

**PENENTUAN ARAH KIBLAT MENGGUNAKAN APLIKASI ANDROID
BERTEKNOLOGI *AUGMENTED REALITY* (PENGEMBANGAN APLIKASI *AR
QIBLA FINDER*)**

TESIS

**Diajukan untuk Memenuhi Tugas dan Melengkapi Syarat Guna Memperoleh
Gelar Magister Strata 2 (S.2) dalam Ilmu Falak**



Oleh :

Naufal Fazal Muttaqin

NIM : 1902048012

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

2023

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama Lengkap : **Naufal Fazal Muttaqin**
NIM : 1902048012
Judul Penelitian : **Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Aplikasi
Android Berteknologi Augmented Reality
(Pengembangan Aplikasi AR Qibla Finder)**
Program Studi : Ilmu Falak

menyatakan bahwa tesis yang berjudul:

**PENENTUAN ARAH KIBLAT MENGGUNAKAN APLIKASI ANDROID
BERTEKNOLOGI *AUGMENTED REALITY* (PENGEMBANGAN APLIKASI AR
QIBLA FINDER)**

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

Semarang, 31 Mei 2023

Pembuat Pernyataan,



Naufal Fazal Muttaqin

NIM: 1902048012



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

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

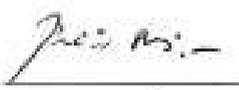
FTM-07

**PENGESAHAN PERBAIKAN
OLEH MAJELIS PENGUJI UJIAN TESIS**

Yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa telah menyetujui tesis mahasiswa :

Nama : Naufal Fazal Muttaqin
NIM : 1902048012
Judul : PENENTUAN ARAH KIBLAT MENGGUNAKAN APLIKASI ANDROID
BERTEKNOLOGI *AUGMENTED REALITY* (PENGEMBANGAN APLIKASI *AR*
QIBLA)

yang telah diujikan pada tanggal 23 Juni 2023 dan dinyatakan LULUS oleh majelis penguji :

NAMA	TANGGAL	TANDA TANGAN
<u>Prof. Dr. H. Muslich Shabir, M.A.</u> Ketua Majelis	<u>17-07-2023</u>	<u></u>
<u>Dr. M. Harun, S.Ag., M.H.</u> Sekretaris	<u>12-07-2023</u>	<u></u>
<u>Dr. H. Tolkah, M.A.</u> Penguji 1	<u>17-7-2023</u>	<u></u>
<u>Dr. H. Ali Imron, S.Ag., S.H., M.Ag.</u> Penguji 2	<u>17 Juli '23</u>	<u></u>

NOTA DINAS

Semarang, 26 Mei 2023

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Syari'an dan Hukum UIN Walisongo

Di Semarang

Assalamu 'alaikum wr.wb.

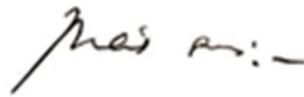
Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi terhadap tesis yang ditulis oleh:

Nama : Naufal Fazal Muttaqin
NIM : 1902048012
Program Studi : Magister Ilmu Falak
Judul : **Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Aplikasi
Android Berteknologi Augmented Reality
(Pengembangan Aplikasi AR Qibla Finder)**

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



Prof. Dr. H. Muslich Shabir, M.A.

NIP: 19560630 198103 1003

NOTA DINAS

Semarang, 1 Mei 2023

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Syari'an dan Hukum UIN Walisongo

Di Semarang

Assalamu 'alaikum wr.wb.

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

Nama : Naufal Fazal Muttaqin
NIM : 1902048012
Program Studi : Magister Ilmu Falak
Judul : **Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Aplikasi
Android Berteknologi Augmented Reality
(Pengembangan Aplikasi AR Qibla Finder)**

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. Ahmad Izzuddin, M.Ag

NIP: 19720512 199903 1003

MOTTO

وَمِنْ حَيْثُ خَرَجْتَ فَوَلِّ وَجْهَكَ شَطْرَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ ۗ وَإِنَّهُ لَلْحَقُّ مِنْ رَبِّكَ ۗ وَمَا اللَّهُ
بِغَافِلٍ عَمَّا تَعْمَلُونَ

Dan dari mana pun engkau (Nabi Muhammad) keluar, hadapkanlah wajahmu ke arah Masjidil Haram. Sesungguhnya (hal) itu benar-benar (ketentuan) yang hak (pasti, yang tidak diragukan lagi) dari Tuhanmu. Allah tidak lengah terhadap apa yang kamu kerjakan.

(Q.S. Al-Baqarah ayat 149)

PERSEMBAHAN

Tesis ini saya persembahkan untuk :

Ayah dan Ibuku tercinta

Ayah Akhmad Samiri dan Ibu Badriyah

Beliau berdua adalah orang yang selalu memberikan kasih sayang yang tidak akan bisa terbalas dengan sesuatu apapun, yang selalu menjadi *supporting system* saya dalam menyelesaikan tugas akhir dengan baik.

Saudara dan Calon Istri Terkasih

Hasna Dhiya Ulhaq, Shafa Aqila Rahma dan Deska Setya Nurromadhona

Mereka yang menjadi alasan penulis untuk senantiasa berusaha menjadi pribadi dan teladan yang lebih baik.

Para Guru Besar Penulis

Guru-guru mulya yang telah memberikan ilmunya tanpa pamrih, terutama kepada Prof. Dr. H. Muslich Shabir, M.A. , Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M. Ag dan Mahaguru Ilmu Falak.

Keluarga Besar Suchedi-Ngasiyah dan Hakimi-Fatonah

**Almamater tercinta Pascasarjana Ilmu Falak, Fakultas Syariah dan Hukum
Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.**

ABSTRAK

Judul : **Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Aplikasi Android Berteknologi *Augmented Reality* (Pengembangan Aplikasi *AR Qibla Finder*)**

Penulis : Naufal Fazal Muttaqin

NIM : 1902048012

Abstrak

Pada era digital saat ini terdapat banyak aplikasi arah kiblat yang beredar di berbagai situs dan layanan konten digital seluruh dunia. Aplikasi-aplikasi tersebut biasanya memanfaatkan kompas magnetik, *Global Positioning System* (GPS), dan teknologi lainnya dalam penentuan arah kiblat. Yang terbaru, kini banyak aplikasi yang dapat menentukan arah suatu tempat atau permainan yang memanfaatkan teknologi *Augmented Reality* yang menggabungkan benda maya dua dimensi dan ataupun tiga dimensi ke dalam sebuah lingkungan nyata tiga dimensi lalu memproyeksikan benda-benda maya tersebut dalam lingkungan nyata. Hal ini membuat penulis tertarik untuk menciptakan sebuah aplikasi android penentuan arah kiblat berteknologi *Augmented Reality* yang dipadukan dengan metode-metode penentuan arah kiblat di Indonesia.

Merujuk pada latar belakang diatas, maka penulis kemudian merumuskan beberapa masalah. Pertama, bagaimana algoritma penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi *Augmented Reality* pada aplikasi *AR Qibla Finder*. Kedua, bagaimana akurasi penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi *Augmented Reality* pada aplikasi *AR Qibla Finder*.

Jenis penelitian yang penulis ambil adalah penelitian pengembangan atau *Research and Development*, dengan model digitalisasi ilmu falak. Yakni menciptakan aplikasi android penentuan arah kiblat berteknologi *Augmented Reality* bernama *AR Qibla Finder*. Hasil penelitian ini adalah metode perhitungan yang digunakan aplikasi *AR Qibla Finder* adalah rumus *Vincenty* yang perhitungannya cukup akurat (selisih 7 menit dengan perhitungan arah kiblat *Istiwa 'aini*) karena rumus *Vincenty* memiliki akurasi tinggi dalam menentukan arah kiblat berdasarkan bentuk bumi yang *ellipsoid*. Kemudian, penentuan arah kiblat menggunakan fitur *3D Qibla* yang berteknologi *augmented reality* dikategorikan cukup akurat menurut tingkat keakuratan Slamet Hambali serta masih dalam batas toleransi menurut tingkat keakuratan Thomas Djamaluddin. Tingkat akurasi arah kiblat aplikasi *AR Qibla Finder* ini berselisih 0° hingga 1° dari arah kiblat hasil pengukuran *Isiwa'aini Rashdul Qiblah*.

Kata Kunci: **Arah Kiblat, *Augmented Reality*, *AR Qibla Finder*, *Vincenty***

ABSTRAK

Title : **Determination of Qibla Direction Using Android Application with Augmented Reality Technology (Development of AR Qibla Finder Application)**

Author : Naufal Fazal Muttaqin

NIM : 1902048012

Abstract

In the current digital era, there are many Qibla direction applications circulating on various sites and digital content services throughout the world. These applications usually utilize a magnetic compass, Global Positioning System (GPS), and other technologies in determining Qibla direction. Most recently, there are now many applications that can determine the direction of a place or a game that utilizes Augmented Reality technology that combines two-dimensional and or three-dimensional virtual objects into a three-dimensional real environment and then projects these virtual objects in a real environment. This made the writer interested in creating an android application for determining Qibla direction using Augmented Reality technology combined with methods for determining Qibla direction in Indonesia.

Referring to the background above, the writer then formulates several problems. First, how is the Qibla direction determination algorithm using an android application with Augmented Reality technology in the AR Qibla Finder application. Second, how is the accuracy of determining the Qibla direction using an android application with Augmented Reality technology in the AR Qibla Finder application.

The type of research that the authors take is research development or Research and Development, with the digitalization model of astronomy. Namely creating an android application for determining Qibla direction with Augmented Reality technology called AR Qibla Finder. The results of this study are that the calculation method used by the AR Qibla Finder application is the Vincenty formula, which is quite accurate in its calculations (7 minutes difference from the calculation of the Istiwa'aini Qibla direction) because the Vincenty formula has high accuracy in determining the Qibla direction based on the ellipsoid shape of the earth. Then, determining the Qibla direction using the 3D Qibla feature with augmented reality technology is categorized as quite accurate according to the level of accuracy of Slamet Hambali and still within tolerance limits according to the level of accuracy of Thomas Djamaluddin. The accuracy of the Qibla direction of the AR Qibla Finder application differs from 0o to 1o from the Qibla direction measured by Istiwa'aini and Rashdul Qiblah.

Keywords: Qibla Direction, Augmented Reality, AR Qibla Finder, Vincenty

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	Ḥ
7	خ	Kh
8	د	D
9	ذ	ḏ
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	ʿ
19	غ	Ġ
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 سئِلَ su'ila
 ... = u يَذْهَبُ yazhabu

3. Vokal Panjang

... = ā قَالَ qāla
 ... = ī قِيلَ qīla
 ... = ū يَقُولُ yaqūlu

4. Diftong

أَيُّ = ai كَيْفَ kaifa

Catatan:

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

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul **Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Aplikasi Android Berteknologi *Augmented Reality* (Pengembangan Aplikasi *AR Qibla Finder*)** dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa penulis sanjungkan kepada baginda Rasulullah SAW beserta keluarga, sahabat-sahabat dan para pengikutnya yang telah membawa cahaya Islam dan masih berkembang hingga saat ini.

Penulis menyadari bahwa terselesainya tesis ini bukan hasil dari jerih payah penulis sendiri, melainkan terdapat usaha dan bantuan baik berupa moral maupun spiritual dari berbagai pihak kepada penulis. Oleh karena itu, penulis hendak sampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu, ayah, adik, serta keluarga yang senantiasa memanjatkan doa, memberi perhatian, dukungan dan kasih sayang yang tidak dapat di balas dengan apapun.
2. Prof. Dr. H. Muslich Shabir, M.A selaku Dosen Pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan tesis ini, sehingga dapat selesai dengan baik.
3. Dr. H. Ahmad Izzuddin M.Ag selaku Dosen Pembimbing II yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan tesis ini, sehingga dapat selesai dengan baik.
4. Drs. H. Slamet Hambali, M.SI. & Samer Joudi yang telah meluangkan waktu untuk memberi informasi dan membantu penelitian penulis.
5. Teman-teman Pascasarjana Ilmu Falak Angkatan 2019 yang telah membantu dalam proses penelitian penulis.

Dalam tesis berjudul **Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Aplikasi Android Berteknologi *Augmented Reality* (Pengembangan Aplikasi *AR Qibla Finder*)** ini. Namun, tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis mengharap saran dan kritik konstruktif dari pembaca demi kesempurnaan tulisan ini.

Akhir kata dari penulis, semoga tulisan ini bermanfaat bagi penulis dan masyarakat luas.

Semarang, 31 Mei 2023

Penulis

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Naufal', written in a cursive style.

Naufal Fazal Muttaqin

NIM : 1902048012

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	iv
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
ABSTRAK	viii
PEDOMAN TRANSLITERASI	x
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	7
C. Tujuan Penelitian	7
D. Manfaat Penelitian	7

E. Telaah Pustaka	8
F. Kerangka Teori	11
G. Metodologi Penelitian	13
H. Sistematika penelitian	16

BAB II TINJAUAN UMUM ARAH KIBLAT

A. Pengertian Arah Kiblat.....	18
B. Dasar Hukum Menghadap Kiblat.....	19
1. Dasar Hukum Dari al-Qur'an.....	19
2. Dasar Hukum Dari al-Hadits.....	24
3. Pendapat Para Ulama	25
C. Sejarah dan Perpindahan Kiblat.....	27
D. Macam-macam Metode Penentuan Arah Kiblat.....	30
E. Perhitungan Arah Kiblat dan Akurasinya.....	42
1. Perhitungan Arah Kiblat.....	42
2. Akurasi Arah Kiblat	43

BAB III PENENTUAN ARAH KIBLAT MENGGUNAKAN APLIKASI ANDROID BERTEKNOLOGI AUGMENTED REALITY

A. Aplikasi Android Berteknologi <i>Augmented Reality</i>	46
1. Android.....	46
2. <i>Augmented Reality</i>	50
B. Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Aplikasi Android Berteknologi Augemneted Reality pada Aplikasi AR Qibla Finder	56

1.	Aplikasi AR Qibla Finder	59
2.	Arah Kiblat Aplikasi AR Qibla Finder.....	62
BAB IV	UJI AKURASI PENENTUAN ARAH KIBLAT MENGUNAKAN APLIKASI ANDROID BERTEKNOLOGI AUGMENTED REALITY	
A.	Analisis Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Aplikasi Android Berteknologi <i>Augmented Reality</i> Pada Aplikasi AR Qibla Finder.....	66
B.	Uji Akruasi Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Aplikasi Android Berteknologi Augmented Reality Pada Aplikasi AR Qibla Finder	68
BAB V	PENUTUP	
A.	Kesimpulan	92
B.	Saran	92
C.	Kata Penutup.....	93

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN-LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 3.1 Android
- Gambar 3.2 *Augmented Reality* (Realitas Tertambah)
- Gambar 3.3 Konsep *Kontinuum Virtualitas*
- Gambar 3.4 *Marker Based Augmented Reality*
- Gambar 3.5 *Markerless Based Augmented Reality*
- Gambar 3.6 *GPS Based Tracking*
- Gambar 3.7 Prinsip kerja *Augmented Reality*
- Gambar 3.8 Aplikasi *AR Qibla Finder*
- Gambar 3.9 Fitur Waktu Shalat Pada Aplikasi *AR Qibla Finder*
- Gambar 3.10 Fitur Arah Kiblat Pada *AR Qibla Finder*
- Gambar 3.11 Fitur Visibilitas Hilal Pada *AR Qibla Finder*

DAFTAR TABEL

- Tabel 4.1 Spesifikasi *Smartphone* Poco X3 NFC
- Tabel 4.2 Hasil Uji Akurasi Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Aplikasi Android Berteknologi *Augmented Reality* pada Aplikasi AR Qibla Finder

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Menghadap kiblat adalah sebuah kewajiban yang harus dipatuhi, terutama ketika menjalankan ibadah shalat, baik itu shalat wajib maupun shalat sunah.¹ Kakbah, sebagai monumen suci bagi umat Muslim, berfungsi sebagai acuan untuk menentukan arah kiblat saat melaksanakan ibadah shalat.² Kewajiban ini secara tersirat dijelaskan dalam ayat 149 dari Surat Al-Baqarah (QS. Al-Baqarah [2]) dalam Al-Quran yang merupakan firman Allah.

Pada awalnya, penentuan arah kiblat dilakukan dengan mengandalkan pengamatan visual terhadap matahari, bintang, dan orientasi geografis. Misalnya, metode yang paling umum digunakan adalah dengan menggunakan alat bantu seperti kompas atau astrolabium. Namun, metode ini memiliki keterbatasan karena hasilnya dapat dipengaruhi oleh faktor cuaca, kesalahan manusia, dan kurangnya akurasi instrumen. Namun, di era teknologi modern, arah kiblat dapat ditentukan dari setiap titik atau tempat di permukaan Bumi dengan melakukan perhitungan dan pengukuran menggunakan berbagai macam alat dan metode penentuan arah kiblat. Oleh karena itu, perhitungan arah kiblat pada dasarnya ialah perhitungan untuk mengetahui ke arah mana kakbah di Makkah itu dilihat dari suatu tempat di permukaan Bumi.

Terdapat kesepakatan di antara umat Islam bahwa menghadap kiblat adalah persyaratan penting dalam menjalankan shalat, sejalan dengan landasan hukum yang terdapat dalam dalil-dalil syar'i yang ada.³ Instruksi untuk menghadap ke arah Masjidil Haram juga diulangi dalam ayat berikutnya, yaitu ayat 150 dari Surat Al-Baqarah [2]. Ayat ini menjelaskan bahwa perintah tersebut berlaku secara universal bagi semua umat, dalam setiap zaman dan tempat, agar tidak ada lagi alasan bagi ahli kitab, kaum musyrikin, dan munafikin untuk menentang Nabi

¹ Ma'rufin Sudibyo, *Sang Nabi pun Berputar (Arah Kiblat dan Tata Cara Pengukurannya)*, (Solo: Tinta Medina, 2011), hlm. 92.

² Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1: Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat Seluruh Dunia*, (Semarang : Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo, 2011), hlm. 151.

³ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pusaka, 2004), hlm. 47.

Muhammad dalam konteks perubahan arah kiblat.⁴

Pada awal perkembangan Islam, penentuan arah kiblat tidak menimbulkan banyak masalah yang signifikan. Hal ini karena Rasulullah saw. sendiri memberikan penjelasan dan menunjukkan arah kiblat kepada para sahabat. Namun, setelah wafatnya Rasulullah saw., muncul berbagai masalah terkait arah kiblat. Salah satu permasalahan yang menjadi sumber problematika adalah apakah menghadap kiblat harus tepat secara akurat atau cukup menghadap ke arah umumnya, atau apakah diperlukan usaha maksimal untuk menghadap secara tepat ke arah kiblat dengan bantuan berbagai alat dan teknologi? Permasalahan ini merupakan salah satu dari berbagai masalah yang muncul terkait arah kiblat, terutama dalam konteks fikih. Perhitungan dan pengukuran arah kiblat tidak hanya cukup dalam disiplin ilmu fikih, tetapi juga memerlukan pengetahuan yang luas, sehingga umat Muslim semakin yakin dalam menjalankan ibadah mereka.

Bagi mereka yang dapat melihat Kakbah, diwajibkan untuk menghadap langsung ke bangunan Kakbah (*'ainul Kakbah*). Namun, ketika seseorang berada jauh dari wilayah Masjidil Haram bahkan jauh dari Arab, terdapat perbedaan pendapat di kalangan para ulama. Beberapa mengizinkan untuk menghadap ke arah umum Kakbah (*jihatul Kakbah*), sedangkan pendapat yang lain mempertegas kewajiban untuk menghadap langsung ke bangunan Kakbah (*'ainul Kakbah*).

Dalam hal penentuan arah kiblat, terdapat hubungan saling mendukung antara ilmu fikih dan sains. Ilmu fikih berfungsi sebagai dasar hukum, sedangkan sains berperan sebagai alat yang digunakan dalam upaya atau ijtihad. Melalui sains, kita dapat secara sistematis mengetahui posisi seseorang di permukaan bumi dan arah kiblat yang harus dihadapkan. Dalam konteks ini, sains mencakup teori dan metode-metode seperti trigonometri bola, teori geodesi, dan teori navigasi yang digunakan dalam penentuan arah kiblat.⁵

Penentuan arah kiblat di Indonesia selalu mengalami perkembangan seiring waktu, sejalan dengan pengetahuan, kemampuan, dan kapasitas intelektual

⁴ Kementerian Agama RI, *al-Qur'an dan Tafsirnya*, (Jakarta: Kementerian Agama RI dengan biaya DIPA, 2012), hlm. 229-230.

⁵ Ahmad Izzuddin, *Kajian Terhadap Metode-metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya*, Jakarta: Kementerian Agama Republik Indonesia Direktorat Jenderal Pendidikan Islam dan Direktorat Pendidikan Tinggi Islam, 2012, 62.

masyarakat Muslim pada saat itu. Hal ini terlihat dari banyaknya alat dan metode yang digunakan untuk mengukur arah kiblat, yang didasarkan pada ilmu astronomi. Tingkat keakuratan dari alat dan metodenya bervariasi, mulai dari yang memiliki tingkat keakuratan rendah hingga tingkat keakuratan tinggi.

Beberapa alat yang digunakan antara lain adalah Kompas, Tongkat *Istiwa*, *Rubu' Mujayyab*, Global Positioning System (GPS), *Istiwa'aini*, *Mizwala Qibla Finder*, Dan Theodolite. Metode penentuan arah kiblat meliputi perhitungan menggunakan *Rubu' Mujayyab*, metode Segitiga Siku-Siku dari bayangan Matahari setiap saat, dan metode *Rasdhul Kiblat*. Selain itu, penentuan arah kiblat juga dapat dilakukan dengan memanfaatkan azimuth benda langit seperti Bintang dan Planet, menggunakan bayangan benda yang terkena cahaya Matahari, serta dengan menggunakan aplikasi komputer dan *smartphone*.

