

**PERANCANGAN APLIKASI ANDROID MOBILE GAWANG
LOKASI UNTUK RUKYAT HILAL BERBASIS SENSOR
GYROSCOPE**

TESIS

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



Disusun oleh :

AKHMAD HUSEIN

NIM. 1902048001

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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Akhmad Husein
NIM : 1902048001
Judul Penelitian : **Perancangan Aplikasi Android Mobile
Gawang Lokasi untuk Rukyat Hilal
Berbasis Sensor Gyroscope**
Program Studi : Ilmu Falak

Menyatakan bahwa tesis yang berjudul:

**PERANCANGAN APLIKASI ANDROID MOBILE GAWANG
LOKASI UNTUK RUKYAT HILAL BERBASIS SENSOR
GYROSCOPE**

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

Semarang, 13 November 2021
Pembuat Pernyataan



Akhmad Husein
NIM: 1902048001



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>

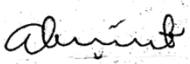
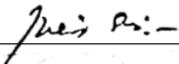
PENGESAHAN TESIS

Tesis yang ditulis oleh:

Nama : **Akhmad Husein**
NIM : 1902048001
Prodi : S2 Ilmu Falak
Judul : **Perancangan Aplikasi Android Mobile Gawang Lokasi untuk Rukyat Hilal Berbasis Sensor Gyroscope**

Telah dilakukan revisi sesuai saran dalam Sidang Ujian Tesis pada tanggal 30 Desember 2021 dan layak dijadikan syarat memperoleh gelar Magister dalam bidang Ilmu Falak.

Disahkan oleh:

Nama Lengkap Dan Jabatan	Tanggal	Tanda tangan
<u>Dr. Mahsun, M.Ag</u> Ketua Majelis	04/01/2022	
<u>Dr. Junaidi Abdillah, M.S.I.</u> Sekretaris Majelis	05/01/2022	
<u>Prof. Dr. Abdul Fatah Idris, M.S.I.</u> Penguji I	04/01/2022	
<u>Prof. Dr. Muslich Shabir, M.A.</u> Penguji II	04/01/2022	

NOTA DINAS

Semarang, 13 November 2021

Kepada
Yth, Bapak Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum
UIN Walisongo Semarang
di Semarang

Assalamu'alaikum Wr. Wb

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

Nama : Akhmad Husein
NIM : 1902048001
Program Studi : Ilmu Falak
Judul : **Perancangan Aplikasi Android Mobile
Gawang Lokasi untuk Rukyat Hilal
Berbasis Sensor Gyroscope**

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. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag
NIP: 19720512 199903 1003

NOTA DINAS

Semarang, 13 November 2021

Kepada
Yth, Bapak Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum
UIN Walisongo Semarang
di Semarang

Assalamu'alaikum Wr. Wb

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

Nama : Akhmad Husein
NIM : 1902048001
Program Studi : Ilmu Falak
Judul : **Perancangan Aplikasi Android Mobile
Gawang Lokasi untuk Rukyat Hilal
Berbasis Sensor Gyroscope**

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. H. Mahsun, M.Ag

NIP: 19671113 200501 1001

ABSTRAK

Judul : Perancangan Aplikasi Android Mobile Gawang Lokasi
untuk Rukyat Hilal Berbasis Sensor *Gyroscope*
Penulis : Akhmad Husein
NIM : 1902048001

Gawang lokasi merupakan alat bantu rukyat klasik yang berguna untuk memperkirakan posisi hilal. Sistem pengoperasian gawang lokasi yang masih manual serta memiliki komponen yang sederhana, menyebabkan rawan terjadinya *human error*. Diperlukan inovasi terhadap gawang lokasi untuk mengurangi terjadinya *human error*. Teknologi yang berkembang sangat pesat di era industri 4.0 ini, merupakan sebuah tantangan dan peluang besar yang dapat dimanfaatkan untuk melakukan inovasi terhadap perangkat rukyat klasik seperti gawang lokasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan konsep kerja alat bantu rukyat hilal gawang lokasi kedalam sebuah rancangan aplikasi android.

Rumusan Masalah dalam penelitian ini adalah: 1) Bagaimana proses perancangan aplikasi android mobile gawang lokasi. 2) Berapa akurasi aplikasi mobile gawang lokasi dalam menentukan posisi hilal. 3) Bagaimana tinjauan fikih hisab rukyat terhadap penggunaan aplikasi mobile gawang lokasi sebagai alat bantu rukyat.

Jenis penelitian yang digunakan adalah *Research and Development*. Teknik pengumpulan data menggunakan dokumentasi dan observasi. Metode analisis data yang dipakai adalah deskriptif, verifikatif, serta komparatif.

Hasil dari penelitian ini adalah 1) Proses perancangan aplikasi android mobile gawang lokasi ini terbagi menjadi dua tahap yaitu: tahap perancangan tampilan aplikasi dan tahap pemrograman. 2) Hasil uji akurasi menunjukkan bahwa aplikasi gawang lokasi mampu memperkirakan posisi Bulan dengan cukup akurat. Hasil komparasi data astronomis hilal dari aplikasi mobile gawang lokasi dengan *software accurate time* menunjukkan selisih nilai dibawah $0^{\circ}15'0''$. 3) penggunaan aplikasi mobile gawang lokasi sebagai alat bantu rukyat

hilal tidak melanggar batasan-batasan alat bantu rukyat hilal yang diperbolehkan oleh para ulama. Hal tersebut dikarenakan, fungsi utama dari aplikasi ini hanya sebagai petunjuk arah yang membantu perukyat dalam memfokuskan arah pandangannya ke posisi hilal berada.

Kata Kunci: Gawang Lokasi, Rukyat Hilal, Sensor Gyroscope.

ABSTRACT

Title : Android Application Design Mobile Gawang Lokasi for Rukyat Hilal Based on Gyroscope Sensor
Author : Akhmad Husein
NIM : 1902048001

The gawang lokasi is a classic rukyat tool that is useful for estimating the position of the new moon. The gawang lokasi operating system which is still manual and has simple components makes it prone to human error. Innovation is needed on the gawang lokasi to reduce the occurrence of human error. Technology that is developing very rapidly in the industrial era 4.0 is a big challenge and opportunity that can be used to innovate classical rukyat devices such as gawang lokasi. This study aims to develop the working concept of the rukyat hilal tool gawang lokasi into an android application design.

The formulation of the problem in this study is: 1) How is the process of designing the "mobile gawang lokasi" android application. 2) What is the accuracy of the "mobile gawang lokasi" application in determining the position of the new moon. 3) How does fiqh reckoning rukyat review the use of the "mobile gawang lokasi" application as a tool for rukyat.

The type of research used is Research and Development. Data collection techniques using documentation and observation. The data analysis method used is descriptive, verification, and comparative.

The results of this study are 1) The process of designing a mobile android application at this location is divided into two stages, namely: the design stage of the application display and the programming stage. 2) The results of the accuracy-test show that the mobile gawang lokasi application is able to estimate the position of the Moon quite accurately. The results of the comparison of astronomical hilal data from the mobile gawang lokasi application with astronomical hilal data from accurate time software show the difference in values below $0^{\circ}15'0''$. 3) the use of the mobile gawang lokasi application as a tool for rukyat hilal does not violate the limitations of the rukyat hilal

tool which is allowed by the scholars, because the main function of this application is only as a guide to help perukyat in focusing his gaze on the position of the hilal.

Keyword: Gawang Lokasi, Rukyat Hilal, Sensor Gyroscope.

خلاصة البحث

الموضوع : تصميم تطبيق أندرويد "موبايل جونج لوكس" لهلال ركيات بالاعتماد على مستشعر الجيروسكوب

الباحث : أحمد حسين

رقم الطالب : ١٩٠٢٠٤٨٠٠١

"جونج لكسي" هو أداة روكيات كلاسيكية مفيدة لتقدير موقع القمر الجديد. إن نظام التشغيل "هدف الموقع" الذي لا يزال يدويًا ويحتوي على مكونات بسيطة يجعله عرضة للخطأ البشري. الابتكار المطلوب في "جونج لكسي" لتقليل حدوث الخطأ البشري. تعد التكنولوجيا التي تتطور بسرعة كبيرة في العصر الصناعي 4.0 تحديًا كبيرًا وفرصة يمكن استخدامها لابتكار أجهزة روكيات كلاسيكية مثل "بوابات الموقع". تهدف هذه الدراسة إلى تطوير مفهوم العمل لأداة ركية هلال "جونج لكسي" في تصميم تطبيق أندرويد.

صياغة المشكلة في هذه الدراسة هي: (1) كيف تتم عملية تصميم تطبيق أندرويد "موبايل جونج لكسي". (2) ما هي دقة تطبيق "موبايل جونج لكسي" في تحديد موقع القمر الجديد. (3) كيف يراجع الفقه في حساب الركيات استخدام تطبيق "موبايل جونج لكسي" كأداة للركيات.

نوع البحث المستخدم هو البحث والتطوير. تقنيات جمع البيانات باستخدام التوثيق والمراقبة. طريقة تحليل البيانات المستخدمة وصفية ، وتحقق ، ومقارنة.

وكانت نتائج هذه الدراسة (1) تنقسم عملية تصميم تطبيق "موبايل جونج لكسي" إلى مرحلتين هما: مرحلة تصميم عرض التطبيق ومرحلة البرمجة. (2) تظهر نتائج اختبار الدقة أن تطبيق "موبايل جونج لكسي" قادر على تقدير موقع القمر بدقة تامة. تظهر نتائج مقارنة بيانات الهلال الفلكية من تطبيق "موبايل جونج لكسي" مع نتائج البيانات الفلكية من برنامج زمني دقيق الفرق في القيم التي تقل عن $0^{\circ} 15' 0''$. (3) استخدام تطبيق "موبايل جونج لكسي" كأداة لركيات الهلال لا يخالف قيود

أدوات روكية الهلال التي يسمح بها العلماء. هذا لأن الوظيفة الرئيسية لهذا التطبيق هي فقط كدليل يساعد بيروكات في تركيز نظراته على موضع القمر الجديد.

الكلمة الرئيسية: جونج لقصي، رقية هلال، سنسر جيرسكب

PEDOMAN TRANSLITERASI ARAB-LATIN

Keputusan Bersama Menteri Agama dan Menteri P dan K

Nomor: 158/1987 dan Nomor: 0543b/U/1987

1. Konsonan

No	Arab	Latin
1	ا	tidak dilambangkan
2	ب	B
3	ت	T
4	ث	ṡ
5	ج	J
6	ح	H
7	خ	Kh
8	د	D
9	ذ	ẓ
10	ر	R
11	ز	Z
12	س	S
13	ش	Sy
14	ص	Ṣ
15	ض	Ḍ

No	Arab	Latin
16	ط	Ṭ
17	ظ	Ẓ
18	ع	_
19	غ	G
20	ف	F
21	ق	Q
22	ك	K
23	ل	L
24	م	M
25	ن	N
26	و	W
27	ه	H
28	ء	'
29	ي	Y

2. Vokal Pendek

.... = a	كَتَبَ	kataba
.... = i	سُئِلَ	su'ila
.... = u	يَذْهَبُ	yazhabu

3. Vokal Panjang

أ... = ā	قَالَ	qāla
اي = ī	قِيلَ	qīla
أُو = ū	يَقُولُ	yaqūlu

4. Diftong

أي = ai	كَيْفَ	kaifa
أُو = au	حَوْلَ	ḥaula

Catatan:

Kata sandang [al-] pada bacaan syamsiyyah atau qamariyyah ditulis [al-] secara konsisten supaya selaras dengan teks Arabnya

KATA PENGANTAR

Ungkapan syukur *allhamdulillah* atas segala nikmat dan karunia yang tak henti-hentinya diberikan oleh Allah SWT, sehingga penulis mampu menyelesaikan penulisan tesis yang berjudul **Perancangan Aplikasi Mobile Android Gawang Lokasi untuk Rukyat Hilal Berbasis Sensor Giroskop** dengan lancar tanpa halangan yang berarti. Kemudian, tidak lupa solawat serta salam yang selalu tucurahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta seluruh keluarga, dan para sahabatnya yang senantiasa kita harapkan *barokah syafa'atnya* di hari akhir nanti. Penulis berterimakasih atas segala bantuan dan dukungan dalam penyusunan tesis ini, yaitu kepada:

1. Kedua orang tua dan segenap keluarga penulis, atas segala doa, perhatian, dukungan, dan curahan kasih sayangnya yang sangat besar sekali, sehingga penulis mempunyai semangat untuk menyelesaikan tesis ini.
2. Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M.Ag., selaku Pembimbing I dan Dr. KH. Mahsun, M.Ag., selaku Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan serta arahan dalam penyusunan tesis ini.
3. Dosen-dosen Ilmu Falak Fakultas Syari'ah dan Hukum semoga ilmu yang diajarkan berkah dan bermanfaat bagi penulis.
4. Seluruh guru penulis yang telah banyak memberikan ilmu dan pengetahuan serta didikan yang tak ternilai harganya.

5. Teman-teman kuliah pascasarjana magister ilmu falak yang selalu memberikan semangat dan motivasi selama masa perkuliahan hingga akhir penelitian ini.
6. Seluruh pegawai dan teman-teman di Badan Pusat Statistik Kabupaten Pati, yang telah memberi pengalaman berharga.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan tesis ini yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak yang perlu diperbaiki, sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik konstruktif dari pembaca demi kesempurnaan tesis ini. Penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca.

Semarang, 18 Desember 2021

Penulis

Akhmad Husein
NIM. 1902048001

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PENGESAHAN.....	iii
NOTA PEMBIMBING.....	iv
ABSTRAK	viii
PEDOMAN TRANSLITERASI ARAB-LATIN	xiv
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR ISI	xvii
BAB I.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	6
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian	6
D. Spesifikasi Produk	7
E. Asumsi Pengembangan	8
F. Kajian Pustaka	9
G. Kerangka Teori	15
H. Metodologi Penelitian	18
I. Sistematika penulisan.....	25
BAB II.....	27
A. Rukyat Hilal	27
B. Gawang Lokasi	46
C. Sensor Gyroscope	52
D. Pemrograman Aplikasi Android dengan Bahasa C#.....	59

BAB III	61
A. Prosedur Rukyat Hilal dengan Gawang Lokasi.....	61
B. Algoritme Hisab Data Ephemeris Matahari	68
C. Algoritme Hisab Data Ephemeris Bulan	90
BAB IV	103
A. Perancangan Aplikasi	103
1. Perancangan Tampilan (<i>User interface</i>) Aplikasi	106
2. Pemrograman Aplikasi	113
B. Pengujian Aplikasi.....	128
1. Uji Fungsionalitas.....	129
2. Uji Akurasi	133
C. Tinjauan Fikih Hisab Rukyat Terhadap Penggunaan Aplikasi	143
BAB V	147
A. Kesimpulan.....	147
B. Saran.....	149

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Puasa Ramadan merupakan ibadah wajib bagi umat muslim yang awal waktu dan akhir waktu pelaksanaannya, ditetapkan berdasarkan munculnya bulan sabit muda atau yang disebut dengan hilal. Pada umumnya, hilal akan muncul di langit bagian barat pada hari ke 29 Bulan kamariah atau lebih tepatnya setelah terjadinya *ijtima'*¹ dan setelah terbenamnya Matahari. Bentuk hilal pada saat itu, hanya berupa lengkungan cahaya tipis, hasil dari cahaya Matahari yang dipantulkan oleh permukaan Bulan. Posisi hilal yang terletak sangat dekat dengan Matahari akan mempengaruhi visibilitas hilal. Cahaya tipis hilal akan terkalahkan oleh cahaya Matahari, ditambah lagi jika pada saat itu kondisi langit berawan, cahaya hilal berpotensi besar akan tertutup oleh awan.² Hilal dimungkinkan hanya dapat diamati dalam waktu yang singkat, penyebabnya adalah ketinggian Bulan setelah terjadi *ijtima'* relatif rendah diatas ufuk.³ Berdasarkan penjelasan tersebut maka dapat kita ketahui bahwa hilal merupakan objek yang cukup sulit untuk di

¹ Ijtima' peristiwa yang terjadi saat jarak sudut (elongasi) suatu benda dengan benda lainnya sama dengan 0°, saat matahari dan bulan berada segaris di bidang ekliptika yang sama. Ijtima' dalam istilah astronomi adalah konjungsi, Baca Ahmad Izzuddin, "Dinamika Hisab Rukyat di Indonesia", ISTINBATH : Jurnal Hukum, Vol. 12 No. 2, November 2015, 1.

² Riza Afrian Mustaqim, "TRANSFORMATION OF RUKYATUL HILAL METHOD (Postmodernism Analysis of Hilal Image Processing)," *Al-Hilal: Journal of Islamic Astronomy* 1, no. 1 (2020), <https://doi.org/10.21580/al-hilal.2019.1.1.5238>.

³ Mahkamah Agung RI, *Almanak Hisab Rukyat*, (Jakarta: Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam, 2007), 54.

observasi, sehingga dibutuhkan alat bantu untuk memudahkan perukyat dalam mengamati hilal.

Beberapa alat bantu rukyat yang dapat digunakan adalah binokuler⁴, theodolite⁵, dan teleskop⁶. Alat-alat tersebut merupakan perangkat rukyat modern yang memiliki kemampuan dalam memperbesar dan memperjelas citra hilal. serta dilengkapi dengan sistem otomatisasi dan komputasi, sehingga mampu mendeteksi posisi hilal secara cepat dan akurat. Namun, salah satu problem yang dihadapi perukyat ketika hendak menggunakan alat bantu rukyat modern adalah terkendala masalah biaya. Untuk mendapatkan alat-alat tersebut tentunya dibutuhkan biaya yang cukup besar, Sehingga tidak semua perukyat dapat memanfaatkan kecanggihhan alat tersebut.

Solusi alternatif untuk mengatasi problem tersebut, salah satunya adalah dengan menggunakan alat bantu rukyat klasik. Kelebihan alat bantu rukyat klasik adalah, biaya yang lebih murah jika dibandingkan dengan alat bantu rukyat modern, sehingga memungkinkan bisa dimiliki oleh semua kalangan. Salah satu alat bantu rukyat klasik yang sampai saat ini masih digunakan adalah Gawang lokasi, alat ini merupakan instrument sederhana yang digunakan untuk memperkirakan posisi hilal saat pelaksanaan rukyat. Alat ini menggunakan konsep sumbu koordinat vertikal dan horizontal. Sumbu horizontal digunakan untuk mengukur

⁴ Binokuler merupakan alat ini berguna untuk memperjelas objek pandangan. Binokuler digunakan dalam rukyat sebagai alat bantu agar kemungkinan hilal dapat teramati lebih jelas.

⁵ Teodolit adalah peralatan yang digunakan untuk mengukur sudut kedudukan benda langit dalam tata koordinat horizontal, yakni *altitude* dan *azimuth*. Baca Mahkamah Agung RI, *Almanak Hisab Rukyat*,..... 225.

⁶ Teleskop adalah instrumen pengamatan yang berfungsi mengumpulkan radiasi elektromagnetik sekaligus membentuk citra dari benda yang diamati.

azimuth hilal sedangkan untuk sumbu vertical digunakan untuk mengukur *altitude* hilal. Pengukuran *azimuth* dan *altitude* hilal dimulai dari posisi Matahari terbenam.⁷

Pemanfaatan gawang lokasi sebagai alat bantu dalam melakukan *tracking* posisi hilal Sangat rawan terjadi *human error*. Hal tersebut disebabkan proses pengoperasian alat tersebut masih manual serta komponen yang menyusun alat tersebut merupakan komponen sederhana. Akurasi dari gawang lokasi sangat tergantung pada ketelitian dan ketepatan dalam pengoperasian alat tersebut. Beberapa hal yang dapat mempengaruhi akurasi gawang lokasi adalah, pemasangan bidang gawang lokasi pada tiang penyangga tidak sejajar antara sisi kanan dan kiri, arah utara sejati yang digunakan sebagai acuan dalam memasang gawang lokasi melenceng, atau pengimplementasian hasil perhitungan nilai *azimuth* dan *altitude* hilal pada bidang gawang lokasi yang kurang tepat.

Inovasi terhadap Gawang Lokasi tentu sangat diperlukan, supaya dapat mengurangi faktor terjadinya *human error*. Salah satu inovasi yang dapat dilakukan adalah dengan inovasi teknologi. Pada era revolusi 4.0 seperti sekarang ini kemajuan teknologi ke arah digitalisasi merupakan sebuah harapan besar. Dampak dari revolusi industri 4.0 yang dapat kita rasakan adalah terjadinya otomatisasi mekanis dan digitalisasi teknologi di setiap aspek kehidupan.⁸ Pola pemikiran Islam

⁷ Motoha Arkanudin, *Materi Dasar Pendidikan Falakiah*, (Jakarta : Jakarta Islamic Centre, 2019), 45.

⁸ Fajri Zulia Ramadhani, *Kontribusi Pemuda dalam Digitalisasi Ilmu Falak pada Aplikasi Islamicaastro dan Faza Haul*, (Tesis, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya, 2020), 4.

kontemporer perlu kita terapkan agar modernitas dan kecanggihan teknologi seperti saat ini, mampu berjalan beriringan dan sejajar dengan hukum Islam.⁹ Hadirnya teknologi canggih seperti saat ini tentunya dapat di manfaatkan untuk mengembangkan alat bantu hisab rukyat klasik, sehingga produk warisan ahli falak terdahulu dapat terus aksis dan terus di kenal oleh generasi selanjutnya. Salah satu bentuk inovasi terhadap gawang lokasi dengan memanfaatkan kecanggihan teknologi adalah merancang sebuah Aplikasi pada ponsel android.

Ponsel android merupakan produk teknologi yang sekarang ini mengalami perkembangan sangat pesat, hal tersebut ditandai dengan munculnya fitur-fitur baru yang dapat memudahkan segala aktivitas manusia. Salah satu fitur pada ponsel android adalah hadirnya teknologi *Augmented reality* (AR). Teknologi ini merupakan teknik pengolahan gambar yang mampu membuat objek digital seolah-olah dapat berinteraksi dengan objek nyata secara *real time*.¹⁰

Teknologi *augmented reality* memiliki kemampuan dalam memadukan objek digital ke dalam lingkungan nyata secara virtual. Sehingga *augmented reality* dapat dimanfaatkan sebagai inovasi dalam gawang lokasi untuk penanda posisi hilal yang otomatis dan interaktif. Metode yang digunakan dalam menandai posisi hilal adalah dengan metode *augmented reality markerless*, metode ini merupakan teknik untuk menampilkan sebuah objek digital, dengan memanfaatkan sistem

⁹ Mahsun, "Rekonstruksi Pemikiran Hukum Islam Melalui Integritas Metode Klasik dengan Metode Santifik Modern", Jurnal AL-AHKAM Vol. 25 Nomor 1 April (2015), 10.

¹⁰ Sanni Siltanen, *Theory and applications of marker-based augmented reality*, (Espoo: VTT Science, 2012), 3

pendeteksi yang mampu mengidentifikasi posisi suatu benda berdasarkan parameter lintang dan bujur suatu lokasi.¹¹

Sistem pendeteksi yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan posisi hilal adalah sensor *gyroscope*. Sensor *gyroscope* merupakan salah satu sensor yang ditanamkan dalam beberapa tipe ponsel android. Sensor ini memiliki peran penting dalam kinerja ponsel android. Sensor *gyroscope* dalam ponsel android termasuk kedalam sensor gerak yang dapat mendeteksi rotasi dan perubahan sudut pada ponsel di area sumbu x, y, dan z.¹² Keberadaan sensor ini dimanfaatkan dalam aplikasi navigasi seperti Google Maps, dan game interaktif berbasis augmented reality.

Sensor *gyroscope* memiliki fungsi untuk mengukur serta menentukan orientasi sudut sebuah benda. Sensor *gyroscope* bekerja berdasarkan 3 axis atau tiga sumbu arah. Sumbu x mampu mengidentifikasi arah kanan dan kiri dan mewakili sudut *phi*. Sumbu y dapat mengidentifikasi arah atas dan bawah yang mewakili sudut *theta*. Sumbu z mampu mengidentifikasi arah depan belakang yang mewakili sudut *psi*.¹³ kemampuan sensor *gyroscope* dalam mengidentifikasi rotasi sumbu x, y, dan z, dapat dimanfaatkan untuk mengukur *azimuth* dan *altitude* hilal dalam proyeksi lingkaran bola langit pada ponsel android.

¹¹ Yohanes Daiarizkita, "Analisa Perbandingan Metode Marker Based dan Markless Augmented Reality pada Bangun Ruang", Jurnal SimanteC vol.6, No. 3 Juni 2018, 122.

¹² https://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_motion?hl=id
diakses pukul 10:36 WIB 26 Januari 2021.

¹³ Mayagoitia, dkk. "Accelerometer and Rate Gyroscope Measurement of Kinematics: an Inexpensive Alternative to Optical Motion Analysis Systems." Journal of biomechanics 35.4 2002, 537-542.

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis tertarik untuk merancang sebuah aplikasi android yang diberi nama “Mobile Gawang Lokasi”. Fungsi dari aplikasi ini adalah untuk melakukan *tracking* posisi hilal atau Bulan. Konsep kerja aplikasi ini mengadopsi konsep dari perangkat rukyat klasik gawang lokasi yaitu, mengukur posisi hilal berdasarkan nilai *azimuth* dan *altitude* Bulan.

Tujuan dari perancangan aplikasi ini adalah untuk menghasilkan alat bantu rukyat alternatif yang praktis, akurat, dan mudah digunakan oleh semua kalangan. Kelebihan dari perancangan aplikasi ini adalah pemanfaatan sensor *gyroscope* sebagai acuan dalam pengukuran *altitude* dan *azimuth* hilal, sehingga mampu mengukur posisi hilal dengan tingkat ketelitian menit busur. Data posisi hilal secara otomatis dihitung dan diimplementasikan kedalam aplikasi ini, sehingga dapat mengurangi terjadinya *human error*.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana proses perancangan aplikasi mobile android gawang lokasi berbasis sensor *gyroscope*?
2. Berapa akurasi aplikasi mobile Gawang Lokasi dalam menentukan posisi hilal?
3. Bagaimana tinjauan fikih hisab rukyat terhadap penggunaan aplikasi mobile gawang lokasi sebagai alat bantu rukyat ?

C. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Menerapkan serta mengembangkan konsep Gawang Lokasi kedalam aplikasi android berbasis sensor *gyroscope*.

2. Mengetahui dan memahami tingkat akurasi dari aplikasi Gawang Lokasi *mobile* android dalam menentukan posisi hilal.

Selanjutnya, manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah :

1. Hasil penelitian ini diharapkan bisa menjadi salah satu alternatif alat bantu dalam rukyat hilal atau pengamatan Bulan yang praktis, murah, dan mudah digunakan.
2. Menambah kajian keilmuan falak terutama di bidang algoritme pemrograman.
3. Memberikan motivasi kepada mahasiswa atau para praktisi Ilmu falak supaya lebih bersemangat lagi dalam melakukan inovasi untuk menghasilkan *software-software* Falak lainnya.

D. Spesifikasi Produk

Dalam penelitian pengembangan ini, peneliti merancang sebuah aplikasi android yang diberi nama Gawang Lokasi Mobile. Spesifikasi produk yang diharapkan dalam penelitian pengembangan ini adalah :

1. Aplikasi Gawang Lokasi Mobile memanfaatkan sensor *Global Positioning System* (GPS) yang terdapat dalam ponsel android, sehingga didapatkan nilai koordinat tempat secara *real time*.
2. Data astronomis Matahari, dihitung secara otomatis menggunakan algoritme Jean Meeus *high accuracy*.¹⁴

¹⁴ Algoritma Jean meeus merupakan sebuah algoritme yang dapat digunakan untuk menghitung data-data astronomis terkait dengan posisi Matahari dan juga bulan dengan tingkat ketelitian yang cukup tinggi. Algoritma jean meeus diciptakan oleh seorang ahli astronomi dari belgia yang bernama jean meeus. Beberapa suku koreksi perhitungan dalam algoritme ini merupakan hasil reduksi dari VSOP87. Baca Jean Meeus, *Astronomical Algorithm*, (Virginia: William. Inc, 1991), iii.

3. Data astronomis Bulan, dihitung secara otomatis menggunakan data koreksi ELP2000.
4. Sensor *gyroscope* digunakan sebagai acuan dalam menentukan orientasi posisi Matahari dan Bulan, sesuai dengan nilai azimuth dan altitude.
5. Kamera belakang ponsel yang berfungsi seperti tiang pembidik, berfungsi untuk membidik posisi Matahari tenggelam dan posisi hilal.
6. Posisi hilal ditandai secara otomatis dengan objek digital menggunakan teknologi *Augmented reality* yang ditampilkan pada layar ponsel.
7. Visualisasi bentuk dan posisi Bulan dengan *image* interaktif, sehingga dapat memberi informasi kepada *user* tentang bentuk dan posisi Bulan secara *real time*.

E. Asumsi Pengembangan

Asumsi dalam penelitian perancangan aplikasi Gawang Lokasi Mobile melalui pendekatan saintifik adalah sebagai berikut:

1. Asumsi Pengembangan
 - a. Data astronomis dalam aplikasi Gawang Lokasi Mobile menggunakan metode kontemporer *high accuracy* algoritme Jean Meeus dan ELP 2000¹⁵, sehingga dapat menambah keakuratan dalam menentukan posisi Bulan.

¹⁵ ELP2000 adalah data nilai suku koreksi yang khusus digunakan untuk menentukan posisi bulan. Data koreksi ELP2000 mempunyai akurasi yang sangat tinggi dengan ketelitian hingga 0.00001 detik. Hal tersebut dikarenakan ELP2000 memiliki total 37862 suku koreksi perhitungan. ELP2000 diciptakan oleh M. Chapront-Touze and

- b. Teknologi *augmented reality* yang diterapkan dalam aplikasi, dapat memudahkan user dalam menandai posisi hilal dengan tampilan interaktif.
 - c. Uji validasi produk dilakukan dengan validasi dari para dosen maupun ahli yang mempunyai kompetensi dalam bidang falak dan pemrograman.
 - d. Uji akurasi aplikasi dalam menentukan posisi hilal dilakukan menggunakan metode observasi lapangan dan komparasi dengan perangkat ruykat modern,
2. Keterbatasan Pengembangan
- a. Aplikasi Gawang Lokasi Mobile hanya dirancang untuk pengamatan posisi Bulan, sehingga tidak bisa digunakan untuk pengamatan benda langit lain.
 - b. Aplikasi Gawang Lokasi Mobile hanya dapat menandai posisi Bulan, dan tidak bisa memperjelas citra Bulan seperti teleskop.

F. Kajian Pustaka

Berdasarkan penelusuran yang telah dilakukan penulis terhadap beberapa penelitian terdahulu, ditemukan beberapa karya tulis ilmiah yang berkaitan dengan variable penelitian ini, Berikut ini adalah beberapa penelitian tersebut :

Jurnal ilmiah karya Mokh. Sholihul Hadi dan kawan-kawan dengan judul *Sistem Stabilisator Kamera menggunakan Sensor Gyroscope dan*

J. Chapront pada tahun 1983. Baca Chapront-Touze, M. and Chapront, J., "The lunar ephemeris ELP 2000", *Astronomy and Astrophysics*, vol. 190, no. 1-2, Jan. 1988, 342-352.

Kontroler PID, membahas tentang sistem kerja dari sensor *gyroscope* yang mampu mendeteksi pergerakan dan kemiringan suatu benda. Penelitian tersebut menjelaskan tentang perancangan alat yang berfungsi sebagai *stabilisator* kamera dengan memanfaatkan sensor *gyroscope* 3 axis. Alat tersebut dapat berfungsi dengan baik dan hanya mempunyai angka *error* sebesar 2.1 derajat.¹⁶ Aspek yang membedakan antara jurnal ilmiah ini dengan penelitian penulis adalah dari segi pemanfaatan sensor *gyroscope*. Dalam jurnal ini sensor *gyroscope* dimanfaatkan sebagai *stabilisator* kamera, sedangkan penelitian yang dilakukan penulis adalah, memanfaatkan sensor *gyroscope* sebagai acuan dalam menentukan posisi hilal.

Achmad Hidayanto dan Wahyudi dalam jurnal ilmiah yang berjudul *Rancang Bangun Inertial Measurement Unit Sebagai Sistem Monitoring Kendaraan Bergerak Berbasis Sensor Accelerometer dan Gyroscope*, menghasilkan alat yang berfungsi pada suatu sistem navigasi dan kendali. Alat ini dirancang dengan memanfaatkan sensor accelerometer dan sensor *gyroscope*. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa sensor *gyroscope* dan *accelerometer* mampu mendeteksi pergerakan rotasi sumbu x, y, dan z yang terjadi pada sebuah kendaraan dengan baik.¹⁷ Jurnal ini membahas tentang kemampuan sensor *gyroscope* dan *accelerometer* dalam mendeteksi pergerakan rotasi suatu benda, sehingga fokus penelitiannya berbeda dengan fokus penelitian

¹⁶ Mokh. Sholihul Hadi, dkk, *Sistem Stabilisator Kamera menggunakan Sensor Gyroscope dan Kontroler PID*, TEKNO : Jurnal Teknologi, Elektro, dan Kejuruan, Vol 29, (2019).

