mapWidth = mapContainer.offsetWidth;
var mapHeight = mapContainer.offsetHeight;

var top = event.clientY - mapContainer.getBoundingClientRect().top;
var left = event.clientX - mapContainer.getBoundingClientRect().left;

// Menghitung lat dan lon berdasarkan posisi x dan y
var lat = 6.7 - (17 * top / mapHeight);
var lon = 95 + (46 * left / mapWidth);
kot = "Titik"
lintang = lat;
bujur = lon;
if (bujur > 95 && bujur < 115){
    timezone = 7;
} else if (bujur > 115 && bujur < 125){
    timezone = 8;
} else if (bujur > 125 && bujur < 141){
    timezone = 9;
} else {
    timezone = lon / 15;
}
console.log("Latitude: " + lat + " " + lintang);
console.log("Longitude: " + lon + " " + bujur + " " + timezone);

var latLonDisplay = document.getElementById('LatLonDisplay');
latLonDisplay.textContent = 'Lintang: ' + Konversi(lat, "L") + ', Bujur: '
+ Konversi(lon, "B");
hitungHilal();
tulisHasil();
// Sekarang Anda memiliki nilai lat dan lon yang dapat Anda gunakan
sesuai kebutuhan.
});

// Fungsi untuk menonaktifkan klik pada gambar peta

```

```

function disableMapClick() {
  mapIsClickable = false;
}

// Fungsi untuk mengaktifkan klik pada gambar peta
function enableMapClick() {
  mapIsClickable = true;
}

// add mouseover event listener
mapContainer.addEventListener('mouseover', () => {
  console.log('Mouse over the map container');
  // do something, e.g. change the border color
  mapContainer.style.border = '2px solid lightblue';
});

// add mouseout event listener
mapContainer.addEventListener('mouseout', () => {
  console.log('Mouse out of the map container');
  // do something, e.g. remove the border
  mapContainer.style.border = 'none';
});

function petaKonjungsi() {
  // Nonaktifkan klik pada gambar peta ketika menambahkan marker
  disableMapClick();
  let overlay = mapContainer.querySelector('.overlay'); // find the
  overlay
  if (overlay) { // if the overlay exists
    mapContainer.removeChild(overlay); // remove the overlay
  }

  // Menghapus semua marker yang sudah ada
  var existingMarkers = mapContainer.querySelectorAll('.map-marker');
  existingMarkers.forEach(function(existingMarker) {
    existingMarker.remove();
  });
}

```

```

// Mengosongkan array markers
markers = [];

// Menambahkan marker baru ke dalam array markers
for (var i = 0; i <= 339; i++) {
  for (var j = 0; j <= 850; j++) {
    lat = 6.7 - 17 * i / 339;
    lon = 95 + 46 * j / 850;

    JDAwalBulan = Koreksi(bulan, tahun, 0, lat, lon, 0, timezone,
"IRNU", 1);
    horizon = Konjungsi_Horizon(bulan, tahun, 0, lat, lon, 0, timezone,
1);
    hTopo = Number(pisah(JDAwalBulan, 6));
    ELTopo = Number(pisah(JDAwalBulan, 7));
    UmurTopo = Number(pisah(horizon, 1));

//peta ketunggian hilal
if (UmurTopo <= 0) {
  var marker = {
    top: i,
    left: j,
    'background-color': 'rgba(113,130,116,0.5' + ')'
  };
  markers.push(marker);
} else if (UmurTopo > 0 && UmurTopo <= 8) {
  var marker = {
    top: i,
    left: j,
    'background-color': 'rgba(113,211,116,0.5' + ')'
  };
  markers.push(marker);
} else if (UmurTopo > 8) {
  var marker = {
    top: i,
    left: j,
    'background-color': 'rgba(150,58,230,0.5' + ')'
  };
  markers.push(marker);
}

```

```

    }
}

// mengubah nilai teks pada elemen div legend
document.getElementById("Legend-A").querySelector(".Legend-Label").innerHTML = " > 8 ";
document.getElementById("Legend-B").querySelector(".Legend-Label").innerHTML = " 0 - 8 ";
document.getElementById("Legend-C").querySelector(".Legend-Label").innerHTML = " < 0 ";

// Menambahkan marker baru ke dalam map-container
for (var j = 0; j < markers.length; j++) {
    var mapMarker = document.createElement("div");
    mapMarker.className = 'map-marker';
    mapMarker.style.top = markers[j].top + 'px';
    mapMarker.style.left = markers[j].left + 'px';
    mapMarker.style['background-color'] = markers[j]['background-color'];
    // Tambahkan console.log di sini untuk memeriksa nilai lat, lon, dan left
    //console.log("Lat: " + lat + ", Lon: " + lon + ", Left: " + markers[j].left);
    mapContainer.appendChild(mapMarker);

    // Aktifkan kembali klik pada gambar peta setelah selesai menambahkan marker
    enableMapClick();

    document.getElementById("tglpeta").innerHTML = "Konjungsi Lokal"
    + BulanHijriah(bulan) + " " + tahun + " H";
}
}
</script>
</html>

```

RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama Lengkap : Fika Afhamul Fuscha
2. Tempat, Tanggal Lahir : Kudus, 7 Juli 2000
3. Alamat Rumah : Kirig RT 03 RW 01 Mejobo Kudus
HP : 089667050999
Email : fikaafhamul@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal
 - a. Sekolah Dasar Negeri 01 Kirig (2006-2012)
 - b. MTs NU TBS Kudus (2012-2015)
 - c. MA NU TBS Kudus (2015-2018)
 - d. S1-UIN Walisongo Semarang (2018-2022)
 - e. S2-UIN Walisongo Semarang (2022-2023)
2. Pendidikan Non-Formal
 - a. LPB Falak Madrasah TBS Kudus (2017)
 - b. Ponpes Al-Qur'an Al-Masthuriyah (2018-2022)

C. Karya Ilmiah

- a. Verification of The Hisab Ephemeris System Against The Hijri Calendar Leap Year Pattern With Criteria Imkan Al-Rukyah Mabims (Case Study in Kudus District)
- b. Integrasi Teori dan Praktik Ilmu Falak dengan Media al-Murobba'di Pondok Pesantren al-Firdaus YPMI
- c. ZODIAC LIGHT DETECTION BASED ON SKY QUALITY METER (SQM) DATA: PRELIMINARY STUDY
- d. Zij al-Jadid ibn Asy-Syatir: Melacak Algoritma Awal Bulan Kamariah

Semarang, 28 Desember 2023



Fika Afhamul Fuscha

NIM: 2202048007