Perkembangan dalam penentuan arah kiblat ini memiliki dampak yang signifikan dalam memudahkan umat Muslim dalam menjalankan ibadah salat. Kemajuan teknologi telah membantu mengatasi kendala dan ketidakpastian dalam penentuan arah kiblat yang dihadapi oleh generasi sebelumnya. Meskipun perkembangan teknologi ini telah memberikan banyak manfaat, penting bagi umat Muslim untuk tetap memahami prinsip-prinsip dasar dalam menentukan arah kiblat. Mereka harus menyadari bahwa teknologi dapat memiliki keterbatasan dan kesalahan. Oleh karena itu, sambil memanfaatkan inovasi modern, penting untuk mengkombinasikan pengetahuan tradisional tentang penentuan arah kiblat dengan teknologi modern untuk memastikan ketepatan yang optimal.

Dari beberapa alat dan metode penentuan arah kiblat yang telah disebutkan sebelumnya, penggunaan alat biasanya dilakukan oleh para ahli falak atau orang yang memiliki pengetahuan khusus dalam bidang ilmu falak. Sedangkan masyarakat umum biasanya cenderung memilih cara yang lebih sederhana untuk menentukan arah kiblat. Salah satu cara yang populer adalah menggunakan aplikasi arah kiblat yang dapat diakses melalui *smartphone* dengan sistem operasi Android.

Terdapat banyak aplikasi arah kiblat yang tersedia di halaman web internet maupun di platform distribusi aplikasi seperti *Google Play Store*. Aplikasi-aplikasi ini umumnya menggunakan fitur Kompas Magnetik, *Global Positioning System* (GPS), dan teknologi lainnya untuk menentukan arah kiblat. Seiring perkembangan

teknologi, sekarang juga terdapat aplikasi yang dapat menampilkan arah kiblat dengan menggunakan teknologi *Augmented Reality* pada fitur-fiturnya. Dengan adanya aplikasi-arah kiblat ini, masyarakat dapat dengan mudah menentukan arah kiblat secara praktis dan cepat melalui smartphone mereka, tanpa memerlukan pengetahuan atau keahlian khusus. Hal ini memudahkan mereka dalam menjalankan ibadah shalat dengan menghadap ke arah yang benar, di mana pun mereka berada.

Augmented Reality (AR) adalah teknologi yang menggabungkan objek maya dua dimensi atau tiga dimensi ke dalam lingkungan nyata tiga dimensi, dan memproyeksikan objek tersebut secara waktu nyata. Dalam AR, dunia maya (*virtual*) dan dunia nyata (*real*) digabungkan dengan menggunakan komputer. Objek maya yang dimasukkan bisa berupa teks, animasi, model 3D, atau video, dan disatukan dengan lingkungan sekitar sehingga pengguna dapat merasakan keberadaan objek maya dalam lingkungan nyata. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Goel dan Bhardwaj, teknologi AR dapat dijalankan pada berbagai perangkat mobile seperti PC, iPhone, iPad, *smartphone*, *tablet*, dan sejenisnya.⁶ Hal ini memungkinkan pengguna untuk mengakses dan merasakan teknologi AR melalui perangkat yang mudah dijangkau dan umum digunakan.

Berbeda dengan realitas maya yang menggantikan sepenuhnya kenyataan, teknologi *Augmented Reality* (AR) menambahkan atau melengkapi kenyataan yang ada. Dengan menggunakan benda maya, AR dapat menampilkan informasi tambahan yang tidak dapat diterima oleh pengguna melalui indera mereka sendiri. Oleh karena itu, teknologi AR menjadi alat yang berguna untuk membantu persepsi dan interaksi pengguna dengan dunia nyata. Melalui benda maya yang ditampilkan, pengguna dapat memperoleh informasi yang membantu mereka dalam menjalankan kegiatan dalam dunia nyata.

Teknologi AR dapat digunakan dalam berbagai bidang dan untuk semua indera, termasuk pendengaran, sentuhan, dan penciuman. Misalnya, dalam bidang kesehatan, AR dapat digunakan untuk membantu dokter dalam diagnosis dan tindakan medis. Di bidang militer, AR dapat memberikan informasi taktis kepada

⁶ Siddhant Goel dan Avdesh Bhardawaj, *A Critical Analysis of Augmented Reality Learning by Applicability of IT Tools*. International Journal of Information and Computation Technology, Vol. 4 No. 4, 2014, hlm. 425-430.

prajurit di medan perang. Sedangkan di industri manufaktur, AR dapat digunakan untuk memandu pekerja dalam proses produksi. Dengan kemampuannya yang serbaguna, teknologi AR memiliki potensi yang luas dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas di berbagai sektor kehidupan.⁷

Pada tahun 2015, mulai muncul perbincangan tentang penggunaan aplikasi Android berteknologi *Augmented Reality* (AR) untuk menentukan arah kiblat. Aplikasi tersebut memanfaatkan informasi lokasi Kakbah dan lokasi pengguna smartphone untuk menghitung rute langsung antara kedua titik tersebut, mirip dengan fitur rute pada Google Maps. Untuk menentukan arah kiblat menggunakan aplikasi AR ini, smartphone harus memiliki fitur Kompas dan gyroscope⁸, fitur lokasi (GPS) dan fitur kamera harus diaktifkan.

Jika smartphone mendukung teknologi AR, pengguna dapat melihat penunjuk arah kiblat dalam bentuk proyeksi objek dua dimensi atau tiga dimensi melalui kamera. Pengguna hanya perlu mengikuti panduan arah kiblat yang ditampilkan untuk mengetahui arah kiblat yang diinginkan. Dengan bergerak sesuai panduan tersebut, pengguna dapat menentukan arah kiblat dengan mudah.

Dari penelusuran penulis, terdapat sekitar 250 aplikasi android yang berfungsi untuk menentukan arah kiblat, namun hanya sedikit yang memanfaatkan teknologi *augmented reality* (AR) dalam fitur penentuan arah kiblatnya. Mayoritas pencipta aplikasi tersebut berasal dari luar negeri. Beberapa contoh aplikasi penentuan arah kiblat berteknologi AR dapat ditemukan melalui berbagai halaman web internet dan platform Google Play Store. Salah satu contohnya adalah *Qibla Finder* yang dikembangkan oleh Google. Aplikasi ini dapat diakses melalui halaman web dan juga tersedia dalam bentuk aplikasi Android. Aplikasi lainnya adalah *Miqat: Prayer Times, Qiblah, and Hilal Visibility* yang dibuat oleh Samer Joudi, seorang ahli teknik geospasial dari Uni Emirat Arab.

Perhitungan arah kiblat dalam kedua aplikasi tersebut menggunakan metode

⁷ Rochmad Gama Saputra, *Makalah Augmented Reality Sebagai Citra 3 Dimensi*. Departemen Ilmu Komputer Dan Elektronika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. 2016.

⁸ *Gyroscope* adalah suatu alat berupa sensor *gyro* untuk menentukan orientasi gerak dengan bertumpu pada roda atau cakram yang berotasi dengan cepat pada sumbu. Sensor *gyro* bisa mendeteksi gerakan sesuai gravitasi, atau dengan kata lain mendeteksi gerakan pengguna. Lihat pada Shanty Puspitasari, ddk, *Implementasi Kontrol Logika Fuzzy Pada Sistem Kesetimbangan Robot Beroda Dua*, (Malang: Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya), hlm. 1.

*Haversine*⁹ dan *Vincenty*¹⁰. Kedua metode tersebut merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung azimuth dan jarak antara dua titik pada permukaan bumi bola dan ellipsoid. Baik *Qibla Finder* maupun *Miqat* menggunakan peta digital untuk memetakan hasil perhitungan arah kiblat. Hal ini memungkinkan pengguna untuk memverifikasi arah kiblat secara visual dengan bantuan referensi di sekitar mereka, seperti bangunan dan jalan. Meskipun jumlah aplikasi penentuan arah kiblat dengan fitur AR masih terbatas, adanya aplikasi-aplikasi tersebut memberikan kemudahan bagi pengguna dalam menentukan arah kiblat secara akurat dan visual.

Dari penelusuran penulis, masih sedikit aplikasi android penentuan arah kiblat yang memanfaatkan teknologi AR pada fitur-fiturnya dan mayoritas pencipta aplikasinya berasal dari luar negeri. Beberapa aplikasi penentuan arah kiblat berteknologi AR dapat kita temukan di berbagai halaman web internet maupun di platform Google Play Store. Diantaranya yakni *Qibla Finder* ciptaan Google yang dapat diakses melalui halaman web dan juga aplikasi android *Miqat : Prayer Times*, *Qiblah*, and *Hilal Visibility* yang diciptakan oleh Samer Joudi, seorang ahli teknik geospasial dari Uni Emirates Arab. Perhitungan arah kiblat dalam kedua aplikasi di atas menggunakan metode *Vincenty* yang merupakan rumus untuk menghitung azimuth dan jarak antara dua titik pada permukaan ellipsoid. Aplikasi *Qibla Finder* dan aplikasi *Miqat* memetakan hasil perhitungan arah kiblat menggunakan peta digital untuk memungkinkan pengguna memverifikasi kiblat secara visual dengan bantuan hal-hal di sekitar mereka seperti bangunan dan jalan.

Berdasarkan uraian di atas, penggunaan aplikasi Android dengan teknologi *augmented reality* (AR) untuk penentuan arah kiblat telah menjadi suatu hal yang baru dan dipahami dengan mudah oleh masyarakat. Hal ini menarik minat penulis untuk mengembangkan sebuah aplikasi Android penentuan arah kiblat dengan fitur

⁹ Metode *Haversine* menggunakan rumus *haversine*, yang didasarkan pada hukum sinus, untuk menghitung jarak antara dua titik geografis. Rumus ini menghitung jarak sebagai fungsi sinus dari setengah perbedaan lintang dan setengah perbedaan bujur antara kedua titik. Pendekatan ini lebih sederhana dan cocok untuk jarak yang sangat dekat.

¹⁰ Metode *Vincenty* menggunakan rumus geodesik yang lebih kompleks dan iteratif untuk menghitung jarak geodesik antara dua titik. Metode ini mempertimbangkan bentuk elipsoid bumi dan parameter geodetik yang lebih akurat. Pendekatan ini lebih akurat daripada metode *Haversine*, terutama untuk jarak yang jauh atau perbedaan lintang yang signifikan. Metode *Vincenty* memiliki nilai keakuratan 0,5 mm (0,020") di ellipsoid Bumi.

AR yang juga menggabungkan metode-metode penentuan arah kiblat di Indonesia.

Dalam penelitian tesis ini, penulis akan melakukan kajian dan implementasi dari aplikasi Android penentuan arah kiblat dengan teknologi AR. Penelitian ini akan dijelaskan secara ilmiah dan diwujudkan dalam bentuk tesis yang berjudul **“Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Aplikasi Android Berteknologi *Augmented Reality* (Pengembangan Aplikasi *AR Qibla Finder*)”**.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, tesis ini akan membahas dua pokok masalah utama. Pokok masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana algoritma penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi *Augmented Reality* pada aplikasi *AR Qibla Finder*?
2. Bagaimana akurasi penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi *Augmented Reality* pada aplikasi *AR Qibla Finder*?

C. Tujuan Penelitian

Atas dasar pokok permasalahan di atas, maka tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui algoritma penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi *Augmented Reality* pada aplikasi *AR Qibla Finder*.
2. Mengetahui tingkat akurasi penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi *Augmented Reality* pada aplikasi *AR Qibla Finder*.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Dapat mengetahui algoritma penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi *Augmented Reality* pada aplikasi *AR Qibla Finder*.
2. Dapat Mengetahui tingkat akurasi penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi *Augmented Reality* pada aplikasi *AR Qibla Finder*.
3. Memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi *Augmented Reality* dalam konteks penentuan arah kiblat. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang penggunaan teknologi AR

dalam aplikasi penentuan arah kiblat dan memberikan panduan untuk pengembangan aplikasi serupa di masa depan.

4. Memberi informasi kepada masyarakat tentang keberadaan aplikasi android untuk penentuan arah kiblat berteknologi *Augmented Reality* yang menyediakan fasilitas dan fitur lengkap untuk penentuan arah kiblat secara praktis.
5. Menjadi karya ilmiah yang dapat dijadikan informasi dan rujukan bagi semua orang, baik masyarakat umum maupun para ahli falak, pegiat ilmu falak, dan peneliti di kemudian hari.

E. Telaah Pustaka

Seperti halnya pada penelitian-penelitian lainnya, dalam penelitian ini juga mempertimbangkan telaah atau kajian pustaka. Kajian pustaka berperan penting dalam mendukung penelitian dan memberikan gambaran tentang hubungan antara pembahasan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh para peneliti, sehingga upaya dilakukan untuk menghindari pengulangan yang tidak perlu. Ada beberapa tulisan atau penelitian yang berhubungan dengan masalah arah kiblat, antara lain:

Penelitian Ahmad Izzuddin dalam disertasinya yang berjudul “*Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya*”, Penelitian ini fokus pada teori-teori penentuan arah kiblat, seperti teori trigonometri, teori geodesi, dan teori navigasi, beserta tingkat akurasinya. Dalam penelitiannya, Ahmad Izzuddin menyampaikan bahwa teori yang paling tepat dan akurat untuk menghitung arah kiblat adalah dengan menggunakan garis *orthodrom*, yang merupakan teori geodesi dengan konsep bentuk Bumi yang lebih dekat dengan bentuk *ellipsoid*.¹¹

Laporan Penelitian Individual Ahmad Syifaul Anam tahun 2012 yang berjudul, “*Studi Komparasi Terhadap Metode Dan Hasil Hisab Software Arah Kiblat Pada www.rukyatulhilar.org*”.¹² Penelitian ini membahas tentang

¹¹ Ahmad Izzuddin, *Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat Dan Akurasinya*, (Jakarta: Kementerian Agama RI, Direktorat Jendral Pendidikan Islam, Direktorat Pendidikan Tinggi Islam, Cet ke-I, 2012).

¹² Ahmad Syifaul Anam, *Laporan Penelitian Individual :Studi Komparasi Terhadap Metode Dan Hasil Hisab Software Arah Kiblat Pada www.rukyatulhilar.org*, (Fakultas Syariah dan Hukum IAIN Walisongo. 2012).

komparasi dan akurasi hasil hisab arah kiblat pada software komputer. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode dan hasil hisab arah kiblat pada www.rukyatulhilar.org memiliki tingkat akurasi yang cukup baik, namun masih perlu diperbaiki agar dapat memberikan arah kiblat yang lebih akurat.

Penelitian Barokatul Laili, tahun 2013, dalam bentuk skripsi yang berjudul, “*Analisis Metode Pengukuran Arah Kiblat Slamet Hambali*”.¹³ Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa keakuratan metode pengukuran arah kiblat Slamet Hambali bisa dikatakan cukup tinggi dan tidak ada perbedaan yang signifikan. Sehingga metode tersebut bisa dijadikan pedoman dalam penentuan arah kiblat.

Penelitian Muhammad Adieb, tahun 2014, dalam bentuk skripsi yang berjudul, “*Studi Komparasi Penentuan Arah Kiblat Istiwa’aini Karya Slamet Hambali Dengan Theodolite*”.¹⁴ yang di dalamnya juga membahas mengenai salah satu metode penentuan arah kiblat yaitu *azimuth* kiblat. Hasil penelitian ini yakni selisih pengukuran arah kiblat Istiwa’aini dan theodolite yang dilakukan masih berada di batas toleransi yakni 2°. Hal ini membuktikan bahwa Istiwaaini adalah alat pengukur arah kiblat yang layak digunakan.

Penelitian Suwandi tahun 2015, dalam bentuk skripsi berjudul “*Analisis Penggunaan Theodolit Nikon NE-102 dengan Metode Dua Titik sebagai Penentu Arah Kiblat*”. Dalam hasil penelitiannya, metode dua titik merupakan salah satu metode penentuan arah kiblat yang berdasarkan anggapan Bumi ellipsoid dan hasil komparasi penggunaan theodolite dengan metode *Vincenty* dua titik dan metode segitiga bola dalam pengukuran ternyata terdapat selisih yang berkisar 0° sampai 0° 41’ 15,06”.¹⁵

Penelitian Ali Mahrus tahun 2018, dalam bentuk skripsi yang berjudul, “*Uji Akurasi Data Aplikasi Android Mobile Topographer Dalam Menentukan Titik Koordinat Lintang Bujur*”¹⁶ yang didalamnya membahas mengenai akurasi data koordinat lintang dan bujur pada aplikasi android. Hasil penelitian ini menunjukkan

¹³ Barokatul Laili, *Analisis Metode Pengukuran Arah Kiblat Slamet Hambali*. (Skripsi Fakultas Syariah dan Hukum IAIN Walisongo Semarang, 2013).

¹⁴ Muhammad Adieb, *Studi Komparasi Penentuan Arah Kiblat Istiwaaini Karya Slamet Hambali Dengan Theodolite*. (Skripsi Fakultas Syariah dan Hukum IAIN Walisongo Semarang, 2014).

¹⁵ Suwandi, *Analisis Penggunaan Theodolit Nikon NE-102 dengan Metode Dua Titik sebagai Penentu Arah Kiblat*, (Skripsi Fakultas Syari’ah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2015).

¹⁶ Ali Mahrus, *Uji Akurasi Data Aplikasi Android Mobile Topographer Dalam Menentukan Titik Koordinat Lintang Bujur*, (Skripsi Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2018).

bahwa data koordinat lintang dan bujur aplikasi *android mobile topographer* sudah cukup akurat dalam penentuan titik koordinat lintang dan bujur.

Penelitian Naufal Fazal Muttaqin tahun 2019, dalam bentuk skripsi yang berjudul, “*Uji Akurasi Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Aplikasi Android Berteknologi Augmented Reality (Studi Analisis Aplikasi Miqat Karya Samer Joudi)*”¹⁷ yang didalamnya menguji akurasi penentuan arah kiblat pada aplikasi android berteknologi *augmented reality* yang dilakukan di Masjid Agung Jawa Tengah sebanyak 5 kali percobaan dan menghasilkan tingkat akurasi yang berselisih 0° hingga 1° dari arah kiblat hasil pengukuran Istiwa’aini.

Penelitian Moehammad Awaluddin, Bambang Darmo Yuwono, H. Hani’ah, dan Satrio Wicaksono tahun 2016, dalam bentuk jurnal yang berjudul “*Kajian Penentuan Arah Kiblat Secara Geodetis*”.¹⁸ Dalam hasil penelitian ini, perhitungan arah kiblat dengan menggunakan tiga bidang hitungan ; *ellipsoid*, bola dan peta mercator menghasilkan arah kiblat di atas ellipsoid dan bola memiliki perbedaan yang jauh lebih kecil yaitu jika dibandingkan dengan *azimuth* pada bidang datar Mercator. Arah kiblat di atas bola paling mendekati arah kiblat metode rasdhul kiblat dibandingkan dua bidang hitungan yang lain.

Penelitian Anisah Budiwati tahun 2016, dalam bentuk jurnal yang berjudul “*Tongkat Istiwa’, Global Positioning System (GPS) dan Google Earth untuk Menentukan Titik Koordinat Bumi dan Aplikasinya dalam Penentuan Arah Kiblat*”.¹⁹ Dalam hasil penelitian ini menerangkan bahwa tongkat istiwa’ adalah salah satu alternatif penentuan titik koordinat Bumi yang menggunakan teori perhitungan *spherical trigonometry* secara sederhana tanpa bantuan, sedangkan GPS dan Google Earth menggunakan prinsip keilmuan geodesi yang lebih teliti. Dari segi aplikasi, yang paling praktis dan akurat adalah GPS. Kemudian disusul Google Earth, dan tongkat istiwa’.

Dalam telaah pustaka tersebut, beberapa penelitian telah membahas tentang

¹⁷ Naufal Fazal Muttaqin, *Uji Akurasi Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Aplikasi Android Berteknologi Augmented Reality (Studi Analisis Aplikasi Miqat Karya Samer Joudi)*, (Skripsi Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, 2019).

¹⁸ Moehammad Awaluddin, dkk, *Kajian Penentuan Arah Kiblat Secara Geodetis*, (Semarang: Jurnal Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Vol. 37 No. 2, 2016).

¹⁹ Anisah, Budiwati, *Tongkat Istiwa’, Global Positioning System (GPS) dan Google Earth untuk Menentukan Titik Koordinat Bumi dan Aplikasinya dalam Penentuan Arah Kiblat*, (Semarang: Jurnal Al-Ahkam Walisongo, Volume 26, Nomor 1, April 2016).

berbagai metode dan instrumen yang digunakan untuk menentukan arah kiblat beserta tingkat akurasinya. Namun, penulis belum menemukan tulisan yang membahas secara spesifik tentang pengembangan maupun rancang bangun aplikasi android arah kiblat yang berteknologi *Augmented Reality*. Oleh karena itu penulis ingin mencoba untuk mengembangkan aplikasi android penentuan arah kiblat berteknologi *Augmented Reality* yang dipadukan dengan metode-metode penentuan arah kiblat di Indonesia dengan nama *AR Qibla Finder*.