¹⁷ Achmad Hidayatno, “Rancang Bangun Inertial Measurement Unit Sebagai Sistem Monitoring Kendaraan Bergerak Berbasis Sensor Accelerometer dan Gyroscope”, Jurnal Rekayasa Elektriika Vol. 9, No. 4, Oktober (2011).

penulis yang membahas tentang pemanfaatan sensor *gyroscope* sebagai acuan untuk menentukan posisi hilal.

Jung Chuan Yen dalam jurnal ilmiah yang berjudul *Augmented reality in the higher education: Students' science concept learning and academic achievement in astronomy*, menjelaskan tentang pemanfaatan teknologi *augmented reality* sebagai media pembelajaran interaktif. Media pembelajaran tersebut berupa pengenalan fase-fase Bulan dengan bantuan visual 3D yang ditujukan kepada siswa tingkat menengah atas. Penelitian tersebut menghasilkan peningkatan gairah belajar siswa dan peningkatan penguasaan materi oleh siswa.¹⁸ Fokus penelitian dalam jurnal ini berbeda dengan fokus penelitian penulis, yang membahas tentang pemanfaatan teknologi *augmented reality* sebagai penanda posisi hilal.

Jia Zhang dalam sebuah artikelnya yang berjudul *The Development and Evaluation of an Augmented reality-Based Armillary Sphere for Astronomical Observation Instruction*, menerangkan tentang perancangan aplikasi *Mobile Digital Armillary Sphere (MDAS)*, software ini dirancang untuk dapat memvisualkan benda langit serta dapat menggambarkan simulasi rotasi dan pergerakan benda langit kedalam layar *smarthphone*. Aplikasi ini juga digunakan sebagai media pembelajaran yang interaktif kepada siswa tingkat menengah pertama, dalam mempelajari observasi benda-benda langit. Dan penelitian ini menunjukkan hasil yang positif yaitu peningkatan minat belajar siswa

¹⁸ Jung-Chuan Yen, "Augmented reality in the higher education: Students' science concept learning and academic achievement in astronomy", *Social and Behavioral Sciences* 103, (2013).

dalam belajar astronomi.¹⁹ Fokus penelitian dalam jurnal ini adalah penerapan teknologi *augmented reality* untuk memvisualisasikan peredaran benda-benda langit dengan tujuan sebagai media pembelajaran siswa sekolah. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan penulis berfokus pada pemanfaatan teknologi *Augmented reality* sebagai penanda posisi hilal.

Rizal Kusumajati Nugroho dalam sebuah jurnal yang berjudul *Implementation Markerless Augmented reality Using Android Sensors For Identification of Buildings in Sebelas Maret University*, menjelaskan tentang perancangan aplikasi navigasi untuk mencari lokasi gedung dan mengetahui nama gedung di kampus Universitas Sebelas Maret. Aplikasi ini menggunakan sensor GPS dan Compass pada ponsel android untuk dapat mengidentifikasi lokasi gedung, kemudian informasi dan lokasi tentang gedung berupa gambar interaktif, dengan memanfaatkan teknologi *Markerless augmented reality*.²⁰ Fokus penelitian dalam jurnal ini, berbeda dengan fokus penelitian penulis, yang membahas tentang pemanfaatan teknologi *augmented reality* sebagai penanda posisi hilal.

Ahmad Mulyadi dalam jurnal yang berjudul *The Science of Falak on Virtual Reality*, menjelaskan tentang pentingnya inovasi ilmu falak dalam bidang teknologi informasi, serta pola-pola digitalisasi ilmu falak yang sedang terjadi saat ini dengan tujuan supaya ilmu falak dapat terus

¹⁹ Jia Zhang “The Development and Evaluation of an Augmented Reality-Based Armillary Sphere for Astronomical Observation Instruction”, an International Journal Computers and Education, (2014).

²⁰ Rizal Kusumajati Nugroho, “Implementation Markerless Augmented Reality Using Android Sensors For Identification of Buildings in Sebelas Maret University”, Jurnal ITSMAART, Vol 5. No 1.Juni (2016).

aksis di era revolusi industri 4.0, sehingga masyarakat milineal dapat mudah mempelajari dan memahaminya. Fokus penelitian yang terdapat dalam jurnal tersebut berbeda dengan fokus penelitian penulis, yang membahas tentang inovasi terhadap ilmu falak dalam bidang teknologi dengan merancang sebuah *software* android untuk rukyat hilal.²¹

Arhamu Rijal dalam penelitiannya yang berjudul *Uji Akurasi Hilal Tracker Tripod untuk Rukyat Hilal*, membahas tentang perangkat rukyat hilal tracker. Alat tersebut merupakan perangkat rukyat hasil modifikasi dari gawang lokasi. Perbedaan hilal tracker dengan gawang lokasi adalah pada ukurannya, hilal tracker mempunyai ukuran lebih kecil dari pada gawang lokasi. Kelebihan yang dimiliki hilal tracker adalah pada bidang proyeksinya dilengkapi dengan skala 0° - 15° yang memungkinkan alat ini untuk dapat melakukan *tracking* pergerakan hilal dengan lebih akurat. Untuk mengetahui akurasi hilal tracker dalam melokalisir keberadaan hilal, dilakukan uji verifikasi dengan hasil dari pengukuran theodolite. Uji akurasi tersebut menghasilkan selisihnya selisih rata-rata *azimut* senilai $0^{\circ}12'43.8''$ dan selisih rata-rata *irtifa'* senilai $0^{\circ}22'14''$ dengan theodolite. Fokus penelitian yang dilakukan oleh Arhamu Rijal hanya membahas tentang sistem kerja dan uji akurasi dari hilal tracker dalam melokalisir posisi hilal.²²

Tesis Bendikus Yoseph Bhae dengan judul *Analisis Perancangan Aplikasi Augmented reality pada Lokasi Pariwisata Berbasis Android*,

²¹ Achmad Mulyadi, "The Science of Falak on Virtual Reality", Al-Hilal: Journal of Islamic Astronomy, Vol. 2, No. 1, tahun (2020).

²² Arhamu Rijal, "Uji Akurasi Hilal Tracker Tripod untuk Rukyat Hilal", Skripsi (Program Studi Ilmu Falak Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang, 2017).

Program Studi Magister Teknik Informatika Universitas Atma Jaya Yogyakarta tahun 2018. Penelitian tersebut membahas tentang pemanfaatan teknologi *augmented reality* sebagai petunjuk arah jalan untuk meninjau potensi pariwisata di daerah Flores Nusa Tenggara Timur. Aplikasi ini dirancang dengan memadukan teknologi *augmented reality* dan *Location Base Service*. Teknologi *augmented reality* digunakan untuk memproyeksikan objek digital berupa gambar 2D dan 3D, kedalam visual lingkungan nyata. Sedangkan teknologi *location base service* berfungsi untuk mendeteksi posisi geografis dari pengguna aplikasi yang didapatkan dari sensor GPS pada ponsel android. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Bendikus ini, pemanfaatan teknologi *augmented reality* digunakan untuk membantu pengguna dalam mengetahui lokasi pariwisata dan fasilitas umum yang berada dipulau Flores.²³ Fokus penelitian dalam jurnal ini, berbeda dengan fokus penelitian penulis, yang membahas tentang pemanfaatan teknologi *augmented reality* sebagai penanda posisi hilal.

Bangun Wijayanto dalam jurnal yang berjudul *Pengembangan Aplikasi Penentu Posisi Bulan (Rukyatdroid) Berbasis Smartphone Android*, membahas tentang perancangan aplikasi android yang berfungsi untuk melacak posisi Bulan. Perancangan aplikasi ini memanfaatkan GPS (Global Position System) untuk mendapatkan nilai koordinat tempat, serta memanfaatkan *sensor orientation* dan *accelerometer* untuk menunjukkan *azimuth* dan *altitude* Bulan. Pada

²³ Bendikus Yoseph Bhae, "Analisis Perancangan Aplikasi Augmented Reality pada Lokasi Pariwisata Berbasis Android", Tesis,(Program Studi Magister Teknik Informatika Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2018).

aplikasi ini posisi Bulan hanya ditunjukkan dengan nilai *azimuth* dan *altitude* saja.²⁴ Perancangan aplikasi yang dilakukan Bagun Wijayanto belum menerapkan teknologi *augmented reality* sebagai penanda posisi Bulan. Perbedaan antara penelitian yang dilakukan oleh Bangun Wijayanto dengan penelitian penulis adalah terletak pada pemanfaatan teknologi *augmented reality* sebagai penanda posisi Bulan, serta pemanfaatan sensor *gyroscope* kedalam pemrograman aplikasi sebagai acuan dalam menentukan posisi Bulan.

Dari beberapa penelitian di atas, dapat disimpulkan bahwa belum ditemukan penelitian yang serupa dengan ide penulis. Pada penelitian-penelitian terdahulu belum ditemukan penelitian yang fokus pembahasannya tentang perancangan aplikasi android yang mengimplementasikan konsep kerja dari gawang lokasi dalam tracking posisi hilal. Pemanfaatan sensor *gyroscope* dan teknologi *augmented reality* sebagai sebuah inovasi pada perangkat rukyat gawang lokasi, merupakan sebuah gagasan baru yang belum ditemukan pada penelitian-penelitian terdahulu.

G. Kerangka Teori

Teori ilmiah yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi sebagai pijakan dasar dan sebagai penunjang dalam melakukan penelitian. Beberapa teori tersebut antara lain :

²⁴ Bangun Wijayanto, "Pengembangan Aplikasi Penentu Posisi Bulan (Rukytdroid) Berbasiskan Smartphone Android", *Jurnal Telematika* 7, No. 1 (2014).

1. Metode Rukyat Hilal

Kemunculan hilal merupakan sebuah parameter yang sangat penting dalam penentuan beberapa awal bulan dalam kalender hijriah, karena menyangkut waktu ibadah umat muslim. Rukyat hilal merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui kemunculan hilal sebagai tanda pergantian bulan dalam kalender Islam. Berdasarkan cara dan alat yang digunakan, rukyat hilal dibagi menjadi dua metode yaitu rukyat hilal klasik dan rukyat hilal kontemporer. Rukyat hilal klasik adalah pengamatan hilal tanpa menggunakan alat bantu rukyat, serta tanpa menggunakan hasil hisab untuk memperkirakan posisi hilal. Meskipun teknik rukyat yang digunakan pada masa itu tergolong sederhana, ada salah seorang sahabat nabi yang bernama Ibnu Umar bin Arabi bersaksi dapat melihat hilal pada masa itu.²⁵ Sedangkan, rukyat hilal modern merupakan praktik rukyat yang memanfaatkan perkembangan ilmu sains astronomi untuk membantu menghitung posisi hilal serta membantu ketika observasi hilal dengan alat bantu rukyat yang memiliki kemampuan untuk memperbesar dan memperjelas citra hilal serta mampu untuk memfokuskan arah pandang ke posisi hilal.²⁶ Teori terkait metode rukyat hilal klasik dan metode rukyat hilal kontemporer, merupakan landasan awal yang digunakan penulis dalam melakukan penelitian ini.

²⁵ Ditjen Bimas Islam dan Penyelenggaraan Haji, *Selayang Pandang Hisab Rukyat*, , 95.

²⁶ Agustinus Gunawan Admiranto, *Menjelajahi Bintang Galaksi dan Alam Semesta*, (Yogyakarta: Kanisius, 2009), h. 8.

2. Konsep kerja Gawang Lokasi

Gawang Lokasi merupakan instrument sederhana yang digunakan untuk memperkirakan posisi hilal ketika pelaksanaan rukyat. Alat ini menggunakan konsep sumbu koordinat vertikal dan horizontal. Sumbu horizontal digunakan untuk mengukur *azimuth* hilal, sedangkan sumbu vertikal untuk mengukur *altitude* hilal. Pengukuran *azimuth* dan *altitude* hilal dimulai dari posisi Matahari terbenam.²⁷ Pada penelitian ini, teori mengenai konsep kerja gawang lokasi diimplementasikan serta dikembangkan kedalam pemrograman android untuk menghasilkan sebuah aplikasi android yang berfungsi mendeteksi posisi hilal.

3. Sensor *Gyroscope*

Sensor *gyroscope* mampu mengukur kecepatan sudut rotasi yang terjadi pada 3 sumbu x, y, dan z. Mayoritas sensor *gyroscope* mampu mendeteksi sebuah rotasi dengan memanfaatkan elemen mekanis getar, berdasarkan transfer energi antara dua mode getaran yang disebabkan oleh percepatan Coriolis.²⁸ Sensor *gyroscope* dalam ponsel android mampu memberikan informasi orientasi (arah) dengan akurasi yang cukup persisi dengan skala 360 derajat. Contoh

²⁷ Motoha Arkanudin, *Materi Dasar Pendidikan Falakiyah*, (Jakarta : Jakarta Islamic Centre, 2019), 45.

²⁸ Gaya Coriolis adalah gaya semu yang bekerja pada benda yang bergerak dalam kerangka acuan yang berputar. Arah percepatan coriolis ialah tegak lurus pada kecepatan, ke kanan di belahan bumi utara dan ke kiri di belahan bumi selatan. Lihat: Andres Persson, How Do We Understand the Coriolis Force?, *Bulletin of the America Meteorological Society*, Vol.79, No. 7, July 1998, 1373.

pemanfaatan sensor gyroscope dalam ponsel android antara lain: sebagai stabilisasi gambar (*image stabilization*) ketika mengambil foto atau video dengan kamera ponsel, sebagai navigasi (petunjuk arah) ketika menggunakan aplikasi Google maps, dan lain sebagainya.²⁹ Pada penelitian ini, Fungsi dari sensor *gyroscope* yang mampu memberikan informasi orientasi (arah) dengan akurasi yang cukup persisi, dimanfaatkan sebagai acuan arah untuk menentukan posisi hilal.

H. Metodologi Penelitian

1. Model Pengembangan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan *Research and Development*. Penelitian *Research and Development* merupakan metode penelitian yang ditujukan untuk mengembangkan dan memvalidasi produk yang efektif dan adaptabel. Produk hasil dari model penelitian ini diharapkan dapat dipakai untuk meningkatkan dan mengembangkan ilmu pengetahuan.³⁰ Proses untuk mendapatkan hasil produk yang diinginkan diperlukan penelitian yang bersifat analisis terhadap kebutuhan, serta agar hasil penelitian dapat berfungsi bagi masyarakat luas diperlukan uji keefektifan produk. Jadi penelitian yang dilaksanakan

²⁹ <https://www.teknosid.com/info-pilihan/ternyata-begini-lho-fungsi-sensor-gyroscope-di-smartphone>, diakses pada 18 februari 2021

³⁰ Tim Perumus, *Panduan Penulisan Karya Tulis Ilmiah Pascasarjana UIN Walisongo*, Semarang: Pascasarjana UIN Walisongo, 2017, hal. 23

bersifat pengembangan dan melalui beberapa tahap untuk menghasilkan produk yang diinginkan.

Penelitian ini membahas tentang implementasi konsep gawang lokasi kedalam aplikasi mobile android, sehingga dapat digunakan sebagai alat bantu dalam melacak posisi hilal. Pengembangan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan memanfaatkan sensor *gyroscope*³¹ sebagai acuan dalam menentukan orientasi posisi Bulan. Kemudian untuk perhitungan data astronomis Bulan dan Matahari menggunakan algoritme Jean Meeus dan ELP2000. Teknologi *augmented reality* pada penelitian ini akan digunakan untuk menandai posisi hilal, serta memanfaatkan fitur kamera pada ponsel android untuk mendapatkan gambar Matahari dan hilal yang kemudian akan ditampilkan pada layar ponsel.

Pada penelitian ini terdapat dua sumber data yang digunakan, yaitu sumber data primer dan sumber data sekunder. Data primer adalah data yang dikumpulkan oleh peneliti dari sumber pertama. Dalam penelitian ini data primer yang digunakan adalah buku *Astronomical Algorithms* karya dari Jean Meeus, dalam Buku tersebut terdapat perhitungan data-data astronomis Bulan dan Matahari. Data-data tersebut merupakan acuan dasar dalam perancangan algoritme

³¹ sensor *gyroscope* merupakan sensor yang mengukur kecepatan angular, sensor ini mampu menentukan orientasi suatu benda berdasarkan ketetapan momentum sudut dan mampu menentukan gerakan sesuai dengan garafitasi yang dilakukan pengguna. Baca Manon Kok,dkk, "Using Inertial Sensors for Position and Orientation Estimation", Foundations and Trends in Signal Processing: Vol. 11: No. 1-2, 2017, 23.

pemrograman aplikasi, yang berfungsi untuk menentukan posisi hilal. Kemudian data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini berupa buku, artikel, laporan – laporan hasil penelitian yang berkaitan dengan gawang lokasi, *augmented reality* dan pemrograman android.

2. Prosedur pengembangan

Penelitian perancangan aplikasi Gawang Lokasi Mobile android dilakukan dengan menggunakan kerangka penelitian *Research and Development* serta model penelitian yang digunakan adalah *Waterfall*. Model pengembangan *Waterfall* dilakukan secara bertahap dan berurutan, sehingga model ini disebut dengan model sekuensial linier. Model pengembangan *Waterfall* mempunyai lima tahapan yang meliputi persiapan (*requirement*), desain (*design*), implementasi (*implementation*), verifikasi (*verification*) dan pemeliharaan (*maintenance*).³² Berikut ini adalah prosedur pengembangan aplikasi Gawang Lokasi Mobile berdasarkan pada model *Waterfall*:

a. Tahap Persiapan (*Requirement*)

Tahap ini merupakan tahapan awal dalam pengembangan aplikasi. Pada tahap analisis dilakukan proses pengumpulan data untuk menunjang proses pengembangan produk. Tujuannya adalah supaya produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Pengumpulan data dilakukan dengan menelusuri literatur - literatur yang

³² Roger S. Pressman, *Software Engineering a Practitioner's Approach* , (Mc Graw Hill Higher Education : New York USA, 2006), 47.

terkait dengan instrument gawang lokasi. Kemudian menentukan metode hisab yang dipakai dalam menghitung data-data astronomis Matahari dan Bulan. Selanjutnya adalah mencari referensi terkait dengan pemrograman android, sensor *gyroscope* dan *augmented reality*. Tahap persiapan ini terdiri dari persiapan terkait fungsional aplikasi, desain aplikasi, dan lain-lain. Pada tahapan ini diharapkan semua kebutuhan dari produk yang akan dikembangkan dapat diketahui.

b. Tahap Desain (*Design*)

Tahap desain ini berfokus pada perancangan pembuatan aplikasi yang mencakup prosedur pengembangan aplikasi dan representasi tampilan aplikasi. Pada langkah ini peneliti merancang *flow chart* atau diagram alur aplikasi, yang berfungsi untuk mendesain konsep alur kerja dari aplikasi mulai dari aplikasi pertama kali dijalankan kemudian mendapatkan hasil yang diinginkan sampai dengan aplikasi dihentikan. Pada langkah ini juga dirancang desain tampilan aplikasi seperti menentukan material-material apa saja yang dimuat dalam layar, seperti tombol, gambar, icon, tulisan, dan lain sebagainya. kemudian mengatur tata letak dan warna dari setiap material tersebut.

c. Tahap Pengerjaan (*Implementation*)

Tahap ini dilakukan eksekusi terhadap desain aplikasi yang telah dirancang pada tahap sebelumnya. Setelah merancang

flow chart aplikasi dan desain tampilan, selanjutnya adalah mengimplementasikan rancangan tersebut kedalam pemrograman. Pada tahap ini, penulis menggunakan software Unity 3D untuk mendesain tampilan aplikasi. Kemudian bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C# (Sharp). Penulisan code pemrograman ditulis menggunakan software Visual Studio.

d. Tahap verifikasi (*verification*)

Tahap ini merupakan tahap dimana dilakukannya testing terhadap aplikasi yang sudah dibuat dalam tahap *Implementation*. Uji aplikasi dilakukan menggunakan standar perangkat lunak yang sudah ada. Uji fungsionalitas mempunyai tujuan untuk memastikan aplikasi dapat diinstall dan berkerja secara maksimal dalam berbagai macam ponsel android dengan tipe dan merek yang berbeda.

e. Tahap Pemeliharaan (*maintenance*)

Tahap ini dilakukan ketika ditemukan hasil atau tampilan yang kurang tepat dalam aplikasi, setelah melakukan pengujian produk. Perbaikan produk juga bisa dilakukan ketika ada masukan dari para ahli yang berkompeten untuk menilai produk kita. Tahap *maintenance* dilakukan untuk memastikan bahwa aplikasi dapat beroperasi dengan maksimal dan penambahan fitur-fitur baru untuk pengembangan aplikasi di masa mendatang.

3. Teknik Pengumpulan Data

Dalam pengumpulan data penelitian yang dapat dipertanggungjawabkan, peneliti menggunakan beberapa metode pengumpulan data. Beberapa metode pengumpulan data yang digunakan adalah :

a. Dokumentasi

Metode dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan dan menelaah dokumen-dokumen tertulis berupa buku maupun artikel penelitian yang memiliki relevansi dengan tema penelitian ini. Dalam hal ini, dokumen yang berkaitan dengan instrument gawang lokasi, *augmented reality*, perhitungan data astronomis Matahari dan Bulan.

b. Wawancara

Metode wawancara digunakan untuk mendapatkan evaluasi dan masukan dari para ahli yang berkompeten untuk memberi kritik dan saran terhadap produk yang dihasilkan.

c. Observasi

Pengumpulan data melalui observasi dilakukan dalam pengujian fungsionalitas produk dan juga untuk mengetahui tingkat akurasi dari produk yang dihasilkan dalam menentukan posisi hilal.

4. Teknik Analisis Data

Tahap analisis data dilakukan Setelah data-data penelitian terkumpul. Tujuan dari analisis data adalah menjawab dan memberi penjelasan atas pertanyaan pada rumusan masalah yang telah disusun sebelumnya. Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan teknik analisis deskriptif, dan teknik analisis komparatif.

Teknik analisis deskriptif dalam penelitian ini, digunakan untuk menjelaskan proses perancangan aplikasi, mulai dari konsep awal aplikasi, kemudian pembuatan *flow chart* yang menjelaskan sistem alur kerja aplikasi dan implementasinya kedalam pemrograman, sampai menghasilkan sebuah aplikasi yang siap digunakan.

Teknik analisis komparatif juga digunakan untuk mengetahui dan menganalisis tingkat akurasi aplikasi dalam penentuan posisi hilal. Analisis komparatif dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran posisi hilal dari aplikasi Gawang Lokasi Mobile dengan hasil pengukuran posisi hilal dengan perangkat rukyat yang memiliki tingkat ketelitian tinggi.

I. Sistematika penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini terbagi kedalam lima BAB. Berikut ini adalah susunan dan pokok kandungan isi pada tiap-tiap babnya :

Bab I merupakan pendahuluan yang berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, spesifikasi produk, asumsi pengembangan, kajian pustaka, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II merupakan uraian teori mengenai yang bersangkutan dengan topik penelitian antara lain: rukyat hilal, deskripsi umum tentang gawang lokasi dan sensor *gyroscope*. Pada point rukyat hilal memuat tentang urgensi rukyat hilal, teknik rukyat hilal, serta macam-macam perangkat rukyat hilal klasik dan modern. Point kedua membahas tentang deskripsi umum gawang lokasi yang mencakup penjelasan tentang sejarah perkembangan gawang lokasi, komponen dan bagian-bagian dari gawang lokasi. Pada point ketiga membahas tentang sensor *gyroscope* secara umum.

Bab III ini merupakan sekumpulan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian. Pembahasan pertama terkait tentang gawang lokasi, yang di dalamnya mencakup deskripsi gawang lokasi, konsep kerja Gawang Lokasi, serta teknik rukyat hilal dengan Gawang Lokasi. Pembahasan kedua menjelaskan tahapan dalam melakukan perhitungan data ephemeris Bulan dan Matahari, menggunakan metode algoritme Jean Meeus dan ELP2000.

Bab IV memiliki tiga point pembahasan antara lain: proses perancangan aplikasi, pengujian aplikasi dan tinjauan fikih hisab rukyat

terhadap penggunaan aplikasi sebagai alat bantu rukyat. Proses perancangan aplikasi memiliki dua tahap yaitu perancangan tampilan dan pemrograman. Pengujian aplikasi ini juga terdapat dua tahapan yaitu uji fungsionalitas dan uji akurasi.

Bab V adalah penutup yang terdiri dari simpulan dari seluruh hasil penelitian, saran-saran terhadap hasil penelitian serta deklarasi terkait nama aplikasi yang dipakai.

BAB II

TRANSFORMASI ALAT BANTU RUKYAT HILAL DARI KLASIK KE KONTEMPORER

A. Rukyat Hilal

1. Definisi Rukyat Hilal

Kalender hijriah merupakan penanda waktu bagi umat muslim di seluruh dunia. Beberapa ibadah umat Islam seperti puasa Ramadan, salat idul fitri, salat idul adha, dan ibadah haji, semuanya dilaksanakan dengan pedoman kalender hijriah. Sistem yang digunakan dalam kalender hijriah adalah menggunakan pedoman gerak rotasi Bulan mengelilingi Bumi. Ketika Bulan, Bumi, dan Matahari berada dalam posisi yang sejajar atau dalam istilah astronomi disebut konjungsi, maka setelah peristiwa tersebut akan muncul Bulan sabit muda atau yang lebih sering disebut dengan hilal. Kemunculan hilal inilah yang digunakan sebagai patokan dalam menentukan akhir dan awal bulan pada kalender hijriah.

Penentuan awal bulan hijriah sangat identik dengan kata hisab dan rukyat.³³ Hisab merupakan hipotesis terhadap waktu, posisi, dan kondisi hilal yang akan muncul. Selanjutnya, rukyat adalah sebagai verifikasi atau pembuktian dari hipotesis yang didasarkan oleh hasil hisab sebelumnya.³⁴ Rukyat merupakan metode penentuan awal bulan hijriah yang

³³ Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005), 69

³⁴ Ahmad Izzudin, *Fiqih Hisab Rukyat*, (Jakarta: Erlangga, 2007), 6-10.

telah dilakukan oleh umat islam sejak dahulu kala, bahkan telah dilaksanakan sejak zaman nabi Muhammad SAW yang tercantum dalam al Qur'an dan Hadis.³⁵

Definisi rukyat menurut Susikan Azhari adalah kegiatan melihat benda langit secara langsung menggunakan mata kepala.³⁶ Kata rukyat dalam kajian ilmu fikih sangat erat hubungannya dengan kata hilal, sehingga masyarakat awam sangat familiar dengan kata *rukyathilal*. Muhyidin Khazin menjelaskan bahwa rukyat merupakan sebuah upaya yang dilakukan dengan tujuan untuk melihat hilal sebagai penanda mulainya bulan baru. Kegiatan tersebut dilakukan menjelang awal bulan hijriah atau pada hari ke-29, khususnya pada bulan Ramadan, Syawal, dan Zulhijah setelah matahari terbenam.³⁷

Sejalan dengan kemajuan ilmu astronomi dan teknologi, praktik rukyat juga terus mengalami perkembangan. Sekarang ini pelaksanaan rukyat bukan hanya sebatas pengamatan hilal yang bertujuan untuk menyambut bulan-bulan tertentu seperti bulan Ramadan, Syawal, atau Dzulhijah, melainkan praktik rukyat hilal juga dilaksanakan oleh para pegiat falak hampir di setiap bulan-bulan hijriah lainnya. Tujuannya adalah, selain untuk mengetahui kapan dimulainya bulan yang baru dalam

³⁵ Abd. Salam, *Penentuan Awal Bulan Islam dalam Tradisi Fiqh Nahdlatul Ulama*, (Surabaya: Pustaka Intelektual, 2009), 43.

³⁶ Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Dan Rukyat*. (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2008), 183.

³⁷ Muhyidin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktek*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004), 173.

kalender hijriah, rukyat hilal yang dilaksanakan rutin setiap akhir bulan hijriah, bisa menjadi sarana edukasi bagi para pegiat falak supaya dapat melatih keterampilan mereka dalam rukyat hilal.

Peristiwa hijrah nabi Muhammad SAW dari kota Makah ke kota Madinah adalah cikal bakal lahirnya kalender hijriah, selain itu munculnya bulan sabit muda atau yang kita kenal dengan hilal merupakan acuan dalam mengakhiri dan mengawali periode satu bulan dalam kalender tersebut. Uraian tersebut sesuai dengan pendapat yang di kemukakan oleh Abdul Hakim Ibrahim dan Muhammad Khatir Isa dalam sebuah acara *International symposium on Islamic Chronology and Identity Crisis* pada tahun 2000 M atau 1420 H di Libya. Mereka berpendapat bahwa “Hilal merupakan pertanda bagi kalender hijriah”, tetapi dalam penjelasan berikutnya mereka tidak menguraikan tentang bagaimana cara yang digunakan dalam melihat hilal apakah dapat diketahui cukup dengan hisab saja atau harus melihatnya secara langsung dengan mata kepala.³⁸ Dari pendapat tersebut dapat disimpulkan bahwa hilal menempati posisi yang sangat urgen dalam hal penentuan awal bulan hijriah, yaitu sebagai parameter untuk memulai dan mengakhiri satu bulan hijriah.

Para astronom barat menyebut istilah hilal dengan *cersent* yang artinya adalah Bulan sabit muda. Berdasarkan

³⁸ Susiknan Azhari, *Ilmu Falak; Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern*, (Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2007), 97

pendapat sebagian ulama, kata hilal merupakan bentuk Bulan yang terlihat pertama kalinya setelah sempat sembunyi dan tidak terlihat, atau dalam istilah astronominya adalah setelah terjadi konjungsi.³⁹ Kata hilal menurut sebagian ulama, bersumber dari kata tahlil/yuhillu. Hal tersebut didasarkan ketika masa itu ketika seseorang telah melihat hilal maka orang-orang akan mengucapkan bacaan tahlil dengan suara yang lantang.⁴⁰

Asal usul kata hilal menurut Ibnu Manzū dalam kitab *Lisān al-'Araby*, merupakan Bulan sabit muda yang tampak ketika hari pertama sampai hari kedua dalam bulan hijriah atau terjadi ketika dua malam terakhir bulan hijriah. Berdasarkan penjelasan tersebut hilal merupakan suatu objek yang tampak dan dapat dilihat secara visual dengan mata kepala pada akhir bulan hijriah. Penjelasan lain juga dikemukakan oleh al-Fairūz Abādi dalam kitab *al-Qāmus al-Muḥīṭ*, ia menjelaskan bahwa hilal merupakan bulan sabit muda yang muncul dalam periode dua sampai tiga malam dari awal bulan atau tujuh sampai dua malam ketika akhir bulan hijriah.⁴¹

Dalam bahasa Arab kata Bulan mempunyai tiga istilah penyebutan yaitu, *hilal*, *badr*, dan *Qamr*. Ketika bulan

³⁹ Wahbah bin Musthafā al-Zuhaylī, *al-Tafsir al-Mun'ir fī al-'Aqīdah wa al-Syarī'ah wa al-Manhaj*, (Damaskus: Dār al-Fikr alMu'āsir, 1418), vol. 2, 169.

⁴⁰ Ahmad Junaidi, *Memadukan Rukyat Hilal dengan Perkembangan sains*, Jurnal MADANIA Vol. 22 No.1, 2018, 147.

⁴¹ Sakirman, *Respons Fikih terhadap Perkembangan Teknologi Rukyat*, Al-Manahij: Jurnal Kajian Hukum Islam, Vol. 14 No.1 Juni 2020, 70.

berbentuk seperti sabit dan terlihat antara periode waktu akhir bulan sampai awal bulan, maka disebut dengan hilal. Kemudian ketika kondisi bulan penuh atau fase bulan purnama maka disebut dengan *badr*. Terakhir yaitu *qamr*, sebutan ini bisa digunakan untuk menyebut Bulan pada setiap saat.⁴²

Menurut Muhyiddin Khazin, hilal merupakan bagian Bulan yang terlihat terang yang diakibatkan oleh pantulan sinar Matahari pada saat Matahari terbenam setelah terjadi konjungsi. Keadaan Bulan yang dapat teramati dari bumi hanyalah goresan cahaya yang melangkung tipis, dikarenakan posisi Bulan pada saat itu terletak sangat dekat dengan posisi Matahari diufuk bagian Barat. Setelah Matahari terbenam, kemudian hilal berhasil teramati maka bisa dipastikan besok harinya adalah permulaan dari bulan hijriah selanjutnya.⁴³ Berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), kata hilal merupakan kata serapan dari bahasa Arab dan sudah menjadi kata baku dalam bahasa Indonesia. Arti kata hilal menurut KBBI adalah sebutan untuk Bulan sabit muda yang terbit pada tanggal satu bulan hijriah.⁴⁴

Beberapa uraian yang telah dijelaskan oleh para ahli tentang definisi kata rukyat dan hilal, maka dapat kita tarik

⁴² Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005, cet. I,30

⁴³ Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*,31

⁴⁴ Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, ed. Balai Pustaka (Jakarta, 1989), 307.

kesimpulan bahwa rukyat hilal merupakan kegiatan melihat kemunculan hilal dilangit bagian ufuk Barat dengan mata telanjang atau dengan alat bantu yang dilaksanakan pada hari ke 29 bulan hijriah setelah matahari terbenam. Kemunculan hilal berfungsi sebagai parameter penentuan awal bulan hijriah. Jika, ada seseorang yang mampu melihat hilal, dan seseorang tersebut telah memenuhi syarat sebagai saksi, maka bisa dipastikan bahwa hari berikutnya sudah masuk dalam bulan selanjutnya. Apabila, pada saat rukyat hilal tidak ada satu pun orang yang melihat hilal dalam suatu kawasan tertentu, maka jumlah hari dalam bulan tersebut dibulatkan menjadi 30 hari.