F. Kerangka Teori

1. Landasan Filosofis

Pada dasarnya, penentuan arah kiblat melibatkan perhitungan posisi Kakbah dari suatu tempat di permukaan Bumi. Tempat-tempat yang berada dekat dengan Kakbah, di mana orang melakukan shalat, dapat langsung melihat Kakbah tanpa perlu menentukan arah kiblat terlebih dahulu. Karena Bumi berbentuk bulat seperti bola, penentuan posisi Kakbah dari tempat shalat harus mengikuti prinsip-prinsip, konsep-konsep, dan hukum-hukum yang berlaku pada bola.

Dalam konteks ini, jika Kakbah dan tempat shalat dihubungkan dengan Kutub Utara melalui busur lingkaran, maka akan terbentuk segitiga dengan tiga sudut yaitu Kutub Utara, tempat shalat, dan Kakbah. Sisi-sisi segitiga tersebut adalah busur meridian Kakbah, busur meridian tempat shalat, dan busur arah kiblat. Karena sisi-sisi segitiga ini merupakan busur dari lingkaran besar, maka segitiga yang terbentuk disebut sebagai segitiga bola. Segitiga bola ini berhubungan dengan penentuan arah kiblat dalam konteks ibadah, di mana arah kiblat merupakan orientasi yang dituju saat melaksanakan shalat. Dengan memahami konsep segitiga bola ini, umat Muslim dapat menentukan arah kiblat dengan memperhitungkan posisi geografis tempat shalat relatif terhadap Kakbah.

2. Metode Penentuan Arah Kiblat

Dalam metode penentuan arah kiblat, ada istilah perhitungan dan ada juga istilah pengukuran. Kedua hal ini adalah dua istilah yang tidak bisa dipisahkan dalam penentuan arah kiblat. Perhitungan adalah proses yang disengaja untuk mengubah satu masukan atau lebih kedalam hasil tertentu,

dengan sejumlah peubah, sedangkan pengukuran adalah penentuan besaran, dimensi, atau kapasitas biasanya terhadap suatu standar atau satuan ukur.²³ Oleh karena itu, dalam menentukan arah kiblat kita tidak cukup menggunakan perhitungan saja, dan juga tidak cukup hanya pengukuran saja tanpa melakukan perhitungan.

Perhitungan biasanya menggunakan data-data dan mencari hasil yang diinginkan, dengan alat bantu seperti kalkulator, program komputer, bahkan perhitungan secara manual. Sedangkan pengukuran adalah metode pengaplikasian sebuah instrument dalam menentukan hasil yang diinginkan setelah melakukan perhitungan, dan pengukuran ini biasanya menggunakan alat ukur. Dalam hal menentukan arah kiblat, perhitungan yang dilakukan biasanya menggunakan metode perhitungan *Rubu' Mujayyab*, metode segitiga siku-siku dari bayangan Matahari setiap saat, metode Rasdhul Kiblat, serta metode lainnya. Sedangkan alat falak yang biasa digunakan untuk mengukur arah kiblat, seperti: Segitiga siku-siku, Qibla Rulers, Istiwa'aini, Qibla Laser, Theodolite, Tongkat Istiwa', Kompas, dan lain sebagainya.

3. Penggunaan Instrument dalam Menentukan Arah Kiblat.

Dalam pengukuran arah kiblat, banyak metode yang digunakan dalam menentukan arah kiblat, dari beberapa alat tersebut Theodolite adalah salah satu alat yang dianggap paling akurat, namun karena kesulitan dalam mengaplikasikannya dan juga karena sulit didapat, dan harganya mahal, pegiat falak maupun masyarakat cukup kesulitan dalam menggunakan Theodolite ini, oleh karena itu banyak bermunculan instrument lain yang mudah didapatkan seperti Segitiga Siku-Siku serta aplikasi android yang mampu menunjukkan arah kiblat dengan bantuan sensor Kompas dan GPS. Dalam penelitian ini, penulis akan membahas dan membuat sebuah aplikasi android berteknologi Augmented Reality yang bernama *AR Qibla Finder*. Walaupun keakuratan aplikasi ini tidak seakurat Theodolite yang pengukurannya sangat teliti sampai ke detik, namun aplikasi android ini cukup mudah dan mendekati keakuratan Theodolit dalam menentukan arah kiblat. Hal ini dikarenakan aplikasi ini menggunakan teknologi yang mampu menggabungkan benda maya dua dimensi dan ataupun tiga dimensi ke dalam

sebuah lingkungan nyata tiga dimensi lalu memproyeksikan benda-benda maya tersebut secara *realtime*. Hasil perhitungan arah kiblat dari aplikasi ini akan memanfaatkan peta digital untuk memungkinkan pengguna memverifikasi kiblat secara visual dengan bantuan hal-hal di sekitar mereka seperti bangunan dan jalan.

G. Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini, ada berbagai metode yang penulis gunakan. Penjelasannya sebagai berikut:

1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang penulis ambil adalah penelitian pengembangan atau *Research and Development*,²⁰ dengan model digitalisasi ilmu falak. Yakni menciptakan aplikasi android penentuan arah kiblat berteknologi *augmented reality* bernama *AR Qibla Finder*. Pengembangan ini meliputi diciptakannya fitur Peta Kiblat yang menyajikan peta digital yang menghubungkan garis antara Kakbah dan lokasi pengguna dengan mengaktifkan sensor GPS *smartphone*. Kemudian fitur Penghitung Kiblat yang dapat membantu pengguna untuk menentukan arah kiblat secara manual menggunakan beberapa metode perhitungan khususnya yang berasal dari Indonesia. Serta fitur Kiblat 3D yang akan menunjukkan arah kiblat dengan gambar 3D secara *realtime* dengan memanfaatkan teknologi *augmented reality*.

2. Sumber Data

Data penelitian menurut sumbernya digolongkan menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder.²¹ Dalam penelitian ini, penulis menggunakan dua sumber data tersebut yaitu :

a. Data Primer

Data primer yaitu data yang berasal langsung dari sumber data yang dikumpulkan secara khusus dan berhubungan langsung dengan masalah yang diteliti. Data primer dalam penelitian penulis ini berupa data yang tersedia dalam aplikasi penentuan arah kiblat seperti aplikasi

²⁰ *Research and Development/R&D* adalah riset yang khusus dimaksudkan untuk mengembangkan pengetahuan yang sudah ada dinamakan riset pengembangan (*development research*).

²¹ Saifuddin Azwar, *Metode Penelitian*, (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, Cet. V, 2004), hlm. 91.

Qibla Finder ciptaan Google dan Aplikasi *Miqat* ciptaan Samer Joudi. Serta wawancara dengan pencipta (*developer*) aplikasi arah kiblat seperti Samer Joudi serta ahli falak di bidang arah kiblat dan teknologi.

b. Data Sekunder

Data sekunder, merupakan data yang diperoleh bukan dari sumber pertama sebagai sarana untuk memperoleh data atau informasi untuk menjawab masalah yang diteliti. Dalam hal ini penulis menggunakan literatur yang berkaitan dengan penentuan arah kiblat dan teknologi *Augmented Reality* seperti disertasi Ahmad Izzuddin yang berjudul “*Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya*” dan jurnal penelitian Anisah Budiwati yang berjudul “*Tongkat Istiwa’, Global Positioning System (GPS) dan Google Earth untuk Menentukan Titik Koordinat Bumi dan Aplikasinya dalam Penentuan Arah Kiblat*”. Sumber lainnya yakni buku-buku, kitab-kitab fikih, jurnal, skripsi, artikel, ensiklopedi, aplikasi komputer maupun android, dan lain sebagainya.

3. Metode Pengumpulan Data

a. Dokumentasi

Dokumentasi adalah mengumpulkan literatur yang berkaitan dengan perancangan aplikasi android penentuan arah kiblat dan teknologi *Augmented Reality* seperti buku-buku, kitab-kitab fikih, jurnal, artikel, ensiklopedi, aplikasi komputer maupun android, dan lain sebagainya. Pengumpulan data dari dokumentasi ini ditujukan untuk membantu penulis dalam mengumpulkan data untuk keperluan input dari Aplikasi AR *Qibla Finder* yang akan dibuat.

b. Wawancara

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini salah satunya adalah wawancara. Metode wawancara adalah salah satu metode atau cara untuk menggali data dari para informan atau orang yang diwawancarai.²² Jenis wawancara yang digunakan adalah wawancara

²² Andi Prastowo, *Metode Penelitian Kualitatif, Dalam Prespektif Rancangan Penelitian*, Yogyakarta: ar-Ruzz Media, 2012, hlm. 212.

tak terstruktur, yakni wawancara yang tidak berpedoman pada daftar pertanyaan.

Informan yang diwawancarai yaitu pencipta (*developer*) aplikasi android penentuan arah kiblat seperti Samer Joudi serta ahli falak di bidang arah kiblat dan teknologi. Wawancara ini dilaksanakan dengan tatap muka maupun secara tidak tatap muka tetapi melalui media pesan elektronik (*e-mail*) maupun media sosial.

c. Tes atau Uji Coba

Penulis melakukan tes atau uji coba penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi *Augmented Reality* secara langsung dan membandingkan dengan penentuan arah kiblat menggunakan segitiga siku-siku. Hal ini bertujuan agar penulis dapat mengetahui keakuratan metode penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi *Augmented Reality* ini serta untuk mendapatkan masukan atau inovasi untuk pengembangan aplikasi. Tes atau uji coba ini dilakukan di 3 Masjid di Kota Semarang dengan percobaan sebanyak 5 kali dalam kurun waktu yang berbeda.

4. Definisi Operasional Variabel

Istilah terkait judul dalam penelitian ini dapat diartikan sebagai berikut:

- a. Pengembangan atau digitalisasi penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi Android berteknologi *augmented reality* bernama *AR Qibla Finder*.

5. Metode Analisis Data

Setelah data dari dokumentasi, wawancara, dan observasi terkumpul, data kemudian diolah dan dianalisis. Analisis data yang penulis lakukan yaitu menggunakan metode deskriptif analitis matematis dan metode komparatif.

Proses analisis data dimulai dengan pengumpulan data-data yang berkaitan dengan penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi *Augmented Reality*. Kemudian, penulis akan mencari tahu metode dan perhitungan yang digunakan dalam aplikasi tersebut untuk menambah khasanah perhitungan dalam aplikasi yang akan penulis buat.

Selanjutnya penulis menganalisis keseluruhan data yang diperoleh termasuk hasil observasi untuk memperbaiki aplikasi *AR Qibla Finder*. Tahap terakhir yaitu penulis melakukan komparasi dan uji akurasi hasil penentuan arah kiblat dari aplikasi *AR Qibla Finder* dengan hasil Observasi dilakukan di 3 Masjid di Kota Semarang (Masjid Agung Jawa Tengah, Masjid Jami' Baiturrahman, dan Masjid Agung Kota Semarang) dengan percobaan sebanyak 5 kali dalam waktu yang berbeda.

H. Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan dalam memahami dan mempelajari skripsi ini, secara garis besar penulisan disusun per bab yang terdiri dari lima bab, yang di dalamnya diperjelas dengan sub-sub pembahasan. Untuk lebih jelasnya, sistematika penulisannya adalah sebagai berikut:

BAB I : Pendahuluan. Bab ini akan membahas tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah yang hendak diteliti sebagai pembatasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian. Selanjutnya telaah pustaka, kerangka teori, metode penelitian untuk menjelaskan teknis analisis yang dilakukan dalam penelitian, dan di kemukakan tentang sistematika penulisan pembuatan skripsi.

BAB II : Tinjauan Umum Arah Kiblat. Bab ini akan membahas hal-hal yang berkaitan dengan pengertian kiblat, dasar hukum menghadap kiblat, sejarah kiblat, perpindahan kiblat, macam-macam metode penentuan arah kiblat, perhitungan arah kiblat, dan akurasi arah kiblat.

BAB III : Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Aplikasi Android Berteknologi *Augmented Reality*. Bab ini akan membahas mengenai gambaran umum tentang aplikasi android berteknologi *Augmented Reality*, penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi *augemneted reality* pada aplikasi *AR Qibla Finder*.

BAB IV : Uji Akurasi Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Aplikasi Android Berteknologi *Augmented Reality* Pada Aplikasi *Augmented Reality Qiblah Finder* (ARQIFI). Bab ini akan membahas mengenai analisis metode penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi *Augmented Reality* pada aplikasi *AR Qibla Finder*, mengkomparasikan dan menguji keakurasiannya dengan hasil penentuan arah kiblat menggunakan Segitiga Siku-Siku di 3 Masjid di Kota

Semarang.

BAB V : Penutup. Bab ini memuat mengenai kesimpulan, saran dan kritik terkait dengan hasil penelitian, dan penutup.

BAB II

TINJUAN UMUM ARAH KIBLAT

A. Pengertian Arah Kiblat

Secara etimologis, kata kiblat berasal dari bahasa Arab yaitu قِبلة . Kata قِبلة merupakan salah satu bentuk masdar dari kata kerja قَبِلَ – يَقْبِلُ – قَبْلَة yang berarti menghadap.²³ Selanjutnya, maknanya terfokus pada suatu arah tertentu di mana semua orang yang melaksanakan shalat harus menghadap ke arah tersebut.²⁴ Sedangkan definisi kiblat dalam kitab *Jami' al-Adillah ila Ma'rifati Simt al-Qiblah* adalah sebagai berikut :

هي لغة ما يقابل الشيء مطلقا, و عرفا خلاء يجعل في حائط نحو المسجد في
الجانب الذي لجهة القبلة علامة علي ها وشرعا نفس الكعبة المشرفة المعلومة
من الدين بالضرورة²⁵

Artinya : “*Kiblat secara bahasa adalah sesuatu yang dihadapi secara mutlak, dan menurut pandangan umumnya adalah lahan kosong yang di bangun tembok sekeliling masjid untuk menjadi tanda arah kiblat, definisi secara syara adalah Kakbah yang dimuliakan yang telah diketahui agama secara dloruri (pasti).*”

Kiblat yang mempunyai pengerian arah, berarti identik dengan kata *jihah* dan *syatrah*, yang dalam bahasa latin dikenal dengan istilah *azimuth*. Dalam konteks Ilmu Falak, *azimuth* didefinisikan sebagai arah yang diukur dari titik utara sepanjang lingkaran horizon searah jarum jam.²⁶ Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia dan Kamus Ilmiah Populer, kiblat dimaknai sebagai arah atau tujuan.²⁷ Ada yang mengartikan kiblat sebagai jurusan atau mata angin.²⁸ Maksud definisi

²³ Ahmad Warson Munawir, *Al Munawir Kamus Arab-Indonesia*, (Surabaya: Pustaka Progressif, 1997), hlm. 1087-1088.

²⁴ Ahmad Mustafa al-Maraghi, *Terjemah Tafsir al-Maraghi, Juz II, Penerjemah: Anshori Umar Sitanggal*, (Semarang: CV. Toha Putra, 1993), hlm.

²⁵ Ahmad Ghozali Muhammad Fathullah, *Jami' al-Adillah ila Ma'rifati Simt al-Qiblah*, (Sampang: LAFAL (Lajnah Falkiyah LanBulan), 2016), hlm. 50.

²⁶ Moh. Murtadho, *Ilmu Falak Praktis*, (Malang: UIN-Malang Press, 2008), hlm. 123-124.

²⁷ Leonardo D. Marsam, *Kamus Praktis Bahasa Indonesia*, (Surabaya: Cv. Karya Utama, 1983), hlm. 145.

²⁸ W.J.S Poerwadarminta, Pusat Bahasa Departemen Pendidikan Nasional, *Kamus Umum Indonesia*, (Jakarta: Balai Pustaka, 2006), hlm. 594.

tersebut mengarah pada makna kiblat sebagai arah ke Kakbah di Mekah pada saat shalat²⁹ atau jurusan ke Kakbah di Mekah, ke jurusan inilah kaum muslimin harus menghadap setiap melakukan shalat lima kali sehari.³⁰ Dalam al-Quran kata kiblat mempunyai dua arti, yaitu arah dan tempat.³¹

a. Kiblat Berarti Arah (Kiblat).

Firman Allah dalam Q.S al-Baqarah [2] ayat 142:

سَيَقُولُ السُّفَهَاءُ مِنَ النَّاسِ مَا وَلَّهُمْ عَن قِبَلَتِهِمُ الَّتِي كَانُوا عَلَيْهَا قُلْ لِلَّهِ
الْمَشْرِقُ وَالْمَغْرِبُ يَهْدِي مَنْ يَشَاءُ إِلَى صِرَاطٍ مُسْتَقِيمٍ³²

Artinya: “Orang-orang yang kurang akalnya diantara manusia akan berkata: “Apakah yang memalingkan mereka (umat Islam) dari kiblatnya (Baitul Maqdis) yang dahulu mereka telah berkiblat kepadanya?” Katakanlah: “Kepunyaan Allah-lah timur dan barat; Dia memberi petunjuk kepada siapa yang dikehendaki-Nya ke jalan yang lurus”.

Arti kata kiblat sebagai arah juga terdapat pada Q.S al-Baqarah [2] ayat 143, ayat 144 dan ayat 145.

b. Kiblat Berarti Tempat Shalat

Firman Allah dalam Q.S Yunus [10] ayat 87 :

وَأَوْحَيْنَا إِلَىٰ مُوسَىٰ وَأَخِيهِ أَنْ تَبَوَّأْ لِقَوْمِكَ مِمَّنْ بِمِصْرَ بَيْوتًا وَاجْعَلُوا بُيُوتَكُمْ قِبْلَةً
وَأَقِيمُوا الصَّلَاةَ وَبَشِّرِ الْمُؤْمِنِينَ³³

Artinya: “Dan Kami wahyukan kepada Musa dan saudaranya: “Ambillah olehmu berdua beberapa buah rumah di Mesir untuk tempat tinggal bagi kaummu dan jadikanlah olehmu rumah-rumahmu itu tempat shalat dan dirikanlah olehmu sembahyang serta gembirakanlah orang-orang yang beriman”.

²⁹ Departemen P & K, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, (Jakarta: Balai Pustaka, cet 2, 1989), hlm. 438.

³⁰ Bumi Kurniawan, *Kamus Ilmiah Populer*, (Surabaya : CV. Citra Pelajar, t.th), hlm. 217.

³¹ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis; Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*, (Semarang: Pustaka al-Hilal, Cet-2, 2012), hlm. 18-19.

³² Kementrian Agama RI, *Al-Qur'an & Tafsirnya; Jilid 1*, (Jakarta: Widya Cahaya, 2015), hlm. 221.

³³ Kementrian Agama RI, *Al-Qur'an & Tafsirnya; Jilid 4*, (Jakarta: Widya Cahaya, 2015), hlm. 353.

Menurut istilah, ketika kita membicarakan kiblat, pada dasarnya kita sedang membicarakan tentang arah menuju Kakbah. Para ulama memiliki variasi definisi tentang arah kiblat, di antaranya adalah:

1. Departemen Agama Republik Indonesia mendefinisikan sebagai suatu arah tertentu bagi kaum muslimin untuk mengarahkan wajahnya dalam melakukan shalat.³⁴
2. Abdul Aziz Dahlan dan kawan-kawan mendefinisikan kiblat sebagai bangunan Kakbah atau arah yang dituju kaum Muslimin dalam melaksanakan sebagian Ibadah.³⁵
3. Harun Nasution dan kawan-kawan dalam Ensiklopedi Hukum Islam mengartikan bahwa kiblat adalah sebagai arah menghadap pada waktu shalat.³⁶
4. Mochtar Effendy mengartikan kiblat sebagai arah shalat, arah Kakbah di kota Mekah.³⁷

Sementara itu, ada ahli falak yang menghubungkan pemahaman arah kiblat dengan paradigma bahwa bumi adalah sebuah planet yang bulat. Dalam perspektif ini, seseorang yang menghadap kiblat seharusnya mengambil arah yang paling dekat. Hal ini didasarkan pada asumsi bahwa dalam teori bumi bulat, tidak ada perbedaan antara "menghadap" dan "membelakangi" arah tertentu, yang membedakannya hanya jarak yang harus ditempuh. Definisi arah kiblat yang mempertimbangkan jarak dapat ditemukan dalam formulasi beberapa ulama, antara lain.³⁸

1. Slamet Hambali memberikan pengertian bahwa arah kiblat adalah arah yang mengarah ke Kakbah (*Baitullah*) melalui jalur terdekat, dan menjadi kewajiban bagi setiap Muslim untuk menghadap arah tersebut

³⁴ Departemen Agama RI, *Ensiklopedia Islam*, (Jakarta : CV. Anda Utama, 1993), hlm. 629.

³⁵ Abdul Azis Dahlan, et al, *Ensiklopedi Hukum Islam*, (Jakarta: PT Ichtiar Baru Van Hoeve, Cet I, 1996), hlm. 944.

³⁶ Harun Nasution, et al, *Ensiklopedi Hukum Islam*, (Jakarta: Djambatan, 1992), hlm. 563.

³⁷ Mochtar Effendy, *Ensiklopedi Agama dan Filsafat, Volume 5*, (Palembang: Penerbit Universitas Sriwijaya, 2001), hlm. 49.