2. Dasar Hukum Rukyat Hilal

Praktik rukyat hilal merupakan kegiatan yang dilakukan untuk menentukan kapan akan dimulainya bulan baru dalam kalender hijriah. Kegiatan tersebut telah dilakukan oleh umat Islam secara turun-temurun mulai dari zaman nabi Muhammad SAW sampai dengan saat ini. Pelaksanaan rukyat hilal tentunya sesuai dengan perintah Allah SWT yang tercantum dalam al Qur'an dan Hadis. Berikut ini adalah beberapa ayat al Qur'an dan Hadis yang menjelaskan tentang rukyat hilal.

a) Surat al Baqarah ayat 189

Menurut beberapa riwayat menceritakan bahwa pada suatu ketika para sahabat mendatangi nabi Muhammad SAW, kemudian bertanya tentang

keberadaan hilal, serta apa manfaatnya bagi umat muslim. Selanjutnya, pertanyaan tersebut dijelaskan dalam surat al-Baqarah ayat 189; “katakanlah, Bulan sabit itu adalah tanda-tanda waktu (mawāqīt) bagi manusia dan ibadah haji.” Berdasarkan penjelasan dari ayat tersebut adalah manfaat dari bulan diciptakan dengan bentuk yang berbeda-beda dalam jangka waktu tertentu yaitu sebagai penanda waktu bagi umat Islam dalam melaksanakan beberapa ibadah seperti ibadah puasa Ramadan dan ibadah Haji.⁴⁵

Menurut kitab *Tafsir al-Maraghi* karya Ahmad Mustafa al-Maraghi menjelaskan tentang manfaat diciptakannya bulan dengan bentuk yang berbeda-beda. Salah satu manfaatnya adalah umat muslim dapat mengetahui waktu kapan harus memulai dan mengakhiri ibadah puasa Ramadan, dengan melihat bentuk bulan sabit (hilal). Selain itu dengan melihat hilal umat Islam dapat menentukan kapan harus menunaikan ibadah haji dengan tepat pada waktunya (ada’) atau di luar waktu yang telah ditentukan.⁴⁶

b) Surat Al-An’am ayat 96

Dalam surat al-An’am ayat 96 terdapat kalimat “dan menjadikan Matahari dan Bulan untuk

⁴⁵ As’ad Yasin et, *Terjemah Tafsir Fi Zhilal alQur’an*, (Jakarta: Gema Insani, 2006), Cet. Ke-5, 215.

⁴⁶ Ahmad Mustafa al-Maraghi, *Tafsir al-Maraghi*,....., 83.

perhitungan”,⁴⁷ menurut tafsir Al-Misbah keadaan Matahari dan Bulan telah ditetapkan oleh Allah SWT dengan perhitungan yang sempurna, tidak berubah-ubah, dan terukur, sesuai dengan lintasan orbit yang dimiliki. Sehingga pergerakan Matahari dan Bulan sesuai dengan orbitnya mengakibatkan terjadinya siang dan malam. Kata "حُسْبَانًا" dalam ayat tersebut, memiliki arti perhitungan yang teliti atau sempurna. Berdasarkan ayat tersebut sebagian ulama' menafsirkan bahwa, Matahari Bulan, dan benda-benda langit lainnya, beredar melintasi masing-masing orbitnya, dan berlangsung secara konsisten dengan perhitungan yang sempurna, sehingga tidak akan terjadi tabrakan diantara mereka. Peredaran Bumi mengelilingi Matahari serta Bulan mengelilingi Bumi dapat dimanfaatkan oleh manusia sebagai pertanda waktu.⁴⁸

c) Hadis riwayat Muslim

حَدَّثَنَا أَبُو بَكْرِ بْنُ أَبِي شَيْبَةَ حَدَّثَنَا أَبُو أُسَامَةَ حَدَّثَنَا عُبَيْدُ اللَّهِ عَنْ نَافِعٍ عَنْ ابْنِ عُمَرَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُمَا أَنَّ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ ذَكَرَ رَمَضَانَ فَضَرَبَ بِيَدِهِ فَقَالَ الشَّهْرُ هَكَذَا وَهَكَذَا ثُمَّ عَقَدَ إِبْهَامَهُ فِي الثَّلَاثَةِ فَصَوْمُوا

⁴⁷ Departemen Agama Republik Indonesia, *Al-Qur'an Dan Terjemahnya*, 140.

⁴⁸ M. Quraish Shihab, *Tafsir al-Mishbah*, Juz I, (Jakarta: Lentera Hati, 2004), 204.

لِرُؤْيَيْتِهِ وَأَفْطَرُوا لِرُؤْيَيْتِهِ فَإِنَّ أَعْمِيَّ عَلَيْكُمْ فَاقْدِرُوا لَهُ
ثَلَاثِينَ (رواه مسلم)⁴⁹

Ber cerita kepada kami Abu Bakar bin Abi Syaibah ber cerita kepada kami Abu Usamah ber cerita kepada Kami Ubaidillah dari Nasi' bin Umar radiallahu anhu bahwa Rasulullah Saw menuturkan masalah bulan Ramadhan sambil menunjukkan kedua tangannya kemudian berkata “bulan itu seperti ini, seperti ini, seperti ini”, kemudian menelungkupkan ibu jarinya pada saat gerakan yang ketiga. Maka berpuasalah kalian karena melihat hilal dan berbukalah karena melihat hilal pula, jika terhalang oleh awan terhadapmu maka genapkanlah tiga puluh hari. (HR. Muslim)

Hadis tersebut menjelaskan tentang waktu pelaksanaan ibadah puasa Ramadhan bagi umat muslim. Dalam hadis tersebut umat islam diwajibkan melaksanakan ibadah puasa Ramadhan setelah salah satu dari mereka melihat hilal pada akhir bulan Syaban sesudah matahari terbenam. Apabila, pada saat itu kondisi cuaca sedang mendung dan hilal kemungkinan tertutup oleh awan maka hari dalam bulan *Say'ban* di genapkan menjadi 30 hari. Kondisi

⁴⁹ Imam An-Nawawi, *Syarah Shahih Muslim*, (Jakarta: Darus Sunnah Press, 2012), cet. II, 498

tersebut juga berlaku pada bulan-bulan lain terutama ketika menyambut bulan Syawal dan *Dzulhijah*, dikarenakan pada bulan-bulan tersebut terdapat pelaksanaan ibadah tahunan bagi umat muslim. Hadis tersebut merupakan salah satu dasar yang digunakan oleh Imam Syafi'i dalam menjelaskan bahwa penentuan awal bulan awal Ramadan, Syawal dan *Dzulhijah*, adalah menggunakan metode rukyat *hilal bi fi'li*.⁵⁰

3. Transformasi Perkembangan Rukyat Hilal

a) Rukyat Hilal Klasik

Sejarah awal pelaksanaan rukyat hilal tentunya dimulai pada masa nabi Muhammad SAW. Pada masa itu penggunaan metode hisab dalam menentukan awal bulan hijriah, masih belum populer dikalangan umat Islam. Hal tersebut dikarenakan, pada masa itu sebagian besar kondisi umat Islam adalah *ummi*, sehingga dalam menentukan awal bulan Ramadan, Syawal, Dzulhijah, dan Muharrah pada masa itu hanya menggunakan metode melihat hilal secara langsung tanpa alat bantu dan data hasil perhitungan.⁵¹

Rukyat yang dilakukan pada masa nabi Muhammad SAW, termasuk ke dalam metode rukyat *bil*

⁵⁰ Abi Ishak Ibrahim bin Ali Asy-Syairazi, *Al-Muhadzab fi Fiqh al-Imam asy-Syafi'i*, (Beirut: Dar Al-fikr, 1994), Juz I, 249.

⁵¹ Ditjen Bimas Islam dan Penyelenggaraan Haji, *Selayang Pandang Hisab Rukyat*, (Jakarta : KEMENAG, 2004), 17.

fi'li. Pada masa itu, praktik rukyat hanya dilakukan dengan mengamati hilal secara alami tanpa alat bantu apapun. Teknik rukyat yang dilakukan pada masa nabi, sangatlah sederhana yaitu melakukan pengamatan hilal pada akhir bulan hijriah dengan mengarahkan pandangan ke langit bagian ufuk barat saat setelah Matahari terbenam tanpa menggunakan alat bantu, serta tanpa menggunakan hasil hisab untuk memperkirakan posisi hilal. Meskipun teknik rukyat yang digunakan pada masa itu tergolong sederhana, ada salah seorang sahabat nabi yang bernama Ibnu Umar bin Arabi bersaksi dapat melihat hilal pada masa itu.⁵² Praktik rukyat pada masa nabi, merupakan cikal bakal pelaksanaan rukyat hilal yang secara turun-temurun digunakan sebagai pedoman bagi para perukyat pada generasi selanjutnya.

Berdasarkan hadis nabi terdapat dua metode yang dapat digunakan untuk mengetahui kapan waktu dimulai puasa Ramadan dan kapan waktu mengakhirinya. Pertama adalah menggunakan metode rukyat. Dalam menentukan waktu dimulainya ibadah puasa Ramadan rukyat hilal dilakukan pada hari ke 29 bulan Sya'ban, sedangkan untuk mengetahui akhir dari puasa Ramadan dilakukan rukyat hilal pada hari ke 29 bulan Ramadan. Metode kedua yaitu dengan *istikmal* atau menggenapkan

⁵² Ditjen Bimas Islam dan Penyelenggaraan Haji, *Selayang Pandang Hisab Rukyat*, , 95.

jumlah hari dalam satu bulan hijriah menjadi tiga puluh hari. Ketika rukyat yang dilaksanakan pada akhir bulan Sya'ban, hilal tidak berhasil teramati, maka dalam menentukan waktu awal puasa Ramadan adalah dengan menggenapkan hari dalam bulan Sya'ban menjadi 30 hari. kemudian setelah hari ke tiga puluh bulan sya'ban maka keesokan harinya sudah masuk tanggal satu Ramadan. Metode *istikmal* juga berlaku dalam menentukan akhir bulan Ramadan atau bulan-bulan lainnya, dengan syarat bahwa keika pelaksanaan rukyat, tidak seorang pun dapat melihat hilal.⁵³

b) Rukyat Hilal Modern

Selepas masa nabi dan sahabat, peradaban Islam terus mengalami perkembangan yang sangat pesat salah satunya di bidang ilmu pengetahuan. Pada masa ini ilmu astronomi dan matematika mulai dikaji dan pelajari oleh para cendekiawan muslim, sehingga berdampak pada perkembangan rukyat hilal. Bukti terjadinya perkembangan dalam praktik rukyat hilal adalah dengan ditemukannya ilmu hisab atau perhitungan astronomi untuk memperkirakan posisi hilal. Hasil dari perhitungan posisi hilal tentunya dapat membantu perukyat dalam memfokuskan pandangan saat mengamati hilal. Ilmu hisab mengalami perkembangan yang sangat pesat ketika

⁵³ Sakirman, *Respons Fikih terhadap Perkembangan Teknologi Rukyat,*, 75.

masa pemerintahan dinasti Abbasiyah (749M-1258M). Salah satu tokoh yang sangat berkontribusi besar dalam ilmu hisab pada masa itu bernama Ulugh Beik. Sumbangan terbesar yang diberikan oleh Ulugh Beik untuk perkembangan ilmu hisab adalah menciptakan tabel astronomi yang berisi data koreksi perhitungan posisi benda-benda langit.⁵⁴

Hadirnya ilmu hisab menjembatani para ahli astronomi islam untuk melakukan inovasi dalam membuat sebuah *tools* (alat) yang dapat membantu perukyat dalam mengamati hilal saat pergantian bulan. Tools (alat) yang dikembangkan oleh para ahli falak pada masa tersusun dari beberapa garis atau kurva yang memproyeksikan lintasan orbit benda-benda langit yang diolah menggunakan rumus trigonometri. Beberapa alat hisab rukyat yang dikembangkan oleh para ahli astronomi islam antara lain :

- Astrolabe

Nama astrolabe merupakan gabungan dari dua kata *aster* dan *lambenein (labein)*. Kedua kata tersebut berasal dari bahasa Yunani yang artinya, *aster* adalah bintang sedangkan *lambanein (labein)* bermakna menentukan atau memperkirakan. Astrolabe merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk mencari

⁵⁴ Ahmad Izzuddin, *Fiqih Hisab Rukyat*, (Jakarta: Penerbit Erlangga, 2007), 51.

posisi benda-benda langit termasuk juga hilal.⁵⁵ Menurut penjelasan Hajji Khalifah dalam bukunya yang berjudul *kasyf azh-Zhunun* menerangkan fungsi astrolabe untuk menentukan keadaan benda-benda langit secara lebih mudah dan teliti. Beberapa kegunaan dari astrolabe antara lain mengukur ketinggian Matahari, mengetahui waktu terbenam dan terbitnya Matahari, mengukur azimuth kiblat, mencari nilai koordinat suatu tempat, dan lain-lain.⁵⁶



Gambar 2.1 Astrolabe.

Astrolabe memiliki sebuah lempengan yang berbentuk lingkaran sempurna (360°), lempengan tersebut terbagi menjadi empat bagian yaitu masing-masing bagian adalah seperempat lingkaran (*quadrant*). Dalam lempengan astrolabe termuat macam-macam rasi bintang (*zodiak*), garis-garis kurva dengan skala angka derajat. Bentuk astrolabe yang bulat merupakan

⁵⁵ James E. Morrison, *The Astrolabe*, (DE USA : Janus Rehoboth Beach, 2007), 1.

⁵⁶ Hajji Khalifah, *Kasyf azh-Zhunûn 'an Asâmy al-Kutub wa al-Funûn*, Juz 1, (Beirut: Dâr Ihyâ' at-Turâts al-'Araby, t.t), 106.

proyeksi dari bentuk bola langit dengan dilengkapi dengan garis dan kurva dengan skala tertentu yang berfungsi untuk menentukan posisi benda-benda langit.⁵⁷ Menurut sejarah, astrolabe merupakan sebuah tools (alat) yang dikembangkan oleh seorang ahli astronomi muslim yang bernama Ibrahim al-Fazari, yang berfungsi sebagai alat bantu dalam mengamati benda-benda langit.⁵⁸

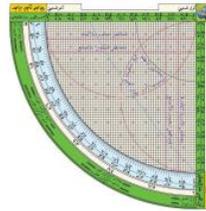
- Rubu' Mujayyab

Quadrant sinus atau yang lebih dikenal dengan rubu' mujayyab berasal dari bahasa Arab, terdiri dari kata *rubu'* yang artinya adalah seperempat dan *mujayyab* yang berarti sinus. Alat ini memiliki beberapa fungsi antara lain, mengukur altitude benda-benda langit, mengetahui ketinggian sebuah benda, menghitung azimuth kiblat, menghitung waktu salat, dan lain sebagainya. definisi rubu' mujayyab menurut Ensiklopedi Hisab Rukyat adalah suatu alat yang dapat melakukan perhitungan fungsi *goniometris* dan

⁵⁷ Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, "Astronomi Islam Era Dinasti Mamalik (1250-1517): Sejarah, Karakter & Sumbangan", Jurnal Vol.7 No.1 Januari - Juni 2011, 5.

⁵⁸ Ehsan Hidayat, "Sejarah Perkembangan Hisab dan Rukyat", El-Falaky : Jurnal Ilmu Falak, Vol. 3, No. 1 tahun 2019, 65.

mampu untuk memproyeksikan peredaran benda langit pada lingkaran vertikal.⁵⁹



Gambar 2.2 Rubu' Mujayyab

Rubu' mujayyab merupakan perangkat hitung astronomis yang berfungsi untuk memecahkan permasalahan astronomi bola yang memiliki hubungan dengan posisi benda langit atau perhitungan arah kiblat. definisi lain dari *rubu' mujayyab* adalah perangkat sederhana yang berfungsi untuk melakukan pengukuran sudut secara vertikal dari pemisahan (ketinggian di atas ufuk). *Rubu' mujayyab* diciptakan oleh ilmuwan muslim pada masa keemasan. *Rubu' mujayyab* merupakan perangkat bantu dalam melakukan perhitungan astronomi yang terbaik pada masanya. *Rubu' mujayyab* adalah bentuk penyederhanaan dari bentuk astrolabe yaitu lingkaran penuh (360°). Berdasarkan catatan sejarah *rubu' mujayyab* merupakan alat hitung yang dikembangkan

⁵⁹ Azhari, Susiknan, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2005), 181-182.

oleh al-Khawarizmi dan Ibn Shatir, mereka berdua adalah seorang ilmuwan dan ahli astronomi islam.⁶⁰

Ilmu hisab dan rukyat hilal hasil dari pemikiran para ilmuwan muslim pada masa keemasan Islam, merupakan sebuah pedoman bagi pegiat ilmu falak di seluruh dunia, tak terkecuali di Indonesia. Salah satu buktinya adalah seorang tokoh ahli falak dari indonesia yang bernama Muhammad Manshur al-Batawi, beliau berhasil menulis kitab falak yang sangat populer di Indonesia yaitu, *kitab Sullamun Nayyirain*. Kitab tersebut disusun menggunakan tabel astronomis karya ilmuwan muslim yang bernama Ulugh Beik, setelah beliau menimba ilmu dari para ulama ahli falak di jazirah Arab.⁶¹ Beberapa ahli falak Indonesia juga mampu menciptakan sebuah alat dan metode hisab, yang dapat membantu pelaksanaan rukyat hilal seperti, Saa'doeddin Djambek beliau menciptakan alat bantu rukyat yang bernama Gawang Lokasi, Abu Hamdan Abdul Jalil beliau menulis kitab *Farhur al Ra'uf al Manan*, KH. Zubair Umar Jailani menulis kitab *Khulasoh Wafiyah*, KH. Noor Ahmad menulis kitab *Syams al Hilal*, dan lain

⁶⁰ Sakirman, "Spirit Budaya Islam Nusantara dalam Konstruks Rubu' Mujayyab", Endogami : Jurnal Ilmiah Kajian Antropologi, No. 1 Vol. 2 (2018), 118.

⁶¹ Ahmad Izzuddin, *Fiqh Hisab Rukyah, Menyatukan NU dan Muhammadiyah dalam Penetapan Awal Ramadhan, Idul Fitri, dan Idul Adha*, Jakarta: Erlangga, 2007, 22.

sebagainya. Karya-karya tersebut tentunya diciptakan dari hasil inovasi terhadap pemikiran para ilmuwan ahli falak terdahulu.

c) Rukyat Hilal Kontemporer

Objek hilal yang sangat sulit untuk dilihat merupakan sebuah tantangan tersendiri bagi para perukyat. Seiring dengan kemajuan ilmu sains dan teknologi para pegiat falak terus melakukan inovasi baru guna memudahkan perukyat dalam melihat hilal. Pemanfaatan berbagai macam perangkat teknologi dalam rukyat hilal bertujuan untuk membantu perukyat dalam memfokuskan arah pandangan ke posisi hilal berada dan dapat juga memperkuat citra hilal yang sangat lemah.

Salah satu perangkat teknologi yang digunakan sebagai alat bantu rukyat hilal adalah teleskop. Alat ini dikembangkan oleh seorang ilmuwan barat yang bernama Galileo Galilei pada permulaan abad ke 17 M.⁶² Teleskop termasuk kedalam alat optik yang berguna untuk menguatkan penglihatan mata dalam mendeteksi benda yang posisinya jauh atau benda yang memiliki cahaya redup.⁶³ Secara umum teleskop memiliki dua fungsi utama. Fungsi yang pertama yaitu sebagai penguat cahaya, kemampuan teleskop dalam mengumpulkan

⁶² Ahmad Musonnif, *Ilmu Falak*, (Yogyakarta : Teras, 2011), 26.

⁶³ Patrick Moore, ed., *Philip's Astronomy Encyclopedia*, Fully rev. and expanded ed, (London: Philip's, 2002), 402;

cahaya dari area yang luas, kemudian difokuskan pada suatu titik penglihatan yang lebih sempit sehingga benda yang redup dapat teramati lebih detail dan jelas. Fungsi kedua yaitu melakukan pembesaran pada suatu objek yang memiliki jarak yang sangat jauh.⁶⁴

Pemanfaatan teleskop sebagai alat bantu dalam rukyat hilal menjadi sebuah harapan untuk menjawab permasalahan yang ada pada rukyat hilal. Tetapi dalam kenyataannya, Penggunaan teleskop untuk kegiatan rukyat hilal menurut kaca mata astronomi masih belum mampu untuk mengatasi beberapa kendala dalam rukyat hilal. Menurut Schaefer, cahaya hilal yang terjadi ketika jarak sudut Matahari-Bulan kurang dari 7 derajat, akan sulit untuk dapat diamati, meskipun dengan bantuan teleskop canggih sekalipun. Pernyataan Schaefer tersebut berdasarkan hasil pengamatan hilal yang dilakukan di berbagai tempat dengan mata telanjang ataupun menggunakan teleskop serta dengan berbagai macam metode. Permasalahan lain yang menghambat praktik rukyat hilal adalah perbedaan kontras antara kecerahan cahaya hilal dan cahaya *syafak*. Dengan bantuan teleskop, kecerahan cahaya hilal dan cahaya langit syafak keduanya sama-sama akan diperkuat, sehingga kontras yang dimiliki keduanya sama dengan pengamatan tanpa

⁶⁴ Agustinus Gunawan Admiranto, *Menjelajahi Bintang Galaksi dan Alam Semesta*, (Yogyakarta: Kanisius, 2009), 8.

alat bantu atau dengan mata visual.⁶⁵ Hal tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan teleskop untuk rukyat hilal masih belum bisa menjawab permasalahan dalam rukyat hilal.

B. Gawang Lokasi

1. Deskripsi Umum Gawang Lokasi

Menurut beberapa literatur, K.H Sa'doedin Djambek merupakan penggagas awal terciptanya alat bantu rukyat hilal Gawang Lokasi. Beliau merupakan tokoh ahli falak Indonesia yang lahir di kota Bukit Tinggi, Sumatra Barat pada 24 Maret 1911M/1330H. K.H Sa'doedin Djambek adalah putra dari seorang ulama besar yaitu Syekh Muhammad Djamil Djambek yang berasal dari Minangkabau. Beliau memulai belajar ilmu astronomi Islam dengan bimbingan seorang guru yang bernama Syekh Taher Jalaluddin ketika belajar di al-Jami'ah Islamiah di kota Padang pada tahun 1941-1942M. Kemudian untuk mendalami ilmu sains dan astronomi, K.H Sa'doedin Djambek melanjutkan studinya dengan kuliah ilmu pasti alam dan astronomi di fakultas FIPIA(Fakultas Ilmu Pasti dan Ilmu Alam) di Bandung pada tahun 1954-1955 M. Beberapa karya beliau di bidang ilmu falak antara lain, Buku dengan Judul "Almanak Djamiliyah" yang diterbitkan oleh Penerbit Tintamas tahun 1953 M/1373 H, Buku dengan Judul

⁶⁵ Sakirman, *Respons Fikih terhadap Perkembangan Teknologi Rukyat*, , 77.

“Perbandingan Tarich” yang diterbitkan oleh penerbit Tintamas pada tahun 1968 M/1388 H, Buku “Pedoman Waktu Sholat Sepanjang Masa” yang diterbitkan oleh Penerbit Bulan Bintang pada tahun 1974 M/1394 H, Buku dengan judul “Sholat dan Puasa di daerah Kutub” yang diterbitkan oleh Penerbit Bulan Bintang pada tahun 1974 M/1394 H, Buku dengan judul “Hisab Awal bulan Qamariyah” yang diterbitkan oleh Penerbit Tintamas pada tahun 1976 M/1397 H, dan alat bantu rukyat Gawang Lokasi yang diciptakan bersama K.H Tangsoban, seorang ahli falak yang berasal dari Sukabumi.⁶⁶

Gawang Lokasi merupakan alat bantu rukyat hilal kasik yang hingga saat ini masih banyak digunakan oleh para pegiat falak dalam praktik rukyat hilal. Gawang Lokasi termasuk kedalam kelompok alat bantu rukyat non optik, sehingga alat tersebut tidak dilengkapi dengan lensa tertentu yang mampu memperbesar dan memperbesar objek yang diamati. fungsi dari alat bantu rukyat non optik hanya untuk membantu memfokuskan pandang kita ke arah posisi hilal berada. Konsep kerja alat ini adalah menggunakan sistem koordinat sumbu x dan y. koordinat sumbu x berfungsi untuk mengukur *azimuth* hilal, sedangkan sumbu y berfungsi untuk mengukur

⁶⁶ Susiknan Azhari, “Perkembangan Kajian Astronomi Isalm di Alam Melayu”, Jurnal Fiqh, No. 7 (2010), 167-184.

altitude hilal. *Azimuth* dan *altitude* hilal di ukur dari posisi Matahari terbenam.⁶⁷

Alat ini terdiri dari dua komponen utama yaitu, tiang pembidik dan bidang Gawang Lokasi. Berikut ini adalah penjelasan dari komponen Gawang Lokasi :⁶⁸

a. Tiang Pembidik

Komponen ini merupakan sebuah tongkat tegak lurus yang bisa terbuat dari besi atau kayu. Tiang pembidik pada umumnya memiliki tinggi sekitar satu meter sampai satu setengah meter. Ujung bagian atasnya terdapat lubang kecil yang berfungsi untuk memfokuskan pandangan. Tiang pembidik diletakkan di belakang atau sebelah timur dari bidang Gawang Lokasi dengan jarak tertentu.

b. Bidang Gawang Lokasi

Bagian ini terdiri dari dua buah tiang tegak lurus vertikal serta sebuah mistar datar horizontal yang berfungsi sebagai penghubung antara kedua tiang tersebut. Panjang dari tiang vertikal dan mistar horizontal dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Semakin panjang tiang vertikal maka *altitude* hilal yang dapat dilokalisir semakin tinggi, sedangkan semakin panjang mistar horizontal, maka area azimut yang dapat

⁶⁷Motoha Arkanudin, *Materi Dasar Pendidikan Falakiah*, (Jakarta : Jakarta Islamic Centre, 2019), 45

⁶⁸Badan Hisab Rukyah Kementerian Agama Republik Indonesia, *Almanak Hisab Rukyah*, (Jakarta: DIPA Bimas Islam, 2010), 231.

terlokalisir akan semakin luas. Bidang Gawang Lokasi ditopang oleh sebuah tiang tegak lurus yang memiliki tinggi sejajar dengan tiang pembidik.



Gambar 2.4 *Gawang Lokasi*.

Gambar diatas merupakan salah satu model gawang lokasi yang dibuat oleh lembaga RHI (Rukyat Hilal Indonesia). Dalam bingkai gawang lokasi tersebut terdapat beberapa benang nilon yang tersusun secara vertikal dan horizontal. Benang-benang vertikal berfungsi untuk mengukur *azimuth*, sedangkan Benang-benang horizontal berfungsi untuk mengukur *altitude*.. Susunan dari benang vertikal dan horizontal tersebut membentuk pola persegi yang memiliki ukuran sama besar antara satu sama lain. Satu persegi dalam pola tersebut mewakili nilai 1 derajat. Model gawang lokasi RHI ini mampu mengukur *altitude* dan *azimuth* maksimal 12 derajat.

2. Modifikasi Gawang Lokasi

Ilmu falak dan teknologi yang terus berkembang dimanfaatkan oleh para ahli falak di Indonesia untuk

melakukan inovasi terhadap gawang lokasi. Inovasi tersebut menghasilkan alat bantu rukyat yang dilengkapi dengan beberapa fitur tambahan untuk memudahkan perukyat dalam mengamati hilal serta meningkatkan keakuratannya. Berikut ini adalah beberapa alat bantu rukyat hilal hasil dari pengembangan konsep gawang lokasi :

a. Tiang Koordinat

Alat ini diciptakan oleh seorang ahli falak asal Jawa Timur yang bernama Mahfued Rifai pada tahun 1997. Tiang Rukyat Koordinat merupakan alat bantu rukyat hilal sederhana yang terdiri dari dua tiang. Ketika pelaksanaan rukyat hilal kedua tiang tersebut ditempatkan sejajar dengan selisih jarak lima meter. Konsep kerja alat ini serupa dengan Gawang Lokasi, tetapi memiliki Bentuk yang berbeda. Tiang Rukyat Koordinat berbentuk memanjang vertikal dan memiliki dua belas tangga. Jarak antara satu tangga dengan tangga berikutnya bernilai 1 derajat, sehingga secara keseluruhan alat ini mampu melakukan pengukuran sampai dengan ketinggian 12 derajat.⁶⁹

⁶⁹ Abdul Hadi Hidayatullah, “Uji Akurasi Tiang Rukyah Koordinat dalam Pelaksanaan Rukyat Hilal Awal Bulan Kamariah”, (Skripsi: Jurusan Ilmu Falak Fakultas Syari’ah dan Hukum UIN Walisongo, 2015).



Gambar 3.2 *Tiang Rukyah Koordinat.*

b. Hilal Tracker

Alat ini diciptakan oleh Mutoha Arkanuddin pada sekitar tahun 2006. Pada awalnya alat ini hanya berbentuk seperti bingkai persegi dan dalam pengoperasiannya cukup dipegang dengan tangan. Selanjutnya alat ini dimodifikasi dengan ditambahkan rangkaian benang-benang nilon yang disusun secara vertikal dan horizontal secara teratur. Benang-benang tersebut berfungsi sebagai penanda dengan skala derajat untuk mengukur *altitude* dan *azimuth* hilal. Pada versi terbarunya, benang-benang nilon tersebut diganti dengan kaca akrilik yang memungkinkan pengguna untuk menggambar garis lintasan hilal, sehingga memudahkan pengguna dalam tracking posisi hilal. Pada kaca akrilik tersebut terdapat beberapa garis vertikal dan horizontal yang merupakan skala derajat untuk mengukur ketinggian hilal mulai dari 0 sampai 15 derajat, serta berfungsi untuk mengukur *azimuth* mulai dari 0 sampai 10 derajat. Komponen lain pada Hilal

Tracker adalah bidang hilal tracker yang merupakan tempat pembidik serta tripod yang berfungsi sebagai penyangga.⁷⁰



Gambar 3.2 Hilal Tracker.

C. Sensor Gyroscope

a. Deskripsi Umum Sensor

Sensor adalah sebuah alat pendeteksi yang berfungsi untuk mengukur suatu besaran fisik misalkan tekanan atau cahaya. Sensor kemudian akan mengolah hasil pengukuran tersebut menjadi sebuah sinyal yang memungkinkan untuk dibaca oleh manusia. Pada saat ini mayoritas teknologi sensor memiliki kemampuan berkomunikasi dengan perangkat elektronik, sehingga memudahkan dalam proses pengukuran dan perekaman.⁷¹ ANSI (*American National Standards Institute*) mendefinisikan sensor adalah perangkat yang memberikan *output* yang dapat digunakan sebagai respons

⁷⁰ Arhamu Rijal, “Uji Akurasi Hilal Tracker Tripod untuk Rukyat Hilal”, (Skripsi: Jurusan Ilmu Falak Fakultas Syari’ah dan Hukum UIN Walisongo, 2017).

⁷¹ Rafifuddin Syam, *Dasar-Dasar Teknik Sensor*, (Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin: Makassar, 2013), 9.

terhadap besaran ukur yang ditentukan. *Output* yang dimaksud dalam definisi tersebut adalah berupa besaran listrik, sedangkan yang dimaksud besaran ukur adalah besaran fisik yang dihasilkan dari proses pengukuran terhadap suatu parameter.⁷² Definisi sensor menurut Julian Gardner adalah suatu perangkat yang mampu mentransformasikan besaran kimia atau fisika menjadi sebuah besaran elektrik sehingga mampu dianalisis oleh sebuah perangkat elektronik.⁷³

Sejarah mencatat, pertama kalinya teknologi sensor diperkenalkan oleh Wilhelm von Siemens pada tahun 1860. Dia menciptakan sebuah alat ukur suhu, yang terbuat dari sebuah kawat tembaga dengan memanfaatkan sistem kerja pada resistor. Teknologi sensor pada awal perkembangannya digunakan dalam bidang industri, sebagai alat ukur untuk mendeteksi suatu parameter, yang dapat beroperasi secara otomatis dan akurat, sehingga mampu meningkatkan hasil produksi. Terjadinya ekspansi di bidang industri secara besar-besaran pada tahun 1920 sampai 1940, memicu meningkatnya kebutuhan terhadap teknologi otomatisasi seperti teknologi sensor. Hadirnya teknologi semikonduktor pada tahun 1950, memicu perkembangan teknologi sensor yang semakin pesat, dikarenakan teknologi semikonduktor mampu memproses

⁷² T. Grandke, *Sensors a Comprehensive Survey : Fundamentals and General Aspects*....., 3.

⁷³ Julian W. Gardner, *Microsensors: Principles and Applications*, (UK: John Wiley, 1994), 84.

sinyal elektronik dan teknik kontrol secara lebih efisien.⁷⁴ Teknologi sensor terus mengalami perkembangan dari waktu ke waktu, dengan menawarkan berbagai fungsi dan komponen canggih untuk memudahkan pekerjaan manusia.

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi berdampak pada perkembangan teknologi sensor yang semakin canggih. Hal tersebut dibuktikan dengan hadirnya berbagai jenis sensor dengan fungsi tertentu. Pengelompokan jenis sensor dilakukan berdasarkan kemampuan sensor dalam mendeteksi dan mengolah jenis besaran fisik yang diterima.⁷⁵

b. Sistem Kerja Sensor Gyroscope

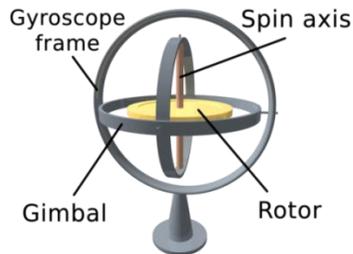
Istilah gyroscope berasal dari bahasa Yunani kuno yang berarti gerak presisi (*precession motion*). Gyroscope merupakan sebuah alat yang tersusun oleh lempengan bulat (*rotor*) yang terpasang pada sebuah bingkai dan memiliki kemampuan dalam mendeteksi kecepatan sudut (*angular velocity*) ketika terjadi sebuah rotasi pada bingkai tersebut.⁷⁶ Gyroscope bekerja berdasarkan prinsip dasar hukum kekekalan momentum sudut yaitu setiap sistem partikel memiliki total momentum sudut yang relative terhadap setiap titik tetap dalam suatu ruang konstan, asalkan tidak ada gaya

⁷⁴ T. Grandke, *Sensors a Comprehensive Survey : Fundamentals and General Aspects*, (VCH Publishers Inc:New York, 1989), 2.

⁷⁵ Rafifuddin Syam, *Dasar-Dasar Teknik Sensor*, , 35-39.

⁷⁶ Vittorio M. N. Passaro, *Gyroscope Technology and Applications: A Review in the Industrial Perspective*, Journal: Sensors, 2017, Vol. 17, 1.

lain yang mempengaruhinya.⁷⁷ Gyroscope ini banyak digunakan dalam pesawat terbang, kapal, dan rudal, sebagai alat navigasi untuk menentukan arah dan sudut yang dituju, serta berfungsi untuk menstabilkan pergerakan pesawat terbang dan kapal laut.⁷⁸



Gambar 2.1. *Gyroscope*

Pertama kali gyroscope diperkenalkan oleh seorang ilmuwan dari Jerman yang bernama Johann Bohnenberger pada tahun 1817. Pada saat itu gyroscope generasi pertama hanya berupa sebuah bola yang berotasi secara masif. Pada tahun 1832, Walter R. Johnson seorang ilmuwan dari Amerika mengembangkan gyroscope generasi kedua berdasarkan perputaran lempengan bulat (*rotor*) yang dipasang dalam alat tersebut. Lempengan bulat (*rotor*) pada gyroscope berfungsi sebagai penjaga arah, yang sistem kerjanya seperti pendulum pada jam yaitu sebagai penjaga waktu.⁷⁹ Generasi terbaru dari

⁷⁷ Jacob Fraden, *Handbook of Modern Sensors Physics, Designs, and Applications*, (Springer: New York, 2010), 340.

⁷⁸ Ljiljana Veljović, *History and Present of Gyroscope Models and Vector Rotators*, Journal: Scientific Technical Review, Vol.60, No. 3, 101.

⁷⁹ Jacob Fraden, *Handbook of Modern Sensors Physics, Designs, and Applications*,....., 340.

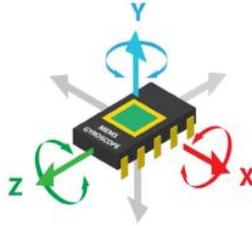
gyroscope adalah bentuk gyroscope optik (*gyroscope* laser, dan *gyroscope* fiber optik). *Gyroscope* bentuk ini tersusun dari beberapa komponen optik yang menggantikan komponen mekanik dari *gyroscope* klasik, sehingga mampu meningkatkan akurasi dalam pengukuran.⁸⁰

Micro Electro Mechanical System (MEMS) merupakan cikal bakal dari hadirnya teknologi sensor *gyroscope*. Dengan memanfaatkan teknologi MEMS memungkinkan untuk menciptakan sebuah sensor yang memiliki fungsi serupa dengan kemampuan *gyroscope*.⁸¹ MEMS *gyroscope* atau bisa disebut dengan Sensor *gyroscope* mampu mengukur kecepatan sudut rotasi yang terjadi pada 3 sumbu x, y, dan z. Mayoritas sensor *gyroscope* mampu mendeteksi sebuah rotasi dengan memanfaatkan elemen mekanis getar, berdasarkan transfer energi antara dua mode getaran yang disebabkan oleh percepatan Coriolis.⁸²

⁸⁰ Giuseppe Iurato, *On the historical evolution of gyroscopic instrumentation: a very brief account*, [https://hal .archives-ouvertes.fr/hal-01136829](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01136829), 2015, 2.

⁸¹ Jacob Fraden, *Handbook of Modern Sensors Physics, Designs, and Applications*,....., 342.

⁸² Gaya Coriolis adalah gaya semu yang bekerja pada benda yang bergerak dalam kerangka acuan yang berputar. Arah percepatan coriolis ialah tegak lurus pada kecepatan, ke kanan di belahan bumi utara dan ke kiri di belahan bumi selatan. Lihat: Andres Persson, *How Do We Understand the Coriolis Force?*, *Bulletin of the America Meteorological Society*, Vol.79, No. 7, July 1998, 1373.



Gambar 2.2. *Sensor Gyroscope*

Output yang dihasilkan oleh Sensor gyroscope adalah kecepatan sudut (*angular velocity*) dari arah 3 sumbu yaitu: sumbu x merupakan sudut *phi* (kanan dan kiri), kemudian sumbu y adalah sudut *theta* (atas dan bawah), dan sumbu z merupakan sudut *psi* (depan dan belakang). Nilai sudut yang dihasilkan akan disesuaikan dengan perubahan gerakan pada sudut tertentu. Pada saat sensor gyroscope berotasi searah dengan jarum jam pada salah satu sumbu, maka *output* tegangannya akan menjadi mengecil. Sedangkan jika sensor gyroscope berotasi berlawanan dengan arah jarum jam, maka *output* tegangannya menjadi membesar. Perubahan nilai tegangan tersebut berdasarkan pada kecepatan rotasi yang dialami oleh sensor gyroscope.⁸³

Bentuk dan ukuran sensor *gyroscope* yang sangat minimalis memungkinkan, sensor tersebut dipasangkan dalam beberapa perangkat elektronik, salah satunya adalah ponsel android. Sensor *gyroscope* yang ditanam dalam ponsel android berfungsi untuk mendeteksi perubahan arah atau akselerasi

⁸³ Rafifuddin Syam, *Dasar-Dasar Teknik Sensor*, , 52-53.

sudut rotasi pada ponsel tersebut.⁸⁴ Sensor *gyroscope* dalam ponsel android mampu memberikan informasi orientasi (arah) dengan akurasi yang cukup persisi dengan skala 360 derajat. Contoh pemanfaatan sensor *gyroscope* dalam ponsel android antara lain: sebagai stabilisasi gambar (*image stabilization*) ketika mengambil foto atau video dengan kamera ponsel, sebagai navigasi (petunjuk arah) ketika menggunakan aplikasi Google maps, memungkinkan ponsel android untuk dapat menjalankan konten *virtual reality* dan *augmented reality*, dan lain sebagainya.⁸⁵

Augmented Reality (AR) merupakan teknologi pengolahan *image* (gambar) yang membuat objek atau komponen digital seolah-olah dapat berinteraksi dengan objek nyata secara *real time*.⁸⁶ Terdapat dua metode *augmented reality* dalam menampilkan sebuah objek digital yaitu *marker based* dan *markerless*. Pada metode *marker based* dibutuhkan sebuah *marker* sebagai penanda yang memiliki pola khusus, sehingga ketika *marker* tersebut terdeteksi oleh kamera maka akan ditampilkan objek digital diatas *marker* tersebut. Metode *markerless*, adalah metode *augmented reality* yang tidak membutuhkan *marker* dengan pola khusus sebagai penanda

84

https://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_motion?hl=id#java diakses pada 18 februari 2021

⁸⁵ Sanni Siltanen, *Theory and applications of marker-based augmented reality*, (Espoo: VTT Science, 2012), 3

⁸⁶ Sanni Siltanen, *Theory and applications of marker-based augmented reality*, h.3

untuk menampilkan sebuah objek digital, melainkan pada metode ini akan mendeteksi posisi perangkat, arah, atau lokasi untuk menampilkan sebuah objek digital.⁸⁷

D. Pemrograman Aplikasi Android dengan Bahasa C#

Bahasa C#, atau dalam pelafalannya adalah "C Sharp", merupakan bahasa pemrograman yang modern, serba guna, dan memiliki struktur syntax yang kuat. C# ini merupakan bahasa pemrograman dan berorientasi objek yang dapat digunakan saat mengembangkan berbagai macam aplikasi, seperti web, ponsel, desktop, terdistribusi, dan solusi tertanam, juga bahkan sebagai game. Bahasa C# dikembangkan dengan berbagai teknologi dan platform tambahan, termasuk ASP.NET MVC, Windows Store, Xamarin, Windows Forms, XAML, dan Unity. Karena itu, ketika Anda mempelajari bahasa C#, serta mengetahui lebih banyak tentang struktur data dan algoritme dalam konteks bahasa pemrograman ini, kita dapat menggunakan bahasa pemrograman ini untuk membuat lebih dari satu jenis aplikasi di berbagai *platform* tertentu.⁸⁸

Bahasa pemrograman C# memiliki syntax yang mirip dengan bahasa pemrograman lain, seperti Java atau C++. Sebagai contoh, sama seperti dalam bahasa yang disebutkan sebelumnya,

⁸⁷ Yohanes Daiarizkita, "Analisa Perbandingan Metode Marker Based dan Markless Augmented Reality pada Bangun Ruang", Jurnal SimanteC vol.6, No. (2018), 122.

⁸⁸ Marcin jamro, *C# Data Structures and Algorithms*, (Packt Publishing Ltd: Birmingham, 2018), 7.

kode dalam bahasa C# juga terdiri dari pernyataan yang diakhiri dengan titik koma (;), dan tanda kurung kurawal ({ dan }) digunakan untuk mengelompokkan pernyataan, seperti dalam perulangan foreach. Anda juga dapat menemukan konstruksi kode yang serupa, seperti pernyataan if, atau while dan for loop.⁸⁹ Struktur dasar dalam program C# memiliki tiga bagian yaitu: (1) bagian deklarasi pustaka, (2) bagian class, (3) bagian fungsi atau method.

```
// 1. Deklarasi pustaka
using System;

// 2. Bagian Class
class ProgramHello
{
    // 3. Bagian Fungsi
    static void Main(String[] args)
    {
        Console.WriteLine("Hello World!");
    }
}
```

Gambar 2.2. Struktur dasar dalam program C#

C# ini merupakan salah satu bahasa pemrograman yang dapat digunakan untuk membuat aplikasi ponsel berbasis android. Proses perancangan aplikasi android menggunakan bahasa C# ini dapat dilakukan menggunakan software Unity3D. Software ini merupakan sebuah game *engine* yang berbasis *cross-platform*. Project aplikasi yang dirancang menggunakan *software* unity3d ini mampu di *compile* menjadi aplikasi di berbagai *platform* seperti: aplikasi berbasis website, aplikasi desktop windows atau IOS, dan juga aplikasi ponsel berbasis android.

⁸⁹ Maruis Bancila, *Learn C# Programming*, (Packt Publishing Ltd: Birmingham, 2020), 23-24.

BAB III

ALGORITME RUKYAT HILAL MENGGUNAKAN GAWANG LOKASI

A. Prosedur Rukyat Hilal dengan Gawang Lokasi

Terdapat dua tahap penting yang perlu diperhatikan dalam praktik rukyat hilal menggunakan Gawang Lokasi. Tahap pertama adalah persiapan, baru kemudian tahap selanjutnya adalah pelaksanaan. Kedua tahap perlu dilakukan supaya pelaksanaan rukyat hilal dapat dilakukan dengan efektif dan hasil yang maksimal. Berikut ini adalah penjelasan dari kedua tahapan tersebut:

1. Persiapan

a. Membentuk Tim

Pelaksanaan rukyat hilal yang ideal semestinya tidak hanya dilakukan oleh satu orang saja, melainkan melibatkan beberapa pihak-pihak terkait. Hal tersebut supaya pelaksanaan rukyat hilal dapat terkoordinasi dengan baik. Dalam sebuah tim rukyat hilal hendaknya terdiri dari perwakilan Kementerian Agama sebagai koordinator, hakim Pengadilan Agama, Organisasi Masyarakat, ahli hisab rukyat dan pihak-pihak lainnya.⁹⁰

⁹⁰ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak: dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004), 173-174.

b. Menentukan Tempat Rukyat

Pemilihan tempat rukyat yang ideal bisa menjadi salah satu faktor penting dalam keberhasilan pengamatan hilal. Beberapa hal yang harus diperhatikan ketika menentukan tempat rukyat adalah kondisi ufuk Barat serta tingkat polusi udara dan polusi cahaya. Kondisi ufuk Barat yang ideal untuk melaksanakan rukyat hilal adalah bebas dari gangguan benda atau sesuatu yang dapat menutupi arah pandang mata di area azimut minimal 240° – 300° . Polusi udara yang diakibatkan oleh kendaraan bermotor atau limbah asap pabrik, juga dapat mengurangi jarak pandang mata. Selain itu, tingkat polusi cahaya yang tinggi yang disebabkan hamburan cahaya lampu kota juga mampu mengalahkan cahaya hilal yang sangat redup. Sehingga ketika memilih tempat untuk rukyat hilal beberapa faktor tersebut perlu diperhatikan.⁹¹

c. Menyiapkan Peralatan Pendukung

Rukyat hilal menggunakan gawang lokasi memerlukan alat-alat tambahan untuk mengoptimalkan penggunaannya. Berikut ini adalah perlengkapan tambahan yang dibutuhkan ketika pelaksanaan rukyat hilal dengan gawang lokasi :

⁹¹ Badan Hisab Rukyah Kementerian Agama Republik Indonesia, *Almanak Hisab Rukyat*, (Jakarta: DIPA Bimas Islam, 2010), 231.

- Tongkat istiwa'
Alat ini berfungsi untuk menentukan arah utara sejati dengan memanfaatkan bayangan sinar Matahari. Arah Utara sejati ini berfungsi sebagai pedoman dalam pemasangan gawang lokasi.
- Kompas
Alat ini memiliki fungsi yang serupa dengan tongkat istiwa' yaitu untuk mengetahui arah utara sejati. Penggunaan tongkat istiwa' hanya bisa digunakan ketika ada sinar Matahari, tetapi jika sinar Matahari tertutup oleh mendung maka kompas adalah alternatif lain untuk menentukan arah utara sejati.
- *Waterpass*
Gawang lokasi harus terpasang dalam keadaan sejajar. Posisi gawang lokasi tidak boleh terlalu miring ke kanan atau ke kiri, serta tidak boleh condong ke depan atau ke belakang. supaya gawang lokasi dapat terpasang dalam keadaan sejajar maka diperlukan alat bantu *waterpass*.
- Penanda Waktu
Alat yang bisa digunakan sebagai penanda waktu antara lain: jam tangan, ponsel, atau laptop.
- Alat Ukur
Fungsi dari alat ukur ini adalah untuk mengukur jarak antara gawang lokasi dengan tiang pembidik. Alat

ukur yang bisa digunakan antara lain: penggaris atau meteran.

d. Menghitung Data Astronomis

Data ephemeris Bulan dan Matahari merupakan acuan pokok dalam pelaksanaan rukyat hilal. Data-data tersebut selanjutnya dihitung untuk mengetahui posisi, waktu serta kondisi hilal yang akan diamati. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghitung data hilal, mulai dari metode hisab klasik hingga metode hisab kontemporer. Untuk menghasilkan data hilal dengan akurasi tinggi disarankan menggunakan metode hisab kontemporer (*hakiki*), karena memiliki sistem koreksi yang lebih kompleks dan sesuai dengan perkembangan ilmu sains dan astronomi. Data-data pokok yang perlu disiapkan ketika melaksanakan rukyat hilal dengan Gawang Lokasi adalah :

- Titik koordinat tempat rukyat
- Waktu Matahari terbenam
- *Azimuth* Matahari terbenam
- *Altitude* dan *azimuth* hilal
- Beda *azimuth* hilal dan Matahari
- Lama hilal diatas ufuk

Untuk memudahkan kita dalam *tracking* posisi hilal diperlukan tabel pergerakan hilal. Tabel ini berisi data *altitude* hilal serta data selisih antara *azimuth* hilal dan

azimuth Matahari terbenam ketika hilal berada diatas ufuk. Tabel tersebut dibuat dengan rentan waktu 4 menit, karena *altitude* hilal akan berkurang rata-rata 1 derajat setiap 4 menit sekali.

2. Pelaksanaan

a. Kalibrasi Jam

Akurasi jam memiliki peran penting dalam pelaksanaan rukyat hilal. Apabila jam yang digunakan memiliki selisih detik atau menit dari waktu yang semestinya, maka posisi hilal dapat bergeser dari perkiraan hisab. Kalibrasi jam merupakan langkah awal yang harus dilakukan sebelum pelaksanaan rukyat hilal.

Ketika menggunakan Gawang Lokasi, jam merupakan penanda waktu yang kita gunakan dalam membidik posisi Matahari terbenam serta menentukan posisi hilal ketika berada diatas ufuk sampai terbenam. Proses pembidikan tersebut dilakukan berdasarkan data hisab. Kalibrasi jam dapat dilakukan dengan mencocokkan dengan jam BMKG (Badan Meteorologi dan Geofisika) yang disediakan dalam website resmi BMKG.

b. Menentukan Arah Utara Sejati

Definisi dari arah Utara sejati adalah garis lurus yang mengarah ke kutub utara geografik yang sejajar dengan sumbu Bumi dan letaknya dekat dengan garis meridian. Arah Utara sejati ini bisa disebut dengan true north. Fungsi dari arah Utara sejati adalah sebagai titik

acuan dalam mengukur nilai azimuth hilal. Arah Utara sejati juga berguna ketika pemasangan Gawang Lokasi, supaya gawang lokasi dapat menghadap arah Barat dengan presisi.

Terdapat beberapa metode dalam menentukan arah Utara sejati, seperti menggunakan bayangan Matahari, menggunakan acuan rasi bintang, atau menggunakan kompas. Setelah berhasil mendapatkan arah utara sejati, selanjutnya adalah membuat penanda dengan garis lurus yang mengarah ke true north.

c. **Memasang Gawang Lokasi**

Langkah pertama adalah memasang gawang lokasi dengan posisi menghadap arah Barat. Untuk memastikan gawang lokasi menghadap ke arah barat dengan presisi, salah satu bingkai samping gawang lokasi harus sejajar dengan arah utara sejati. Kemudian langkah berikutnya adalah memastikan bahwa gawang lokasi terpasang dengan kondisi sejajar, dalam artian antara sisi sebelah kiri dan sisi sebelah kanan memiliki posisi yang sama atau tidak miring. Untuk mengetahui gawang lokasi telah sejajar atau tidak dapat kita di cek menggunakan alat *waterpas*.

d. **Memasang Tiang Pembidik**

Pada umumnya tiang pembidik ditempatkan di sebelah timur atau di belakang gawang lokasi. Posisi antara tiang pembidik dengan gawang lokasi harus berada dalam satu garis lurus dan sejajar antara satu sama lain. Jarak

antara tiang pembidik dengan gawang lokasi dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Jarak tiang pembidik} = y / \text{TAN}(z)$$

Diketahui:

y : lebar atau tinggi bingkai gawang lokasi

z : nilai altitude atau azimuth yang akan diamati

untuk penggunaan model gawang lokasi RHI, jarak antara tiang pembidik dengan gawang lokasi tidak perlu kita hitung lagi, karena jaraknya telah ditentukan sejauh 3 meter.

e. **Membidik Matahari Terbenam**

Proses pembidikan Matahari dilakukan ketika jam yang kita gunakan sebagai acuan telah menunjukkan waktu Matahari terbenam sesuai dengan data hisab awal bulan hijriah yang telah kita siapkan sebelumnya. Posisi Matahari terbenam akan terdapat di area garis horizontal gawang lokasi paling bawah ketika kita amati melalui tiang pembidik. Selanjutnya posisi matahari terbenam yang tampak pada gawang lokasi kita beri tanda, sebagai acuan dalam mengukur *azimuth* hilal. Apabila selisih azimuth hilal dengan azimuth Matahari terbenam bernilai positif, maka posisi hilal berada disebelah kanan dari posisi Matahari terbenam. Sebaliknya jika nilainya negatif, maka posisi hilal berada di sebelah kiri posisi Matahari terbenam.

f. **Tracking Posisi Hilal**

Data altitude hilal serta data beda azimuth hilal dan Matahari terbenam merupakan acuan pokok untuk tracking posisi hilal menggunakan gawang lokasi. Nilai-nilai tersebut akan diimplementasikan pada gawang lokasi untuk membantu memfokuskan arah pandang kita ke arah posisi hilal berada. Posisi hilal akan diamati melalui sebuah lubang yang terdapat pada tiang pembidik. Pergerakan hilal diamati setiap menitnya dengan acuan tabel pergerakan hilal.

Pada model gawang lokasi RHI terdapat garis-garis vertikal dan horizontal yang berfungsi sebagai penanda posisi Matahari terbenam sekaligus sebagai skala ukur untuk menentukan altitude dan azimuth hilal. Misalkan, posisi hilal berada di altitude $02^{\circ}50'00''$ dan nilai beda azimuth hilal dengan Matahari terbenam adalah $03^{\circ}30'00''$. Menurut data tersebut, ketinggian hilal pada gawang lokasi berada diantara garis horizontal nomor dua dan tiga, yang diukur mulai dari titik nol atau garis horizontal paling bawah. Sedangkan, menurut data diatas arah hilal pada gawang lokasi berada diantara garis vertikal ke tiga dan ke empat, disebelah kanan posisi Matahari terbenam.

B. Algoritme Hisab Data Ephemeris Matahari

Ketika kita melakukan rukyat hilal menggunakan Gawang Lokasi, data terkait *azimuth* (arah) Matahari dan *altitude*

(ketinggian) Matahari sangatlah penting. Data tersebut berfungsi sebagai patokan dalam menentukan arah utara sejati dan melacak posisi hilal. Arah dan ketinggian hilal diukur berdasarkan nilai beda *azimuth* dan *altitude* antara Bulan dan Matahari. Pengukuran ketinggian dan arah hilal dimulai dari titik Matahari terbenam. Untuk menghitung nilai *azimuth* dan *altitude* Matahari, kita harus mengetahui data ephemeris Matahari seperti ecliptic latitude (*lintang Matahari*), ecliptic longitude (*Bujur Matahari*), apparent right ascension (*jarak titik pusat Matahari dari titik Aries*), dan lain sebagainya.⁹²

Data ephemeris Matahari dapat diketahui menggunakan dua metode yaitu klasik dan kontemporer. Metode klasik dalam mencari data ephemeris Matahari adalah dengan menggunakan tabel astronomi yang tercantum dalam beberapa kitab falak klasik. Sedangkan, metode kontemporer untuk mendapatkan data ephemeris Matahari adalah menggunakan data perhitungan kontemporer seperti, *Nautical Almanac*, *New Comb*, *Jean Meeus*, dan lain sebagainya. Untuk masalah akurasi data yang diberikan, Metode kontemporer lebih unggul dibandingkan dengan metode klasik, karena metode kontemporer memiliki ratusan bahkan ribuan suku koreksi posisi benda langit dalam perhitungannya. Metode

⁹² Reza Akbar, *Perhitungan Data Ephemeris Koordinat Matahari Menggunakan Algoritma Jean Meeus Higher Accuracy dan Keterkaitannya dengan Pengembangan Ilmu Falak*, Jurnal Ilmiah ISLAM FUTURA, Vol.16, No. 2, Februari 2018, 167.

perhitungan kontemporer juga merupakan metode perhitungan falak yang sejalan dengan perkembangan ilmu astronomi saat ini.⁹³

Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode kontemporer versi algoritme Jean Meeus untuk menghitung data ephemeris Matahari. Metode hisab data ephemeris Matahari yang diciptakan oleh Jean Meeus ini termasuk kedalam metode perhitungan data ephemeris dengan akurasi tinggi (*high accuracy computing method*). Suku-suku koreksi yang terdapat dalam Algoritme Jean Meeus merupakan hasil reduksi (turunan) dari model perhitungan VSOP87.⁹⁴ Dalam model perhitungan VSOP87 jumlah total koreksinya adalah 2425 buah. Jean Meeus meringkas suku koreksi dari VSOP87 menjadi 195, dengan hanya mengambil suku koreksi yang bernilai besar dan mengesampingkan suku koreksi yang bernilai kecil.⁹⁵ walaupun algoritme Jean Meeus hanya memiliki ratusan suku koreksi, perhitungan data ephemeris yang dihasilkan dengan metode ini memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi, jika dibandingkan dengan hasil perhitungan VSOP87 metode ini hanya memiliki selisih kurang dari 1 detik bujur dalam

⁹³ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak: Dalam Teori dan Praktik*, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2008, hlm. 35-37

⁹⁴ VSOP87 merupakan singkatan dari dari bahasa Perancis *Variations Seculaires Orbites Planetaries*, VSOP87 diciptakan oleh P. Bretagnon dan G. Francou seorang ahli astronomi Perancis dari kota Bureau des Longitudes Paris. VSOP87 adalah teori semi-analitik yang mendeskripsikan perubahan jangka panjang (variasi sekuler) pada orbit planet-planet di Galaksi Bimasakti. Lihat: P. Bretagnon dan G. Francou, *Planetary Theories in Rectangular and Spherical Variables VSOP87 solutions*, *Journal Astronomy and Astrophysics*, 1988, 309.

⁹⁵ Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, Yogyakarta: Jurusan Fisika MIPA Universitas Gajah Mada, 2012, 68.

kurun waktu antara tahun -2000 hingga lebih dari tahun 6000.⁹⁶ Langkah-langkah dalam perhitungan data ephemeris Matahari menggunakan algoritme Jean Meeus, adalah sebagai berikut :

1. Julian Day (JD)

Julian Day merupakan jumlah hari yang dihitung mulai hari Senin tanggal 1 Januari 4713 SM (bisa disebut juga dengan tahun -4712). Julian Day berfungsi untuk memudahkan kita dalam menentukan jumlah hari antara dua peristiwa yang terjadi diantara rentang tahun yang berbeda. Hanya dengan mengurangi jumlah hari dalam Julian Day (JD) diantara kedua tahun tersebut, maka kita dapat mengetahui jumlah harinya. Jumlah hari dalam Julian Day (JD) dihitung mulai dari pertengahan hari di kawasan zona waktu 0 yaitu terletak di kota Greenwich atau tepat pada pukul 12:00:00 *Greenwich Meridian Time* (GMT).⁹⁷ Seluruh tanggal yang dapat dikonversi ke dalam Julian Day beserta seluruh pecahannya, merupakan waktu yang dimulai dari tanggal 1 Januari tahun -4713 tepat pada pukul 12:00:00 UT.⁹⁸

Perhitungan Julian Day membutuhkan input data berupa tanggal, bulan, tahun, jam, menit, dan detik. Input data tanggal, bulan, dan tahun yang akan dihitung harus berupa

⁹⁶ Jean Meeus, *Astronomical Algorithm*, edisi pertama, (Virginia: Willmann-Bell, Inc., 1991), 154.

⁹⁷ Jean Meeus, *Elements of Solar Eclipses 1951-2200* (Virginia: Willman-Bell Inc, 1989), 6.

⁹⁸ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, edisi kedua (Virginia: Willman-Bell Inc, 1998), 61

kalender Julian. Sedangkan untuk input data jam, menit dan waktu harus dikonversi kedalam *Greenwich Meridian Time* (GMT). Berikut ini adalah langkah-langkah untuk menghitung Julian Day :

- a. Input data berupa tanggal, bulan, dan tahun akan ditampung kedalam variable D (tanggal), M (Bulan), dan Y (tahun).
- b. Jika bulan yang dihitung (M) > 2 , maka nilai M tidak berubah, dan nilai $Y =$ tahun yang dihitung. Jika bulan yang dihitung (M) = 1 (Januari) atau 2 (Februari), maka nilai $M =$ bulan yang dihitung + 12, dan nilai $Y =$ tahun yang dihitung - 1.
- c. $A = INT\left(\frac{Y}{100}\right)$
- d. $B = 2 - A + INT\left(\frac{A}{4}\right)$
- e. $JD = 1720994.5 + INT(365.25 * Y) + INT(30.60001 * (Y + 1)) + B + \text{tanggal}(D) + (\text{jam} + \text{menit} / 60 + \text{detik} / 3600) / 24$

Tanda perintah (INT) dalam proses perhitungan diatas disebut dengan perintah *integer*, yang merupakan formula dalam perhitungan Excel untuk melakukan pembulatan bilangan ke bawah, misalkan $INT(13) = 13$, $INT(13,69)=13$,

$\text{INT}(-13,69) = -14$. Sedangkan untuk tanda (*) adalah perintah untuk perkalian.⁹⁹

2. Menghitung nilai ΔT

Waktu yang kita gunakan sehari-hari adalah *Universal Time* (UT), atau yang biasa disebut dengan *Greenwich Mean Time* (GMT). Satu hari dalam UT berjumlah 24 jam, yang dimulai saat tengah malam ketika pukul 00.00 waktu setempat. Periode waktu dalam UT diukur berdasarkan pergerakan satu kali rotasi Bumi yang berjumlah 24 jam. Namun, Pergerakan rotasi Bumi tidak selamanya stabil dan ada kalanya Bumi berotasi lebih cepat atau lebih lambat dari kondisi sebelumnya. Sehingga, periode waktu 24 jam dalam UT tidak selaras dengan pergerakan rotasi Bumi.¹⁰⁰

Untuk menghasilkan hasil perhitungan yang akurat dalam perhitungan astronomi terkait benda-benda langit, dibutuhkan skala waktu yang seragam dengan rotasi Bumi atau disebut dengan *Dynamical Time*. Waktu yang ditunjukkan oleh UT dapat kita konversi menjadi *Dynamical Time* dengan menambahkan nilai Delta T (ΔT). Rumus yang akan digunakan untuk menghitung nilai ΔT adalah *polynomial expression for ΔT* . Rumus tersebut merupakan hasil pengembangan dari beberapa rumus perhitungan ΔT yang diciptakan oleh Jean Meeus sebelumnya. Rumus terbaru ini

⁹⁹ Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, , 9

¹⁰⁰ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, , 77

mampu mengatasi beberapa hasil perhitungan *error* yang sering dijumpai dalam rumus ΔT terdahulu. Rumus *polynomial expression for ΔT* diciptakan untuk memudahkan dalam menghitung nilai ΔT selama interval tahun 1999 SM sampai dengan lebih dari tahun 3000 M.¹⁰¹ Rumus dan data-data terkait *polynomial expression for ΔT* terdapat pada lampiran 1.

3. *Julian Day Ephemeris (JDE), Julian Centuries (T), dan tau (T)*

Nilai JDE merupakan nilai JD yang telah dikoreksi dan diukur sesuai dengan skala *Terrestrial Dynamical Time (TDT)*. Satu detik dalam skala TDT merupakan lama waktu dari 9192631770 kali radiasi yang nilainya sama dengan masa transisi antara dua tingkat *hyperfine* (tingkat energi terendah) dari keadaan dasar atom Cesium-133.¹⁰² Rumus untuk menghitung JDE adalah sebagai berikut :

$$JDE = JD + \frac{\Delta T}{86400}$$

Selanjutnya, berikut ini adalah proses perhitungan untuk mendapatkan nilai *Julian Centuries (T)*, dan *Julian Centuries* koreksi (\mathcal{T}) :

$$T = (JDE - 2452545) / 36525$$

$$\mathcal{T} = T / 10$$

¹⁰¹ <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEcat5/deltatpoly.html>, diakses pada 24 Februari 2021. Pukul 10.44 WIB.