³⁸ Moh. Murtadho, *Ilmu Falak Praktis*, hlm. 125.

saat melaksanakan ibadah shalat di mana pun mereka berada di seluruh dunia.³⁹

2. Ahmad Izzuddin mengartikan arah kiblat sebagai arah terdekat dari seseorang menuju Kakbah, dan setiap Muslim memiliki kewajiban untuk menghadap ke arah tersebut saat melaksanakan shalat..⁴⁰
3. Muhyiddin Khazin mendefinisikan arah kiblat sebagai arah atau jarak terdekat sepanjang lingkaran besar yang melewati kota Mekah (Kakbah) dan kota tempat yang bersangkutan berada. Sebagai contoh, jika kita mengambil Jakarta, arah terdekat dengan Mekah adalah arah barat serong ke utara. Dalam pandangan Muhyiddin Khazin, ini adalah arah kiblat yang harus dihadapi oleh seorang Muslim saat melaksanakan shalat.⁴¹

Dari penjelasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa definisi kiblat adalah arah terdekat dari seseorang menuju Kakbah di Mekah, dihitung sepanjang lingkaran besar bola bumi. Menghadap arah tersebut merupakan kewajiban bagi umat Muslim saat melaksanakan shalat.

B. Dasar Hukum Menghadap Kiblat

a. Dasar Hukum dari al-Qur'an

Firman Allah dalam Q.S al-Baqarah [2] ayat 144 :

قَدْ نَرَى تَقَلُّبَ وَجْهِكَ فِي السَّمَاءِ فَلَنُوَلِّيَنَّكَ قِبْلَةً تَرْضَاهَا فَوَلِّ وَجْهَكَ شَطْرَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ ۗ وَحَيْثُ مَا كُنْتُمْ فَوَلُّوا وُجُوهَكُمْ شَطْرَهُ ۗ وَإِنَّ الَّذِينَ أُوتُوا الْكِتَابَ لَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ ۗ وَمَا اللَّهُ بِغَافِلٍ عَمَّا يَعْمَلُونَ⁴²

Artinya: “Sungguh Kami (sering) melihat mukamu menengadahkan ke langit, maka sungguh Kami akan memalingkan kamu ke kiblat yang kamu sukai. Palingkanlah mukamu ke arah Masjidilharam. Dan dimana

³⁹ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1 (Penentuan Awal Waktu Shalat dan Arah Kiblat seluruh Dunia)*, hlm. 167.

⁴⁰ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis ; Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*, (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012), hlm. 20.

⁴¹ Muhyiddin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta : Buana Pustaka, Cet ke-3, 2004), hlm. 48.

⁴² Kementrian Agama RI, *Al-Qur'an & Tafsirnya; Jilid 1*, hlm. 221.

saja kamu berada, palingkanlah mukamu ke arahnya. Dan sesungguhnya orang-orang (Yahudi dan Nasrani) yang diberi al Kitab (Taurat dan Injil) memang mengetahui, bahwa berpaling ke Masjidilharam itu adalah benar dari Tuhannya; dan Allah sekali-kali tidak lengah dari apa yang mereka kerjakan.”

Dalam ayat tersebut, umat Muslim diperintahkan untuk secara akurat menghadap Kakbah saat melaksanakan shalat, baik mereka yang dapat melihat Kakbah secara langsung maupun yang tidak dapat melihatnya secara langsung.⁴³ Makna perintah "memalingkan" dalam ayat tersebut adalah mengarahkan wajah dan anggota badan agar menghadap ke arah kiblat.⁴⁴

Firman Allah dalam Q.S al-Baqarah [2] ayat 149 :

وَمِنْ حَيْثُ خَرَجْتَ فَوَلِّ وَجْهَكَ شَطْرَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ ۚ وَإِنَّهُ لَلْحَقُّ مِنْ رَبِّكَ ۗ
وَمَا اللَّهُ بِغَافِلٍ عَمَّا تَعْمَلُونَ

Artinya: “Dan dari mana saja kamu keluar (datang), maka palingkanlah wajahmu ke arah Masjidil Haram, sesungguhnya ketentuan itu benar-benar sesuatu yang hak dari Tuhanmu. Dan Allah sekali-kali tidak lengah dari apa yang kamu kerjakan”.⁴⁵

Ayat ini memberikan arahan yang tegas untuk menghadap ke Masjid al-Haram di mana pun Nabi berada dan di mana pun beliau berada. Dalam ayat tersebut, juga ditegaskan bahwa ketentuan ini berasal dari Allah dengan ancaman halus agar tidak terjadi penyimpangan dari kebenaran.⁴⁶ Allah mengulangi perintah untuk menghadap kiblat sekali lagi, dengan maksud untuk menjelaskan bahwa menghadap kiblat adalah suatu hal yang umum dan biasa dalam segala waktu dan tempat. Menghadap Masjidil Haram adalah bagian dari syariat yang berlaku secara umum di setiap waktu dan tempat. Menghadap kiblat (Masjidil Haram) adalah suatu kebenaran yang sesuai dengan hikmah dan kebaikan yang berasal dari Tuhanmu.⁴⁷

⁴³ Abdul Halim Hasan, *Tafsir Al-Ahkam*, (Jakarta: Kencana Prenada Media Group, 2006), hlm. 18.

⁴⁴ Ahmad Izzuddin, *Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat Dan Akurasinya*, hlm. 121.

⁴⁵ Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an & Tafsirnya; Jilid 1*, hlm. 229.

⁴⁶ Sayyid Quthb, *Tafsir Fi Dhalil Qur'an, Juz I*, (Jakarta: Gema Insani, 2000), hlm. 165.

⁴⁷ Tengku Muhammad Hasbi as-Sidiqy, *Tafsir al-Qur'an al-Majid al-Nur, Jilid I*,(Jakarta: PT. Cakrawala Surya Prima, 2011), hlm. 149.

Firman Allah dalam Q.S al-Baqarah [2] ayat 150 :

وَمِنْ حَيْثُ خَرَجْتَ فَوَلِّ وَجْهَكَ شَطْرَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ ۗ وَحَيْثُ مَا كُنْتُمْ فَوَلُّوا
وُجُوهَكُمْ شَطْرَهُ ۗ لِئَلَّا يَكُونَ لِلنَّاسِ عَلَيْكُمْ حُجَّةٌ إِلَّا الَّذِينَ ظَلَمُوا مِنْهُمْ فَلَا
تَخْشَوْهُمْ وَاخْشَوْنِي ۗ وَلَا تَمَّ نِعْمَتِي عَلَيْكُمْ وَلَعَلَّكُمْ تَهْتَدُونَ ۙ

Artinya: *“Dari mana pun kamu keluar, hadapkanlah wajahmu ke arah Masjidil Haram. Di mana pun kamu berada, hadapkanlah wajahmu ke arah itu agar tidak ada alasan bagi orang untuk menentangmu, kecuali orang-orang zalim. Jangan kamu takut pada mereka, tetapi takutlah kepada-Ku agar Aku sempurnakan nikmat-Ku kepadamu dan agar kamu mendapat petunjuk.”*⁴⁸

Dalam ayat-ayat yang telah disebutkan diatas, firman Allah dalam kata *فَوَلِّ وَجْهَكَ شَطْرَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ* disebutkan sampai tiga kali. Menurut Ibnu Abbas, sebagaimana dikutip oleh Ibnu Katsir, pengulangan perintah tersebut berfungsi untuk menegaskan pentingnya menghadap kiblat (*ta'kid*). Pendapat tersebut menunjukkan bahwa pengulangan ayat tersebut memiliki tujuan yang signifikan. Di sisi lain, menurut Fakhrudin al-Razi, sebagaimana dikutip oleh Ibnu Katsir, pengulangan tersebut menunjukkan fungsi yang berbeda-beda.

Pada ayat 144 dari Surat al-Baqarah, ungkapan tersebut ditujukan kepada orang-orang yang dapat melihat Kakbah, sementara pada ayat 149 dari Surat al-Baqarah, ungkapan tersebut ditujukan kepada orang-orang yang berada di luar Masjid al-Haram. Kemudian, pada ayat 150 dari Surat al-Baqarah, ungkapan tersebut ditujukan kepada orang-orang yang berada di negeri-negeri yang jauh. Hal ini menunjukkan bahwa pengulangan ayat tersebut memiliki aplikasi yang berbeda tergantung pada situasi dan kondisi masing-masing.

Dalam keseluruhan pengulangan perintah tersebut menunjukkan betapa pentingnya menghadap kiblat dalam ibadah umat Muslim, baik itu bagi yang

⁴⁸ Kementerian Agama RI, *Al-Qur'an & Tafsirnya; Jilid 1*, hlm. 229.

dapat melihat Kakbah langsung, berada di luar Masjid al-Haram, maupun berada di negeri-negeri yang jauh.⁴⁹

b. Dasar Hukum dari al-Hadits

Hadits Riwayat Muslim

حدثنا ابو بكر بن اب شيبة حدثنا عفان حدثنا محاد بن سلمة عن ثابت عن
انس أن رسول اهلل صلى اهلل عليه وسلم كان يصلى حنو بيت املقدس
فنزلت (قد نرى تقلب وجهك فف السماء فلنولينك قبلة ترضاها فول وجهك
شطر املسجد احلرام) فمر رجل من بن سلمة وهم ركوع فف صلاة الفجر
قددصلو ركعة فنادى أأل إن القبة قد حولت فمالو كما هم حنو القبلة
(رواه املسلم)⁵⁰

Artinya: “Ber cerita Abu Bakar bin Abi Syaibah, bercerita Hammad bin Salamah, dari Tsabit dari Annas: Bahwa sesungguhnya Rasulullah saw. pada suatu hari sedang shalat dengan menghadap Baitul Maqdis, kemudian turunlah ayat “Sesungguhnya Aku melihat mukamu sering menengadah ke langit, maka sungguh kamu palingkan mukamu ke kiblat yang kamu kehendaki. Palingkanlah mukamu ke arah Masjidil Haram” kemudian ada seseorang dari Bani Salamah berpergian, menjumpai sekelompok sahabat sedang ruku’ pada shalat fajar. Lalu ia menyeru, “Sesungguhnya kiblat telah berubah” Lalu mereka berpaling seperti kelompok Nabi yakni ke arah kiblat.”

Hadis ini menyatakan, bahwa menghadap kiblat dalam shalat adalah suatu kewajiban yang difardukan. Tegasnya hadis ini mewajibkan menghadap kiblat dalam shalat. Sebagaimana pendapat alSyaukani bahwa ulama semuanya menetapkan bahwa menghadap kiblat dalam shalat menjadi syarat sahnya shalat, kecuali jika tak sanggup melakukannya, seperti di kala

⁴⁹ Ibn Katsir, *Tafsir al-Qur’an al-‘Azhim, Jilid I*, (Beirut: Dar al-Fikr, 1992), hlm. 243.

⁵⁰ Abu Al-Husain Muslim Bin Al-Hajjaj Bin Muslim Al-Qusyairy An-Naisabury, *Shahih Muslim, Juz. I*, (Beirut: Darul Kutubil ‘Ilmiyyah, t.t), hlm. 214-215.

ketakutan dan dalam peperangan yang sangat sengitnya dan di shalat sunat dalam safar (perjalanan) yang dikerjakan di atas kendaraan.⁵¹

Al-Hafiz dalam *Fath al-Bari* menjelaskan bahwa penggantian kiblat itu diterima Nabi saw. di kala salat Zuhur. Tersiarinya berita ke seluruh kota Madinah di kala telah masuk waktu Asar, dan sampainya berita itu ke Quba (suatu kampung yang jauhnya 3 mil dari Madinah), adalah pada salat subuh besoknya. Ubbad bin Basyar dari bani Salamah, yang menyampaikan kepada penduduk Quba. Ubbad berkata kepada mereka bahwannya ia telah salat beserta Nabi saw. menghadap ke arah Kakbah, tidak lagi menghadap ke arah Baitul Maqdis. Di kala orang yang sedang salat itu, mendengar katanya, berpalinglah mereka ke arah Kakbah.⁵²

c. Pendapat Para Ulama

Pada awalnya, arah kiblat ditujukan ke Baitul Maqdis atau Masjidil Aqsa di Yerusalem, Palestina. Ketika Nabi Muhammad saw. hijrah ke Madinah pada tahun 624 M, beliau melaksanakan shalat menghadap ke arah Baitul Maqdis selama sekitar 16 bulan, sebelum kemudian menerima perintah untuk menghadap ke arah Baitul Haram (Kakbah di Mekah). Beberapa ulama berpendapat bahwa perubahan ini terjadi karena adanya perselisihan atau perbedaan pendapat di antara Rasulullah saw. dan masyarakat Muslim di Madinah terkait arah kiblat yang sebelumnya ditujukan ke Baitul Maqdis.⁵³

Pada saat itu, kota Mekah sedang berada dalam masa yang disebut zaman kegelapan, di mana mayoritas penduduknya menganut kepercayaan paganisme dan menyembah berhala. Bahkan, Kakbah sendiri, yang merupakan bangunan suci di Mekah, diisi dengan banyak berhala, termasuk berhala yang paling besar yang disebut Hubal. Praktik penyembahan berhala menjadi pusat peribadatan pada waktu itu.

Sebaliknya, kota Yatsrib (Madinah) memiliki populasi penduduk yang telah mengenal agama (*dien*). Di antara mereka terdapat suku Bani Najran

⁵¹ Teungku Muhammad Hasbi ash-Shiddieqy, *Koleksi Hadis-Hadis Hukum*, Juz II, (Semarang: Pustaka Rizki Putra, Cet. ke-2, 2001), hlm. 390-391.

⁵² Imam al-Hafiz Ahmad bin Ali bin Hajar al-Asqalani, *Fath al-Bari*, Juz I, (Beirut: Dar alFikr, t.t), hlm. 506.

⁵³ Ahmad Izzan dan Iman Saifullah. *Studi Ilmu Falak Cara Mudah Belajar Ilmu Falak*, (Banten: Pustaka Aulia Media, cet ke-1, 2013), hlm. 98.

yang menganut agama Nasrani dan suku Bani Quraidzah yang menganut agama Yahudi. Menurut riwayat, pada saat kondisi Mekah dan Madinah seperti itu, Nabi Muhammad SAW baru saja hijrah ke Madinah dan melaksanakan shalat menghadap ke Baitul Maqdis. Meskipun sebelumnya, saat berada di Mekah, Rasulullah dan para sahabat melaksanakan shalat menghadap kiblat ke arah Ka'bah yang terletak di Masjidil Haram di Mekah.

Para ulama sepakat bahwa Kakbah adalah kiblat bagi seluruh umat Islam dalam melaksanakan kewajiban ibadah shalat. Namun, dalam hal teknis dan tata cara menghadap kiblat, terdapat perbedaan pendapat terutama di daerah-daerah yang berjarak jauh dari Kakbah. Dalam situasi di mana bentuk fisik Kakbah tidak terlihat atau tidak dapat dilihat dengan jelas, para ulama masih memiliki perbedaan pendapat mengenai teknis menghadap kiblat.⁵⁴ Setidaknya ada dua versi pendapat di kalangan ulama, yaitu :

1. Pendapat Ulama Syafi'i dan Hambali. Menurut keduanya, yang wajib adalah ke '*ainul Kakbah*. Dan bagi orang yang tidak bisa melihat Kakbah secara langsung, maka ia harus menyengaja menghadap ke arah di mana Kakbah berada walaupun pada hakikatnya ia menghadap jihatnya saja. Sehingga yang menjadi kewajiban adalah menghadap ke arah Kakbah persis dan tidak cukup menghadap ke arahnya saja.⁵⁵
2. Pendapat ulama Hanafi dan Maliki menyatakan bahwa yang wajib adalah menghadap ke arah *jihatul Kakbah*, yaitu arah umum Kakbah. Jadi, bagi orang yang dapat melihat Kakbah secara langsung, ia harus menghadap ke arah langsung Kakbah (*'ainul Kakbah*). Namun, jika seseorang berada jauh dari Mekah, maka cukup dengan menghadap ke arah Kakbah secara umum (tidak perlu persis). Dalam hal ini, cukup dengan berdasarkan dugaan atau keyakinannya bahwa di sana adalah arah kiblat yang benar..⁵⁶

⁵⁴ Moh. Murtadho, *Ilmu Falak Praktis*, hlm. 132.

⁵⁵ Abdurrahman bin Muhammad Awwad Al-Jaziry, *Kitabul Fiqh Ala Madzahibil Arba'ah*, (Beirut: Dar Ihya At tyrats Al araby, 1699), hlm. 177.

⁵⁶ Muhammad Ali As Shabuni, *Tafsir Ayat Ahkam As Shabuni*, (Surabaya: Bina Ilmu, 1983), hlm. 82.

C. Sejarah Kiblat dan Perpindahan Arah Kiblat

Kakbah merupakan titik pusat ibadah bagi seluruh umat Islam di manapun berada. Selain itu, Kakbah juga menjadi pusat dari Masjidil Haram, yang merupakan masjid tertua dan terbesar di dunia dalam hal kapasitasnya untuk menampung jamaah.⁵⁷ Kakbah dikenal sebagai tempat ibadah yang paling terkenal dalam agama Islam dan sering disebut sebagai Baitullah (*The Temple or House of God*).⁵⁸ Menurut *The Encyclopedia of Religion*, Kakbah adalah bangunan yang terdiri dari batu-batu granit Mekah yang dirangkai membentuk bangunan berbentuk kubus dengan tinggi sekitar 16 meter, panjang 13 meter, dan lebar 11 meter.⁵⁹ Batu-batu tersebut diambil dari lima gunung suci, yaitu Sinai, al-Judi, Hira, Olivet, dan Lebanon, untuk membangun Kakbah.⁶⁰

Menurut Yaqut al-Hamawi,⁶¹ Nabi Adam AS dianggap sebagai tokoh yang pertama kali meletakkan dasar bangunan Kakbah di Bumi, karena lokasi Kakbah dipercaya berada di tempat kemah Nabi Adam AS setelah ia diturunkan oleh Allah SWT dari surga ke Bumi.⁶² Nabi Adam AS juga dianggap sebagai orang pertama yang melakukan salat dan tawaf di sekitar Kakbah. Nabi Adam AS terus menerus melaksanakan ibadah salat dan tawaf di sekitar Kakbah, namun kemudian Allah SWT mengirimkan angin topan yang mengakibatkan bangunan Kakbah itu lenyap, hanya tersisa pondasi dasarnya.⁶³

Pada masa Nabi Ibrahim AS dan putranya Nabi Ismail AS, lokasi itu digunakan untuk membangun sebuah rumah ibadah. Bangunan ini merupakan rumah ibadah pertama yang dibangun, berdasarkan ayat al-Quran surat al-Imran ayat 96:

⁵⁷ Ma'rufin Sudiby, *Sang Nabi Pun Berputar (Arah Kiblat dan Tata Cara Pengukurannya)*, hlm. 1.

⁵⁸ C. E. Bostworth, et. al (ed), *The Encyclopedia Of Islam, Vol. IV*, (Leiden : E. J. Brill, 1978), hlm. 317.

⁵⁹ Mircea Eliade (ed), *The Encyclopedia Of Religion, Vol. 7*, (New York : Macmillan Publishing Company, t.t), hlm. 225.

⁶⁰ Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, hlm. 34-35.

⁶¹ Ahli sejarah dari Irak lahir pada tahun 575 H/1179 M dan wafat pada tahun 626 H/ 1229 M.

⁶² Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis ; Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*, hlm. 26

⁶³ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1 (Penentuan Awal Waktu Shalat dan Arah Kiblat seluruh Dunia)*, hlm. 160.

إِنَّ أَوَّلَ بَيْتٍ وُضِعَ لِلنَّاسِ لَلَّذِي بِبَكَّةَ مُبْرَكًا وَهُدًى لِّلْعَالَمِينَ⁶⁴

Artinya: “*Sesungguhnya rumah yang mula-mula dibangun untuk tempat beribadah manusia ialah Baitullah yang di Bakkah (Mekah) yang diberkahi dan menjadi petunjuk bagi semua manusia.*”

Dalam proses pembangunannya, Nabi Ismail AS menerima Hajar Aswad (batu hitam) dari Malaikat Jibril di Jabal Qubais, dan meletakkannya di sudut tenggara bangunan.⁶⁵ Bangunan tersebut memiliki bentuk kubus yang dalam bahasa Arab disebut *Muka'ab*, dan dari sinilah muncul sebutan Kakbah.⁶⁶ Nabi Ismail bertugas membawa batu tersebut, sedangkan Nabi Ibrahim menyusunnya. Ketika susunan batu semakin tinggi, Nabi Ismail membawa sebuah batu sebagai pijakan bagi Nabi Ibrahim. Batu inilah yang kemudian dikenal dengan nama Maqam Ibrahim.⁶⁷

Setelah Nabi Ibrahim AS meninggal, Nabi Ismail AS menjadi pemegang kuasa atas Kakbah sampai beliau wafat. Setelah itu, tanggung jawab pemeliharaan Kakbah diwarisi oleh keturunannya. Namun, pada suatu saat, suku Bani Khuza'ah datang dan merebut kendali atas Kakbah setelah berperang dengan suku-suku lain di sekitarnya. Suku Bani Khuza'ah memperkenalkan praktik penyembahan berhala kepada masyarakat setempat. Orang pertama yang membawa berhala ke dalam Kakbah adalah Amr bin Lahy, nenek moyang dari suku Bani Khuza'ah, dengan persetujuan dari suku Bani Jurhum.⁶⁸

Setelah itu, tanggung jawab pemeliharaan Kakbah dilanjutkan oleh kabilah-kabilah Quraisy, yang merupakan keturunan Nabi Ismail. Salah satu tokoh penting dalam garis keturunan tersebut adalah Qushay bin Kilab, yang memimpin suku Quraisy. Qushay adalah orang yang pertama kali membangun atap Kakbah. Atap tersebut terbuat dari kayu dum dan pelepah kurma. Ketika Islam semakin dekat,

⁶⁴ Departemen Agama Republik Indonesia, *Mushaf Al-Qur'an Terjemah*. (Jakarta: Kelompok Gema Insani, 2002, hlm. 62. Dalam hal ini Ahli Kitab mengatakan bahwa rumah ibadah yang pertama kali di bangun berada di Bait al-Maqdis, dan oleh karena itu Allah membantahnya.