¹⁰² Jean Kovalevsky dan P. Kenneth Seidelmann, *Fundamentals of Astronomy* (Cambridge:Cambridge University Press, 2004), 115

4. Elipsoid (ϵ) dan Nutasi ($\Delta\psi$)

Pengaruh gaya gravitasi Bulan dan Matahari terhadap Bumi, menyebabkan terjadinya gerak presisi, sehingga sumbu rotasi bumi berputar perlahan dengan periode waktu sekitar 25800 tahun. Matahari dan Bulan memiliki arah dan jarak relatif bervariasi terhadap Posisi Bumi, sehingga menyebabkan terjadinya gerak nutasi yaitu gerak goyah ringan. Gerak nutasi yang terjadi secara berkelanjutan mampu mengubah nilai dan arah medan gravitasi.¹⁰³

Gerak nutasi yang dialami oleh Bumi akan berpengaruh terhadap sudut *true obliquity of ecliptic*. Nilai *true obliquity* (ϵ) dapat diketahui dengan cara menjumlahkan nilai *mean obliquity* (ϵ_0) dengan nilai kemiringan rata-rata ekliptika ($\Delta\epsilon$). *Mean obliquity* (ϵ_0) merupakan sudut kemiringan rata-rata antara ekuator langit dan ekliptika, berikut ini adalah rumus untuk mendapatkan nilai *mean obliquity* (ϵ_0) :

$$U = \frac{\text{Julian Centuries (T)}}{100}$$
$$\epsilon_0 = 23^{\circ}26'21.448'' - 4680.93 * U - 1.55 * U^2 + 1999.25 * U^3 - 51.38 * U^4 - 249.67 * U^5 - 39.05 * U^6 + 7.12 * U^7 + 27.87 * U^8 + 5.78 * U^9 + 2.45 * U^{10}$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung *multiple arguments*. Nilai *multiple arguments* ini nantinya akan digunakan dalam perhitungan koreksi elipsoid ($\Delta\epsilon$) dan nutasi

¹⁰³ Peter Duffett Smith, *Practical Astronomy with Your Calculator* (Cambridge University Press: Cambridge UK, 1988), 60

($\Delta\psi$). Berikut ini adalah beberapa rumus untuk menghitung nilai *multiple arguments* :¹⁰⁴

- a. Rumus Elongasi rata-rata Bulan dari Matahari (D) :

$$D = (297,85036 + 445267,11148*T - 0,0019142*T^2 + T^3/189474) * \pi / 180$$

Perhitungan rumus diatas menghasilkan bilangan derajat, kemudian untuk mengubah bilangan derajat menjadi bilangan radian dapat dilakukan dengan cara :

$$D_{\text{radian}} = (\pi / 180) * D$$

- b. Rumus Anomali rata-rata Matahari (M_o) :

$$M_o = 357,52772 + 35999,05034*T - 0,0001603*T^2 - T^3/300000$$

$$M_o_{\text{radian}} = (\pi / 180) * M_o$$

- c. Rumus Anomali rata-rata Bulan (M') :

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

$$M'_{\text{radian}} = (\pi / 180) * M'$$

- d. Rumus *Moon's argument of latitude* (F) :

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

$$F_{\text{radian}} = (\pi / 180) * F$$

- e. Rumus omega (Ω^c) :

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

¹⁰⁴ Jean Meeus, *Astronomical Formulae for Calculator*, edisi keempat, (Virginia USA: Willmann-Bell, Inc., 1988), 69.

$$\Omega^c_{\text{radian}} = (\pi / 180) * \Omega^c$$

Setelah mendapatkan nilai *multiple arguments*, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai Nutasi ($\Delta\psi$). Perhitungan nilai Nutasi ($\Delta\psi$) dilakukan dengan menggunakan *table terms of the 1980 IAU Theory of Nutations*. yang terdapat sekitar 63 baris koreksi, yang terdapat dalam lampiran 2. Berikut ini adalah proses perhitungan nilai $\Delta\psi$:¹⁰⁵

Nutasi ($\Delta\psi$)							
No.	D	M	M'	F	Ω^c	koefisien 1	koefisien 2
1	0	0	0	0	1	-171996	-174.2
2	-2	0	0	2	2	-13187	-1.6
63	2	-1	0	2	2	-3	0

Table 3.1. Contoh tabel koreksi $\Delta\psi$

Format perhitungan nilai $\Delta\psi$ menggunakan tabel koreksi diatas yaitu :

$$\text{Baris 1} = (\text{koefisien1} + \text{koefisien2} * T) * \text{SIN}(D*0 + M*0 + M'*0 + F*0 + \Omega^c*1)$$

$$\text{Baris 2} = (\text{koefisien1} + \text{koefisien2} * T) * \text{SIN}(D*-2 + M*0 + M'*0 + F*2 + \Omega^c*2)$$

Lanjutkan perhitungan seperti diatas sampai baris ke 63. Setelah melakukan perhitungan terhadap semua baris koreksi tersebut, maka nilai nutasi dapat diketahui dengan cara :

$$\Delta\psi = \frac{(\text{baris1} + \text{baris2} + \text{baris3} + \dots + \text{baris63}) / 10000}{3600}$$

¹⁰⁵ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, edisi kedua 154-156.

Selanjutnya, untuk menghitung nilai elipsoid ($\Delta\varepsilon$) dibutuhkan juga tabel *terms of the 1980 IAU Theory of Nutations* untuk koreksinya. Tabel tersebut berisi 38 baris koreksi yang termuat dalam lampiran 3. Berikut ini adalah proses perhitungan nilai $\Delta\varepsilon$:

Delta Epsilon ($\Delta\varepsilon$)							
No	D	M	M'	F	Ω^c	koefisien 1	koefisien 2
1	0	0	0	0	1	92025	8.9
2	-2	0	0	2	2	5736	-3.1
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
38	0	0	2	2	1	3	0

Tabel 3.2. Contoh Tabel koreksi $\Delta\varepsilon$

Format perhitungan nilai $\Delta\psi$ menggunakan tabel koreksi diatas yaitu :

$$\text{Baris 1} = (\text{koefisien1} + \text{koefisien2} * T) * \text{COS}(D*0 + M*0 + M'*0 + F*0 + \Omega^c*1)$$

$$\text{Baris 2} = (\text{koefisien1} + \text{koefisien2} * T) * \text{COS}(D*-2 + M*0 + M'*0 + F*2 + \Omega^c*2)$$

Lanjutkan perhitungan seperti diatas sampai baris ke 38. Setelah melakukan perhitungan terhadap semua baris koreksi tersebut, maka nilai delta elipsoid dapat diketahui dengan cara :

$$\Delta\varepsilon = \frac{(\text{baris1}+\text{baris2}+\text{baris3}+\dots+\text{baris38})/10000}{3600}$$

Selanjutnya nilai elipsoid (ε) dapat diketahui dengan cara menjumlahkan nilai delta elipsoid $\Delta\varepsilon$ dengan *mean obliquity* (ε_0).

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

5. **Greenwich Sidereal Time (GST) dan Local Sidereal Time (LST)**

Berdasarkan objek acuannya, hari dibedakan menjadi dua yaitu, *solar day* dan *sidereal day*. Satu hari dalam *solar day* dihitung sesuai periode waktu Matahari untuk dua kali transit. Sedangkan untuk *sidereal time*, objek acuannya bukanlah Matahari melainkan menggunakan bintang tetap (*fixed star*). Durasi waktu *solar day* lebih lama dibandingkan *sidereal day*, hal tersebut disebabkan Bumi bergerak sepanjang orbitnya sejauh kira-kira satu derajat terhadap matahari, sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk Matahari bisa berada pada posisi semula. Satu hari dalam *solar day* sama dengan 24 jam, sedangkan satu hari dalam *sidereal day* adalah 23 jam 56 menit 4 detik. Berikut ini adalah rumus untuk menentukan Greenwich Sidereal Time (GST) :¹⁰⁶

$$\text{GST}_0 = ((280.46061837 + 360.98564736629 * (\text{JD} - 2451545) + 0.000387933 * T^2 - T^3 / 38710000)$$

¹⁰⁶ Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, , 21-22

Modulus 360) / 15

$$\text{GST} = \text{GST}_o + \Delta\psi * \text{COS}(\varepsilon) / 15$$

$$\text{LST} = (\text{GST} + \text{Bujur Tempat} / 15) \text{ Modulus } 24$$

Tanda perintah modulus dalam perhitungan diatas merupakan perintah untuk menghitung sisa hasil pembagian diantara kedua bilangan. dalam program Microsoft Excel tanda perintah modulus dapat kita panggil dengan menggunakan fungsi rumus “MOD()”.¹⁰⁷

6. Jarak Bumi ke Matahari (R)

Berdasarkan algoritme Jean Meeus jarak antara Bumi dan Matahari dapat diketahui dengan perhitungan menggunakan tabel koreksi periodik R yang terdapat dalam lampiran 4. Tabel koreksi periodik R memiliki 5 kelompok yaitu, R0, R1, R2, R3, dan R4. Masing-masing bagian dalam tabel koreksi tersebut memiliki jumlah baris yang berbeda-beda, dengan total keseluruhan adalah 59 baris koreksi. Proses perhitungan jarak Bumi ke Matahari (R) adalah sebagai berikut :

	No.	A	B	C
R0	1.	100013989	0	0
	2.	1670700	3.0984635	6283.07585
	-	-	-	-
	40.	26	4.59	10447.39

Tabel 3.3. Contoh Tabel koreksi R

¹⁰⁷ Paul McFedries, *Excel 2016 Formulas and Fuctions*, (MrExcel Library: Indianapolis USA, 2015), 291

Rumus untuk menggunakan tabel periodik koreksi jarak Matahari ke Bumi ini adalah :

$$A * \text{COS} (B + C * T).$$

$$\text{Baris 1} = 100013989 * \text{COS} (0 + 0 * T)$$

$$\text{Baris 2} = 1670700 * \text{COS} (3.0984635 + 6283.07585 * T)$$

Hitung seluruh baris koreksi yang terdapat dalam kelompok R0, R1, R2, R3, dan R4 dengan menggunakan rumus tersebut, kemudian jumlahkan seluruh hasil pada masing-masing kelompok. Selanjutnya untuk memperoleh jarak Matahari ke Bumi adalah menggunakan rumus :

$$R = (R0 + R1 * T + R2 * T^2 + R3 * T^3 + R4 * T^4) / 10^8$$

Hasil perhitungan rumus diatas adalah jarak Bumi ke Matahari dalam satuan astronomi AU. Nilai 1 AU sama dengan 149598000 km.

7. Sudut Paralaks Matahari

$$\text{Sudut Paralaks Matahari} = \text{ATAN}(6378.14 / R)$$

8. Semi Diameter Matahari (Sd)

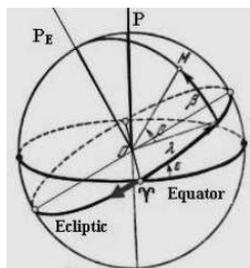
Definisi semi diameter Matahari adalah jarak antara titik pusat Matahari dengan garis terluar dari piringannya. Rumus untuk menghitung nilai semi diameter Matahari atau jari-jari Matahari adalah sebagai berikut :

$$Sd = 15' 59,63'' / R.$$

9. Bujur Ekliptika Matahari (λ)

Bumi mengelilingi Matahari sesuai dengan lintasan orbitnya yang berbentuk elips. Lintasan orbit ini disebut juga

dengan ekliptika, sedangkan untuk bidang lintasannya disebut dengan bidang ekliptika. Dalam sistem koordinat ekliptika perpotongan antara lingkaran ekliptika dan ekuator dinamakan titik aries atau dikenal dengan *vernal equinox* (γ).



Gambar 3.2 Koordinat Ekliptika.

Panjang sudut yang dihitung dari vernal equinox (γ) sampai pada lingkaran bujur ekliptika ke arah timur dari sudut 0° sampai dengan sudut 360° , disebut dengan bujur ekliptika (λ). Sedangkan yang dimaksud dengan lingkaran bujur ekliptika adalah lingkaran besar yang menjadi penghubung antara kutub Selatan ekliptika dengan kutub Utara ekliptika. Menurut algoritme Jean Meeus, nilai bujur ekliptika dapat dihitung menggunakan tabel koreksi periodik bujur ekliptika (L) yang terdapat dalam lampiran 5. Tabel koreksi periodik L memiliki 6 kelompok yaitu, L0, L1, L2, L3, L4, dan L5. Masing-masing bagian dalam tabel koreksi tersebut memiliki jumlah baris yang berbeda-beda, dengan total keseluruhan

adalah 129 baris koreksi. Berikut ini adalah proses perhitungan nilai bujur ekliptika :¹⁰⁸

	No.	A	B	C
L0	1.	175347046	0	0
	2.	3341656	4.6692568	6283.0759
	-	-	-	-
	64.	3497	2.7441	5753.3849

Tabel 3.4. Contoh tabel periodik koreksi bujur ekliptika (L)

Rumus untuk menghitung menggunakan tabel periodik koreksi bujur ekliptika ini adalah $A * \cos(B + C * T)$. Hitung seluruh baris koreksi yang terdapat dalam kelompok L0, L1, L2, L3, L4, dan L5 dengan menggunakan rumus tersebut kemudian jumlahkan seluruh hasil pada masing-masing kelompok. Selanjutnya untuk memperoleh nilai bujur ekliptika adalah menggunakan rumus :

$$L = (L0 + L1 * T + L2 * T^2 + L3 * T^3 + L4 * T^4 + L5 * T^5) / 10^8$$

$$\text{Konversi menjadi bilangan derajat} = (L * (180 / \pi))$$

Modulus 360

Perhitungan menggunakan rumus diatas akan menghasilkan nilai bujur ekliptika Matahari *heliosentris* yaitu diukur dari Bumi sampai ke Matahari. Kemudian untuk mengubah nilai bujur ekliptika Matahari *heliosentris* menjadi bujur ekliptika

¹⁰⁸ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, edisi kedua 218.

Matahari *geosentris* (λ) yaitu dihitung dari Matahari ke Bumi ,
adalah :

$$\Theta = (L + 180) \text{ Modulus } 360$$

$$\Delta\Theta = -0,000025$$

$$\Theta' = (\Theta + \Delta\Theta) \text{ Modulus } 360$$

$$\text{Koreksi Aberasi} = -20.4898 / (3600 * R)$$

Bujur ekliptika Matahari (λ) = ($\Theta + \Delta\psi + \text{Koreksi}$
Aberasi) Modulus 360

10. Lintang Ekliptika Matahari (β)

Lintang ekliptika merupakan jarak sudut yang dihitung dari ekliptika sampai pada posisi bintang tertentu yang dilambangkan dengan beta (β). Lintang ekliptika akan bernilai positif jika menunjukkan arah ke Utara, sebaliknya akan bernilai negatif jika menunjukkan arah ke Selatan. Perhitungan nilai lintang ekliptika Matahari (β) dapat dilakukan dengan menggunakan tabel koreksi periodik lintang ekliptika. Dalam tabel tersebut terdiri dari dua bagian yaitu B0 dan B1, dengan Jumlah total 7 baris koreksi. Berikut ini adalah proses perhitungan lintang ekliptika Matahari :

	No.	A	B	C
B0	1.	280	3.199	84334.662
	2.	102	5.422	5507.553
	3.	80	3.88	5223.69
	4.	44	3.7	2352.87
	5.	32	4	1577.34
B1	1.	9	3.9	5507.55
	2.	6	1.73	5223.69

Tabel 3.5. Koreksi periodik Lintang ekliptika Matahari (β)

Nilai – nilai yang ada pada tabel periodik koreksi bujur ekliptika ini, kemudian dihitung menggunakan Rumus $A * \text{COS}(B + C * T)$. Hitung seluruh baris koreksi yang terdapat dalam kelompok B0 dan B1 dengan menggunakan rumus tersebut kemudian jumlahkan seluruh hasil pada masing-masing kelompok. Selanjutnya untuk memperoleh nilai lintang ekliptika Matahari (β) adalah menggunakan rumus :

$$B = (B0 + B1 * T) / 10^8$$

Konversi menjadi bilangan derajat = $(B * (180 / \pi)) * 3600$

$$\lambda' = \Theta - 1.397 * T - 0.00031 * T * T$$

Konversi menjadi bilangan derajat = $\lambda' * (\pi / 180)$

$$\Delta\beta = 0.03916 * (\text{COS}(\lambda') - \text{SIN}(\lambda'))$$

$$\beta = (B * -1) + \Delta\beta$$

11. *Right Ascension* Matahari (α)

Definisi dari *right ascension* adalah jarak Matahari yang diukur mulai dari titik Aries sepanjang lingkaran equator. Sedangkan yang dimaksud dengan lingkaran equator adalah garis berbentuk lingkaran yang seolah-olah membagi langit menjadi dua bagian, yaitu langit bagian utara dan langit bagian

selatan. Nilai *right ascension* dapat kita ketahui menggunakan rumus :¹⁰⁹

$$\alpha = \text{ATAN} ((\text{SIN } \lambda * \text{COS } \varepsilon - \text{TAN } \beta * \text{SIN } \varepsilon) / \text{COS } \lambda)$$

12. Deklinasi Matahari (δ)

Pengertian deklinasi adalah Jarak Matahari yang diukur mulai dari equator sepanjang lingkaran deklinasi. Sedangkan yang dimaksud dengan lingkaran deklinasi yaitu, garis melingkar yang ditarik mulai dari kutub utara langit sampai ke kutub selatan langit melalui suatu benda langit. Posisi dari lingkaran deklinasi adalah tegak lurus pada lingkaran equator langit. Rumus untuk menghitung nilai deklinasi Matahari adalah sebagai berikut :¹¹⁰

$$\delta = \text{ASIN}(\text{SIN } \beta * \text{COS } \varepsilon + \text{COS } \beta * \text{SIN } \varepsilon * \text{SIN } \lambda)$$

13. *Equation of Time* (EoT)

Istilah *Equation of Time* dalam beberapa kitab falak klasik disebut dengan *Ta'dilul Waqti* yang artinya persamaan waktu. Nilai *Equation of Time* ditentukan berdasarkan selisih antara waktu kulminasi Matahari hakiki (sesungguhnya) dengan waktu kulminasi Matahari rata-rata (pertengahan). Berikut ini adalah Rumus untuk mencari nilai *Equation of Time* :¹¹¹

¹⁰⁹ Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, Cet. ke-1, 2005), 61

¹¹⁰ Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, , 153

¹¹¹ Jean Meeus, *Astronomical Algorithms*, edisi kedua 139.

$$L_o = (280,4664567 + 360007,6982779 * \Upsilon - 0,03032028 \\ *T^2 + T^3/49931 - \Upsilon^4 / 15299 - \Upsilon^5 / 1988000) \\ \text{Modulus } 360 \\ EoT = L_o - 0,0057183 - \alpha + \Delta\psi * \text{COS}(\varepsilon)$$

Dalam perhitungan diatas lambang Υ merupakan nilai waktu yang dihitung dalam Julian milenia. Sedangkan L_o merupakan nilai bujur rata-rata Matahari.

14. Hour Angle

Hour Angle atau yang biasa disebut dengan sudut waktu merupakan nilai yang dihitung mulai dari waktu sidereal yang telah berlalu sejak benda langit tertentu terakhir kali melintasi pengamat meridian. Sudut jam juga merupakan ukuran sudut antara lingkaran jam melewati langit a tubuh dan meridian *Celestial* lokal pengamat, diukur ke arah barat dari meridian.¹¹² Rumus perhitungan untuk mendapatkan nilai Hour Angle adalah :

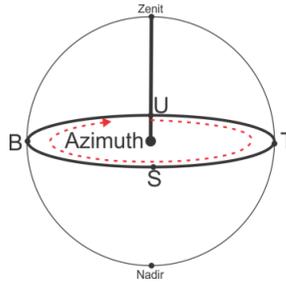
$$\text{Hour Angle} = \text{Local Sidereal Time (LST)} * 15 - \text{Right Ascension Matahari } (\alpha)$$

15. Azimuth Matahari

Definisi azimuth adalah nilai sudut yang dihitung mengikuti arah jarum jam, yaitu mulai dari arah Utara ke Timur ke Selatan dan ke Barat, melalui proyeksi benda langit ke bidang horizon atau bidang tempat pengamat berpijak,

¹¹² Leif J. Robinson, "Astronomy Encyclopedia", (Philip's: London UK, 2002), 185.

bidang tersebut digambarkan seperti lingkaran besar yang membagi bola langit menjadi dua bagian antara titik Zenith dan Nadir.¹¹³



Gambar 3.3 *Azimuth*.

Data yang diperlukan untuk menghitung nilai azimuth Matahari adalah lintang tempat(ϕ), deklinasi Matahari(δ) dan *hour angle*. Rumus untuk menghitung azimuth Matahari adalah :

$$\begin{aligned} \mathbf{Azimuth\ Selatan} &= \text{ATAN2}(\text{COS}(\textit{hour angle}) * \\ &\quad \text{SIN}(\phi) - \text{TAN}(\delta) * \text{COS}(\phi), \\ &\quad \text{SIN}(\textit{hour angle})) \end{aligned}$$

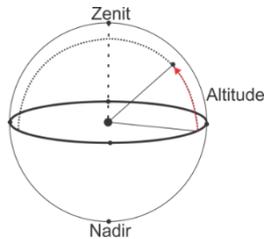
Hasil perhitungan rumus diatas adalah nilai azimuth Matahari yang dihitung dari arah selatan. Kemudian untuk mengubah nilai tersebut menjadi nilai azimuth yang dihitung dari arah utara dapat dilakukan dengan cara :

$$\mathbf{Azimuth\ utara} = (\text{Azimuth Selatan} + 180) \text{ Modulus } 360$$

¹¹³ Susikan Azhari, Ilmu Falak Teori dan Praktek,...28

16. Altitude Matahari

Sudut ketinggian suatu benda langit yang dihitung mulai dari bidang horizon disebut dengan istilah altitude (h). Altitude Matahari akan bernilai 90° jika posisinya berada tepat di atas kepala atau berada sejajar dengan titik zenith. Kebalikannya ketika posisi Matahari berada tepat di bawah kaki pengamat, maka altitude Matahari bernilai -90° . Jika posisi Matahari tepat pada garis horizon maka nilai altitude = 0° .¹¹⁴



Gambar 3.4 Altitude.

Data yang diperlukan untuk menghitung nilai altitude Matahari adalah lintang tempat (ϕ), deklinasi Matahari (δ) dan *hour angle*. Rumus untuk menghitung *altitude* Matahari adalah :

$$\begin{aligned} \text{Altitude Matahari} = & \text{ASIN}(\text{SIN}(\phi) * \text{SIN}(\delta) + \\ & \text{COS}(\phi) * \text{COS}(\delta) * \\ & \text{COS}(\text{hour angle})) \end{aligned}$$

¹¹⁴ Leif J. Robinson, "Astronomy Encyclopedia", , 185.

C. Algoritme Hisab Data Ephemeris Bulan

Bulan merupakan objek utama yang akan menjadi pusat perhatian ketika praktik rukyat hilal. Observasi bulan ketika fase *new moon* setelah terjadinya konjungsi, tentunya bukanlah perkara yang mudah. Banyak faktor yang membuat *new moon* atau hilal sulit dilihat. Faktor–faktor tersebut diantaranya adalah cahaya hilal yang sangat tipis dan posisi hilal yang sangat dekat dengan posisi Matahari, membuat cahaya hilal akan semakin redup. Ditambah lagi jika kondisi langit berawan maka cahaya hilal akan semakin sulit untuk kita amati.

Data ephemeris Bulan berfungsi untuk memudahkan kita dalam melakukan observasi hilal. Dengan mengetahui data ephemeris Bulan kita dapat memperkirakan posisi hilal, sehingga membantu memfokuskan pandangan kita pada bagian langit yang diperkirakan menjadi tempat hilal berada. Terdapat beberapa metode perhitungan yang bisa kita gunakan untuk mendapatkan data ephemeris Bulan, yaitu *ELP2000*, *Nautical Almanac*, *New Comb*, *Jean Meeus*, dan lain sebagainya. Beberapa metode perhitungan tersebut termasuk kedalam perhitungan data ephemeris Bulan dengan akurasi yang tinggi (*high accuracy computing method*).

Metode perhitungan data ephemeris Bulan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode ELP2000. Pencipta metode ini adalah M. Chapront Touze dan J. Chapront seorang ilmuwan yang berasal dari Prancis pada tahun 1984. Metode ELP2000 merupakan *semi analytical solution* untuk pergerakan Bulan dengan tingkat

akurasi yang sangat tinggi.¹¹⁵ Berikut ini adalah langkah-langkah perhitungan untuk mendapatkan data ephemeris Bulan menggunakan Metode ELP2000 :

1. Julian Day (JD)

Perhitungan Julian Day membutuhkan input data berupa tanggal, bulan, tahun, jam, menit, dan detik. Input data tanggal, bulan, dan tahun yang akan dihitung harus berupa kalender Julian. Sedangkan untuk input data jam, menit dan waktu harus dikonversi kedalam *Greenwich Meridian Time* (GMT). Berikut ini adalah langkah-langkah untuk menghitung Julian Day :¹¹⁶

- a. Input data berupa tanggal, bulan, dan tahun akan ditampung kedalam variable D (tanggal), M (Bulan), dan Y (tahun).
- b. Jika bulan yang dihitung (M) > 2 , maka nilai M tidak berubah, dan nilai $Y =$ tahun yang dihitung. Jika bulan yang dihitung (M) = 1 (Januari) atau 2 (Februari), maka nilai $M =$ bulan yang dihitung + 12, dan nilai $Y =$ tahun yang dihitung - 1.
- c. $A = INT\left(\frac{Y}{100}\right)$
- d. $B = 2 - A + INT\left(\frac{A}{4}\right)$

¹¹⁵ Chapront-Touze, M. and Chapront, J., "The lunar ephemeris ELP 2000", *Astronomy and Astrophysics*, vol. 190, (1988), 342.

¹¹⁶ Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, , 9

$$e. \text{ JD} = 1720994.5 + \text{INT}(365.25 * Y) + \text{INT}(30.60001 * (Y + 1)) + B + \text{tanggal}(D) + (\text{jam} + \text{menit} / 60 + \text{detik} / 3600) / 24$$

2. Menghitung nilai ΔT

Rumus ΔT yang digunakan dalam perhitungan ephemeris Bulan sama seperti rumus ΔT pada perhitungan data ephemeris Matahari metode Jean Meeus di pembahasan sebelumnya. Rumus yang digunakan adalah *polynomial expression for ΔT* , yang diciptakan untuk memudahkan dalam menghitung nilai ΔT selama interval tahun 1999 SM sampai dengan lebih dari tahun 3000 M.

3. *Julian Day Ephemeris (JDE)*, *Julian Centuries (T)*, dan *tau (T)*

Nilai JDE merupakan nilai JD yang telah dikoreksi dan diukur sesuai dengan skala *Terrestrial Dynamical Time (TDT)*. Satu detik dalam skala TDT merupakan lama waktu dari 9192631770 kali radiasi yang nilainya sama dengan masa transisi antara dua tingkat *hyperfine* (tingkat energi terendah) dari keadaan dasar atom Cesium-133.¹¹⁷ Rumus untuk menghitung JDE adalah sebagai berikut :

$$\text{JDE} = \text{JD} + \frac{\Delta T}{86400}$$

¹¹⁷ Jean Kovalevsky dan P. Kenneth Seidelmann, *Fundamentals of Astronomy* (Cambridge:Cambridge University Press, 2004), 115

Selanjutnya, berikut ini adalah proses perhitungan untuk mendapatkan nilai *Julian Centuries* (T), dan *Julian Centuries* koreksi (T̄) :

$$T = (\text{JDE} - 2452545) / 36525$$

$$\bar{T} = T / 10$$

4. Elipsoid (ϵ) dan Nutasi ($\Delta\psi$)

Untuk menentukan nilai elipsoid dan nutasi pada hisab data ephemeris Bulan bisa diperoleh dengan menggunakan proses perhitungan nilai elipsoid (ϵ) dan nutasi ($\Delta\psi$) metode Jean Meeus yang terdapat pada point B.4, di pembahasan sebelumnya.

5. *Local Sidereal Time* (LST)

Pengertian dari LST (*Local Sidereal Time*) adalah sudut waktu titik aries yang dihitung sepanjang garis meridian pengamat. LST bernilai 0 jam apabila titik aries tepat diatas meridian pengamat.¹¹⁸ Berikut ini adalah langkah-langkah untuk menghitung *Local Sidereal Time* (LST) :¹¹⁹

$$\text{GST}_0 = ((280.46061837 + 360.98564736629 * (\text{JD} - 2451545) + 0.000387933 * T^2 - T^3 / 38710000) \text{ Modulus } 360) / 15$$

$$\text{GST} = \text{GST}_0 + \Delta\psi * \text{COS}(\epsilon) / 15$$

$$\text{LST} = (\text{GST} + \text{Bujur Tempat} / 15) \text{ Modulus } 24$$

¹¹⁸ Abdul Hamid Tahir, *Unsur-Unsur Astronomi Praktik Untuk Kegunaan Tanah*, (Malaysia: Penerbitan UTM, 1990), 71.

¹¹⁹ Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, , 21-22

6. Apparent Longitude (L)

Perhitungan nilai *apparent longitude* Bulan (L) dengan metode ELP-2000 dilakukan dengan menggunakan tabel koreksi periodik lintang Bulan yang terdapat pada lampiran 6. Dalam tabel tersebut terdiri dari empat bagian yaitu L0, L1, L2 dan L3, dengan jumlah total 615 baris koreksi. Berikut ini adalah proses perhitungan *apparent longitude* Bulan:¹²⁰

	No.	Trem 1	Trem 2	Trem 3	Trem 4	Trem 5	Trem 6
L0	1.	6.288	134.96	477198	89.97	14.348	-6.797
	2.	1.274	100.73	413335	-122.5	-10.68	5.028

	218.	-0.0028	334.642	2775336	80.817	31.751	-15.13

Table 3.6. Contoh tabel koreksi L

Format perhitungan menggunakan tabel tersebut adalah :

$$L0 = \text{Term1} * \text{SIN}(\text{Term2} + \text{Term3} * T + \text{Term4} * 0.0001 * T + \text{Term5} * 0.000001 * T * T + \text{Term6} * 0.00000001 * T * T * T * T)$$

$$L1 = \text{Term1} * \text{SIN}(\text{Term2} + \text{Term3} * T)$$

$$L2 = \text{Term1} * \text{SIN}(\text{Term2} + \text{Term3} * T)$$

$$L3 = \text{Term1} * \text{SIN}(\text{Term2} + \text{Term3} * T)$$

Hitung seluruh baris koreksi yang terdapat dalam kelompok L0, L1, L2 dan L3 dengan menggunakan rumus tersebut, kemudian jumlahkan seluruh hasil pada masing-

¹²⁰ Chapront-Touze, M. and Chapront, J., "ELP200-85: a Semi-analytical lunar ephemeris adequate for historical times", *Astronomy and Astrophysics*, vol. 190, (1988), 342.

masing kelompok. Simbol T dalam rumus diatas merupakan nilai *Julian Centuries* yang terdapat pada point tiga di pembahasan sebelumnya. Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai bujur rata-rata Bulan.

$$\text{Bujur rata-rata Bulan (L')} = (218.3164591 + 481267.88134236 * T - 0.0013268 * T * T + T * T * T / 538841 - T * T * T * T / 65194000) \text{ Modulus } 360$$

Setelah menghitung nilai L0, L1, L2, L3 dan L', nilai *apparent Longitude* Bulan dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Apparent Longitude (L)} = (L' + L0 + 0.001 * (L1 + L2 * T + 0.0001 * L3 * T * T)) + \Delta\psi$$

7. Apparent Latitude

Perhitungan nilai *apparent latitude* Bulan (B) dengan metode ELP-2000 dilakukan dengan menggunakan tabel koreksi periodik lintang Bulan yang terdapat pada lampiran 7. Dalam tabel tersebut terdiri dari empat bagian yaitu B0, B1, B2 dan B3, dengan jumlah total 328 baris koreksi. Berikut ini adalah proses perhitungan *apparent latitude* Bulan:¹²¹

	No.	Trem 1	Trem 2	Trem 3	Trem 4	Trem 5	Trem 6
B0	1.	5.12	93.27	4832	-34.0	-0.28	0.116
	2.	0.28	228.23	9604	55.9	14.06	-6.6

	188.	-0.028	253.73	-1138	53.18	6.34	-3.01

¹²¹ Chapront-Touze, M. and Chapront, J., "Planetary Perturbations of the Moon in ELP 2000", *Celestial Mechanics*, vol. 26, (1982), 85.

Table 3.7. Contoh tabel koreksi B

Format perhitungan menggunakan tabel tersebut adalah :

$$\mathbf{B0} = \text{Term1} * \text{SIN}(\text{Term2} + \text{Term3} * \text{T} + \text{Term4} * 0.0001 * \text{T} + \text{Term5} * 0.000001 * \text{T} * \text{T} + \text{Term6} * 0.00000001 * \text{T} * \text{T} * \text{T} * \text{T})$$

$$\mathbf{B1} = \text{Term1} * \text{SIN}(\text{Term2} + \text{Term3} * \text{T})$$

$$\mathbf{B2} = \text{Term1} * \text{SIN}(\text{Term2} + \text{Term3} * \text{T})$$

$$\mathbf{B3} = \text{Term1} * \text{SIN}(\text{Term2} + \text{Term3} * \text{T})$$

Hitung seluruh baris koreksi yang terdapat dalam kelompok B0, B1, B2 dan B3 dengan menggunakan rumus tersebut, kemudian jumlahkan seluruh hasil pada masing-masing kelompok. Simbol T dalam rumus diatas merupakan nilai *Julian Centuries* yang terdapat pada point tiga di pembahasan sebelumnya. Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai aberasi.

$$\mathbf{Aberasi} = -0.00001754 * \text{SIN}(183.3 + 483202 * \text{T})$$

Setelah menghitung nilai L0, L1, L2, L3 dan Aberasi, nilai *apparent latitude* Bulan dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\mathbf{Apparent\ latitude\ (B)} = (\text{B0} + (\text{B1} + \text{B2} * \text{T} + \text{B3} * \text{T} * \text{T} / 10000) / 1000) + \text{Aberasi}$$

8. True Distance

Perhitungan nilai *true distance* Bulan (R) dengan metode ELP-2000 dilakukan dengan menggunakan tabel koreksi periodik jarak Bulan ke Bumi yang terdapat pada lampiran 8. Dalam tabel tersebut terdiri dari empat bagian yaitu R0, R1, R2 dan R3, dengan jumlah total 355 baris

koreksi. Berikut ini adalah proses perhitungan *true distance* Bulan:¹²²

	No.	Trem 1	Trem 2	Trem 3	Trem 4	Trem 5	Trem 6
R0	1.	-209	134.96	4771	89.97	14.3	-6.7
	2.	-369	100.73	4133	-122	-10.6	5.028

	154.	-0.02	17.354	4253	-370.	-39.9	18.8

Table 3.8. Contoh tabel koreksi R

Format perhitungan menggunakan tabel tersebut adalah :

$$\mathbf{R0} = \text{Term1} * \text{SIN}(\text{Term2} + \text{Term3} * \text{T} + \text{Term4} * 0.0001 * \text{T} + \text{Term5} * 0.000001 * \text{T} * \text{T} + \text{Term6} * 0.00000001 * \text{T} * \text{T} * \text{T} * \text{T})$$

$$\mathbf{R1} = \text{Term1} * \text{SIN}(\text{Term2} + \text{Term3} * \text{T})$$

$$\mathbf{R2} = \text{Term1} * \text{SIN}(\text{Term2} + \text{Term3} * \text{T})$$

$$\mathbf{R3} = \text{Term1} * \text{SIN}(\text{Term2} + \text{Term3} * \text{T})$$

Hitung seluruh baris koreksi yang terdapat dalam kelompok R0, R1, R2 dan R3 dengan menggunakan rumus tersebut, kemudian jumlahkan seluruh hasil pada masing-masing kelompok. Simbol T dalam rumus diatas merupakan nilai *Julian Centuries* yang terdapat pada point tiga di pembahasan sebelumnya. Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai aberasi.¹²³

$$\mathbf{Aberasi} = 0.0708 * \text{COS}(225 + 477199 * \text{T})$$

¹²² Chapront-Touze, M. and Chapront, J., "The lunar ephemeris ELP 2000",, (1988), 344.

¹²³ Peter Duffett-Smith, *Practical Astronomy with your Calculator or Spreadsheet*, (New York: Cambridge University Press, 2011), 76.

Setelah menghitung nilai R0, R1, L2, L3 dan Aberasi, nilai *apparent latitude* Bulan dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\text{True Distance (R)} = (385000.57 + R0 + R1 + R2 * T + R3 * T * T / 10000)$$

Untuk mengubah nilai true distance menjadi satuan kilometer maka dapat dilakukan dengan cara menambahkan nilai Aberasi.

$$\text{Hasil kilometer} = R + \text{Aberasi}$$

$$\text{Hasil AU} = (R + \text{Aberasi}) / 149597870.691$$

9. Right Ascension (A)

Rumus untuk menghitung nilai right ascension adalah :¹²⁴

$$A = \text{ATAN2}(\text{SIN}(L) * \text{COS}(\epsilon) - \text{TAN}(B) * \text{SIN}(\epsilon), \text{COS}(L))$$

Diketahui :

L = Apparent Longitude Bulan

.ε = Elipsoid

B = Apparent Latitude Bulan

10. Declination, Horizon Parallax, dan Semi Diameter

Rumus untuk menghitung nilai declination, horizontal parallax, dan semi diameter Bulan adalah :¹²⁵

$$\text{Declination} = \text{ASIN}(\text{SIN}(B) * \text{Cos}(\epsilon) + \text{Sin}(L) * \text{Cos}(B) * \text{Sin}(\epsilon))$$

$$\text{Horizon Parallax} = \text{ASIN}(6378.14 / R)$$

¹²⁴ Peter Duffett-Smith, *Practical Astronomy with your Calculator or Spreadsheet*,....., 131.

¹²⁵ Olivier Montenbruck, *Practical Ephemeris Calculations*, (New York: Springer, 1989), 80.

$$\text{Semi Diameter} = 358473400 / (\mathbf{R} * 3600)$$

Diketahui :

L = *Apparent Longitude Bulan*

.ε = *Elipsoid*

B = *Apparent Latitude Bulan*

R = *True Distance*

11. Angle Bright Limb

Berikut ini adalah rumus untuk menghitung nilai *angle bright limb* :¹²⁶

$$x = \text{COS}(\mathbf{Dm}) * \text{SIN}(\mathbf{Am} - \mathbf{Ab})$$

$$y = \text{SIN}(\mathbf{Dm}) * \text{COS}(\mathbf{Db}) - \text{COS}(\mathbf{Dm}) * \text{SIN}(\mathbf{Dm}) * \text{COS}(\mathbf{Am} - \mathbf{Ab})$$

$$\text{Angle Bright} = \text{ATAN2}(y,x) \text{ Modulus } 360$$

Limb

Diketahui :

Dm = *Declination Matahari*

Db = *Declination Bulan*

Am = *Right Ascension Matahari*

Ab = *Right Ascension Bulan*

12. Illumination

Berikut ini adalah langkah-langkah untuk menentukan nilai *illumination Bulan* :¹²⁷

$$\text{AngleFai} = \text{ACOS}(\text{Sin}(\mathbf{Db}) * \text{SIN}(\mathbf{Dm}) + \text{COS}(\mathbf{Db}) * \text{COS}(\mathbf{Dm}))$$

¹²⁶ Peter Duffett-Smith, *Practical Astronomy with your Calculator or Spreadsheet,*, 175.

¹²⁷ Jean Meeus, *Astronomical Formulae for Calculator*, edisi keempat,171.

$$\begin{aligned} & \text{COS}(\mathbf{Dm}) * \text{Cos}((\mathbf{Ab} - \mathbf{Am})) \\ \text{Phase Angle} &= \text{ATAN2}(\text{R} * \text{SIN}(\text{AngelFai}), \text{R} - \text{R} * \\ & \text{COS}(\text{AngelFai})) \\ \text{Illumination} &= 100 * (1 + \text{Cos}(\text{Phase Angel})) / 2 \end{aligned}$$

13. Azimuth Bulan

Langkah pertama untuk menentukan nilai azimuth Bulan adalah mencari sudut waktu atau yang disebut dengan *hour angel* :

$$\mathbf{Hour\ Angle} = \text{Local Sidereal Time (LST)} * 15 - \text{Right Ascension Bulan (A)}$$

Data yang diperlukan untuk menghitung nilai azimuth Bulan adalah lintang tempat(ϕ), deklinasi Bulan(δ). Rumus untuk menghitung azimuth Bulan adalah :¹²⁸

$$\mathbf{Azimuth\ Selatan} = \text{ATAN2}(\text{COS}(\text{hour angle}) * \text{SIN}(\phi) - \text{TAN}(\delta) * \text{COS}(\phi), \text{SIN}(\text{hour angle}))$$

Hasil perhitungan rumus diatas adalah nilai azimuth Bulan yang dihitung dari arah selatan. Kemudian untuk mengubah nilai tersebut menjadi nilai azimuth yang dihitung dari arah utara dapat dilakukan dengan cara :

$$\mathbf{Azimuth\ utara} = (\text{Azimuth Selatan} + 180) \text{ Modulus } 360$$

14. Altitude Bulan

¹²⁸ Peter Duffett-Smith, *Practical Astronomy with your Calculator or Spreadsheet*, , 49.

Data yang diperlukan untuk menghitung *altitude* Bulan adalah *hour angle* lintang tempat(ϕ), deklinasi Bulan(δ). Berikut ini adalah rumus untuk menghitung altitude bulan :¹²⁹

$$\text{Altitude Bulan hakiki} = \text{ASIN}(\text{SIN}(\phi) * \text{SIN}(\delta) + \text{COS}(\phi) * \text{COS}(\delta) * \text{COS}(\text{hour angle}))$$

Hasil perhitungan menggunakan rumus diatas menghasilkan nilai true altitude Bulan (*hakiki*). Nilai altitude bulan yang digunakan ketika pelaksanaan rukyat bukanlah nilai altitude bulan hakiki melainkan nilai altitude Bulan tampak (*mar'i*). Berikut ini adalah proses perhitungan untuk mengubah altitude bulan hakiki menjadi altitude bulan mar'i adalah sebagai berikut :¹³⁰

Parallax	=	Horizon Parallax * COS(Altitude Bulan hakiki)
Refraksi	=	0.017000002 / TAN(Altitude Bulan hakiki + 0.003137559 / (Altitude Bulan hakiki + 0.089186325))
Altitude Bulan Mar'i	=	Altitude Bulan hakiki - Parallax + Semi diameter Bulan + Refraksi

¹²⁹ Olivier Montenbruck, *Practical Ephemeris Calculations*,....., 13.

¹³⁰ Peter Duffett-Smith, *Practical Astronomy with your Calculator or Spreadsheet*, , 80-85.

15. Elongasi

Berikut ini adalah rumus untuk menghitung nilai sudut elongasi antara Bulan dan Matahari :

$$\text{Elongasi} = \arccos(\sin(\text{Alt}_b) * \sin(\text{Alt}_m) + \cos(\text{Alt}_b) * \cos(\text{Alt}_m) * \cos(\text{Az}_b - \text{Az}_m))$$

Diketahui :

Alt_m = *Altitude* Matahari

Alt_b = *Altitude* Bulan

Az_m = *Azimuth* Matahari

Az_b = *Azimuth* Bulan

BAB IV

PERANCANGAN DAN PENGUJIAN APLIKASI

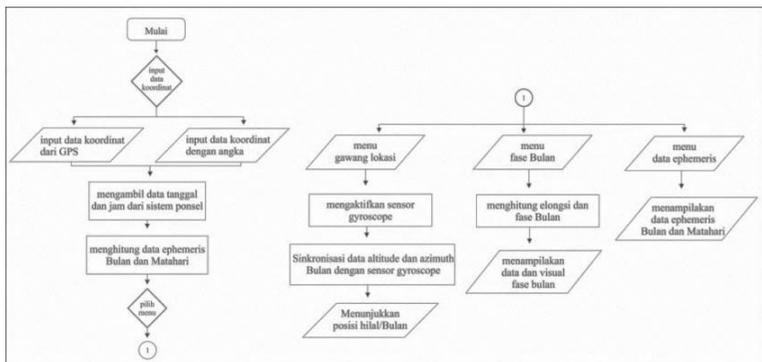
A. Perancangan Aplikasi

Produk yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah aplikasi *mobile phone* yang dapat berjalan pada *Operating System (OS)* android. Aplikasi yang dikembangkan penulis merupakan hasil dari implementasi dan modifikasi konsep alat ruyat Gawang Lokasi. Fungsi utama dari aplikasi ini adalah untuk melakukan *tracking* posisi hilal atau Bulan secara *realtime*.

Sistem kerja aplikasi ini serupa dengan Gawang Lokasi dalam menentukan posisi hilal. Pada gawang lokasi, posisi hilal diukur berdasarkan nilai *azimuth* dan *altitude* Bulan yang diimplementasikan pada garis vertikal dan horizontal untuk menandai posisi hilal. Pada aplikasi ini, posisi hilal akan ditandai dan diukur menggunakan sensor *gyroscope* dengan acuan nilai *azimuth* dan *altitude* hilal. Sensor *gyroscope* memiliki kemampuan mendeteksi kecepatan sudut *phi* (arah kanan dan kiri), sudut *theta* (arah atas dan bawah), dan sudut *psi* (arah depan dan belakang). Sistem kerja aplikasi ini akan memanfaatkan kemampuan sensor *gyroscope* dalam mendeteksi kecepatan sudut *phi* untuk mengukur *azimuth* hilal, sedang kemampuan sensor *gyroscope* dalam mendeteksi kecepatan sudut *theta* digunakan untuk mengukur *altitude* hilal.

Pada aplikasi ini *user* (pengguna) untuk dapat mengetahui posisi hilal atau Bulan hanya perlu memasukkan data titik

koordinat tempat. Perhitungan data astronomis Bulan dan Matahari untuk menentukan posisi hilal akan diproses secara otomatis oleh aplikasi ini. Data-data hasil perhitungan tersebut selanjutnya disinkronkan dengan sensor *gyroscope* sebagai indikator dalam menentukan posisi hilal. Aplikasi ini akan menampilkan data berupa angka serta visualisasi gambar, Untuk memberikan informasi terkini terkait fase Bulan. Sebagai data pendukung dalam praktik rukyat hilal atau perhitungan falak, aplikasi ini menyediakan data ephemeris Bulan dan Matahari secara *realtime*. Berikut ini adalah *flowchart* (diagram alir) dari sistem kerja aplikasi ini :



Gambar 4.1 Flowchart (*Diagram Alir*) Aplikasi.

Berdasarkan diagram alir diatas, terdapat beberapa proses yang harus dilalui untuk menghasilkan *output* (hasil) yang dikehendaki. Langkah pertama, *user* diminta untuk memasukkan data titik koordinat tempat, yang dilakukan dengan memanfaatkan layanan GPS lokasi pada ponsel atau dengan melakukan input data titik koordinat tempat dengan angka. Langkah kedua adalah sistem

aplikasi secara otomatis akan mengambil data tanggal dan jam dari sistem operasi ponsel. Langkah ketiga adalah melakukan perhitungan data ephemeris Bulan dan matahari berdasarkan data koordinat tempat, tanggal dan jam yang telah didapatkan sebelumnya. Selanjutnya aplikasi menyediakan tiga pilihan menu yang terdiri dari: menu gawang lokasi, menu fase Bulan, dan menu data ephemeris.

Pilihan menu yang disediakan oleh aplikasi ini, memiliki algoritme dan fungsi yang berbeda-beda. Pada menu gawang lokasi, sistem aplikasi akan mengaktifkan fungsi sensor *gyroscope* pada ponsel android kemudian dilakukan sinkronisasi dengan data *azimuth* dan *altitude* Bulan untuk mengidentifikasi posisi hilal. Pada menu fase Bulan, sistem aplikasi akan memberikan informasi terkait fase Bulan terkini dalam bentuk visual (gambar) dan data hasil perhitungan. Pada menu ephemeris, aplikasi akan menampilkan data-data astronomis Matahari dan Bulan secara *realtime*

Proses perancangan aplikasi dalam penelitian ini, dibagi menjadi dua tahap. Pertama adalah tahap perancangan tampilan aplikasi. Pada tahap ini dilakukan proses perancangan bentuk tampilan aplikasi, berupa: objek dan asset yang ditampilkan dalam aplikasi, tata letak objek dan asset dalam tampilan aplikasi, serta fungsi dan kegunaan dari masing-masing objek dan asset tersebut. Tahap kedua adalah proses pemrograman aplikasi. Pada tahap ini, algoritme sistem aplikasi mulai dari pertama kali aplikasi dijalankan sampai dengan aplikasi menghasilkan output yang

diharapkan, diimplementasikan kedalam rancangan aplikasi menggunakan bahasa pemrograman C# (*sharp*). Berikut ini adalah penjelasan dari tahapan-tahapan tersebut:

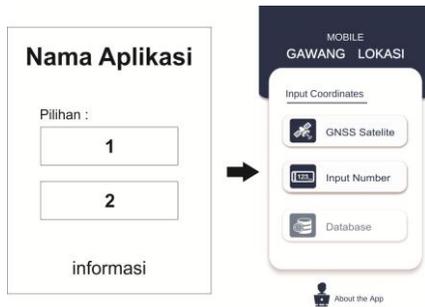
1. Perancangan Tampilan (*User interface*) Aplikasi

User interface atau disebut dengan desain tampilan antarmuka, memiliki peran penting dalam sebuah aplikasi. *User interface* dalam sebuah aplikasi berfungsi sebagai jembatan yang menghubungkan antara *user* (pengguna) dengan sistem aplikasi untuk dapat saling berinteraksi. *User* dapat memberikan perintah kepada sistem aplikasi melalui *user interface*, begitu juga *output* dari sistem aplikasi dapat ditampilkan kepada *user* melalui *user interface*.

Proses perancangan *User interface* dalam aplikasi ini dilakukan menggunakan software unity. Dalam aplikasi ini terdapat enam halaman yang memiliki tampilan yang berbeda-beda. Keenam halaman terdiri dari: halaman utama, halaman GPS, halaman input koordinat, halaman gawang lokasi, halaman fase bulan, dan halaman data ephemeris. Berikut ini adalah penjelasan dari rancangan *user interface* aplikasi ini:

a. Tampilan Halaman Utama

Halaman ini akan muncul pertama kali ketika aplikasi dibuka. *User* ditawarkan untuk memilih metode yang akan digunakan untuk melakukan input data titik koordinat tempat. Berikut ini adalah tampilan halaman tersebut :



Gambar 4.2 *Tampilan Halaman Utama*

1) Tombol GPS

Tombol ini berfungsi untuk berpindah ke halaman update lokasi dengan GPS

2) Tombol input data manual

Tombol ini berfungsi untuk berpindah ke halaman input data koordinat secara manual

b. Tampilan Halaman GPS

Halaman ini akan muncul setelah user memilih tombol GPS yang ada di halaman utama. Pada halaman ini data titik koordinat yang didapatkan oleh layanan GPS ponsel akan diinput secara otomatis kedalam sistem aplikasi.



Gambar 4.3 *Tampilan Halaman GPS*

1) Teks data titik koordinat

Pada bagian ini akan ditampilkan data titik koordinat yang berhasil didapatkan oleh layanan GPS ponsel dalam bentuk teks. Data-data tersebut antara lain: lintang tempat, bujur tempat, dan ketinggian tempat.

2) Progress Bar

Layanan GPS android akan membutuhkan waktu beberapa saat dalam mendapatkan data titik koordinat. *Progress bar* ini berfungsi sebagai indikasi bahwa data titik koordinat tempat telah didapatkan oleh layanan GPS android.

3) Tombol simpan

Ketika pertama kali halaman ini terbuka, tombol simpan secara *default* akan nonaktif. Tombol tersebut akan aktif setelah data titik koordinat berhasil didapatkan. Fungsi tombol ini adalah untuk menyimpan data koordinat tempat ke dalam sistem aplikasi. Selain itu tombol tersebut juga berguna untuk berpindah ke halaman menu Gawang Lokasi.

c. Tampilan Halaman Input Koordinat

Halaman ini merupakan alternatif lain untuk user dalam melakukan input data titik koordinat tempat dengan cara memasukkan nilai bujur dan lintang suatu tempat secara manual. Pada halaman ini terdapat tiga kolom isian yang berfungsi untuk memasukkan nilai titik koordinat tempat

berupa: bujur tempat, lintang tempat, dan ketinggian. Berikut ini adalah tampilan halaman input koordinat:

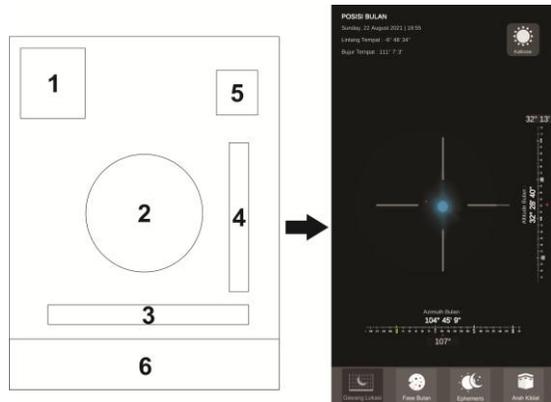
The image shows two versions of a coordinate input form. On the left is a wireframe titled 'Input koordinat' with four numbered input fields: '1' for 'Lintang Tempat', '2' for 'Bujur Tempat', '3' for 'Ketinggian Tempat', and '4' for a save button. On the right is a dark-themed mobile app screenshot titled 'INPUT COORDINATE' with the same fields populated with values: '3.000' for Latitude, '110.000' for Longitude, and '80' for Altitude (in meters). A 'NEXT' button is at the bottom.

Gambar 4.4 Tampilan Halaman Input koordinat

- 1) Kolom Lintang Tempat
Pada bagian ini pengguna diminta untuk memasukkan nilai lintang tempat dengan bentuk angka desimal.
- 2) Kolom Bujur Tempat
Pada bagian ini pengguna diminta untuk memasukkan nilai bujur tempat dengan bentuk angka desimal.
- 3) Kolom ketinggian tempat
Pada bagian ini pengguna diminta untuk memasukkan nilai ketinggian tempat dalam skala meter dengan bentuk angka desimal.
- 4) Tombol simpan
Tombol tersebut berfungsi untuk menyimpan data titik koordinat tempat yang telah dimasukkan pengguna pada kolom isian kedalam sistem aplikasi. Selain itu, tombol

ini berfungsi untuk berpindah ke halaman menu Gawang Lokasi.

d. Tampilan Halaman Gawang Lokasi



Gambar 4.5 Tampilan Halaman Gawang Lokasi

1) Teks Data Posisi Bulan

Pada bagian ini, akan ditampilkan data *altitude* dan *azimuth* Bulan yang berfungsi sebagai acuan dalam melakukan pembidikan posisi hilal atau Bulan.

2) Objek penanda

Bagian ini berfungsi untuk membantu pengguna dalam memfokuskan pandangan ke arah posisi hilal atau Bulan. Objek ini akan terus bergerak mengikuti dan menandai posisi Bulan. Objek penanda ini merupakan sebuah *image* (gambar) yang berbentuk lingkaran dan transparan.

3) Kompas Horizontal

Bagian ini berfungsi untuk menunjukkan arah mata angin dan menampilkan nilai azimuth yang terjadi akibat pergerakan ponsel secara horizontal.

4) Kompas Vertikal

Bagian ini berfungsi untuk menampilkan nilai *altitude* yang disebabkan oleh pergerakan secara vertikal pada ponsel.

5) Tombol Kalibrasi

Bagian ini berfungsi untuk melakukan kalibrasi sensor *gyroscope* menggunakan posisi Matahari.

6) Tombol Navigasi Menu

Bagian ini terdiri dari beberapa tombol yang berfungsi untuk pindah ke halaman menu fase Bulan atau menu data ephemeris.

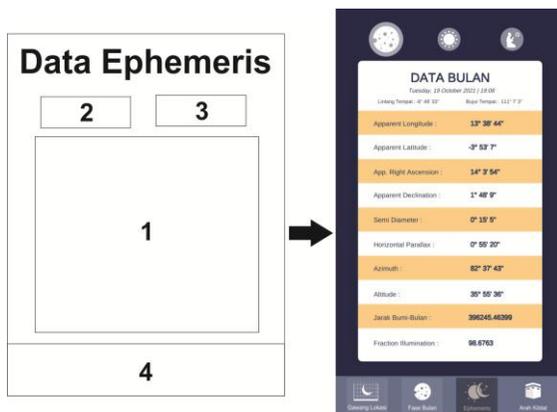
e. Tampilan Halaman Fase Bulan



Gambar 4.6 Tampilan Halaman Fase Bulan

- a. Gambar Fase Bulan
Pada bagian ini, bentuk fase Bulan akan ditampilkan dalam sebuah ilustrasi gambar.
- b. Teks Data Fase Bulan
Pada bagian ini akan ditampilkan data perhitungan terkait fase Bulan. Data-data tersebut antara lain: illumination, elongasi, altitude, dan azimuth.
- c. Tombol Navigasi Menu
Bagian ini terdiri dari beberapa tombol yang berfungsi untuk berpindah ke halaman menu gawang lokasi dan menu data ephemeris.

f. Tampilan Halaman Data Ephemeris



Gambar 4.7 Tampilan Halaman Data Ephemeris

a. *Scroll View*

Pada bagian ini akan ditampilkan hasil perhitungan data ephemeris Bulan dan Matahari. Penggunaan fitur *scroll view* bertujuan supaya data ephemeris Bulan dan

Matahari dapat ditampilkan secara keseluruhan dalam area yang terbatas.

b. Tombol Data Bulan

Tombol ini berfungsi untuk menampilkan data ephemeris bulan pada tampilan *scroll view*

c. Tombol Data Matahari

Tombol ini berfungsi untuk menampilkan data ephemeris Matahari pada tampilan *scroll view*

d. Tombol Navigasi Menu

Bagian ini berfungsi untuk melakukan perpindahan ke halaman menu gawang lokasi dan menu fase Bulan.

2. Pemrograman Aplikasi

Tahap ini merupakan proses implementasi rancangan Algoritme sistem aplikasi kedalam sebuah program android. Desain tampilan aplikasi yang telah dirancang sebelumnya baru akan dapat berfungsi setelah melalui proses pemrograman ini. Seluruh aktivitas yang dapat dilakukan oleh aplikasi seperti: input data, proses perhitungan, atau menampilkan hasil perhitungan, akan ditulis dalam sebuah kode program. Tujuan dari penulisan kode program tersebut adalah supaya seluruh perintah aplikasi untuk memproses data bisa dijalankan oleh sistem operasi android. Kode program yang ditulis dalam aplikasi ini menggunakan bahasa C# (*shrap*). *Software* yang digunakan dalam proses pemrograman aplikasi ini adalah Unity. Berikut adalah penjelasan dari proses pemrograman aplikasi:

a. Kode Program Hisab Data Ephemeris

Data ephemeris merupakan salah satu data utama yang dibutuhkan dalam perancangan aplikasi ini. Perhitungan data ephemeris akan dilakukan secara otomatis oleh aplikasi sehingga akan memudahkan pengguna karena hanya cukup melakukan input data koordinat saja. Penulisan kode program hisab data ephemeris ini terdiri dari dua bagian, yaitu: hisab data ephemeris Bulan dan hisab data ephemeris Matahari.

Kode program hisab data ephemeris Bulan dalam aplikasi ini, ditulis berdasarkan algoritme ELP2000. Langkah-langkah perhitungan data ephemeris Bulan algoritme ELP2000 telah dijelaskan pada bab 3 point C. Kode program tersebut ditulis menggunakan metode *function*.¹³¹ Tujuannya adalah ketika kode program tersebut dibutuhkan pada kode program lain, kita tidak perlu menuliskannya kembali, tetapi hanya cukup dengan memanggil nama *function*nya saja. Manfaat dari penggunaan metode *function* adalah membuat penulisan kode program menjadi lebih efisien.

¹³¹ Function adalah sub kode program yang dibuat untuk menyelesaikan hal tertentu. Function memiliki nama, dan dapat dipanggil berkali-kali dalam kode program lain. Suprpto, *Bahasa Pemrograman*, (Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008), 233.

```

public double[] Data_ELPmoon(double LT, double BT,
int thn, int bln, int tgl, double jam, double mnt,
double tz)
{
    //....
    //Proses Perhitungan....
    //....
    return new double[]
    {
    0,bApp_Longitude,bApp_Latitude,bRight_Ascensio
,bApp_Declination,bSemi_Diameter,bH_Parallax
,bAzimuth,bAltitude,bdistance,bIllumination
};
}

```

Gambar 4.2 Kode Program Data Bulan ELP2000

Syntax `Data_ELPmoon` dalam script di atas merupakan nama *function* dari kode program tersebut. Nilai input yang dibutuhkan untuk menjalankan perintah yang terdapat pada *function* `Data_ELPmoon` adalah: lintang tempat, bujur tempat, tanggal, bulan, tahun, jam, menit dan time zone. Kode perintah `double[]` dalam script diatas berfungsi untuk menyimpan data-data hasil perhitungan ke dalam sebuah variabel array¹³² dengan tipe data `double`¹³³. Berikut ini adalah susunan dan nomor urut data ephemeris Bulan yang disimpan dalam variable array: [0]null, [1]*apparent longitude*, [2]*apparent latitude*, [3]*apparent right ascension*, [4]*apparent declination*, [5]*horizontal parallax*, [6]*semi diameter*, [7]*angle bright*

¹³² Definisi array adalah sebuah variable yang dapat menyimpan beberapa data dengan tipe sama yang memiliki indeks. Marcin Jamro, *C# Data Structures and Algorithms*,(Packt Publishing Ltd: Mumbai, 2018), 230

¹³³ Tipe data `double` merupakan tipe data yang mampu untuk menyimpan data berupa angka desimal dengan jumlah angka dibelakang koma yang tak terhingga. Marius Bancila, *Learn C# Programming*, (Packt Publishing Ltd: Mumbai, 2020), 43.

limb, [8]*fraction illumination*, [9]*azimuth*, [10]*altitude*, dan [11]*elongasi*.

Algoritme Jean Meeus digunakan sebagai acuan dalam penulisan kode program data ephemeris Matahari dalam aplikasi ini. Langkah-langkah perhitungan data ephemeris Matahari menggunakan algoritme Jean Meeus telah dijelaskan di bab 3 point B. Kode program data ephemeris Matahari juga ditulis menggunakan metode *function*. Berikut ini adalah cuplikan kode program tersebut :

```
public double[] Data_Algo_JeanMeeus(int tahun,
int bulan, int tgl, double jam, double mnt,
double timezone)
{
    //.....
    //Proses Perhitungan
    //.....

    return new double[]
    {
        0,mEcliptic_Longitude,mEcliptic_Latitude
        ,mApp_Right_Ascension,mApp_Declination
        ,mTrue_Geocentric_DisTance,mSemi_Diameter
        ,mTrue_Obliquity,mEquation_of_Time
    };
}
```

Gambar 4.3 *Kode Program Data Matahari Jean Meeus*

Syntax *Data_Algo_JeanMeeus* dalam script di atas merupakan nama *function* dari kode program tersebut. Nilai input yang dibutuhkan untuk menjalankan perintah dalam *function* *Data_Algo_JeanMeeus* adalah: lintang tempat, bujur tempat, tanggal, bulan, tahun, jam, menit dan time zone. Kode program tersebut akan menghasilkan data

ephemeris Matahari berupa: *ecliptic longitude, ecliptic latitude, apparent right ascension, apparent declination, true geocentric distance, semi diameter, true obliquity, equation of time, altitude, dan azimuth.*

b. Kode Program Halaman Utama

Halaman utama merupakan halaman yang pertama kali tampil ketika aplikasi dibuka. Pada halaman tersebut terdapat dua tombol dengan nama “GPS” dan “Input number”. Kedua tombol tersebut sama-sama memiliki fungsi untuk berpindah ke halaman lain. Tombol “GPS” digunakan untuk berpindah ke halaman GPS, sedangkan tombol “Input number” berguna untuk berpindah ke halaman input koordinat. Dalam pemrograman aplikasi menggunakan software unity, perintah untuk berpindah ke halaman lain adalah memakai script *scene managemet* dengan metode *load Scene*. Berikut ini adalah kode program yang terdapat halaman utama:

```
using UnityEngine.SceneManagement;

public class Scenes_M : MonoBehaviour
{
    public void Klik_inText ()
    {
        SceneManager.LoadScene("Input number");
    }

    public void Klik_gps ()
    {
        SceneManager.LoadScene("GPS");
    }
}
```

Gambar 4.4 Kode Program Halaman Utama

c. Kode Program Halaman GPS

Halaman ini berfungsi untuk melakukan input data koordinat tempat menggunakan layanan GPS pada ponsel android. Supaya aplikasi ini dapat mengakses layanan GPS android, maka perlu melakukan izin terhadap penggunaan *location service android*.

```
void Start ()
{
    //izin penggunaan location service Android
    if (!Permission.HasUserAuthorizedPermission
        (Permission.FineLocation))
    {
        Permission.RequestUserPermission
        (Permission.FineLocation);
    }
}
```

Gambar 4.5 Kode Program Permission location service

Setelah aplikasi ini mendapatkan izin untuk mengakses layanan GPS android, maka tahap selanjutnya adalah mengaktifkan *location service*. Kode program untuk mengaktifkan *location service* adalah sebagai berikut:

```
private IEnumerator StartLocationService()
{
    Input.location.Start();
    int maxWait = 20;
    while (Input.location.status == LocationServiceStatus.
        Initializing && maxWait > 0)
    {
        yield return new WaitForSeconds(1);
        maxWait--;
    }

    double latitude_gps = Input.location.lastData.latitude;
    double longitude_gps = Input.location.lastData.longitude;
    double altitude_gps = Input.location.lastData.altitude;
}
```

Gambar 4.5 Kode Program Start location service

Layanan GPS android secara otomatis akan mencari data koordinat tempat. GPS¹³⁴ android akan memanfaatkan pancaran sinyal dari satelit yang posisi orbitnya berada dekat dengan kita. Sinyal dari satelit ini selanjutnya diproses oleh GPS android sehingga menghasilkan data koordinat tempat. Data-data tersebut terdiri dari: lintang tempat, bujur tempat, dan tinggi tempat. Setelah data-data tersebut berhasil didapatkan selanjutnya disimpan dalam variabel *public static*, supaya nilai dalam variabel tersebut dapat diakses pada seluruh kode program lainnya.

d. Kode Program Halaman Input Koordinat

Halaman ini berfungsi untuk melakukan input data koordinat tempat secara manual kedalam sebuah kolom menggunakan angka desimal. Pada halaman ini terdapat tiga *input field* (kolom) yang berfungsi untuk menampung input nilai koordinat tempat.

```
//mendapatkan nilai koordimat dari inputfield
double latitude = double.Parse(input_lat.text);
double longitude = double.Parse(input_long.text);
double altitude = double.Parse(input_alt.text);
```

Gambar 4.6 Kode Program input field

Tiga *input field* tersebut terdiri dari: input_lat merupakan nama kolom isian untuk nilai lintang tempat,

¹³⁴ GPS adalah sistem navigasi satelit yang menyediakan informasi lokasi dan waktu di seluruh permukaan bumi dengan syarat masih menerima sinyal GPS. Sinyal elektromagnetik yang dipancarkan oleh GPS diterima oleh receiver untuk diolah menjadi informasi posisi. Ahmed El-Rabbany, Introduction to GPS, (Artech House: Boston London, 2002), 1.