⁶⁵ Achmad Jaelani, et al, *Hisab Rukyat Menghadap Kiblat (Fiqh, Aplikasi, Praktis, Fatwa dan Software)*, hlm. 17.

⁶⁶ Mircea Eliade (ed), *The Encyclopedia Of Religion*, hlm. 228. Dalam The Encyclopedia Of Religion disebutkan bahwa Hajar Aswad atau batu hitam yang terletak di sudut tenggara

⁶⁷ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1(Penentuan Awal Waktu Shalat dan Arah Kiblat seluruh Dunia)*, hlm. 161.

⁶⁸ Azraqiy, *Akhbar Makkah, Jilid I, (Mekkah : Al-Majidiyyah, tth)*, hlm. 97-98.

Kakbah dijaga oleh Abdul Muthalib, kakek dari Nabi Muhammad saw. Abdul Muthalib menghiasi pintu Kakbah dengan emas yang ditemukan saat menggali sumur Zamzam.⁶⁹

Bangsa Quraisy kemudian membangun enam tiang di dalam Kakbah, dengan dua tiang sejajar. Di bawah saran Hudzaifah bin Mughirrah, bagian pintu Kakbah ditinggikan. Mughirrah berharap agar bangunan Kakbah dilengkapi tangga dan hanya dapat diakses oleh orang-orang tertentu. Akibat saran tersebut, tinggi Kakbah berubah dari 9 hasta menjadi 18 hasta.⁷⁰

Seiring berjalannya waktu, Kakbah sebagai bangunan bersejarah semakin terkikis dan mengalami kerusakan, dengan banyak bagian tembok yang retak dan bengkok. Beberapa tahun sebelum peristiwa *biṣah* (pembebasan Mekah), banjir melanda Mekah dan menggenangi Kakbah. Akibatnya, orang-orang Quraisy menyepakati untuk merenovasi Kakbah guna mempertahankan kedudukannya sebagai tempat suci. Para pemimpin kabilah dan tokoh masyarakat Quraisy turut serta dalam renovasi ini.

Kakbah kemudian dibagi menjadi empat bagian oleh Quraisy, di mana setiap kabilah bertanggung jawab untuk merenovasi dan membangun kembali satu sudut Kakbah. Namun, ketika tiba saat meletakkan *Hajar Aswad*, mereka terjadi perselisihan tentang siapa yang berhak meletakkannya. Akhirnya, pilihan jatuh pada seseorang yang dikenal sebagai *al-Amin* (yang jujur atau yang dipercaya), yaitu Muhammad bin Abdullah. Setelah penaklukan kota Mekah oleh kaum muslimin, pemeliharaan Kakbah diserahkan kepada mereka. Berhala-berhala yang melambangkan penyembahan berhala di sekitar Kakbah dihancurkan oleh kaum muslimin sebagai tindakan menghilangkan praktik musyrik.⁷¹

Dalam riwayat yang disebutkan oleh Ibnu Abi Syaibah, Abu Daud, dan Al-Baihaqi dari Ibnu Abbas, disebutkan bahwa saat Nabi Muhammad masih berada di Mekah sebelum hijrah ke Madinah, beliau menghadap ke arah Baitul Maqdis ketika melaksanakan shalat, meskipun Kakbah berada di hadapannya. Namun, setelah hijrah ke Madinah, beliau langsung mengubah arah kiblatnya ke Baitul Maqdis, dan

⁶⁹ Susiknan Azhari, *Ilmu Falak : Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern*, (Yogyakarta : Suara Muhammadiyah, 2007), hlm. 42.

⁷⁰ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1 (Penentuan Awal Waktu Shalat dan Arah Kiblat seluruh Dunia)*, hlm. 163.

⁷¹ Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, hlm. 34-35.

hal ini berlangsung selama kurang lebih 16 bulan. Kemudian, Allah memerintahkan beliau untuk menghadap ke Kakbah, dan kiblat pun berubah ke arah Kakbah..⁷²

Dalam kitab *Fath al-Bari*, Al-Hafiz menjelaskan bahwa perubahan kiblat tersebut diterima oleh Nabi Muhammad saw. ketika beliau sedang melaksanakan salat Zuhur. Berita tentang perubahan kiblat ini menyebar ke seluruh kota Madinah pada waktu Asar, dan sampai ke Quba (sebuah kampung yang berjarak 3 mil dari Madinah) pada salat subuh keesokan harinya. Ubbad bin Basyar dari Bani Salamah menjadi orang yang menyampaikan berita tersebut kepada penduduk Quba. Ubbad mengatakan kepada mereka bahwa ia telah melaksanakan salat bersama Nabi Muhammad saw. dengan menghadap ke arah Kakbah, bukan lagi menghadap ke arah Baitul Maqdis. Ketika orang-orang yang sedang salat mendengar berita tersebut, mereka berpaling ke arah Kakbah..⁷³

D. Macam-Macam Metode Penentuan Arah Kiblat

Menurut Ahmad Izzuddin dalam bukunya yang berjudul "*Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat dan Akurasinya*," terdapat klasifikasi metode penentuan arah kiblat berdasarkan tipologi aplikasinya. Metode-metode tersebut adalah metode alamiah, metode alamiah ilmiah, dan metode ilmiah alamiah.

1. Metode alamiah adalah metode penentuan arah kiblat yang didasarkan pada pengamatan fenomena alam, seperti matahari, bintang, dan bayangan. Contohnya adalah menggunakan matahari terbit dan terbenam sebagai patokan arah kiblat.
2. Metode alamiah ilmiah adalah pengembangan dari metode alamiah dengan menggunakan pengetahuan ilmiah dan perhitungan matematis untuk meningkatkan akurasi penentuan arah kiblat. Metode ini menggabungkan faktor alamiah dengan pemahaman ilmiah, seperti penggunaan peta dan instrumen seperti kompas.

⁷² Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1 (Penentuan Awal Waktu Shalat dan Arah Kiblat seluruh Dunia)*, hlm. 170.

⁷³ Imam al-Hafiz Ahmad bin Ali bin Hajar al-Asqalani, *Fath al-Bari, Juz I*, (Beirut: Dar alFikr, t.t), hlm. 506.

3. Metode ilmiah alamiah adalah metode penentuan arah kiblat yang didasarkan sepenuhnya pada pengetahuan ilmiah dan penggunaan instrumen teknologi modern. Metode ini melibatkan penggunaan teknologi seperti GPS (*Global Positioning System*) dan komputer untuk menghitung secara akurat arah kiblat.

Klasifikasi ini membantu dalam memahami beragam metode yang digunakan dalam penentuan arah kiblat, dan penting untuk melakukan penelitian dan teliti dalam memilih metode yang paling sesuai dan akurat.⁷⁴ Berikut adalah penjelasan dari metode-metode penentuan arah kiblat berdasarkan tipologi aplikasinya :

- a. Metode Alamiah (Natural)

Metode pengukuran arah kiblat yang murni merujuk pada gejala atau tanda alam, metode-metode pengukuran arah kiblat yang termasuk dalam kategori alamiah adalah :

- 1). Menggunakan Rasi Bintang

Rasi bintang merupakan kelompok bintang-bintang yang terlihat berdekatan dan membentuk pola tertentu di langit. Menurut International Astronomical Union (IAU), langit dibagi menjadi 88 kawasan rasi bintang yang berbeda.⁷⁵

Metode pengukuran arah kiblat dengan menggunakan rasi bintang telah ada sejak zaman Nabi Muhammad dan para sahabat. Pada masa Nabi berada di Madinah, beliau melakukan ijtihad (upaya berpikir) untuk menentukan arah kiblat dan memilih untuk menghadap ke arah selatan. Hal ini disebabkan oleh posisi geografis Madinah yang berada di utara Mekah, sehingga arah kiblat ke Kakbah adalah ke arah selatan.⁷⁶

⁷⁴ Ahmad Izzuddin, *Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat Dan Akurasinya*, hlm. 146-147.

⁷⁵ Ahmad Izzuddin, *Menentukan Arah Kiblat Praktis*, (Semarang : Walisongo Press, Juli 2010, cet 1), hlm. 45-46

⁷⁶ Ahmad Izzuddin, *Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat Dan Akurasinya*, hlm. 63.

Dengan menggunakan rasi bintang sebagai pedoman, mereka dapat mengamati bintang-bintang di langit dan menentukan arah kiblat dengan mengacu pada pola-pola yang terlihat. Ini menjadi salah satu metode yang digunakan pada saat itu untuk menentukan arah kiblat, terutama di daerah yang jauh dari Mekah.

Dalam metode ini, ada beberapa bintang atau rasi bintang yang dapat dijadikan pedoman, ada rasi bintang yang menghasilkan arah selatan, arah utara atau bahkan arah kiblat secara langsung. Di bawah ini adalah metode penggunaan rasi bintang untuk menentukan arah kiblat.

Pertama, menggunakan rasi bintang Crux (salib selatan). Rasi bintang Crux terdiri dari empat bintang yang membentuk pola salib dan terletak di bagian selatan langit. Dari bintang paling atas (Gacrux), garis lurus yang ditarik melalui bintang paling bawah (Acrux) akan memotong garis cakrawala di titik selatan. Metode ini cocok digunakan di belahan bumi selatan.⁷⁷

Kedua, menggunakan bintang Polaris (bintang utara). Bintang Polaris, juga dikenal sebagai Bintang Utara atau North Star, terletak dekat dengan kutub utara langit. Bintang ini hanya berjarak sekitar 1 derajat dari kutub utara dan tidak bergerak dari posisinya karena sumbu bumi mengarah ke arahnya. Oleh karena itu, bintang Polaris dapat digunakan sebagai panduan arah utara.⁷⁸

Ketiga, menggunakan rasi bintang Orion. Rasi bintang Orion dapat digunakan khususnya di wilayah Indonesia. Pada rasi ini, terdapat tiga bintang yang berderet, yaitu Mintaka, Alnilam, dan Alnitak. Arah kiblat dapat ditentukan dengan memanjangkan garis dari Alnitak melalui Alnilam hingga Mintaka ke arah barat.⁷⁹

⁷⁷ A. Kadir, *Fiqh Qiblat : Cara Sederhana Menentukan Arah Shalat Agar Sesuai Syari'at*, (Yogyakarta: Pustaka Pesantren, cet ke-1, 2012), hlm. 42.

⁷⁸ Ihwan Muttaqin, *Skripsi Studi Analisis Metode Penentuan Arah Kiblat Dengan Menggunakan Equatorial Sundial*, (Semarang : Fakultas Syariah IAIN Walisongo, 2012), hlm. 29.

⁷⁹ Ahmad Izzuddin, *Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat Dan Akurasinya*, hlm. 66.

Metode-metode ini memberikan alternatif untuk menentukan arah kiblat dengan memanfaatkan posisi rasi bintang di langit. Namun, penting untuk dicatat bahwa penggunaan metode ini memerlukan pengetahuan dan ketelitian dalam mengamati langit, serta pemahaman tentang lokasi geografis pengamat.

b. Metode Alamiah Ilmiah

Klasifikasi metode alamiah ilmiah ini didasarkan pada kejadian atau fenomena alam yang kemudian dimanfaatkan untuk mengukur arah kiblat dengan perhitungan. Yang termasuk dalam metode ini adalah sebagai berikut:

1) Menggunakan Kompas

Kompas merupakan alat navigasi yang menggunakan prinsip medan magnet untuk menunjukkan arah mata angin. Kompas terdiri dari sebuah jarum magnet yang diikat pada sebuah poros sehingga dapat bergerak secara bebas. Jarum magnet dalam kompas selalu bergerak dan menyesuaikan diri dengan medan magnet bumi.⁸⁰

Ketika kompas diarahkan secara horizontal, jarum magnet pada kompas akan menunjukkan arah utara dan selatan magnetis. Jarum kompas akan selalu menunjuk ke arah utara magnetis yang berarti arah selatan magnetis berada di arah berlawanan. Penggunaan kompas sangat penting dalam navigasi, orientasi, dan penentuan arah, baik dalam aktivitas sehari-hari maupun dalam petualangan di alam bebas.

2) Menggunakan Tongkat Istiwa'

Tongkat Istiwa adalah sebuah alat bantu yang digunakan untuk menentukan arah timur-barat sejati dan dengan demikian menentukan arah utara-selatan sejati. Alat ini dapat dibuat dari bahan seperti besi, kayu, atau benda lain yang tegak lurus.

Caranya, tongkat Istiwa ditempatkan di tengah-tengah lingkaran atau area datar dengan posisi tegak lurus sebagai titik

⁸⁰ Ahmad Izzuddin, *Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat Dan Akurasinya*, hlm. 67.

pusatnya. Lingkaran tersebut digunakan untuk membentuk garis timur-barat sejati. Setelah arah timur-barat sejati diketahui, garis tegak lurus dibuat untuk menentukan garis utara-selatan sejati.

Dengan mengetahui keempat arah mata angin sejati (utara, selatan, timur, dan barat), arah kiblat dapat ditentukan berdasarkan perhitungan arah kiblat yang relevan dengan lokasi tempat tersebut. Perhitungan ini dapat dilakukan dengan mempertimbangkan titik Utara sejati maupun titik Barat sejati.

Tongkat Istiwa adalah salah satu alat yang digunakan dalam penentuan arah kiblat dan dapat membantu dalam menavigasi dan menentukan arah dengan lebih akurat, terutama dalam situasi di mana tidak ada kompas atau alat navigasi modern lainnya.

3) Menggunakan Astrolabe atau Rubu' Mujayyab

Astrolabe adalah sebuah alat yang digunakan untuk memodelkan langit secara matematis. Alat ini dapat diatur untuk memberikan informasi mengenai posisi benda langit, waktu sepanjang tahun, dan informasi astrologi lainnya. Astrolabe sangat berguna dalam memecahkan berbagai masalah astronomi dan penanggalan, termasuk dalam menentukan waktu salat dan arah kiblat.⁸¹

Rubu' Mujayyab, atau juga dikenal sebagai *Quadrant*, adalah alat yang digunakan untuk menghitung fungsi geometris. Alat ini biasanya terbuat dari kayu atau papan yang memiliki bentuk seperti seperempat lingkaran. Salah satu sisi alat ini dilapisi dengan kertas yang memiliki gambar seperempat lingkaran, garis-garis derajat, dan garis-garis lainnya. Rubu' Mujayyab digunakan dalam bidang geometri untuk melakukan proyeksi peredaran benda langit pada lingkaran vertikal.⁸²

⁸¹ Howard R. Turner, *Science in Medieval Islam An Illustrated Introduction*, diterjemahkan oleh Anggota IKAPI, *Sains Islam yang Mengagumkan (sebuah catatan terhadap abad pertengahan)*, (Bandung : Nuansa, cet 1, 2004), hlm. 101.

⁸² Badan Hisab dan Rukyat Departemen Agama, *Almanak Hisab Rukyat*, (Jakarta : Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam, 1981), hlm. 132.

Kedua alat ini, astrolabe dan Rubu' Mujayyab, merupakan alat-alat tradisional yang telah digunakan dalam astronomi dan navigasi sejak zaman dahulu. Mereka membantu dalam perhitungan dan penentuan posisi benda langit serta memberikan informasi penting dalam hal waktu, penanggalan, dan arah kiblat.

4) Menggunakan Busur Derajat

Busur derajat, juga dikenal sebagai busur, adalah alat pengukur sudut yang memiliki bentuk setengah lingkaran (180°) atau lingkaran penuh (360°). Penggunaan busur mirip dengan Rubu' Mujayyab. Caranya adalah dengan meletakkan pusat busur pada titik perpotongan antara arah Utara-Selatan dan Barat-Timur. Selanjutnya, tandai sudut kiblat yang ingin ditentukan. Tarik garis dari titik pusat menuju tanda sudut tersebut, dan itulah arah kiblat yang dicari.

Dengan menggunakan busur derajat, seseorang dapat dengan mudah menentukan arah kiblat dengan mengukur sudut tertentu dari titik perpotongan Utara-Selatan dan Barat-Timur. Alat ini digunakan dalam berbagai konteks, termasuk dalam penentuan arah kiblat di berbagai tempat. Dengan penggunaan busur derajat, seseorang dapat memperoleh hasil yang akurat dalam menentukan arah kiblat sesuai dengan sudut yang diinginkan.⁸³

5) Menggunakan Segitiga Kiblat

Segitiga kiblat adalah metode pengukuran arah kiblat yang menggunakan segitiga siku-siku berdasarkan nilai azimuth kiblat suatu tempat. Metode ini berguna untuk memudahkan penerapan sudut kiblat di lapangan setelah pengguna mengetahui azimuth kiblat. Pada dasarnya, segitiga kiblat mengandalkan perbandingan-perbandingan trigonometri dalam segitiga siku-siku. Dalam segitiga siku-siku, terdapat tiga sudut, yaitu sudut 90 derajat (siku-siku),

⁸³ Ahmad Izzuddin, *Kajian Terhadap Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat Dan Akurasinya*, hlm. 74-75.

sudut terhadap arah kiblat, dan sudut yang merupakan komplementer dari sudut terhadap arah kiblat.

Dengan menggunakan perbandingan-perbandingan trigonometri dalam segitiga siku-siku, seperti sin, cos, dan tan, pengguna dapat menghitung nilai sudut kiblat berdasarkan informasi azimuth kiblat yang telah diketahui sebelumnya. Informasi ini membantu dalam menentukan sudut yang harus diterapkan pada segitiga kiblat saat pengukuran arah kiblat di lapangan. Dengan demikian, segitiga kiblat memberikan pendekatan yang matematis dalam menentukan sudut kiblat dengan memanfaatkan perbandingan-perbandingan trigonometri dalam segitiga siku-siku.⁸⁴

6) Menggunakan *Mizwala Qibla Finder*

Mizwala Qibla Finder merupakan sebuah alat praktis yang dikembangkan oleh Hendro Setyanto untuk menentukan arah kiblat secara praktis dengan menggunakan sinar Matahari. Alat ini merupakan modifikasi dari bentuk Sundial atau jam matahari tradisional. Mizwala terdiri dari beberapa komponen, antara lain:

- a) Gnomon: Tongkat berdiri yang berfungsi sebagai penunjuk bayangan sinar Matahari.
- b) Bidang dial: Bidang lingkaran yang memiliki skala sudut derajat untuk menentukan arah kiblat.
- c) Kompas kecil: Digunakan sebagai patokan atau acuan untuk menentukan posisi dan arah.

Untuk menentukan arah kiblat menggunakan Mizwala, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a) Menggunakan sinar Matahari, ambil bayangan dari Gnomon pada waktu yang diinginkan.
- b) Putar bidang dial sebesar sudut yang telah ditentukan sesuai dengan program.
- c) Perhatikan sudut azimuth kiblat pada bidang dial dan tarik garis menggunakan benang.

⁸⁴ Ahmad Izzuddin, *Menentukan Arah Kiblat Praktis*, hlm. 57.

d) Garis yang terbentuk merupakan arah kiblat yang diinginkan.

Dengan menggunakan Mizwala, pengguna dapat dengan mudah menentukan arah kiblat dengan memanfaatkan sinar Matahari dan mengikuti langkah-langkah yang telah ditentukan. Alat ini dirancang untuk memberikan kemudahan dan kepraktisan dalam menentukan arah kiblat dengan metode yang sederhana namun efektif.⁸⁵

7) Menggunakan *Istiwa'aini*

Istiwa'aini adalah *tatsniyyah* dari kata *istiwa'*, yaitu sebuah alat sederhana yang terdiri dari dua tongkat *istiwa'* yang artinya keadaan lurus⁸⁶ yaitu sebuah tongkat yang berdiri tegak lurus. Istiwa'aini merupakan alat karya Slamet Hambali. Satu tongkat berada di titik pusat lingkaran dan satunya lagi berada di titik 0° lingkaran.⁸⁷ Alat ini didesain untuk mendapatkan arah kiblat, arah *true north* dan sebagainya yang akurat dengan biaya murah, walaupun sistem penggunaannya sama dengan theodolite yang harganya sangat mahal.⁸⁸

8) Menggunakan *Theodolite*

Theodolite memang merupakan alat yang digunakan untuk mengukur sudut horisontal (*Horizontal Angle* = HA) dan sudut vertikal (*Vertical Angle* = VA). Alat ini biasanya digunakan dalam survei geologi dan geodesi untuk melakukan pemetaan. *Theodolite* memanfaatkan posisi dan pergerakan benda-benda langit serta bantuan satelit GPS untuk menentukan posisi dengan presisi hingga satuan detik busur.

⁸⁵ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis ; Metode Hisab dan Rukyat Praktis Dan Solusi Permasalahannya*, hlm. 72.

⁸⁶ Ahmad Warson Munawir, *Al-Munawwir Kamus Arab-Indonesia*, hlm. 682.

⁸⁷ Slamet Hambali, *Makalah Seminar Nasional Uji Kelayakan Istiwa'aini Sebagai Alat Bantu Menentukan Arah Kiblat yang Akurat*, oleh Prodi Ilmu Falak Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang, pada hari Kamis, 5 Desember 2013 di Audit 1 lantai 2 kampus 1 IAIN Walisongo Semarang, hlm. 7.