`input_long` adalah nama kolom isian untuk nilai bujur tempat, dan `input_alt` merupakan nama kolom isian untuk nilai tinggi tempat. Data koordinat tempat yang terdapat dalam ketiga *input field* tersebut, selanjutnya disimpan dalam variabel *public static*.

e. **Kode Program Halaman Data Ephemeris**

Halaman ini berfungsi untuk menampilkan data ephemeris Bulan dan Matahari. Data ephemeris tersebut merupakan hasil perhitungan dari kode program hisab data ephemeris yang telah dibahas pada point sebelumnya. Berikut adalah proses penulisan kode program pada halaman ini:

1) **Input Tanggal dan Waktu**

Dalam melakukan perhitungan data ephemeris Bulan dan Matahari diperlukan input tanggal dan waktu. Aplikasi ini membutuhkan nilai tanggal dan waktu secara *realtime*. Input tanggal dan waktu secara *realtime* kedalam sistem aplikasi dapat menggunakan kode perintah *DateTime.Now*. Fungsi dari kode perintah tersebut adalah untuk mendapatkan nilai tanggal dan waktu dari sistem operasi android secara *realtime*. Berikut ini adalah kode program untuk mendapatkan tanggal dan waktu:

```

// mendapatkan nilai waktu
DateTime sekarang = DateTime.Now;
// get Date Now
int tahun = DateTime.Now.Year;
int bulan = DateTime.Now.Month;
int tgl = DateTime.Now.Day;
// get Time Now
double jam = DateTime.Now.Hour;
double mnt = DateTime.Now.Minute;

```

Gambar 4.7 Kode Program input date time

Kode program tersebut akan menghasilkan data berupa: tanggal, bulan, tahun, jam dan menit. Diperlukan nilai time zone untuk mengubah waktu daerah menjadi waktu GMT (*Greenwich Mredian Time*) dan sebaliknya. Nilai time zone ini juga telah tersedia pada sistem operasi android, sehingga dapat diambil dan diimplementasikan dalam proses perhitungan selanjutnya. Kode program untuk mendapatkan nilai time zone adalah:

```

//get TimeZone
localzone = TimeZone.CurrentTimeZone;
DateTime currentDate = DateTime.Now;
TimeSpan currentOffset = localzone.
GetUtcOffset(currentDate);
double tz = currentOffset.Hours;

```

Gambar 4.8 Kode Program input time zone

2) Menampilkan data Ephemeris

Data ephemeris Bulan yang ditampilkan pada halaman ini merupakan hasil perhitungan dari *function* Data_ELPmoon. Sedangkan, data ephemeris Matahari merupakan hasil perhitungan dari *function*

Data_Algo_JeanMeeus. Berikut ini adalah cuplikan kode program pada halaman ini:

```
// Memanggil function Algo_ESP2000
private Algo_ESP2000 eSP2000;
eSP2000 = gameObject.AddComponent<Algo_ESP2000>();

//menampilkan data ephemeris
double app_longitude = eSP2000.Data_ELPmoon
(1t, bt, tahun, bulan, tgl, jam, mnt, tz)[1];
s_App_Longitude = kederajat(app_longitude);
t_App_Longitude.text = s_App_Longitude;
```

Gambar 4.8 Kode Program menampilkan data ephemeris

f. Kode Program Halaman Fase Bulan

Halaman ini berfungsi untuk menampilkan informasi tentang fase Bulan secara *realtime*. Informasi fase Bulan yang disajikan pada halaman ini adalah data astronomis fase Bulan serta ilustrasi gambar fase bulan. Proses penulisan kode program pada halaman ini adalah sebagai berikut:

1) Input Tanggal dan Waktu

Proses penulisan kode program untuk input tanggal dan waktu pada halaman ini, serupa dengan penjelasan kode program input tanggal dan waktu pada halaman data ephemeris.

2) Menampilkan Data Fase Bulan

Data fase bulan yang ditampilkan pada halaman ini terdiri dari: *illumination*, *azimuth* Bulan, *altitude* Bulan, dan *elongasi*. Proses perhitungan data fase Bulan tersebut terdapat dalam *function*

Data_ELPmoon. Sehingga, untuk menghitung data fase Bulan tersebut adalah dengan cara memanggil *function* Data_ELPmoon ke dalam kode program halaman ini.

3) Ilustrasi Fase Bulan

Dalam satu periode Bulan mengelilingi Bumi yaitu selama kurang lebih 29,530599 hari. Bentuk Bulan yang dapat kita lihat dari Bumi ada empat fase, yaitu: *new moon* (Bulan muda), *first quarter* (seperempat pertama), *full moon* (purnama), dan *last quarter* (seperempat akhir). Fase Bulan dapat diketahui dengan cara menghitung selisih *apparent ecliptical longitude* (bujur ekliptika) antara Bulan dan Matahari.¹³⁵

- Ketika selisih antara bujur ekliptika Bulan dan Matahari adalah 0, maka terjadi fase *new moon*
- Ketika selisih antara bujur ekliptika Bulan dan Matahari adalah 90, maka terjadi fase *first quarter*
- Ketika selisih antara bujur ekliptika Bulan dan Matahari adalah 180, maka terjadi fase *full moon*
- Ketika selisih antara bujur ekliptika Bulan dan Matahari adalah 270, maka terjadi fase *last quarter*

¹³⁵ Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, Yogyakarta: Jurusan Fisika MIPA Universitas Gajah Mada, 2012, 114.

Nilai bujur ekliptika Bulan dapat dihitung menggunakan *function* Data_ELPmoon. Sedangkan, untuk menghitung nilai bujur ekliptika Matahari adalah menggunakan *function* Data_Algo_Jeanmeeus. Berikut ini adalah kode program untuk menghitung selisih nilai bujur ekliptika Bulan dan Matahari:

```
//bujur ekliptka Bulan
double bujur_bln = ELP2000.Data_ELPmoon
(tahun, bulan, tgl, jam, mnt, tz)[1];
//bujur ekliptika Matahari
double bujur_mat = jMeeus.Data_Algo_JeanMeeus
(tahun, bulan, tgl, jam, mnt, tz)[9];
//selisih
double selisih_bjr = MOD((bujur_bln - bujur_mat), 360);
```

Gambar 4.8 Kode Program selisih bujur ekliptika

g. Kode Program Halaman Gawang Lokasi

Fungsi dari halaman ini adalah untuk mengetahui posisi Bulan. Pada halaman ini, aplikasi memerlukan akses terhadap kamera ponsel dan sensor *gyroscope*. Kamera ponsel digunakan sebagai pembidik posisi Bulan, sedangkan sensor *gyroscope* berfungsi sebagai poros dari objek penanda posisi Bulan. Untuk lebih jelasnya, proses penulisan kode program pada halaman ini adalah sebagai berikut:

1) Input Tanggal dan Waktu

Proses penulisan kode program untuk input tanggal dan waktu pada halaman ini, serupa dengan penjelasan kode program input tanggal dan waktu pada halaman data ephemeris.

2) Menghitung *azimuth* dan *altitude* Bulan

Nilai *azimuth* dan *altitude* Bulan dapat dihitung menggunakan *function* *Data_ELPmoon*. Input data yang dibutuhkan dalam perhitungan *azimuth* dan *altitude* Bulan menggunakan *function* *Data_ELPmoon* adalah: tahun, bulan, tanggal, jam, menit, dan time zone. Berikut ini adalah kode program untuk mendapatkan nilai *azimuth* dan *altitude* Bulan:

```
// Memanggil function Data_ELPmoon
private Algo_ELP2000 eSP2000;
e12000 = gameObject.AddComponent<Algo_ELP2000>();
//azimuth
double azimuth = eSP2000.Data_ELPmoon
(lt, bt, tahun, bulan, tgl, jam, mnt, tz)[7];
//altitude
double altitude = eSP2000.Data_ELPmoon
(lt, bt, tahun, bulan, tgl, jam, mnt, tz)[8];
```

Gambar 4.9 Kode Program *azimuth* dan *altitude*

3) Mengaktifkan Fungsi Kamera

Aplikasi ini akan memanfaatkan fungsi kamera belakang pada ponsel untuk membidik posisi hilal. agar aplikasi ini dapat mengakses fungsi kamera, maka diperlukan izin untuk menggunakan *camera service*.

```
//izin penggunaan kamera service Android
if (!Permission.HasUserAuthorizedPermission(Permission.Camera))
{
    Permission.RequestUserPermission(Permission.Camera);
}
```

Gambar 4.10 Kode Program izin penggunaan *camera service*

Selanjutnya untuk mengaktifkan fungsi kamera belakang, bisa menggunakan kode program seperti berikut:

```

// Back Camera
for (int i = 0; i < WebCamTexture.devices.Length; i++)
{
    if (!WebCamTexture.devices[i].isFrontFacing)
    {
        cam = new WebCamTexture(WebCamTexture.devices[i]
            .name, Screen.width, Screen.height);
        break;
    }
}

```

Gambar 4.10 Kode Program mengaktifkan kamera

4) Mengaktifkan Fungsi Sensor *Gyroscope*

Sensor *gyroscope* memiliki peran penting dalam sistem kerja aplikasi ini yaitu sebagai poros rotasi serta untuk menghitung perubahan sudut yang dialami ponsel. Berikut ini adalah kode program untuk mengaktifkan fungsi sensor *gyroscope*:

```

gyro = Input.gyro;
gyro.enabled = true;
rotation = new Quaternion(0, 0, 1, 0);
// Update Gyro
transform.localRotation = gyro.attitude * rotation;

```

Gambar 4.11 Kode Program mengaktifkan sensor *gyroscope*

5) Kompas Vertikal

Seperti yang dijelaskan pada point perancangan tampilan aplikasi, fungsi dari kompas vertikal ini adalah sebagai petunjuk nilai *altitude* pada ponsel. Adanya fitur ini bertujuan untuk memudahkan pengguna dalam membidik ketinggian hilal. Berikut ini adalah kode programnya:

```
// Zero out the x component of your forward
//vector to only get the direction in the y,z plane
forward.x = 0;
float headingAngle = Player.transform.rotation.eulerAngles.x;
//Get a handle on the Image's uvRect
CompassImage.uvRect = new Rect(0, headingAngle / 360, 1, 1);
```

Gambar 4.12 Kode Program Kompas Vertikal

6) Kompas Horizontal

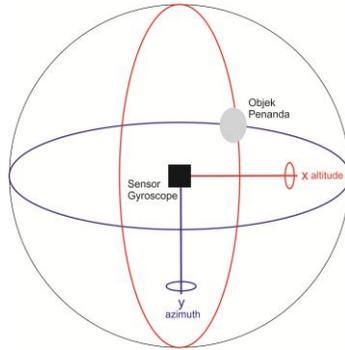
Pada point perancangan tampilan aplikasi telah dijelaskan bahwa fungsi dari kompas horizontal ini adalah sebagai petunjuk nilai *azimuth* pada ponsel. Adanya fitur ini bertujuan untuk memudahkan pengguna dalam membidik *azimuth* hilal. Berikut ini adalah kode programnya:

```
// Zero out the y component of your forward
//vector to only get the direction in the X,Z plane
forward.y = 0;
float headingAngle = Player.transform.rotation.eulerAngles.y;
//Get a handle on the Image's uvRect
CompassImage.uvRect = new Rect(headingAngle / 360, 0, 1, 1);
```

Gambar 4.13 Kode Program Kompas Horizontal

7) Objek Penanda Posisi Bulan

Wujud dari objek penanda ini adalah gambar lingkaran yang transparan. Objek penanda akan bergerak melingkar dengan sensor *gyroscope* sebagai pusatnya. Posisi dari objek tersebut akan selalu bergerak mengikuti posisi Bulan.



Gambar 4.14 *ilustrasi pergerakan objek penanda*
 Supaya objek penanda tersebut dapat bergerak mengikuti posisi Bulan, maka nilai rotasi pada sumbu y objek tersebut disesuaikan dengan nilai *azimuth* Bulan. Kemudian untuk rotasi pada sumbu x pada objek tersebut disesuaikan dengan bilai *altitude* Bulan. Kode program untuk objek penanda adalah sebagai berikut:

```
//rotasi objek berdasarkan nilai
//azimuth dan altitude bulan
transform.rotation =
Quaternion.Euler(0, azimuth, altitude);
```

Gambar 4.15 *Kode program objek penanda*

B. Pengujian Aplikasi

Aplikasi yang telah kita rancang terlebih dahulu harus melewati tahap pengujian sebelum dapat kita publish. Tujuan utama dari proses pengujian aplikasi ini adalah untuk

mempelajari dan menelusuri *error* (kesalahan) dan *bug*¹³⁶ yang terdapat dalam sistem aplikasi. Tahap Pengujian aplikasi dikatakan berhasil jika dapat ditemukan *error* dan *bug* yang belum terdeteksi ketika proses perancangan aplikasi. Beberapa *error* dan *bug* yang berhasil ditemukan dari pengujian aplikasi ini digunakan sebagai bahan perbaikan aplikasi. Pengujian aplikasi memiliki peran penting dalam proses pengembangan aplikasi, karena dengan melewati tahap ini diharapkan aplikasi terhindar dari *error* dan *bug*, sehingga aplikasi dapat berfungsi secara optimal. Selain untuk mencari *error* dan *bug* pada aplikasi, proses pengujian ini dilakukan untuk mengetahui akurasi dari output yang dihasilkan oleh aplikasi tersebut. Tahap pengujian aplikasi dalam penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu uji fungsionalitas dan uji akurasi. Berikut ini adalah penjelasan dari kedua tahap tersebut:

1. Uji Fungsionalitas

Fungsi utama dilakukannya uji fungsionalitas adalah untuk mengetahui apakah *user interface* dan kode program yang telah dirancang sebelumnya dapat beroperasi secara optimal pada ponsel android. Uji fungsionalitas secara lebih spesifik memiliki dua tujuan. Tujuan pertama adalah untuk menguji rancangan tampilan *user interface* di

¹³⁶ Definisi bug adalah kegagalan atau kesalahan yang terjadi pada suatu program yang mengakibatkan program tersebut tidak dapat berfungsi dengan seharusnya. Lihat di <https://sis.binus.ac.id/2019/05/30/bugs-defect-and-error/> diakses pada 11 November 2021.

berbagai ukuran layar ponsel android yang berbeda, dan memastikan tidak ada yang berubah dari semestinya. Tujuan kedua adalah untuk menguji kode program agar dapat berjalan dan berfungsi dengan optimal pada ponsel android dengan berbagai tipe. Uji fungsionalitas aplikasi ini dilakukan menggunakan lima ponsel android dengan merek, versi, dan spesifikasi yang berbeda. Berikut ini adalah hasil dari uji fungsionalitas:

a. Uji fungsionalitas menggunakan Oppo A57

Ponsel merek Oppo A57 ini memiliki ukuran layar 5,2 inci dengan kapasitas RAM 3.0 GB. Sistem operasi android yang digunakan dalam ponsel ini adalah versi 6 (Marshmallow). Hasil dari uji fungsionalitas aplikasi adalah sebagai berikut:

Halaman	Validasi	Keterangan
Utama	✓	berhasil
GPS	✓	berhasil
Input Koordinat	✓	berhasil
Data Ephemeris	✓	berhasil
Fase Bulan	✓	berhasil
Gawang Lokasi	✓	berhasil

Tabel 4.1 *Uji Fungsionalitas pertama*

b. Uji fungsionalitas menggunakan Xiaomi Redmi 9

Ponsel merek Xiaomi Redmi 9 ini memiliki ukuran layar 6,3 inci dengan kapasitas RAM 3.0 GB. Sistem operasi android yang digunakan dalam ponsel ini adalah versi 10 (Queen Cake). Hasil dari uji fungsionalitas aplikasi adalah sebagai berikut:

Halaman	Validasi	Keterangan
Utama	✓	berhasil
GPS	✓	berhasil
Input Koordinat	✓	berhasil
Data Ephemeris	x	sebagian teks terpotong
Fase Bulan	✓	berhasil
Gawang Lokasi	✓	berhasil

Tabel 4.2 *Uji Fungsionalitas kedua*

c. Uji fungsionalitas menggunakan Samsung A20

Ponsel merek Samsung A20 ini memiliki ukuran layar 6,4 inci dengan kapasitas RAM 3.0 GB. Sistem operasi android yang digunakan dalam ponsel ini adalah versi 9 (Pie). Hasil dari uji fungsionalitas aplikasi adalah sebagai berikut:

Halaman	Validasi	Keterangan
Utama	✓	berhasil
GPS	✓	berhasil
Input Koordinat	✓	berhasil
Data Ephemeris	✓	berhasil
Fase Bulan	✓	berhasil
Gawang Lokasi	✓	berhasil

Tabel 4.3 *Uji Fungsionalitas ketiga*

d. Uji fungsionalitas menggunakan Lenovo A6000

Ponsel merek Lenovo A6000 ini memiliki ukuran layar 5 inci dengan kapasitas RAM 2.0 GB. Sistem operasi android yang digunakan dalam ponsel ini adalah versi 5 (Lolipop). Hasil dari uji fungsionalitas aplikasi adalah sebagai berikut:

Halaman	Validasi	Keterangan
Utama	✓	berhasil
GPS	✓	berhasil
Input Koordinat	✓	berhasil
Data Ephemeris	✓	berhasil
Fase Bulan	✓	berhasil
Gawang Lokasi	x	Halaman tidak dapat diakses

Tabel 4.4 *Uji Fungsionalitas keempat*

e. Uji fungsionalitas menggunakan Realme C3

Ponsel merek Realme C3 ini memiliki ukuran layar 6,5 inci dengan kapasitas RAM 2.0 GB. Sistem operasi android yang digunakan dalam ponsel ini adalah versi 10 (Queen Cake). Hasil dari uji fungsionalitas aplikasi adalah sebagai berikut:

Halaman	Validasi	Keterangan
Utama	✓	berhasil
GPS	✓	berhasil
Input Koordinat	✓	berhasil
Data Ephemeris	✓	berhasil
Fase Bulan	✓	berhasil
Gawang Lokasi	✓	berhasil

Tabel 4.5 *Uji Fungsionalitas kelima*

Berdasarkan hasil uji fungsionalitas yang telah dilakukan pada lima jenis ponsel android yang berbeda, tiga diantaranya dapat beroperasi secara optimal. Sedangkan pada dua jenis ponsel lain yaitu Xiaomi Redmi 9 dan Lenovo A6000 ditemukan *bug*. Pada ponsel Xiaomi Redmi 9 *bug* tersebut terjadi di halaman data ephemeris.

Pada halaman tersebut sebagai teks yang menampilkan data ephemeris Bulan dan Matahari tidak dapat tampil secara utuh di layar ponsel yang berukuran 6,3 inci. Selanjutnya, *bug* yang terjadi pada ponsel Lonovo A6000 adalah tidak dapat diaksesnya halaman gawang lokasi. Penyebab terjadinya bug tersebut, karena ponsel Lenovo A6000 tidak dilengkapi dengan sensor *gyroscope*.

Tercatat ada dua *bug* yang terjadi dalam uji fungsionalitas aplikasi tersebut. Untuk mengatasi *bug* yang pertama diperlukan penataan ulang *user interface* pada tampilan halaman data ephemeris sehingga tampilan pada halaman tersebut mampu beradaptasi di berbagai ukuran layar. Sedangkan untuk *bug* yang kedua ini terjadi bukan disebabkan oleh kesalahan rancangan aplikasi, melainkan spesifikasi ponsel yang digunakan kurang mendukung untuk dapat menjalankan aplikasi secara optimal. Hasil pengujian aplikasi yang dilakukan pada lima tipe ponsel android dengan spesifikasi yang berbeda menunjukkan bahwa hampir seluruh tampilan halaman aplikasi dan algoritme kode program dapat berfungsi sesuai dengan harapan. Kesimpulan dari hasil uji fungsionalitas tersebut adalah aplikasi ini dapat dijalankan di berbagai tipe ponsel android, serta mampu berfungsi secara optimal.

2. Uji Akurasi

Tujuan dari uji akurasi terhadap aplikasi ini adalah untuk mengkonfirmasi keakuratan *output* yang dihasilkan

oleh aplikasi gawang lokasi. *output* yang dijadikan sebagai objek dalam uji akurasi ini adalah hasil perhitungan data astronomis hilal, serta posisi hilal yang ditunjukkan oleh aplikasi gawang lokasi. Metode yang digunakan untuk mengetahui akurasi hasil perhitungan data astronomis hilal dari aplikasi gawang lokasi ini adalah dengan melakukan komparasi dengan data astronomis hilal dari *software accurate time*.¹³⁷ Penulis memilih *software accurate time* sebagai tolak ukur dalam uji akurasi ini dikarenakan, data astronomis yang dihasilkan oleh *software accurate time* memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi. Selanjutnya, untuk mengetahui keakuratan aplikasi gawang lokasi dalam menunjukkan posisi hilal adalah dengan melakukan praktik pembidikan hilal secara langsung. Aplikasi dianggap akurat apabila arah yang ditunjukkan merupakan posisi hilal atau Bulan yang sebenarnya. Berikut ini adalah hasil dari uji akurasi pada aplikasi ini:

- a. Uji akurasi pertama dilakukan pada tanggal 17 Oktober 2020. Data titik koordinat tempat tersebut adalah $7^{\circ}33'11.53''$ lintang selatan dan $110^{\circ}46'16.2''$ bujur timur. Waktu pelaksanaannya dilakukan pada pukul 17:31 WIB. Data astronomis hilal yang

¹³⁷ *Acuarte time* merupakan software karya dari Mohammad Odeh, seorang Ketua International Astronomical Center (IAC). Software ini menyediakan berbagai data perhitungan yang terkait dengan ilmu falak, termasuk data ephemeris Bulan dan Matahari dengan akurasi tingkat yang sangat tinggi lihat di www.icoproject.org//accut.html?l=en

dihasilkan oleh aplikasi mobile gawang lokasi adalah sebagai berikut :

Data hilal	App Gawang Lokasi	Accurate Time	Selisih
altitude	7°41'54"	7°43'43"	0°1'49"
azimuth	261°43'08"	261°53'23"	0°10'15"
elongasi	8°39'43"	8°42'36"	0°2'53"

Tabel 4.6 *komparasi data astronomis hilal pertama*

Berdasarkan hasil komparasi data astronomis hilal diatas, dapat kita diketahui bahwa terdapat selisih nilai antara hasil perhitungan dari aplikasi gawang lokasi dengan hasil dari perhitungan *software* accurate time. Selisih terkecil dari hasil komparasi tersebut terjadi pada altitude hilal dengan nilai 0°1'49". Selisih terbesar dari hasil komparasi tersebut terjadi pada azimuth hilal dengan nilai 0°10'15". Menurut data astronomis diatas, memungkinkan hilal untuk dapat dilihat, karena telah memenuhi kriteria MABIMS.¹³⁸ Tetapi dalam pelaksanaannya pada saat itu, hilal tidak berhasil teramati bahkan dengan bantuan theodolite dan teleskop, hal tersebut disebabkan karena kondisi langit yang berawan tebal.

¹³⁸ Berdasarkan kriteria MABIMS, kemungkinan hilal dapat terlihat adalah jika memiliki altitude minimal 2° dan elongasi 3° atau umur bulan minimal 8 jam.

- b. Uji akurasi pertama dilakukan pada tanggal 17 April 2021. Data titik koordinat tempat tersebut adalah $6^{\circ}32'9.78''$ lintang selatan dan $110^{\circ}39'56.8''$ bujur timur. Waktu pelaksanaannya dilakukan pada pukul 17:37 WIB. Data astronomis hilal yang dihasilkan oleh aplikasi mobile gawang lokasi adalah sebagai berikut :

Data hilal	App Gawang Lokasi	Accurate Time	Selisih
altitude	03°11'21"	03°15'34"	0°04'13"
azimuth	277°15'03"	277°21'32"	0°06'29"
elongasi	04°17'42"	04°20'36"	0°2'54"

Tabel 4.7 *komparasi data astronomis hilal kedua*

Berdasarkan hasil komparasi data hilal diatas, dapat kita ketahui bahwa terdapat selisih nilai antara data astronomis hilal dari aplikasi gawang lokasi dengan data astronomis hilal dari *software* accurate time. Selisih terkecil dari hasil komparasi tersebut terjadi pada data elongasi dengan nilai $0^{\circ}2'54''$. Selisih terbesar dari hasil komparasi tersebut terjadi pada *azimuth* hilal dengan nilai $0^{\circ}06'29''$. Menurut data astronomis diatas, menunjukkan bahwa hilal memungkinkan untuk dapat dilihat, karena telah memenuhi kriteria MABIMS. Tetapi hilal pada saat itu tidak berhasil teramati, bahkan dengan menggunakan alat bantu theodolite dan teleskop, hal

tersebut disebabkan karena kondisi langit yang sedang mendung.

- c. Uji akurasi ketiga dilakukan pada tanggal 14 Mei 2021. Data titik koordinat tempat tersebut adalah $06^{\circ}48'34''$ lintang selatan dan $111^{\circ}07'3''$ bujur timur. Waktu pelaksanaannya dilakukan pada pukul 17:26 WIB. Data astronomis hilal yang dihasilkan oleh aplikasi mobile gawang lokasi adalah sebagai berikut :

Data hilal	App Gawang Lokasi	Accurate Time	Selisih
altitude	$14^{\circ}44'34''$	$14^{\circ}48'59''$	$0^{\circ}04'25''$
azimuth	$295^{\circ}20'23''$	$295^{\circ}13'16''$	$0^{\circ}07'7''$
elongasi	$17^{\circ}01'48''$	$16^{\circ}59'37''$	$0^{\circ}2'11''$

Tabel 4.7 *komparasi data astronomis hilal ketiga*

Berdasarkan hasil komparasi data astronomis hilal diatas, dapat kita diketahui bahwa terdapat selisih nilai antara data hasil perhitungan dari aplikasi gawang lokasi dengan data astronomis hilal dari *software accurate time*. Selisih terkecil dari hasil komparasi tersebut terjadi pada data elongasi dengan nilai $0^{\circ}2'11''$. Selisih terbesar dari hasil komparasi tersebut terjadi pada azimuth hilal dengan nilai $0^{\circ}07'7''$. Menurut data astronomis diatas, menunjukkan bahwa hilal memungkinkan untuk dapat dilihat, karena telah memenuhi kriteria

MABIMS. Tetapi dalam praktiknya, hilal tidak berhasil teramati bahkan dengan bantuan theodolite dan teleskop, hal tersebut disebabkan karena kondisi langit yang berawan tebal.

Hasil uji akurasi yang telah dilakukan sebanyak tiga kali tersebut, menunjukkan hasil bahwa data astronomis hilal dari aplikasi gawang lokasi selalu mempunyai selisih nilai dengan data astronomis hilal dari *software* accurate time. Dari tiga kali uji akurasi yang telah dilakukan pada titik koordinat tempat dan waktu yang berbeda, selisih nilai antara kedua data tersebut tidak sampai melebihi angka $0^{\circ}15'0''$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data astronomis hilal dari aplikasi gawang lokasi memiliki tingkat ketelitian yang cukup tinggi.

Praktik uji akurasi yang dilakukan sebanyak tiga kali tersebut, hilal masih belum dapat terlihat, sehingga akurasi aplikasi gawang lokasi dalam melokalisir posisi hilal masih belum dapat diketahui. Hal tersebut disebabkan karena kondisi langit selalu tertutup awan yang tebal, sehingga wujud hilal sangat sulit untuk dapat terlihat, bahkan dengan menggunakan alat bantu ruyat yang canggih seperti, theodolite dan teleskop. Faktor lain yang menyebabkan hilal sulit untuk dilihat adalah karena tiga kali uji akurasi tersebut dilaksanakan pada fase *new moon* atau ketika awal bulan hijriah. Pada waktu tersebut tentunya cahaya hilal

masih sangat lemah dan akan tersamarkan oleh hamburan cahaya Matahari yang lebih dominan.

Berdasarkan uraian diatas, dalam pelaksanaan uji akurasi ini faktor yang menyebabkan hilal sulit terlihat adalah: faktor cuaca dan faktor visibilitas hilal. Diperlukan metode lain untuk tetap mengetahui akurasi aplikasi gawang lokasi dalam melokalisir posisi hilal. Sehingga untuk menyasati problem tersebut, waktu pelaksanaan uji akurasi yang semula dilakukan ketika fase *new moon*, diganti menjadi fase lain, ketika Bulan memiliki intensitas cahaya yang lebih kuat. Perlu diketahui bahwa hilal merupakan wujud Bulan ketika dalam fase *new moon*, sehingga apabila aplikasi gawang lokasi ini mampu untuk melokalisir posisi Bulan pada fase-fase lainnya, maka bisa dipastikan bahwa aplikasi tersebut akan mampu juga untuk melokalisir posisi hilal. Tujuan uji akurasi dilakukan pada saat Bulan memiliki intensitas cahaya yang kuat adalah supaya citra Bulan mampu ditangkap dengan jelas oleh kamera ponsel. Indikator untuk mengkonformasi akurasi aplikasi gawang lokasi, dalam melokalisir posisi hilal adalah, ketika arah yang diberikan oleh objek penanda mampu menunjukkan posisi Bulan dengan tepat. Berikut ini adalah hasil uji akurasi tersebut:

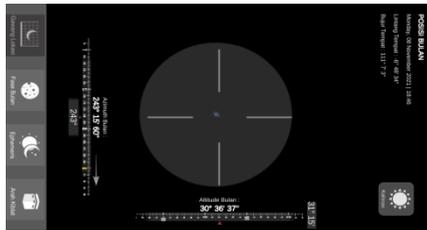
- a. Uji akurasi pertama dilakukan pada tanggal 8 November 2021. Data titik koordinat tempat tersebut adalah $6^{\circ}48'34''$ lintang selatan dan $111^{\circ}7'3''$ bujur

timur. Waktu pelaksanaannya dilakukan pada pukul 18:46 WIB. Data astronomis hilal yang dihasilkan oleh aplikasi mobile gawang lokasi adalah sebagai berikut :

Data Bulan	Aplikasi Gawang Lokasi
<i>altitude</i>	30°36'37"
<i>azimuth</i>	243°15'60"
<i>illumination</i>	18.24%

Tabel 4.8 *Data astronomis Bulan pada uji akurasi pertama*

Pada praktik uji akurasi yang pertama ini, aplikasi gawang lokasi berhasil melokalisir posisi Bulan dengan tepat. Pada saat itu Bulan berada pada fase Waxing Crescent serta memiliki nilai illumination sebesar 18,24%. Cahaya yang dipantulkan oleh Bulan tersebut berhasil tertangkap oleh kamera ponsel meskipun tidak terlalu terang.



Gambar 4.16 *Hasil Uji akurasi pertama*

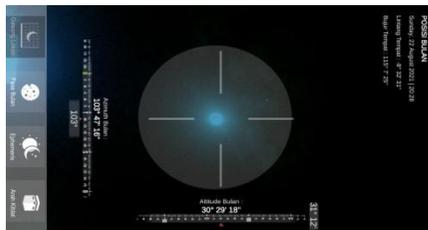
- b. Uji akurasi kedua dilakukan pada tanggal 22 Agustus 2021. Data titik koordinat tempat tersebut adalah 8°32'31" lintang selatan dan 115°7'25" bujur timur. Waktu pelaksanaannya dilakukan pada jam

20:28. Data astronomis hilal yang dihasilkan oleh aplikasi mobile gawang lokasi adalah:

Data Bulan	Aplikasi Gawang Lokasi
Altitude	30°29'18"
Azimuth	103°47'16"
ilumination	99,71%

Tabel 4.9 *Data astronomis Bulan pada uji akurasi kedua*

Pada praktik uji akurasi yang kedua kali ini, aplikasi gawang lokasi berhasil melokalisir posisi Bulan dengan tepat. Pada saat itu Bulan berada pada fase *full moon* serta memiliki nilai illumination sebesar 99,71%, sehingga cahaya yang dipantulkan oleh Bulan tersebut dapat tertangkap oleh kamera ponsel dengan jelas.



Gambar 4.17 *Hasil Uji akurasi kedua*

- c. Uji akurasi ketiga dilakukan pada tanggal 23 Agustus 2021. Data titik koordinat tempat tersebut adalah 6°44'17" lintang selatan dan 111°2'5" bujur timur. Waktu pelaksanaannya dilakukan pada pukul 19:04 WIB. Data astronomis hilal yang dihasilkan

oleh aplikasi mobile gawang lokasi adalah sebagai berikut :

Data Bulan	Aplikasi Gawang Lokasi
<i>altitude</i>	8°46'23"
<i>azimuth</i>	100°22'40"
<i>illumination</i>	97,99%

Tabel 4.8 *Data astronomis Bulan pada uji akurasi ketiga*

Pada praktik uji akurasi yang ketiga kali ini, aplikasi gawang lokasi berhasil melokalisir posisi Bulan dengan tepat. Pada saat itu Bulan berada pada fase *full moon* serta memiliki nilai illumination sebesar 97,99%, sehingga cahaya yang dipantulkan oleh Bulan tersebut dapat tertangkap oleh kamera ponsel dengan cukup jelas.



Gambar 4.18 *Hasil Uji akurasi ketiga*

Keseluruhan hasil dari tiga kali uji akurasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa aplikasi gawang lokasi mampu melokalisir posisi Bulan dengan cukup akurat. Terbukti dalam uji akurasi yang dilakukan pada waktu dan lokasi yang berbeda, arah yang ditunjukkan oleh objek penanda dari aplikasi tersebut merupakan posisi Bulan yang

sesungguhnya. Tetapi perlu diperhatikan bahwa posisi Bulan seperti yang terlihat dalam ketiga gambar hasil uji akurasi tersebut, tidak berada tepat di tengah dari objek penanda. Hal tersebut bisa disebabkan oleh beberapa faktor seperti: data titik koordinat tempat yang didapatkan oleh layanan GPS android memiliki akurasi yang rendah, terdapat daya medan magnet yang cukup kuat sehingga mampu mempengaruhi sensor kompas android dalam menentukan posisi utara, dan kedudukan ponsel yang tidak stabil (gerak-gerak) sehingga dapat mempengaruhi sistem kerja dari sensor *gyroscope*.

C. Tinjauan Fikih Hisab Rukyat Terhadap Penggunaan Aplikasi ini

Rukyat hilal yang pertama kali dilakukan pada masa Nabi Muhammad SAW adalah dengan cara melihat wujud hilal secara langsung menggunakan mata telanjang tanpa memakai alat bantu. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, muncullah beberapa alat bantu yang memudahkan perukyat dalam rukyat hilal. Pada awal perkembangannya, alat bantu rukyat hanya sebatas alat ukur sederhana untuk memperkirakan posisi hilal. Kemudian, alat bantu rukyat terus mengalami perkembangan sehingga menghasilkan beberapa alat bantu rukyat yang canggih seperti binokuler, theodolite, teleskop, dan *image processing*. Alat-alat tersebut bukan hanya sebagai alat ukur, tetapi mampu untuk mendeteksi posisi

hilal dengan ketelitian tingkat tinggi serta mampu memperjelas wujud hilal.

Meskipun penggunaan alat bantu rukyat hilal memiliki manfaat yang cukup besar, tetapi menurut beberapa ulama keabsahan mengenai penggunaan alat bantu rukyat tersebut masih diperdebatkan. Salah satu ulama yang menyatakan bahwa, rukyat hilal tidak boleh memakai alat bantu apapun adalah Ibnu Hajar al-Haitami. Rukyat hilal yang sah menurut beliau adalah melihat hilal langsung dengan menggunakan mata telanjang. Ibnu Hajar menyatakan bahwa pendapat tersebut merupakan sebuah kehati-hatian dan dikhawatirkan ketika melihat hilal melalui kaca atau melalui perantara lain yang dilihat bukanlah wujud hilal itu sendiri.¹³⁹

as Syarwani berpendapat bahwa, praktik rukyat hilal yang tanpa memakai alat bantu lebih diutamakan. Tetapi, ia juga memperbolehkan penggunaan alat bantu rukyat dengan batasan hanya sebagai alat bantu untuk memperbesar atau mendekatkan objek hilal. Senada dengan pendapat as Syarwani, al-Muti'i juga memperbolehkan penggunaan alat bantu rukyat seperti teleskop. Karena sejatinya penggunaan alat bantu dalam rukyat hilal sama halnya dengan penggunaan kaca mata ketika membaca buku.¹⁴⁰

¹³⁹ Riza Afrian Mustaqim, "Pandangan Ulama Terhadap Image Processing Pada Astrofotografi BMKG untuk Rukyat Hilal", al-Marshad: jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-ilmu Berkaitan, Juni 2018, 107

¹⁴⁰ Sakirman, "Respons Fikih terhadap Perkembangan Teknologi Rukyat", Al-Manahij: Jurnal Kajian Hukum Islam, Vol. 14 No.1 Juni 2020, 70.

Alat bantu rukyat hilal yang boleh digunakan menurut pendapat Ahmad Ghozali Masruri salah seorang tokoh ilmu falak dari Nahdatul Ulama (NU) adalah alat bantu rukyat hilal yang memiliki fungsi untuk memperjelas objek yang dituju (hilal).¹⁴¹ Menurut Ahmad Rofiq salah seorang ulama NU praktik rukyat hilal merupakan realisasi dari perintah untuk melihat hilal dalam al-Quran dan hadis. Untuk memudahkan perukyat dalam melihat hilal yang sangat sulit untuk diamati, maka digunakanlah teropong atau teknologi lain untuk mengurangi halangan atau kesulitannya. Posisi alat bantu di sini adalah untuk membantu meyakinkan perukyat bahwa objek yang dilihat adalah hilal yang sesungguhnya. Pendapat senada juga dikemukakan oleh salah seorang ulama Muhammadiyah yaitu Al Yasa Abubakar, beliau berpendapat bahwa penggunaan alat bantu atau teknologi dalam rukyat berguna untuk mempermudah dalam melihat hilal, tetapi dalam praktiknya harus tetap dengan kehati-hatian.¹⁴²

Aplikasi mobile gawang lokasi ini dapat dikategorikan sebagai alat bantu dalam rukyat hilal. Sistem kerja dari aplikasi ini adalah mencari dimana posisi hilal berada dengan bantuan kamera belakang ponsel sebagai pembidik hilal dan sensor gyroscope sebagai acuan dalam mencari posisi hilal. Adapun

¹⁴¹ A. Ghazalie Masroeri, *Pedoman Rukyat dan Hisab Nadhlatul Ulama*, (Jakarta: LFPBNU, 2006), 27.

¹⁴² Riza Afrian Mustaqim, "Pandangan Ulama Terhadap Image Processing Pada Astrofotografi BMKG untuk Rukyat Hilal", ...2018, 98-99.

fungsi lain dari aplikasi gawang lokasi ini adalah, dapat melakukan perhitungan data-data astronomis Bulan dan Matahari, yang berguna untuk rukyat hilal. Data-data tersebut dihitung secara otomatis sesuai dengan titik koordinat tempat yang diinputkan.

Hasil pengujian aplikasi menunjukkan bahwa, fungsi dari aplikasi gawang lokasi hanya sebatas melokalisir posisi hilal atau Bulan. Hal tersebut tentu berbeda dengan teleskop, yang mampu mendeteksi posisi hilal secara otomatis sekaligus dapat memperbesar dan memperjelas objek yang diamati. Keberhasilan aplikasi gawang lokasi untuk mendapatkan gambar visual hilal, sangat tergantung dari kemampuan kamera belakang yang dimiliki ponsel.

Berdasarkan uraian diatas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan aplikasi gawang lokasi untuk rukyat hilal tidak melanggar batasan-batasan alat bantu rukyat hilal yang diperbolehkan oleh para ulama. Hal tersebut dikarenakan, fungsi utama dari aplikasi ini hanya sebagai petunjuk arah yang membantu perukyat dalam memfokuskan arah pandangannya ke posisi hilal berada.

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

1. Aplikasi gawang lokasi ini dirancang untuk dapat melokalisir posisi hilal atau Bulan. Terdapat dua tahapan yang dilewati saat proses perancangan aplikasi ini. Tahap pertama adalah perancangan tampilan aplikasi (*user interface*). Dalam aplikasi ini terdapat enam halaman yang memiliki tampilan yang berbeda-beda. Keenam halaman terdiri dari: halaman utama, halaman GPS, halaman input koordinat, halaman gawang lokasi, halaman fase bulan, dan halaman data ephemeris. Tahap yang kedua adalah proses pemrograman aplikasi. Tahap ini merupakan proses implementasi rancangan algoritme sistem aplikasi kedalam sebuah program android. Seluruh aktivitas yang dapat dilakukan oleh aplikasi seperti: input data, proses perhitungan, atau menampilkan hasil perhitungan, akan ditulis dalam sebuah kode program. Tujuan dari penulisan kode program tersebut adalah supaya seluruh perintah aplikasi untuk memproses data bisa dimengerti oleh sistem operasi android. Kode program yang ditulis dalam aplikasi ini menggunakan bahasa C# (*shrap*).
2. Pengujian aplikasi memiliki peran penting dalam proses pengembangan aplikasi, karena dengan melewati tahap ini diharapkan aplikasi terhindar dari *error* dan *bug*, sehingga aplikasi dapat berfungsi secara optimal. Tahap pengujian aplikasi dalam penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu uji

fungsionalitas dan uji akurasi. Hasil dari uji fungsionalitas tersebut dapat disimpulkan bahwa aplikasi gawang lokasi ini mampu beroperasi dan berfungsi secara optimal di berbagai macam tipe ponsel android dengan spesifikasi yang berbeda. Berdasarkan hasil uji akurasi, dapat disimpulkan bahwa aplikasi gawang lokasi mampu melokalisir posisi Bulan dengan cukup akurat. Terbukti dalam uji akurasi yang dilakukan pada waktu dan lokasi yang berbeda, arah yang ditunjukkan oleh objek penanda dari aplikasi ini adalah posisi Bulan yang sesungguhnya. Adapun hasil komparasi data astronomis hilal antara aplikasi gawang lokasi dengan *software* accurate time menunjukkan selisih nilai dibawah $0^{\circ}15'0''$.

3. Rukyat hilal yang diperbolehkan oleh Ibnu Hajar adalah dengan menggunakan mata secara langsung tanpa alat bantu. Pendapat lain dari as-Syarwani dan al Muti'i memperbolehkan rukyat hilal menggunakan alat batu dengan batasan hanya untuk membantu memperbesar dan mendekatkan objek hilal. Aplikasi mobile gawang lokasi ini dapat dikategorikan sebagai alat bantu dalam rukyat hilal. Penggunaan aplikasi gawang lokasi untuk rukyat hilal tidak melanggar batasan-batasan alat bantu rukyat hilal yang diperbolehkan oleh para ulama. Hal tersebut dikarenakan, fungsi utama dari aplikasi ini hanya sebagai petunjuk arah yang membantu perukyat dalam memfokuskan arah pandangannya ke posisi hilal berada.

B. Saran

1. Aplikasi gawang lokasi ini diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif alat bantu rukyat hilal yang praktis dan mudah digunakan oleh para pegiat falak maupun oleh masyarakat awam sekalipun.
2. Diperlukan lensa tambahan untuk membantu kinerja dari kamera belakang ponsel, agar dapat menangkap citra hilal atau Bulan dengan lebih jelas.
3. Diharapkan aplikasi gawang lokasi dapat dikembangkan menjadi aplikasi yang mampu dioperasikan pada *platform* lain seperti IOS dan Tizen.

C. Deklarasi Penamaan Aplikasi

Nama yang digunakan untuk penyebutan aplikasi ini adalah “Mobile Gawang Lokasi”. Nama tersebut digunakan karena ide awal perancangan aplikasi ini bermula dari alat bantu rukyat klasik yaitu gawang lokasi. Tujuan dari perancangan aplikasi ini adalah untuk menciptakan alat bantu rukyat alternatif yang memiliki sistem kerja dan fungsi serupa dengan gawang lokasi dan juga memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Unsur nama gawang lokasi, yang terdapat dalam penyebutan nama aplikasi ini bermaksud supaya perangkat rukyat klasik gawang lokasi ini tetap terus aksis serta dapat dikenal oleh masyarakat luas.

DAFTAR PUSTAKA

Jurnal

- Akbar, Reza, *Perhitungan Data Ephemeris Koordinat Matahari Menggunakan Algoritma Jean Meeus Higher Accuracy dan Keterkaitannya dengan Pengembangan Ilmu Falak*, Jurnal Ilmiah ISLAM FUTURA, Vol.16, No. 2, (2018)
- Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, “Astronomi Islam Era Dinasti Mamalik (1250-1517): Sejarah, Karakter & Sumbangan”, Jurnal Vol.7 No.1 (Juni 2011).
- Azhari, Susiknan, “Perkembangan Kajian Astronomi Islam di Alam Melayu”, Jurnal Fiqh, No. 7 (2010).
- Chapront-Touze, M. and Chapront, J., "The lunar ephemeris ELP 2000", *Astronomy and Astrophysics*, vol. 190, no. 1-2, Jan. 1988
- _____, "ELP200-85: a Semi-analytical lunar ephemeris adequate for historical times", *Astronomy and Astrophysics*, vol. 190, (1988).
- _____, "Planetary Perturbations of the Moon in ELP 2000", *Celestial Mechanics*, vol. 26, (1982), 85.
- Daiarizkita, Yohanes, “Analisa Perbandingan Metode Marker based dan Markless Augmented reality pada Bangun Ruang”, Jurnal SimanteC vol.6, No. 3 Juni 2018.
- Daiarizkita, Yohanes, “Analisa Perbandingan Metode Marker Based dan Markless Augmented Reality pada Bangun Ruang”, Jurnal SimanteC vol.6, No. (2018).
- Giuseppe Iurato, *On the historical evolution of gyroscopic instrumentation: a very brief account*, [https://hal .archives-ouvertes.fr/hal-01136829](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01136829), 2015.
- Hidayat, Ehsan, “Sejarah Perkembangan Hisab dan Rukyat”, *El-Falaky : Jurnal Ilmu Falak*, Vol. 3, No. 1 tahun (2019).

- Hidayatullah, Abdul Hadi, "Uji Akurasi Tiang Rukyah Koordinat dalam Pelaksanaan Rukyat Hilal Awal Bulan Kamariah", Skripsi: Jurusan Ilmu Falak Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo, (2015).
- Hidayatno, Achmad, "Rancang Bangun Inertial Measurement Unit Sebagai Sistem Monitoring Kendaraan Bergerak Berbasis Sensor Accelerometer dan Gyroscope", Jurnal Rekayasa Elekrika Vol. 9, No. 4, Oktober 2011.
- Izzuddin, Ahmad, "Dinamika Hisab Rukyat di Indonesia", ISTINBATH : Jurnal Hukum, Vol. 12 No. 2, November 2015.
- Jia Zhang "The Development and Evaluation of an Augmented reality-Based Armillary Sphere for Astronomical Observation Instruction", an International Jurnal Computers and Education, 2014
- Jung-Chuan Yen, "Augmented reality in the higher education: Students' science concept learning and academic achievement in astronomy", Social and Behavioral Sciences 103, 2013
- Junaidi, Ahmad, *Memadukan Rukyat Hilal dengan Perkembangan sains*, Jurnal MADANIA Vol. 22 No.1, (2018).
- Ljiljana Veljović, *History and Present of Gyroscope Models and Vector Rotators*, Journal: Scientific Technical Review, Vol.60, No. 3.
- Mahsun, "Rekontruksi Hukum Islam Melalui Integrasi Metode Klasik dengan Metode Saintifik Modern", Jurnal Al-Ahkam, 25. No 1 2015
- Mayagoitia, dkk. "Accelerometer and Rate Gyroscope Measurement of Kinematics: an Inexpensive Alternative to Optical Motion Analysis Systems." Journal of biomechanics 35.4 2002.
- Mokh. Sholihul Hadi, dkk, "Sistem Stabilisator Kamera menggunakan Sensor Gyroscope dan Kontroler PID", TEKNO : Jurnal Teknologi, Elektro, dan Kejuruan, Vol 29, 2019.

- Mustaqim, Riza Afrian. "TRANSFORMATION OF RUKYATUL HILAL METHOD (Postmodernism Analysis of Hilal Image Processing)." *Al-Hilal: Journal of Islamic Astronomy* 1, no. 1 (2020).
- Mulyadi, Achmad. "The Science of Falak on Virtual Reality", *Al-Hilal: Journal of Islamic Astronomy*, Vol. 2, No. 1, tahun (2020).
- Nugroho, Rizal Kusumajati, "Implementation Markerless Augmented reality Using Android Sensors For Identification of Buildings in Sebelas Maret University", *Jurnal ITSMART*, Vol 5. No 1. Juni 2016
- Ni'mah, Khoirotnun, *Analisis Tingkat Keberhasilan Rukyat di Pantai Tanjung Kodok Lamongan dan Bukit Condroidipo Gresik Tahun 2008-2011*, Skripsi : IAIN Walisongo; (2012)
- P. Bretagnon dan G. Francou, *Planetary Theories in Rectangular and Spherical Variables VSOP87 solutions*, *Journal Astronomy and Astrophysics*, (1988)
- Sakirman, "Spirit Budaya Islam Nusantara dalam Konstruks Rubu' Mujayyab", *Endogami : Jurnal Ilmiah Kajian Antropologi*, No. 1 Vol. 2 (2018)
- Sakirman, *Respons Fikih terhadap Perkembangan Teknologi Rukyat*, *Al-Manahij: Jurnal Kajian Hukum Islam*, Vol. 14 No.1 Juni (2020)
- Sakirman, *Respons Fikih terhadap Perkembangan Teknologi Rukyat*, *Al-Manahij: Jurnal Kajian Hukum Islam*, Vol. 14 No.1 (Juni 2020).
- Vittorio M. N. Passaro, *Gyroscope Technology and Applications: A Review in the Industrial Perspective*, *Journal: Sensors*, Vol. 17, (2017).
- Wardani, Restu Trisna, "A Relevance Between Matla' Wilayahul Hukmi Towards The Implementation Result of Rukyatul Hilal and

Wujudul Hilal”, *Al-Hilal: Journal of Islamic Astronomy*, Vol.2,
No. 1, 2020

Buku

Ahmed El-Rabbany, *Introduction to GPS*, Artech House: Boston
London, 2002

Anugraha, Rinto, *Mekanika Benda Langit*, Yogyakarta: Jurusan Fisika
MIPA Universitas Gajah Mada, 2012

Abû al-Qâsim Ismâ'îl bin 'Ubbâd bin al-'Abbâs bin Ahmad bin Idrîs al-
Tâliqânî, *al-Muhîth fî al-Lughah*, Beirut: 'Alim al-Kutub, 1994

Admiranto, Agustinus Gunawan, *Menjelajahi Bintang Galaksi dan
Alam Semesta*, Yogyakarta: Kanisius, 2009

Arkanudidn, Mutoha, *Materi Dasar Pendidikan Falakiyah: Rukyatul
Hilal*, Jakarta: Islamic Center, 2019.

Azhari, Susiknan, *Ensiklopedi Hisab Dan Rukyat*. Yogyakarta: Pustaka
Pelajar, 2008.

_____, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta: Pustaka
Pelajar, 2005.

_____, *Ilmu Falak; Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains
Modern*, Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2007.

Bancila, Maruis, *Learn C# Programming*, Packt Publishing Ltd:
Birmingham, 2020.

Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, *Kamus Besar Bahasa
Indonesia*, ed. Jakarta: Balai Pustaka, 1989.

Ditjen Bimas Islam dan Penyelenggaraan Haji, *Selayang Pandang
Hisab Rukyat*, Jakarta : KEMENAG, 2004.

- As'ad Yasin et, *Terjemah Tafsir Fi Zhilal alQur'an*, Jakarta: Gema Insani, 2006.
- Fraden, Jacob, *Handbook of Modern Sensors Physics, Designs, and Applications*, (Springer: New York, 2010).
- Ibrahim, Abi Ishak bin Ali Asy-Syairazi, *Al-Muhadzab fi Fiqh al-Imam asy-Syafi'i*, Beirut: Dar Al-fikr, 1994
- Imam An-Nawawi, *Syarah Shahih Muslim*, Jakarta: Darus Sunnah Press, 2012.
- Izzuddin, Ahmad, *Fiqh Hisab Rukyah, Menyatukan NU dan Muhammadiyah dalam Penetapan Awal Ramadhan, Idul Fitri, dan Idul Adha*, Jakarta: Erlangga, 2007.
- _____, *Fiqh Hisab Rukyat*, Jakarta: Penerbit Erlangga, 2007
- James E. Morrison, *The Astrolabe*, DE USA : Janus Rehoboth Beach, 2007.
- Jamro, Marcin, *C# Data Structures and Algorithms*, Packt Publishing Ltd: Birmingham, 2018
- Julian W. Gardner, *Microsensors: Principles and Applications*, UK: John Wiley, 1994.
- Kerrod, Robbin, *Bengkel Ilmu Astronomi*, terj. Syamaun Peusangan, Jakarta: Penerbit Erlangga, 2005.
- Khalifah, Hajji, *Kasyf azh-Zhunûn 'an Asâmy al-Kutub wa al-Funûn*, Juz 1, (Beirut: Dâr Ihyâ' at-Turâts al-'Araby, t.t.
- Khazin, Muhyiddin, *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005.
- Khazin, Muhyidin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktek*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004), 173.

- Mahkamah Agung RI, *Almanak Hisab Rukyat*, Jakarta: Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam, 2007
- Meeus, Jean, *Astronomical Algorithm*, Virginia: William. Inc, 1991.
- Moche, Dinah L, *Astronomy a Self-Teaching Guide*, 7 ed. New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2009.
- Musonnif, Ahmad, *Ilmu Falak*, Yogyakarta : Teras, 2011.
- Patrick Moore, ed., *Philip's Astronomy Encyclopedia*, Fully rev. and expanded ed, London: Philip's, 2002.
- Pressman, Roger S., *Software Engineering a Practitioner's Approach* , Mc Graw Hill Higher Education : New York USA, 2006.
- Salam, Abdul, *Penentuan Awal Bulan Islam dalam Tradisi Fiqh Nahdlatul Ulama*, Surabaya: Pustaka Intelektual, 2009.
- Shihab, M. Quraish, *Tafsir al-Mishbah*, Juz I, Jakarta: Lentera Hati, 2004.
- Suprpto,dkk, *Bahasa Pemrograman*, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008
- Syam, Rafifuddin, *Dasar-Dasar Teknik Sensor*, (Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin:Makassar, 2013.
- T. Grandke, *Sensors a Comprehensive Survey : Fundamentals and General Aspects*, VCH Publishers Inc:New York, 1989.
- Wahbah bin Musthafâ al-Zuhaylî, *al-Tafsir al-Mun'ir fî al- 'Aqîdah wa al-Syari'ah wa al-Manhaj*, (Damaskus: Dâr al-Fikr alMu'âsir, 1418.

Website

<https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEcat5/deltatpoly.html> diakses pada 24 Februari 2021. Pukul 10.44 WIB.

https://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_motion?hl=id#java diakses pada 18 februari 2021

<https://langitselatan.com/2007/11/26/menuju-titik-api-bag-3-teleskop-reflektor/> diakses 11 Agustus 2021

<https://www.teknosid.com/info-pilihan/ternyata-begini-lho-fungsi-sensor-gyroscope-di-smartphone>, diakses pada 18 februari 2021

LAMPIRAN

1. polynomial expression for ΔT

Jika tahun (Y) \leq -500 M, maka :

$$y = \text{tahun (Y)} + (\text{bulan(M)} - 0.5)/12$$

$$u = (y-1820)/100$$

$$\Delta T = -20 + 32 * u^2$$

Jika tahun (Y) = -500 M sampai dengan 500 M, maka :

$$y = \text{tahun (Y)} + (\text{bulan(M)} - 0.5)/12$$

$$u = y/100$$

$$\Delta T = 10583.6 - 1014.41 * u + 33.78311 * u^2 - 5.952053 * u^3 - 0.1798452 * u^4 + 0.022174192 * u^5 + 0.0090316521 * u^6$$

Jika tahun (Y) = 500 M sampai dengan 1600 M, maka :

$$y = \text{tahun (Y)} + (\text{bulan(M)} - 0.5)/12$$

$$u = (y-1000)/100$$

$$\Delta T = 1574.2 - 556.01 * u + 71.23472 * u^2 + 0.319781 * u^3 - 0.8503463 * u^4 - 0.005050998 * u^5 + 0.0083572073 * u^6$$

Jika tahun (Y) = 1600 M sampai dengan 1700 M, maka :

$$y = \text{tahun (Y)} + (\text{bulan(M)} - 0.5)/12$$

$$t = y - 1600$$

$$\Delta T = 120 - 0.9808 * t - 0.01532 * t^2 + t^3 / 7129$$

Jika tahun (Y) = 1700 M sampai dengan 1800 M, maka :

$$y = \text{tahun (Y)} + (\text{bulan(M)} - 0.5)/12$$

$$t = y - 1700$$

$$\Delta T = 8.83 + 0.1603 * t - 0.0059285 * t^2 + 0.00013336 * t^3 - t^4 / 1174000$$

Jika tahun (Y) = 1800 M sampai dengan 1860 M, maka :

$$y = \text{tahun (Y)} + (\text{bulan(M)} - 0.5)/12$$

$$t = y - 1800$$

$$\Delta T = 13.72 - 0.332447 * t + 0.0068612 * t^2 + 0.0041116 * t^3 - 0.00037436 * t^4 + 0.0000121272 * t^5 - 0.0000001699 * t^6 + 0.000000000875 * t^7$$

Jika tahun (Y) = 1860 M sampai dengan 1900 M, maka :

$$y = \text{tahun (Y)} + (\text{bulan(M)} - 0.5)/12$$

$$t = y - 1860$$

$$\Delta T = 7.62 + 0.5737 * t - 0.251754 * t^2 + 0.01680668 * t^3 - 0.0004473624 * t^4 + t^5 / 233174$$

Jika tahun (Y) = 1900 M sampai dengan 1920 M, maka :

$$y = \text{tahun (Y)} + (\text{bulan(M)} - 0.5)/12$$

$$t = y - 1900$$

$$\Delta T = -2.79 + 1.494119 * t - 0.0598939 * t^2 + 0.0061966 * t^3 - 0.000197 * t^4$$

Jika tahun (Y) = 1920 M sampai dengan 1941 M, maka :

$$y = \text{tahun (Y)} + (\text{bulan(M)} - 0.5)/12$$

$$t = y - 1920$$

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

Jika tahun (Y) = 1941 M sampai dengan 1961 M, maka :

$$y = \text{tahun (Y)} + (\text{bulan(M)} - 0.5)/12$$

$$t = y - 1950$$

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

Jika tahun (Y) = 1961 M sampai dengan 1986 M, maka :

$$y = \text{tahun (y)} + (\text{bulan(M)} - 0.5)/12$$

$$t = y - 1975$$

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

Jika tahun (Y) = 1986 M sampai dengan 2005 M, maka :

$$y = \text{tahun (Y)} + (\text{bulan(M)} - 0.5)/12$$

$$t = y - 2000$$

$$\Delta T = 63.86 + 0.3345 * t - 0.060374 * t^2 + 0.0017275 * t^3 + 0.000651814 * t^4 + 0.00002373599 * t^5$$

Jika tahun (Y) = 2005 M sampai dengan 2050 M, maka :

$$y = \text{tahun (Y)} + (\text{bulan(M)} - 0.5)/12$$

$$t = y - 2000$$

$$\Delta T = 62.92 + 0.32217 * t + 0.005589 * t^2$$

Jika tahun (Y) = 2050 M sampai dengan 2150, maka :

$$y = \text{tahun (Y)} + (\text{bulan(M)} - 0.5)/12$$

$$\Delta T = -20 + 32 * ((y-1820)/100)^2 - 0.5628 * (2150 - y)$$

Jika tahun (Y) \geq 2150, maka :

$$y = \text{tahun (Y)} + (\text{bulan(M)} - 0.5)/12$$

$$u = (y-1820)/100$$

$$\Delta T = -20 + 32 * u^2$$

2. tabel koreksi $\Delta\psi$

Delta Psi (Nutasi)						
D	M	M'	F	Omega	koefisien 1	koefisien 2
0	0	0	0	1	-171996	-174.2
-2	0	0	2	2	-13187	-1.6
0	0	0	2	2	-2274	-0.2
0	0	0	0	2	2062	0.2
0	1	0	0	0	1426	-3.4
0	0	1	0	0	712	0.1
-2	1	0	2	2	-517	1.2
0	0	0	2	1	-386	-0.4
-2	-1	0	2	2	217	-0.5
-2	0	0	2	1	129	0.1
0	0	1	0	1	63	0.1
0	0	-1	0	1	-58	-0.1
0	2	0	0	0	17	-0.1
-2	2	0	2	2	-16	0.1
0	0	1	2	2	-301	0
-2	0	1	0	0	-158	0
0	0	-1	2	2	123	0
2	0	0	0	0	63	0
2	0	-1	2	2	-59	0
0	0	1	2	1	-51	0
-2	0	2	0	0	48	0
0	0	-2	2	1	46	0
2	0	0	2	2	-38	0
0	0	2	2	2	-31	0
0	0	2	0	0	29	0
-2	0	1	2	2	29	0
0	0	0	2	0	26	0
-2	0	0	2	0	-22	0
0	0	-1	2	1	21	0
2	0	-1	0	1	16	0
0	1	0	0	1	-15	0
-2	0	1	0	1	-13	0
0	-1	0	0	1	-12	0

0	0	2	-2	0	11	0
2	0	-1	2	1	-10	0
2	0	1	2	2	-8	0
0	1	0	2	2	7	0
-2	1	1	0	0	-7	0
0	-1	0	2	2	-7	0
2	0	0	2	1	-7	0
2	0	1	0	0	6	0
-2	0	2	2	2	6	0
-2	0	1	2	1	6	0
2	0	-2	0	1	-6	0
2	0	0	0	1	-6	0
0	-1	1	0	0	5	0
-2	-1	0	2	1	-5	0
-2	0	0	0	1	-5	0
0	0	2	2	1	-5	0
-2	0	2	0	1	4	0
-2	1	0	2	1	4	0
0	0	1	-2	0	4	0
-1	0	1	0	0	-4	0
-2	1	0	0	0	-4	0
1	0	0	0	0	-4	0
0	0	1	2	0	3	0
0	0	-2	2	2	-3	0
-1	-1	1	0	0	-3	0
0	1	1	0	0	-3	0
0	-1	1	2	2	-3	0
2	-1	-1	2	2	-3	0
0	0	3	2	2	-3	0
2	-1	0	2	2	-3	0

3. Tabel koreksi $\Delta \epsilon$

D	M	M'	F	Omega	koefisien 1	koefisien 2
0	0	0	0	1	92025	8.9
-2	0	0	2	2	5736	-3.1

0	0	0	2	2	977	-0.5
0	0	0	0	2	-895	0.5
0	1	0	0	0	54	-0.1
-2	1	0	2	2	224	-0.6
0	0	1	2	2	129	-0.1
-2	-1	0	2	2	-95	0.3
0	0	1	0	0	-7	0
0	0	0	2	1	200	0
-2	0	0	2	1	-70	0
0	0	-1	2	2	-53	0
0	0	1	0	1	-33	0
2	0	-1	2	2	26	0
0	0	-1	0	1	32	0
0	0	1	2	1	27	0
0	0	-2	2	1	-24	0
2	0	0	2	2	16	0
0	0	2	2	2	13	0
-2	0	1	2	2	-12	0
0	0	-1	2	1	-10	0
2	0	-1	0	1	-8	0
-2	2	0	2	2	7	0
0	1	0	0	1	9	0
-2	0	1	0	1	7	0
0	-1	0	0	1	6	0
2	0	-1	2	1	5	0
2	0	1	2	2	3	0
0	1	0	2	2	-3	0
0	-1	0	2	2	3	0
2	0	0	2	1	3	0
-2	0	2	2	2	-3	0
-2	0	1	2	1	-3	0
2	0	-2	0	1	3	0
2	0	0	0	1	3	0
-2	-1	0	2	1	3	0
-2	0	0	0	1	3	0
0	0	2	2	1	3	0

4. Tabel koreksi R (Bumi-Matahari)

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1A0qVJn387i70nUyF4IuULS6Kf1C_ZO5m0oRtBiMuZ_w/edit?usp=sharing

5. Tabel koreksi bujur ekliptika (L) Matahari

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1A0qVJn387i70nUyF4IuULS6Kf1C_ZO5m0oRtBiMuZ_w/edit?usp=sharing

6. tabel koreksi L (Bulan)

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1YAn1v5bjK4gcEnh8Wit0EDQmxnIuPzyeJH2uIKS5F5I/edit?usp=sharing>

7. tabel koreksi B

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1YAn1v5bjK4gcEnh8Wit0EDQmxnIuPzyeJH2uIKS5F5I/edit?usp=sharing>

8. tabel koreksi R (Bumi-Bulan)

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1YAn1v5bjK4gcEnh8Wit0EDQmxnIuPzyeJH2uIKS5F5I/edit?usp=sharing>

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Bahwa yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Akhmad Husein
NIM : 1902048001
Tempat / tanggal lahir : Pati, 9 Maret 1996
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Karanggayam RT.08 RW.01 Desa
Karangkonag Kecamatan Winong
Kabupaten Pati
Email : akhmadhusein910@gmail.com

Riwayat pendidikan :

1. MI Miftahul Ulum Ds. Karangkonang Winong Pati, lulus tahun 2008
2. MTS Negeri Winong Pati, lulus tahun 2011
3. MA Salafiyah Kajen Margoyoso Pati, lulus tahun 2014
4. S1 UIN Walisongo Semarang, Jurusan Ilmu Falak, Fakultas Syari'ah dan Hukum, Jl. Prof. Dr. Hamka No. 3-5, Tambakaji, Ngaliyan, Semarang, lulus tahun 2019.

Semarang, 19 Desember 2021
Hormat saya



Akhmad Husein
NIM. 1902048001