⁸⁸ Slamet Hambali, *Laporan Hasil Penelitian Individual Menguji Kakuratan Hasil Pengukuran Arah Kiblat Menggunakan Istiwa'aini Karya Slamet Hambali*, (Semarang : IAIN Walisongo Semarang, 2014), hlm. 64.

Theodolite terdiri dari sebuah teleskop kecil yang dipasang pada sebuah dudukan atau tripod. Ketika teleskop diarahkan ke suatu titik, angka kedudukan vertikal dan horizontal pada skala theodolite akan berubah sesuai dengan perubahan sudut pergerakan teleskop tersebut. Alat ini dapat memberikan pembacaan sudut dengan akurasi tinggi, bahkan hingga satuan detik busur (1/3600).

Dalam pengukuran arah kiblat, *theodolite* dengan skala analog telah digunakan secara luas. Namun, seiring dengan perkembangan teknologi, kini telah banyak diproduksi theodolite dengan teknologi digital.⁸⁹ *Theodolite* digital memudahkan pembacaan skala dan dapat memberikan hasil pengukuran yang lebih akurat.

Selain itu, theodolite juga dilengkapi dengan pembesaran lensa yang bervariasi, yang memungkinkan pengguna untuk melihat dengan detail objek yang diukur. Hal ini menjadikan pengukuran arah kiblat menggunakan *theodolite* sebagai salah satu metode yang menghasilkan data yang paling akurat.⁹⁶

Dengan keakuratan dan presisi yang dimiliki, penggunaan theodolite dalam pengukuran arah kiblat sangat berguna dalam konteks pemetaan dan survei yang memerlukan tingkat akurasi yang tinggi.

c. Metode Ilmiah Alamiah

Metode ini merupakan jenis metode yang dimulai dengan perhitungan ilmiah dan dibuktikan secara alamiah di lapangan. Metode yang termasuk dalam klasifikasi ini adalah :

1) Rashdul Kiblat

Rashdul Kiblat atau yang biasa disebut bayangan arah kiblat adalah bayangan setiap benda yang berdiri tegak lurus dipermukaan bumi berimpit dengan arah kiblat, sehingga menunjukkan langsung ke arah kiblat. Untuk rashdul kiblat ini terjadi di siang hari karena

⁸⁹ Mutoha arkanuddin, *Modul Pelatihan Perhitungan dan Pengukuran Arah Kiblat*, disampaikan pada tanggal 26 September 2007 di Masjid Syuhada Yogyakarta, hlm. 18. ⁹⁶ Ahmad Izzuddin, *Menentukan Arah Kiblat Praktis*, hlm. 55.

menggunakan bayangan matahari.⁹⁰ Rashdul kiblat terbagi menjadi dua yaitu bayangan arah kiblat di atas Kakbah (rashdul kiblat global) dan bayangan arah kiblat di jalur Kakbah (rashdul kiblat lokal).

a) Rashdul Kiblat Global

Rashdul kiblat global adalah petunjuk arah kiblat yang diambil dari posisi matahari ketika sedang berkulminasi (*Merpass*) di titik Zenith Kakbah. Untuk Rashdul Kiblat global ini terjadi dua kali dalam setahun yaitu pada setiap tanggal 27 atau 28 Mei pada pukul 16.18 WIB dan pada setiap tanggal 15 atau 16 Juli pada pukul 16.27 WIB.⁹¹ Jadi pada setiap tanggal dan jam tersebut, semua benda yang berdiri tegak lurus di permukaan bumi menunjukkan arah kiblat. Oleh karena itu pada waktu tersebut baik untuk mengecek dan menentukan arah kiblat.⁹² Dan untuk pengecekan menggunakan rashdul kiblat ini hanya terjadi dua kali dalam setahun dan berlaku di daerah yang waktu lokalnya berselisih maksimum 5 sampai 5,5 jam dari Kakbah biasanya terjadi di daerah seluruh Afrika dan Eropa, Rusia, sekuruh Asia kecuali Indonesia Timur (Papua).⁹³

Adapun untuk penentuan arah kiblat menggunakan rashdul kiblat global sebagai berikut: *Pertama*, tentukan lokasi yang akan dicek atau ditentukan arah kiblat. *Kedua*, sediakan benda apapun yang berdiri tegak lurus di tempat yang datar. *Ketiga*, tunggu sampai bayangan tersebut pada saat rashdul kiblat atau waktu yang telah ditentukan. *Keempat*, bayangan tersebut mengarah menuju arah kiblat dan diberi tanda menggunakan spidol ataupun yang lainnya.

b) Rashdul Kiblat Lokal

Rashdul kiblat lokal adalah salah satu metode pengukuran arah kiblat dengan memanfaatkan posisi matahari

⁹⁰ Zainul Arifin, *Ilmu Falak*, (Yogyakarta: Lukita, 2012), hlm. 22.

⁹¹ Slamet Hambali, *Ilmu Falak : Arah Kiblat Setiap Saat*, hlm. 38.

⁹² Muhyiddin Kadzin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik*, hlm. 72.

⁹³ Zainul Arifin, *Ilmu Falak*, hlm. 23.

saat memotong lingkaran kiblatnya suatu tempat, sehingga semua benda yang berdiri tegak lurus pada saat tersebut bayangannya adalah menunjukkan arah kiblat di tempat tersebut.⁹⁴ Dengan demikian bahwa rashdul kiblat ini bisa dilakukan setiap hari dan untuk menentukannya harus dihitung terlebih dahulu sesuai dengan koordinat tempat tersebut. Rashdul kiblat lokal ini bisa dikatakan bahwa posisi matahari di jalur Kakbah. Hal yang perlu diperhatikan dalam penentuan arah kiblat dengan metode Rasdhul Kiblat ini memastikan benda yang kita berdirikan benar-benar tegak, jika tidak, maka hasil bayang-bayang kiblat tidak dapat kita gunakan sebagai arah kiblat karena tidak akurat.

2. Menggunakan Equatorial Sundial

Sundial merupakan alat sederhana yang terbuat dari semen, kayu atau semacamnya yang diletakkan di tempat terbuka agar mendapat sinar Matahari. Di Indonesia sundial lebih dikenal dengan sebutan bencet.⁹⁵ Di samping untuk mengetahui waktu, sundial juga dapat digunakan untuk mengetahui arah kiblat.⁹⁶

Selain dari metode penentuan arah kiblat diatas, ada pula metode penentuan arah kiblat menggunakan perangkat lunak (*software*) komputer maupun aplikasi android pada *smartphone*. *Software* arah kiblat adalah semua *software* baik dalam bentuk program perhitungan atau yang menggunakan pencitraan satelit yang dapat membantu menunjukkan arah kiblat. Berikut adalah beberapa *software* dan aplikasi android untuk membantu menunjukkan arah kiblat, antara lain:

a. *Qibla Locator*

Salah satu *software* yang digunakan untuk pengecekan arah kiblat adalah *qibla locator*. Aplikasi ini dapat diakses

⁹⁴ Slamet, *Ilmu Falak : Arah Kiblat Setiap Saat*, hlm. 45.

⁹⁵ Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, Opcit, hlm 12.

⁹⁶ Wahab Az-Zuhaili, *Fiqih Islam Wa Adillatuhu, terjemahan .Abdul Hayyie al-Kattani, dkk*, (Jakarta: Gema Insani, 2010), hlm. 631.

melalui alamat web www.qiblalocator.com. Aplikasi *software* ini dapat dioperasikan dengan cara memasukkan nama tempat atau daerah yang dicari arah kiblatnya. Kemudian *software* tersebut akan mencari posisi tempat tersebut lengkap dengan data lintang, bujur, dan sudut kiblatnya serta dilengkapi dengan garis kuning yang menunjukkan arah kiblat dari tempat tersebut ke Kakbah. Dengan demikian, akan diketahui apakah sebuah tempat atau bangunan tersebut telah tepat arah kiblatnya.⁹⁷

b. *Google Earth*

Aplikasi yang satu ini berbeda dengan *software* sebelumnya. Bila *software* sebelumnya langsung dapat diakses dengan mengetikkan alamat *website*-nya, *software Google Earth* baru digunakan setelah diinstal ke komputer atau laptop. *Google Earth* juga dapat diakses melalui *smartphone* android dengan mengunduhnya di Google Play Store. Setelah diunduh dan diinstal di komputer, maka aplikasi ini dapat digunakan. *Software Google Earth* dapat digunakan untuk mengecek data lintang, bujur, sudut kiblat, arah kiblat, dan jarak dari suatu tempat ke Kakbah.⁹⁸

Aplikasi ini berbasis citra satelit yang dapat mengetahui arah kiblat suatu tempat di permukaan Bumi. Penggunaan program ini dapat digunakan apabila terhubung dengan internet sehingga pencarian tempat atau sudut kiblat di permukaan Bumi dapat mudah dilakukan. Aplikasinya dalam arah kiblat yakni mengetahui suatu tempat dan titik Kakbah dengan memasukan informasi titik koordinatnya pada “*My Places*” yang kemudian menggunakan *tool ruler* yang ada untuk mengetahui *azimuth* kiblat tersebut.⁹⁹

⁹⁷ Siti Tatmainul Qulub, *Ilmu Falak : Dari Sejarah Ke Teori Dan Aplikasi*, (Depok : PT Rajagrafindo Persada, 2017), hlm. 300-301.

⁹⁸ Siti Tatmainul Qulub, *Ilmu Falak : Dari Sejarah Ke Teori Dan Aplikasi*, hlm. 301.

⁹⁹ Anisah Budiwati, *Tongkat Istiwa', Global Positioning System (GPS) dan Google Earth Untuk Menentukan Titik Koordinat Bumi Dan Aplikasinya Dalam Penentuan Arah Kiblat*, (Semarang : Al-

Dari berbagai macam metode penentuan arah kiblat diatas, sejauh ini kompas menjadi metode penentuan arah kiblat dengan keakurasian terendah, sedangkan Theodolite dan Rasdhul Kiblat Global menjadi metode penentuan arah kiblat yang paling akurat.

E. Perhitungan Arah Kiblat dan Akurasinya

1. Perhitungan Arah Kiblat

Dalam ilmu Falak, menghadap arah kiblat dihitung berdasarkan posisi manusia di permukaan Bumi. Karena Bumi memiliki bentuk bola, maka perhitungan arah kiblat menggunakan konsep segitiga bola (Spherical Trigonometry).¹⁰⁰ Dalam perhitungan ini, terdapat tiga titik penting yang diperlukan, yaitu:

- a. Titik A, terletak di lokasi yang diinginkan arah kiblatnya
- b. Titik B, terletak di Kakbah yang berada di Kota Mekah
- c. Titik C, terletak di titik kutub utara

Titik B dan titik C merupakan titik tetap dalam perhitungan arah kiblat. Titik B merujuk pada lokasi Kakbah yang menjadi tujuan kiblat, sementara titik C merupakan titik utara yang menjadi patokan. Titik A, di sisi lain, akan berubah tergantung pada lokasi yang ingin ditentukan arah kiblatnya. Ketiga sisi segitiga ABC diberi nama dengan huruf kecil yang mengacu pada sudut yang berdekatan.¹⁰¹

- a. Sisi BC diberi nama sisi a karena di depan sudut A
- b. Sisi AC diberi nama sisi b karena di depan sudut B
- c. Sisi AB diberi nama sisi c karena di depan sudut C

Perhitungan arah kiblat dapat menggunakan rumus berikut.¹⁰²

$$\begin{aligned} \text{Cot } a &= \text{Cos } b \times \text{Cos } c = \text{Sin } b \times \text{Cotg } a - \text{Sin } c \times \text{Cotg } A \\ &= \text{Cos } b \times \text{Cos } c = \text{Sin } b \times \text{Cotg } a - \text{Sin } c \times \text{Cotg } A / \text{Sin } c \\ &= \frac{\text{Cos } b \times \text{Cos } c}{\text{Sin } c} = \frac{\text{Sin } b \times \text{Cotg } a - \text{Sin } c \times \text{Cotg } A}{\text{Sin } c} \end{aligned}$$

Ahkam, Volume 26, Nomor 1, April 2016).

¹⁰⁰ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta : Buana Pustaka, Cet ke-3, 2004), hlm. 52.

¹⁰¹ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori dan Praktik*, hlm. 53.

¹⁰² Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1; Penentuan Awal Waktu Shalat & Arah Kiblat Seluruh Dunia*, hlm. 35.

$$= \text{Cos } b \times \text{Cotg } c = \frac{\text{Sin } b \times \text{Cotg } a - \text{Cotg } A \times \text{Sin } c}{\text{Sin } c}$$

$$\text{Cotg } B = \frac{\text{Sin } b \times \text{Cotg } a - \text{Cos } b \times \text{Cotg } c}{\text{Sin } c}$$

Keterangan :

$$a = (90^\circ - \Phi B)$$

$$b = (90^\circ - \Phi A)$$

$$c = (\lambda A - \lambda B)$$

$$\frac{\text{sin } (90^\circ - \Phi A) \times \text{cotg } (90^\circ - \Phi B) - \text{cos } (90^\circ - \Phi A) \times \text{cotg } (\lambda A - \lambda B)}{\text{sin } (\lambda A - \lambda B)}$$

$$\text{sin } (\lambda A - \lambda B)$$

atau

$$\text{Arah Kiblat} = \frac{\text{Cotg } B = \text{Cos } \Phi A \text{ Tg } \Phi B - \text{Sin } \Phi A \times \text{Cotg } (\lambda A - \lambda B)}{\text{Sin } (\lambda A - \lambda B)}$$

Keterangan :

$$\text{Cos } (90^\circ - \Phi A) = \text{Sin } \Phi A$$

$$\text{Cotg } (90^\circ - \Phi B) = \text{Tg } \Phi B$$

$$\text{Sin } (90^\circ - \Phi A) = \text{Cos } \Phi A$$

F. Akurasi Arah Kiblat

Dalam kamus bahasa Indonesia, kata akurat memiliki arti : teliti, seksama, cermat, tepat benar.¹⁰³ Apabila kata akurat digunakan untuk kata “arah kiblat yang akurat”, maka dapat dimaknai bahwa arah kiblat yang dimaksud adalah tepat benar, yaitu benar-benar mengarah ke arah Kakbah.¹⁰⁴

Hingga saat ini, terdapat tiga teori utama yang digunakan untuk menentukan azimuth atau arah kiblat suatu lokasi di permukaan bumi. Ketiga teori tersebut adalah teori navigasi, teori segitiga bola, dan teori geodesi. Teori-teori ini menggunakan dua referensi yaitu arah yang berhubungan dengan garis

¹⁰³ KBBI, *Arti Kata Akurat*, diakses dari <https://www.kbbi.web.id/akurat> pada tanggal 14 Juli 2022 pukul 21.00 WIB.

¹⁰⁴ Slamet Hambali, *Laporan Hasil Penelitian Individual Menguji Kakuratan Hasil Pengukuran Arah Kiblat Menggunakan Istiwa 'aini Karya Slamet Hambali*, hlm. 48.

konstan yang disebut *loxodrom*, dan arah yang berhubungan dengan garis yang tidak konstan yang disebut *orthodrom*.

Loxodrom digunakan sebagai referensi dalam teori navigasi, sedangkan *orthodrom* digunakan sebagai referensi dalam teori trigonometri dan teori geodesi. Perbedaan antara teori trigonometri dan geodesi adalah pada teori trigonometri, bumi dianggap sebagai bola (*sphere*), sedangkan pada teori geodesi, bumi dianggap sebagai elips (*ellipsoid*).

Dalam perbandingan perhitungan arah kiblat antara teori yang menggunakan garis *orthodrom* (teori trigonometri bola dan teori geodesi) dan teori yang menggunakan garis *loxodrom* (teori navigasi), teori yang paling tepat dan akurat dalam perhitungan arah kiblat adalah menggunakan garis *orthodrom*, yaitu teori geodesi dengan konsep bentuk bumi yang mendekati *ellipsoid*.¹⁰⁵

Indonesia secara geografis terletak di antara garis lintang 6° LU dan 11° LS serta garis bujur 95° BT dan 141° BT. Rentang nilai arah kiblat Indonesia bervariasi dari *azimuth* 290° hingga 296°. Nilai terkecil yakni *azimuth* 290° 09', berada di Kota Merauke (ibu kota Kabupaten Merauke, Papua). Sementara nilai terbesar yakni *azimuth* 293°33', berada di Kota Manna (ibu kota Kabupaten Bengkulu Selatan, Bengkulu). Dengan demikian, bagi seluruh wilayah Indonesia memiliki selisih *azimuth* kiblat 5°24'.¹⁰⁶

Slamet Hambali dalam laporan penelitian individualnya yang berjudul "Menguji Tingkat keakuratan Hasil Pengukuran Arah Kiblat Menggunakan Istiwa'aini Karya Slamet Hambali" membagi tingkat akurat dalam pengukuran arah kiblat menjadi 4 kategori, yaitu :

- a. Sangat akurat, bilamana hasil pengukuran arah kiblat berhasil memperoleh arah kiblat yang benar-benar tepat ke arah Kakbah (Masjidil Haram).
- b. Akurat, bilamana hasil pengukuran arah kiblat selisih/perbedaan tidak keluar dari kriteria Prof. Dr. Thomas Djamaluddin yang menganggap nilai kemelencengan 0°42'46,43" masih masuk dalam kategori akurat.

¹⁰⁵ Ahmad Izzuddin, *Kajian Terhadap Metode Metode Penentuan Arah Kiblat Dan Akurasinya*, hlm. 145-146.

¹⁰⁶ Marufin Sudibyo, *Sang Nabi Pun Berputar; Arah Kiblat Dan Tata Cara Pengukurannya*, hlm. 138-139.

- c. Kurang akurat, bilamana hasil pengukuran arah kiblat terjadi kemelencengan antara $0^{\circ}42'46,43''$ sampai dengan $22^{\circ}30'$, hal ini dikarenakan kemelencengan arah kiblat untuk wilayah Indonesia yang melebihi nilai $22^{\circ}30'$ akan cenderung mengarah ke arah barat lurus.
- d. Tidak akurat, bilamana hasil pengukuran arah kiblat terjadi kemelencengan diatas $22^{\circ}30'$, hal ini dikarenakan kemelencengan diatas $22^{\circ}30'$ arah kiblat untuk wilayah Indonesia akan cenderung condong ke arah selatan dari titik barat.¹⁰⁷

¹⁰⁷ Slamet Hambali, *Laporan Hasil Penelitian Individual Menguji Kakuratan Hasil Pengukuran Arah Kiblat Menggunakan Istiwa 'aini Karya Slamet Hambali*, hlm. 49-53.

BAB III

PENENTUAN ARAH KIBLAT MENGGUNAKAN APLIKASI ANDROID BERTEKNOLOGI *AUGMENTED REALITY* PADA APLIKASI AR QIBLA FINDER

A. Aplikasi Android Berteknologi *Augmented Reality*

1. Android

a. Pengertian Android

Android adalah sebuah platform yang digunakan pada perangkat smartphone. Keunggulan utama dari Android adalah lisensinya yang terbuka (*open source*) dan gratis, sehingga memungkinkan pengembangan yang bebas tanpa ada biaya royalti atau pembayaran lainnya. Android merupakan perangkat lunak yang dirancang khusus untuk perangkat mobile, termasuk sistem operasi, *middleware*, dan aplikasi inti. Sistem operasi yang digunakan oleh Android didasarkan pada Linux, namun telah mengalami modifikasi agar sesuai dengan kebutuhan perangkat mobile.¹⁰⁸



Gambar 3.1 Android¹⁰⁹

Android adalah sebuah sistem operasi yang berbasis Linux yang dirancang khusus untuk perangkat bergerak dengan layar sentuh seperti telepon pintar dan komputer tablet.¹¹⁰ Penggunaan antarmuka pengguna pada Android umumnya melibatkan manipulasi langsung, di mana pengguna dapat

¹⁰⁸ Hendra Nugraha Lengkong, *Perancangan Penunjuk Rute Pada Kendaraan Pribadi Menggunakan Aplikasi Mobile GIS Berbasis Android Yang Terintegrasi Pada Google Maps*, (Manado : E-journal Teknik Elektro dan Komputer Universitas Sam Ratulangi, 2015), hlm. 18-20.

¹⁰⁹ Wikipedia, *Android (Sistem Operasi)*, diakses dari [https://id.wikipedia.org/wiki/Android_\(sistem_operasi\)](https://id.wikipedia.org/wiki/Android_(sistem_operasi)), pada tanggal 15 juli 2022 pukul 14.16 WIB.

¹¹⁰ Open Handset Alliance, *Android*, diakses dari http://www.openhandsetalliance.com/android_overview.html, pada 15 juli 2022 pukul 14.00 WIB.

melakukan gerakan sentuh seperti menggesek, mengetuk, dan mencubit untuk memanipulasi objek di layar, serta menggunakan papan ketik virtual untuk menulis teks.

Selain perangkat dengan layar sentuh, Google juga telah mengembangkan varian Android lainnya untuk berbagai jenis perangkat. Contohnya adalah Android TV yang dirancang khusus untuk televisi, *Android Auto* untuk digunakan dalam kendaraan bermotor, dan *Android Wear* untuk digunakan pada jam tangan pintar. Setiap varian Android memiliki antarmuka pengguna yang dirancang sesuai dengan kebutuhan perangkat tersebut.

Tidak hanya itu, varian Android juga digunakan dalam berbagai peralatan elektronik lainnya seperti komputer jinjing, konsol permainan, kamera digital, dan banyak lagi. Dengan adanya Android, pengguna dapat menikmati pengalaman penggunaan yang serupa dan familiar pada berbagai jenis perangkat yang menggunakan sistem operasi ini.¹¹¹

b. Sejarah Android

Sejarah Android dimulai pada tahun 2003 ketika perusahaan Android Inc. didirikan oleh Andy Rubin, Rich Miner, Nick Sears, dan Chris White. Tujuan awal perusahaan ini adalah mengembangkan sistem operasi cerdas untuk perangkat kamera. Namun, dengan berjalannya waktu, fokus perusahaan ini berubah menjadi mengembangkan sistem operasi untuk perangkat seluler.

Pada tahun 2005, perusahaan Android Inc. diakuisisi oleh Google. Akuisisi ini menjadi titik awal pengembangan Android sebagai sistem operasi yang akan mengubah *landscape* industri telepon pintar. Pada tahun 2007, bersama dengan beberapa perusahaan teknologi terkemuka lainnya, Google membentuk *Open Handset Alliance* (OHA), sebuah konsorsium untuk mengembangkan standar terbuka untuk perangkat seluler.¹¹²

Pada 23 September 2008, Google secara resmi meluncurkan Android

¹¹¹ Wikipedia, *Android (Sistem Operasi)*, diakses dari [https://id.wikipedia.org/wiki/Android_\(sistem_operasi\)](https://id.wikipedia.org/wiki/Android_(sistem_operasi)), pada tanggal 15 juli 2022 pukul 14.16 WIB.

¹¹² Open Handset Alliance, *Android*, diakses dari http://www.openhandsetalliance.com/android_overview.html, pada 15 juli 2022 pukul 14.00 WIB.

versi pertama, yaitu Android 1.0, yang diusung oleh ponsel HTC Dream yang juga dikenal sebagai T-Mobile G1. Android 1.0 menyajikan antarmuka pengguna yang inovatif dengan fitur-fitur seperti notifikasi drop-down, integrasi dengan aplikasi Google, dan dukungan untuk pengunduhan aplikasi dari *Google Play Store*.

Setelah peluncuran Android 1.0, Google terus mengembangkan sistem operasi ini dengan merilis berbagai versi baru, yang masing-masing membawa pembaruan dan peningkatan fungsionalitas. Android juga semakin populer di kalangan pengembang dan produsen perangkat seluler, sehingga banyak ponsel pintar yang menggunakan sistem operasi ini.¹¹³

Android telah mengalami evolusi yang signifikan sejak peluncurannya. Antarmuka pengguna telah mengalami perbaikan dan pembaruan, ditambah dengan fitur-fitur baru seperti pengenalan suara, pengaturan keamanan yang lebih baik, kemampuan multitasking yang lebih baik, dan dukungan untuk teknologi terbaru seperti kecerdasan buatan dan realitas virtual.

Pada saat ini, Android telah menjadi sistem operasi paling populer di dunia untuk perangkat seluler, dengan jutaan aplikasi yang tersedia melalui Google Play Store. Selain itu, Android juga telah memperluas kehadirannya ke berbagai perangkat lain seperti tablet, TV pintar, mobil, dan perangkat *wearable*. Sejarah Android menandai perubahan besar dalam industri teknologi dan telah memberikan pengaruh yang besar terhadap cara kita menggunakan perangkat seluler dalam kehidupan sehari-hari.

c. Versi Android

Berikut adalah beberapa versi utama Android yang telah dirilis sejak peluncurannya:

- 1) Android 1.0 (*Apple Pie*): Peluncuran pertama Android pada September 2008.
- 2) Android 1.5 (*Cupcake*): Dirilis pada April 2009 dengan penambahan fitur seperti papan ketik virtual, dukungan video dan foto, dan pembaruan antarmuka pengguna.

¹¹³ Wikipedia, *Android (Sistem Operasi)*, diakses dari [https://id.wikipedia.org/wiki/Android_\(sistem_operasi\)](https://id.wikipedia.org/wiki/Android_(sistem_operasi)), pada tanggal 15 juli 2022 pukul 14.05 WIB.

- 3) Android 1.6 (*Donut*): Diluncurkan pada September 2009 dengan fitur-fitur baru seperti pencarian suara, galeri foto yang diperbarui, dan dukungan untuk resolusi layar yang lebih tinggi.
- 4) Android 2.0/2.1 (*Eclair*): Dirilis pada Oktober 2009 dengan peningkatan pada antarmuka pengguna, fitur navigasi *turn by turn*, dan kemampuan *multi touch*.
- 5) Android 2.2 (*Froyo*): Diluncurkan pada Mei 2010 dengan peningkatan kecepatan dan kinerja, dukungan untuk tethering dan hotspot portabel, dan dukungan *Adobe Flash*.
- 6) Android 2.3 (*Gingerbread*): Dirilis pada Desember 2010 dengan peningkatan antarmuka pengguna, dukungan NFC (*Near Field Communication*), dan pembaruan pada sistem manajemen daya.
- 7) Android 3.0/3.1/3.2 (*Honeycomb*): Dikhususkan untuk tablet, versi Honeycomb diluncurkan pada Februari 2011 dengan antarmuka pengguna yang dioptimalkan untuk perangkat tablet.
- 8) Android 4.0 (*Ice Cream Sandwich*): Dirilis pada Oktober 2011 dengan pembaruan antarmuka pengguna yang disebut "*Holo*", fitur pemotretan panorama, dan integrasi dengan layanan Google+.
- 9) Android 4.1/4.2/4.3 (*Jelly Bean*): Diluncurkan pada Juni 2012 dengan peningkatan performa, notifikasi yang diperbarui, dan fitur pencarian suara *Google Now*.
- 10) Android 4.4 (*KitKat*): Dirilis pada Oktober 2013 dengan peningkatan kecepatan, fitur bawaan *Google Hangouts*, dan optimasi untuk perangkat dengan spesifikasi rendah.
- 11) Android 5.0/5.1 (*Lollipop*): Diluncurkan pada November 2014 dengan desain antarmuka pengguna yang disebut "*Material Design*", mode multi-pengguna, dan fitur keamanan yang diperbarui.
- 12) Android 6.0 (*Marshmallow*): Dirilis pada Oktober 2015 dengan fokus pada pengaturan keamanan dan izin aplikasi, fitur *Google Now on Tap*, dan perbaikan pada manajemen daya.
- 13) Android 7.0/7.1 (*Nougat*): Diluncurkan pada Agustus 2016 dengan peningkatan notifikasi, mode multi-jendela, dan fitur VR (*Virtual*

Reality) Daydream.

- 14) Android 8.0/8.1 (*Oreo*): Dirilis pada Agustus 2017 dengan pembaruan keamanan yang lebih kuat, fitur *Autofill*, dan batasan aktivitas latar belakang aplikasi.
 - 15) Android 9.0 (*Pie*): Diluncurkan pada Agustus 2018 dengan fokus pada kecerdasan buatan, navigasi geser, dan manajemen waktu layar.
 - 16) Android 10: Dirilis pada September 2019 dengan pembaruan privasi dan keamanan, tema gelap sistem, dan dukungan untuk jaringan 5G.
 - 17) Android 11: Diluncurkan pada September 2020 dengan peningkatan manajemen izin, pengaturan media yang lebih baik, dan fitur pembaruan langsung aplikasi.
 - 18) Android 12: Dirilis pada Oktober 2021 dengan antarmuka pengguna yang diperbarui, peningkatan privasi, dan fitur-fitur baru seperti "*Material You*" yang memungkinkan penyesuaian tema secara dinamis.
- Setiap versi Android memiliki fitur-fitur dan perbaikan yang berbeda, serta didukung oleh berbagai perangkat seluler yang menjalankannya.¹¹⁴

2. *Augmented Reality*

a. Pengertian *Augmented Reality*



Gambar 3.2 Augmented Reality (Realitas Tertambah).¹¹⁵

Realitas tertambah, atau kadang dikenal dalam bahasa Inggrisnya sebagai *augmented reality*, adalah teknologi yang menggabungkan benda maya dua dimensi dan ataupun tiga dimensi ke dalam sebuah lingkungan nyata tiga dimensi lalu memproyeksikan benda-benda maya tersebut dalam

¹¹⁴ Wikipedia, *Android Version History*, diakses dari https://en.wikipedia.org/wiki/Android_version_history, pada tanggal 15 Juli Pukul 16.14 WIB.

¹¹⁵ Wikipedia, *Realitas Tertambah*, diakses dari https://id.wikipedia.org/wiki/Realitas_tertambah, pada tanggal 15 Juli 16.24 WIB.

waktu nyata.¹¹⁶ Menurut Soha Maad, *augmented reality* adalah sebuah teknologi untuk memunculkan dan mengintegrasikan benda virtual ke dalam dunia nyata.¹¹⁷ Ronald T. Azuma mendefinisikan *augmented reality (AR)* sebagai penggabungan benda-benda nyata dan maya di lingkungan nyata, berjalan secara interaktif dalam waktu nyata, dan terdapat integrasi antar benda dalam tiga dimensi, yaitu benda maya terintegrasi dalam dunia nyata.¹¹⁸

AR merupakan variasi dari *Virtual Environments (VE)*, atau yang lebih dikenal dengan istilah *Virtual Reality (VR)*. Teknologi VR membuat pengguna tergabung dalam sebuah lingkungan virtual secara keseluruhan. Ketika tergabung dalam lingkungan tersebut, pengguna tidak bisa melihat lingkungan nyata di sekitarnya. Sebaliknya, AR memungkinkan pengguna untuk melihat lingkungan nyata, dengan objek virtual yang ditambahkan atau tergabung dengan lingkungan nyata. Tidak seperti VR yang sepenuhnya menggantikan lingkungan nyata, AR sekedar menambahkan atau melengkapi lingkungan nyata.¹¹⁹

Penggabungan benda nyata dan maya dimungkinkan dengan teknologi tampilan yang sesuai, interaktivitas dimungkinkan melalui perangkat-perangkat input tertentu¹²⁰, dan integrasi yang baik memerlukan penjejukan yang efektif. Selain menambahkan benda maya dalam lingkungan nyata, AR juga berpotensi menghilangkan benda-benda yang sudah ada. Menambah sebuah lapisan gambar maya dimungkinkan untuk menghilangkan atau menyembunyikan lingkungan nyata dari pandangan pengguna. Misalnya, untuk menyembunyikan sebuah meja dalam lingkungan nyata, perlu digambarkan lapisan representasi tembok dan lantai kosong yang diletakkan di atas gambar meja nyata, sehingga menutupi meja nyata dari pandangan

¹¹⁶ Julie A. Jacko, *Handbook of Research on Ubiquitous Computing Technology for Real Time Enterprises*. (CRC Press, 2003). hlm. 459

¹¹⁷ Soha Maad, *Augmented Reality*, (India : Intech, 2010) hlm. 5.

¹¹⁸ Ronald T. Azuma, "*A Survey of Augmented Reality*". Presence: Teleoperators and Virtual Environments. Vol. 6 No. 4 Agustus 1997, hlm. 355– 385.

¹¹⁹ Ari Budiyanto, *Teknologi Augmented Reality Dan Face Tracking Sebagai Media Simulasi Kacamata Virtual (Studi Kasus : Optik Pelita Yogyakarta)*, (Yogyakarta : Naskah Publikasi Jurusan Teknik Informatika Sekolah Tinggi Manajemen Informatika Dan Komputer Amikom Yogyakarta, 2011), hlm. 2.

¹²⁰ Michael Haller, *Emerging Technologies of Augmented Reality: Interfaces and Design*, (London: Idea Group Publishing, 2007), hlm. 24.

pengguna.¹²¹



Gambar 3.3 Konsep Kontinum Virtualitas¹²²

Milgram dan Kishino merumuskan kerangka kemungkinan penggabungan dan peleburan dunia nyata dan dunia maya ke dalam sebuah *kontinum virtualitas*.¹⁷ Sisi yang paling kiri adalah lingkungan nyata yang hanya berisi benda nyata, dan sisi paling kanan adalah lingkungan maya yang berisi benda maya. Dalam realitas tertambah, yang lebih dekat ke sisi kiri, lingkungan bersifat nyata dan benda bersifat maya, sementara dalam *augmented virtuality* atau virtualitas tertambah, yang lebih dekat ke sisi kanan, lingkungan bersifat maya dan benda bersifat nyata. Realitas tertambah dan virtualitas tertambah digabungkan menjadi *mixed reality* atau realitas campuran. AR dapat diaplikasikan untuk semua indra, termasuk pendengaran, sentuhan, dan penciuman. Selain digunakan dalam bidang-bidang seperti kesehatan, militer, industri manufaktur, realitas tertambah juga telah diaplikasikan dalam perangkat-perangkat yang digunakan oleh orang banyak, seperti pada telepon genggam.¹²³

Teknologi AR merupakan teknologi yang belum banyak dikenal. Tujuan utama AR adalah menghadirkan sensasi objek virtual yang hadir dalam dunia nyata. Untuk mencapainya yaitu dengan menggabungkan perangkat VR ke dunia nyata.. Sedangkan VR sudah tidak mungkin untuk melakukannya. Oleh karena itu, AR adalah teknologi yang paling efektif jika ditambahkan unsur-unsur *virtual* di dalamnya.¹²⁴

¹²¹ Wikipedia, *Realitas Tertambah*, diakses dari https://id.wikipedia.org/wiki/Realitas_ertambah, pada tanggal 15 Juli 16.24 WIB.

¹²² Wikipedia, *Realitas Tertambah*, diakses dari https://id.wikipedia.org/wiki/Realitas_ertambah, pada tanggal 15 Juli 16.24 WIB.

¹²³ Wikipedia, *Realitas Tertambah*, diakses dari https://id.wikipedia.org/wiki/Realitas_ertambah, pada tanggal 15 Juli 16.24 WIB.

¹²⁴ Ari Budiyanto, *Teknologi Augmented Reality Dan Face Tracking Sebagai Media Simulasi Kacamata Virtual (Studi Kasus : Optik Pelita Yogyakarta)*, hlm. 3.

b. Cara Kerja Teknologi *Augmented Reality*

Marker (penanda) adalah salah satu komponen penting dalam pengelolaan aplikasi *Augmented Reality* (AR). Marker berfungsi untuk menerjemahkan obyek yang akan ditampilkan pada tampilan. Marker akan dikenali oleh kamera *webcam* atau pun kamera *smartphone* sebagai bentuk simbol objek nyata yang akan menjadi perantara antara perangkat dengan model 3D dari setiap objek *Augmented Reality* (AR).¹²⁵

Ada tiga metode dalam penggunaan Marker, yaitu:

1) *Marker Based Augmented Reality*

Marker ini biasanya merupakan suatu ilustrasi hitam dan putih persegi dengan batas hitam tebal dan latar belakang yang berwarna putih, pada penelitian ini menggunakan marker yang berisi pola dari gambar binatang . Pada komputer anda dapat mengenali posisi dan orientasi objek marker tersebut dan menciptakan sebuah dunia *virtual* 3D yaitu titik (0,0,0) dan sumbu yang terdiri dari X,Y dan Z. *Marker Based Tracking* ini sudah lama dikembangkan mulai sejak tahun 1980an dan mulai dikembangkan dalam penggunaan *Augmented Reality*.¹²⁶



Gambar 3.4 *Marker Based Augmented Reality*¹²⁷

¹²⁵ Kurniawan Teguh Martono dan Rinta Kridalukmana, *Mobile Augmented Reality Jurusan Sistem Komputer Universitas Diponegoro Berbasis Android (MARSISKOM)*, (Semarang : Jurnal Sistem Komputer Universitas Diponegoro Vol.4 No. 1, Mei 2014), hlm. 17-18.

¹²⁶ Marco Karim Solin, *Implementasi Augmented Reality Pada Perancangan Sistem Katalog Digiprocreative Berbasis Android*, (Sumatera Utara: Skripsi Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Sumatera Utara, 2014), hlm. 21-22.

¹²⁷ Suhaili Hamdi, *Implementasi Augmented Reality Dalam Pembuatan Media Informasi Wisata Sejarah Kota Medan Pada Platform Android*, (Sumatera Utara: Skripsi Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Sumatera Utara, 2016), hlm. 8.

2) *Markerless Augmented Reality*

Markerless Tracking pada *Augmented Reality* merupakan salah satu metode *Augmented Reality* tanpa menggunakan *frame marker* sebagai objek yang dideteksi. Dengan adanya marker jenis ini, maka penggunaan marker sebagai *tracking object* (objek yang dilacak) yang selama ini menghabiskan ruang, akan digantikan dengan gambar, atau permukaan apapun yang berisi dengan tulisan, logo agar dapat langsung melibatkan objek yang dilacak tersebut sehingga dapat terlihat hidup dan interaktif, juga tidak lagi mengurangi efisiensi ruang dengan adanya *marker*. Dalam perkembangannya, terdapat tiga teknologi dalam *Markerless Based Tracking* seperti *Face Tracking*, *3D Object Tracking*, dan *Motion Tracking*.¹²⁸



Gambar 3.5 *Markerless Augmented Reality*¹²⁹

3) *GPS Based Tracking*

GPS Based Tracking merupakan teknologi augmented reality yang bekerja dengan memanfaatkan fitur GPS dan Kompas yang ada dalam smartphone. Aplikasi akan mengambil data dari GPS dan Kompas kemudian menampilkan bentuk arah yang diinginkan secara *real time*, bahkan ada beberapa aplikasi yang menampilkannya dalam 3D.¹³⁰

¹²⁸ Yoze Rizki, *Markerless Augmented Reality Pada Perangkat Android*, (Surabaya : Proceeding Seminar Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Surabaya, 2012), hlm. 2.

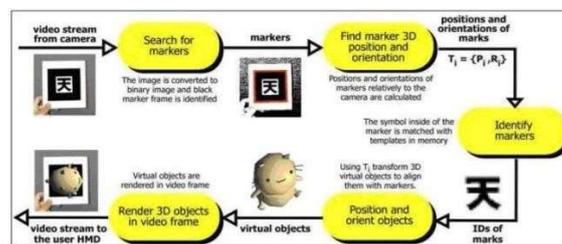
¹²⁹ Suhaili Hamdi, *Implementasi Augmented Reality Dalam Pembuatan Media Informasi Wisata Sejarah Kota Medan Pada Platform Android*, hlm. 9.

¹³⁰ Monster AR, *Mengenal Jenis-Jenis Dari Teknologi Augmented Reality*, diakses dari <https://www.monsterar.net/2017/08/08/mengenal-jenis-augmented-reality/>, pada tanggal 16 Juli 2022 Pukul 10.00 WIB.



Gambar 3.6 GPS Based Tracking¹³¹

Adapun prinsip kerja *Augmented Reality* (AR) dalam mengolah data dan menampilkan gambar 3D adalah sebagai berikut:



Gambar 3.7 Prinsip kerja Augmented Reality¹³²

- 1) Kamera menangkap data dari marker dalam dunia nyata dan mengirimkan informasinya ke komputer.
- 2) Software pada komputer akan melacak bentuk kotak dari marker dan mendeteksi berapa video framenya.
- 3) Bila kotak telah ditemukan, maka software menggunakan perhitungan matematis untuk menghitung posisi dari kamera relative terhadap kotak hitam pada marker.
- 4) Setelah dikalkulasi maka model grafis akan dimunculkan pada posisi yang sama dan berada di dalam lingkup kotak hitam, lalu ditampilkan ke layar untuk melihat grafis dalam dunia nyata.¹³³

¹³¹ Locatify, *Location Based Augmented Reality Apps (AR&RTLS)*, diakses dari <https://www.locatify.com/blog/location-based-augmented-reality-apps-2017-rlts-ar/>, pada tanggal 16 Juli 2022 Pukul 13.10 WIB.

¹³² Muchlisin Riadi, *Augmented Reality (AR)*, diakses dari <https://www.kajianpustaka.com/2017/08/augmented-reality-ar.html> diakses pada hari Kamis 18 Juli 2022 Pukul 14.10 WIB.

¹³³ Muchlisin Riadi, *Augmented Reality (AR)*, diakses dari <https://www.kajianpustaka.com/2017/08/augmented-reality-ar.html> diakses pada hari Kamis 18 Juli 2022 Pukul 14.10 WIB.

Aplikasi AR Qibla Finder merupakan aplikasi yang berguna mengetahui waktu shalat, arah kiblat, dan visibilitas hilal dengan dibekali teknologi *augmented reality*. Aplikasi ini menggunakan metode *Markerless Augmented Reality* berbasis *GPS Based Tracking* yang memadukan teknologi *augmented reality* dengan GPS secara real time.

B. Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Aplikasi Android Berteknologi *Augmented Reality* pada Aplikasi AR Qibla Finder

1. Aplikasi AR Qiblat Finder

Aplikasi Qibla Finder adalah aplikasi android yang berfokus pada penentuan arah kiblat berteknologi *augmented reality* atau AR. Latar belakang diciptakannya aplikasi ini karena adanya kemajuan dalam teknologi AR, kebutuhan pengguna untuk menentukan arah kiblat dengan mudah, serta keunggulan aplikasi AR dalam hal akurasi dan kemudahan penggunaan. Aplikasi ini memberikan solusi yang inovatif dan praktis bagi umat Muslim dalam menjalankan ibadah mereka dengan lebih baik.

Selain itu, dalam wawancara peneliti dengan seorang pencipta aplikasi arah kiblat berteknologi AR, yakni Samer Joudi mengatakan bahwa ada banyak masalah dalam memahami sistem koordinat. Contohnya seperti masalah ketidakcocokan antara data pada gambar, peta, atau citra satelit.

Kesalahpahaman di sini terjadi karena proyeksi silindris yang umum digunakan dalam peta. Proyeksi ini menyebabkan distorsi pada peta dan membuat orang berpikir bahwa arah antara dua lokasi hanya berupa garis lurus di antara mereka. Namun, ini adalah pemahaman yang salah. Proyeksi silindris menyebabkan distorsi pada bagian utara dan selatan bumi, sehingga bumi diproyeksikan menjadi persegi panjang. Namun, tepi atas dan bawah persegi panjang tersebut hanya mewakili garis khatulistiwa, bukan garis lurus sepanjang garis tersebut.

Untuk memperoleh pemahaman arah ke suatu lokasi, kita dapat menggunakan proyeksi azimut yang menempatkan target di tengah proyeksi tersebut. Dengan cara ini, kita dapat menarik garis lurus antara lokasi kita dan target untuk mengetahui arah yang harus diambil. Untuk menghitung arah

antara dua lokasi, kita dapat menggunakan rumus Vincenty yang sangat akurat karena memperhitungkan bentuk bumi yang berbentuk elipsoid. Rumus Vincenty memberikan informasi mengenai sudut yang harus kita putar ke kanan atau kiri dari utara sejati untuk menghadap ke lokasi yang lain.

Untuk mengukur arah kiblat menggunakan aplikasi AR Qibla Finder beberapa syarat yang diperlukan adalah:

- a. Perangkat Smartphone: Anda memerlukan perangkat smartphone yang mendukung aplikasi Google Play Store untuk mengunduh dan menginstal aplikasi AR Qibla Finder.
- b. Koneksi Internet: Pastikan perangkat Anda terhubung ke internet, baik melalui Wi-Fi atau jaringan seluler. Koneksi internet diperlukan untuk mendapatkan data lokasi yang akurat dan mengakses informasi arah kiblat secara *real-time*.
- c. Izin Lokasi: Pastikan aplikasi AR Qibla Finder memiliki izin akses lokasi pada perangkat Anda. Hal ini diperlukan agar aplikasi dapat mengambil informasi lokasi Anda secara akurat untuk menghitung arah kiblat yang tepat.
- d. Kalibrasi: Sebelum mengukur arah kiblat, pastikan perangkat Anda dalam kondisi kalibrasi yang baik. Hal ini dapat dilakukan dengan mengikuti petunjuk kalibrasi pada aplikasi atau menggunakan fitur kalibrasi bawaan pada perangkat Anda.
- e. Kehadiran Medan Magnet: Pastikan Anda tidak berada di dekat objek atau perangkat yang dapat mempengaruhi medan magnet, seperti peralatan elektronik besar, kendaraan, atau bahan logam. Hal ini dapat mempengaruhi akurasi pengukuran arah kiblat.
- f. Memberikan izin pada aplikasi Ini untuk mengakses Lokasi (*Global Positioning System* atau GPS) dan Kamera pada *Smartphone* android.

Perizinan akses lokasi diperlukan agar aplikasi Ini dapat melakukan olah data arah kiblat, waktu shalat, dan visibilitas hilal yang berkaitan dengan koordinat lintang, bujur, dan ketinggian tempat pengguna. Untuk mendapatkan data yang akurat, pengguna dapat mengatur GPS menjadi akurasi tinggi pada pengaturan telepon. Selain

itu, untuk mendapatkan akurasi GPS yang tinggi, diperlukan koneksi internet yang baik dan stabil. Sementara perzinan akses kamera diperlukan agar aplikasi ini dapat menampilkan fitur *3D Qibla* yang memiliki teknologi *augmented reality* dengan baik.

- g. Smartphone hendaknya memiliki sensor *Magnetic*, *Gyroscope*, *3D Orientation*, dan *Magnetometer*.

Dengan tersedianya sensor *magnetic*, aplikasi Ini dapat menunjukkan garis kiblat yang menghubungkan antara koordinat pengguna dengan koordinat Kakbah sesuai dengan arah mata angin pada fitur *Qibla Map*. Selain itu, sensor *magnetic* juga digunakan untuk menunjukkan garis kiblat pada Gambar 3D Kakbah pada fitur *3D Qibla*. Jika *smartphone* sama sekali tidak disertai kompas (seperti Samsung J7), maka cukup memutar perangkat sendiri dan menyelaraskan peta dengan bangunan dan jalan-jalan untuk menemukan Kiblat yang tepat.³⁷ Untuk mendapatkan akurasi yang tinggi, pengguna disarankan untuk melakukan kalibrasi kompas *smartphone* terlebih dahulu.

Sensor *Gyroscope* berguna untuk mendeteksi pergerakan *smartphone*. Dalam aplikasi ini, sensor *Gyroscope* berguna untuk memberikan mendeteksi arah atas, bawah, kiri, kanan, maju, mundur, gerakan rotasi, dan lain sebagainya. Sensor *3D Orientation* berguna untuk mengetahui orientasi ponsel dan mendeteksi posisi dari *smartphone* apakah dalam mode *landscape* atau *portrait*. Sementara sensor *Magnetometer* berguna untuk mengetahui benda manakah yang memancarkan medan magnet kuat, lemah, atau tidak.¹³⁴

- h. Smartphone mendukung aplikasi Open GL ES minimal versi 2.0 hingga yang terbaru.¹³⁵

Open GL adalah singkatan dari *Open Graphics Library*, adalah platform-independen *Application Programming Interface* (API) yang

¹³⁴ Inpomu, *Berbagai Macam Sensor Dan Fungsinya*, diakses dari <https://inpomu.blogspot.com/2016/01/berbagai-macam-sensor-dan-fungsinya.html>, pada tanggal 20 Juli 2022 Pukul 15.00 WIB.

¹³⁵ Untuk memeriksa persyaratan ini, pengguna bisa memilih kotak dialog “*Device Check*” pada aplikasi AR Qibla Finder.

memungkinkan seseorang membuat grafis 3D yang dipercepat dengan hardware. OpenGL ES, singkatan dari OpenGL untuk *Embedded Systems*, adalah bagian dari API. OpenGL ES adalah API tingkat rendah. Dengan kata lain, ia tidak menawarkan metode apa pun yang memungkinkan anda membuat atau memanipulasi objek 3D dengan cepat. Sebagai gantinya, saat bekerja dengannya, anda diharapkan mengelola pekerjaan secara manual seperti membuat simpul individu dan wajah benda 3D, menghitung berbagai transformasi 3D, dan menciptakan berbagai jenis shader.¹³⁶

Dengan memenuhi syarat-syarat di atas, Anda dapat menggunakan aplikasi AR Qibla Finder untuk mengukur arah kiblat dengan mudah dan akurat. Pastikan juga untuk mengikuti petunjuk penggunaan yang disediakan oleh aplikasi untuk hasil yang optimal.

1. Fitur Aplikasi AR Qiblah Finder



Gambar 3.8 Gambaran Fitur Arah Kiblat pada Aplikasi AR Qibla Finder

Pada aplikasi AR Qibla Finder, arah kiblat ditentukan menggunakan rumus Vincenty yang memiliki tingkat akurasi tinggi untuk menghitung arah kiblat berdasarkan bentuk Bumi yang berbentuk ellipsoid. Marker augmented reality pada aplikasi ini ditempatkan pada koordinat Kakbah yang digunakan dalam aplikasi, yaitu 21°25'21.15" Lintang Selatan (LS) dan 39°49'34,10" Bujur Timur (BT). Aplikasi ini memiliki dua fitur untuk

¹³⁶ Code Tutsplus, *Tutorial How To Use OpenGL ES In Android Apps*, diakses dari <https://code.tutsplus.com/id/tutorials/how-to-use-opengl-es-in-android-apps--cms-28464>, pada tanggal 20 Juli 2022 Pukul 15.20 WIB

menampilkan arah kiblat, yaitu Peta Kiblat dan Kiblat 3D (3 Dimensi). Berikut adalah penjelasan mengenai kedua fitur tersebut:

1) *Qibla Map*

Fitur ini memperlihatkan arah kiblat pada peta interaktif, memungkinkan pengguna untuk memverifikasi secara visual arah kiblat relatif terhadap bangunan dan jalan terdekat. Fitur ini dilengkapi dengan beberapa fitur pendukung, yaitu:

- a) **Detektor Magnetik:** Fitur ini berfungsi untuk mendeteksi medan magnetik yang tidak biasa di sekitar smartphone, yang dapat mempengaruhi akurasi garis arah kiblat.
- b) ***Waterpass:*** Fitur ini digunakan untuk mengukur kekedataran smartphone.
- c) **Pencarian Lokasi:** Fitur ini memungkinkan pengguna untuk menentukan lokasi yang diinginkan secara manual untuk menentukan arah kiblat.
- d) **Penampil Peta:** Fitur ini memungkinkan pengguna untuk memilih tampilan peta, seperti peta digital atau peta *hybrid*.
- e) **Informasi Kiblat:** Fitur ini menyediakan informasi seperti azimuth kiblat dari utara sejati, azimuth kiblat pada kompas setelah dikurangi dengan deklinasi magnetik, jarak ke Kakbah, lokasi pengguna, dan akurasi lokasi.

Dengan adanya fitur-fitur ini, pengguna dapat mendapatkan informasi yang lengkap mengenai arah kiblat dan memastikan keakuratan pengukuran. Fitur deteksi magnetik membantu dalam mengidentifikasi medan magnetik yang abnormal yang dapat mempengaruhi akurasi garis arah kiblat. Pengaturan lokasi yang tepat juga menjadi penting untuk memastikan hasil pengukuran yang akurat. Dengan menggunakan fitur-fitur ini, pengguna dapat memperoleh informasi yang akurat dan dapat diandalkan mengenai arah kiblat yang diinginkan.

2) *3D Qibla*

Fitur ini memberikan tampilan Kiblat 3 dimensi di lingkungan dunia nyata menggunakan teknologi *augmented reality*. Fitur ini memiliki beberapa fitur pendukung yaitu :

- a) Mode Kamera Aktif, fitur ini akan menampilkan gambar nyata dari kamera *smartphone* yang telah ditambahkan gambar 3 dimensi dari teknologi *augmented reality*. Gambar 3 Dimensi yang ditampilkan dalam fitur ini yaitu : Kakbah, garis penunjuk arah kiblat, serta Bulan.
- b) Mode Kamera Non Aktif, fitur ini akan menampilkan gambar Matahari, Planet, Bulan, dan Bintang secara maya. Fitur ini merupakan fitur yang memanfaatkan teknologi VR yang dapat membuat pengguna untuk memverifikasi arah kiblat menggunakan Matahari, Bulan, dan Bintang.
- c) Mode Panorama, fitur ini akan menunjukkan arah kiblat dengan cara membuat pengguna merasakan panorama berdiri di depan Kakbah secara langsung.

Dalam penelitian ini, peneliti berfokus pada penentuan arah kiblat menggunakan fitur 3D Qibla. Fitur ini merupakan bagian dari aplikasi yang menggunakan teknologi *augmented reality* untuk secara real-time menampilkan arah kiblat. Untuk menggunakan fitur 3D Qibla dalam menentukan arah kiblat, pengguna perlu mengikuti beberapa langkah berikut:

- a. Mengaktifkan akses internet dan GPS pada *smartphone*.
- b. Membuka aplikasi Ini kemudian izinkan aplikasi untuk mengakses GPS dan Kamera *smartphone*.
- c. Apabila muncul notifikasi untuk mengkalibrasi Kompas, lakukanlah dengan cara meletakkan *smartphone* di hadapan anda dan gerakkan berputar beberapa kali dengan pola angka 8.
- d. Posisikan *smartphone* dengan posisi tertidur dan periksa kedatarannya dengan cara memperhatikan fitur *waterpass*. Apabila posisinya belum datar, fitur *waterpass* akan memberikan notifikasi tanda seru berwarna merah. Kemudian, periksa nilai medan magnet sekitar dengan

memperhatikan fitur *detector magnetic*. Apabila nilai medan magnet disekitar *smartphone* tinggi maka fitur *detector magnetic* akan memberikan notifikasi tanda seru berwarna merah.

- e. Buka fitur *Qibla Map* dan perhatikan lokasi yang ditunjukkan pada peta. Usahakan lokasi yang ditunjuk pada peta sesuai dengan lokasi yang akan ditentukan arah kiblatnya. Apabila ingin mengetahui data arah kiblat, detail lokasi, serta akurasi lokasi yang ditunjukkan aplikasi, pilihlah kotak dialog *Qibla Info*.
- f. Setelah pemeriksaan lokasi, kedataran dan medan magnet selesai, posisikan bagian atas *smartphone* sesuai garis arah kiblat pada fitur *Qibla Map* hingga ada notifikasi getar yang menunjukkan bahwa *smartphone* telah mengarah ke kiblat.
- g. Buka fitur 3D Qibla, berdirikan serta arahkan *smartphone* kearah garis arah kiblat hingga gambar 3D Kakbah berada di lingkaran yang berada ditengah fitur 3D Qibla. Apabila *smartphone* telah mengarah ke kiblat maka akan muncul notifikasi di layar bertuliskan “Anda sedang menghadap Kiblat”.

2. Perhitungan Arah Kiblat pada Aplikasi AR Qibla Finder

Dalam menentukan arah kiblat, aplikasi ini menggunakan rumus Vincenty yang merupakan metode yang akurat untuk menghitung arah berdasarkan bentuk bumi yang *ellipsoid*. Dalam bidang geodesi, penentuan posisi dilakukan dengan menggunakan koordinat yang merujuk pada sistem koordinat *World Geodetic System 1984 (WGS 84)*. Dalam sistem koordinat WGS 84, yang merupakan sistem koordinat tangan kanan, digunakan *ellipsoid* geosentrik WGS 84 sebagai *ellipsoid* referensi. *Ellipsoid* ini didefinisikan oleh empat parameter utama, yaitu:

- a. Panjang sumbu (a) = 6.378.137,0 m,
- b. Invers pengepengan (1/f) = 298.257223563,
- c. Kecepatan sudut Bumi (ω) = $7.292.115,0 \times 10^{-11}$ rad s⁻¹ dan

- d. Konstanta gravitasi Bumi (termasuk massa atmosfer) (GM) = $3.986.004,418 \times 10^8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$.¹³⁷

Dalam rumus Vincenty ada dua pokok soal geodesi, yaitu : Pertama, menentukan koordinat sebuah titik dari titik lain yang telah diketahui koordinatnya berdasarkan jarak dan *azimuth* dari titik lain itu ke titik tersebut (*direct geodetic problem*), Kedua, menentukan jarak dan *azimuth* dua titik yang diketahui koordinatnya (*inverse geodetic problem*).¹³⁸ Dari kedua pokok soal diatas, teori *inverse geodetic problem* dapat digunakan untuk menghitung *azimuth* kiblat sebuah tempat dan jaraknya dari Kakbah. Sebelum membahas rumus vincenty, berikut ini adalah nutasi yang digunakan dalam rumus Vincenty :¹³⁹

a, b = Jari-jari panjang dan jari-jari pendek ellipsoid. Dalam perhitungan ini menggunakan ellipsoid referensi *World Geodetic System* (WGS) 1984, sehingga nilai a = 6.378.137,0 m, dan b = 6.356.752,3142 m.

f = Pengepungan, di mana $f = (a - b) / a$

ϕ_1, ϕ_2 = Lintang geodetik, bernilai positif bila di utara khatulistiwa, dan bernilai negatif bila di selatan khatulistiwa. Nilai ϕ didapatkan dari radian lintang (Nilai Lintang $\times (\pi/180)$).

L = Perbedaan garis bujur

s = Panjang geodesi

α_1, α_2 = *azimuth* geodesi, dihitung dari utara dari posisi 1 (Tempat) ke posisi 2 (Kakbah) dan sebaliknya.

α = *azimuth* geodesi di equator

U = lintang reduksi, didefinisikan dengan $\tan U = (1 - f) \tan \phi$

λ = perbedaan garis bujur pada bola tambahan (Bujur Kakbah – BujurTempat)

σ = jarak sudut posisi 1 ke posisi 2 pada bola

σ_1 = jarak sudut pada bola dari khatulistiwa ke posisi 1

¹³⁷ Hasanuddin Z. Abidin, *Geodesi Satelit*, (Jakarta: Pradnya Paramita, 2001), hlm. 47.

¹³⁸ Siti Tatminul Qulub, *Analisis Metode Rasd Al-Qiblat Dalam Teori Astronomi dan Geodesi*, (Semarang : Ringkasan Tesis Program Magister Pascasarjana IAIN Walisongo Semarang, 2013), hlm. 10.

¹³⁹ Wikipedia, *Vincety's Formulae*, diakses dari https://en.wikipedia.org/wiki/Vincenty%27s_formulae, pada tanggal 20 Juli 2022 Pukul 13.10 WIB.

σ_m = jarak sudut pada bola dari ekuator ke titik tengah garis

s = jarak di atas ellipsoid

Nutasi-nutasi tersebut akan digunakan pada perhitungan teori Vincenty untuk menentukan *azimuth* dan jarak tempat adalah sebagai berikut :¹⁴⁰

$$F = (a - b) / a$$

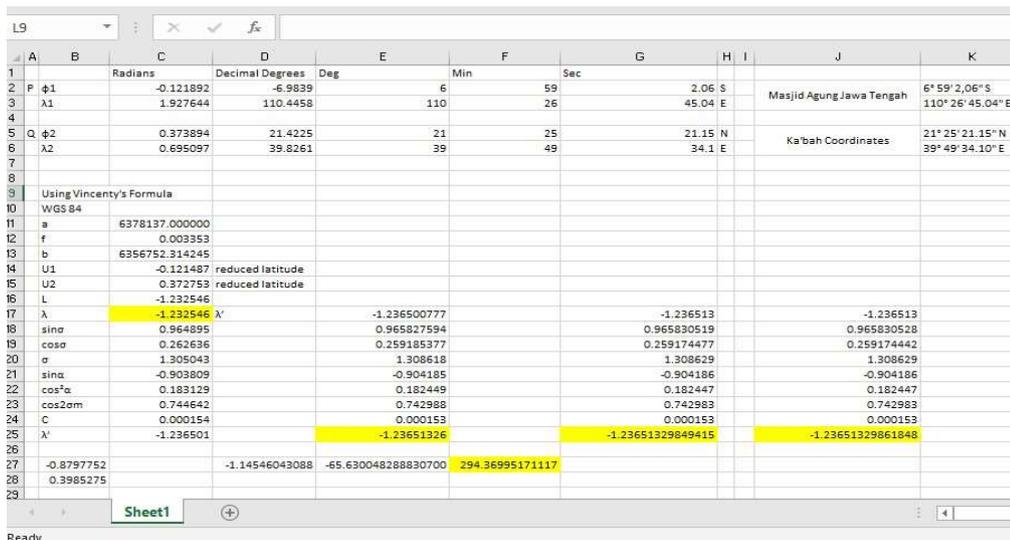
$$\lambda = \text{Bujur Ka'bah} - \text{Bujur Tempat} \quad (\lambda_B - \lambda_A) \quad U_1 = \arctan((1 - f) \cdot \tan \phi_A)$$

$$U_2 = \arctan((1 - f) \cdot \tan \phi_B)$$

$$\sin \sigma = ((\cos U_2 \sin \lambda)^2 + (\cos U_1 \sin U_2 - \sin U_1 \cos U_2 \cos \lambda)^2)^{1/2}$$

$$\cos \sigma = \sin U_1 \sin U_2 + \cos U_1 \cos U_2 \cos \lambda$$

Berikut adalah tampilan rumus arah kiblat menggunakan rumus Vincenty pada Microsoft Office Excel.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2	P	ϕ_1	Radians	Decimal Degrees	Deg	Min	Sec				
3		λ_1								Masjid Agung Jawa Tengah	6° 59' 2,06" S 110° 26' 45,04" E
4											
5	Q	ϕ_2									
6		λ_2								Ka'bah Coordinates	21° 25' 21,15" N 39° 49' 34,10" E
7											
8											
9			Using Vincenty's Formula								
10			WGS 84								
11		a	6378137,000000								
12		f	0,003353								
13		b	6356752,314245								
14		U1	-0,121487	reduced latitude							
15		U2	0,372753	reduced latitude							
16		L	-1,232546								
17		λ'	-1,232546								
18		$\sin \alpha$	0,964895								
19		$\cos \sigma$	0,262636								
20		σ	1,305043								
21		$\sin \alpha$	-0,903809								
22		$\cos^2 \alpha$	0,183129								
23		$\cos 2\sigma_m$	0,744642								
24		C	0,000154								
25		λ'	-1,236501								
26											
27											
28											
29											

Gambar 3.9 Rumus Vincenty untuk mencari arah Kiblat

Koordinat Kakbah yang digunakan dalam perhitungan vincenty yakni $21^{\circ}25'21,15''$ LU dan $39^{\circ}49'34,10''$ Bujur Timur . Nilai jari-jari Panjang (a) = 6.378.137,0 m, dan nilai jari-jari pendek ellipsoid (b) = 6.356.752,3142 m.

¹⁴⁰ Wikipedia, *Vincety's Formulae*, diakses dari https://en.wikipedia.org/wiki/Vincenty%27s_formulae, pada tanggal 20 Juli 2022 Pukul 13.10 WIB.

Kemudian nilai penggepengan (f) = 0,003353.

Berikut adalah kode pemrograman (coding) arah kiblat yang digunakan pada aplikasi AR Qibla Finder.

```
private static void computeDistanceAndBearing(double lat1, double lon1, double lat2, double lon2, float[] results) {
    // Based on http://www.ngs.noaa.gov/PUBS_LIB/inverse.pdf
    // using the "Inverse Formula" (section 4)
    int MAXITERS = 20;
    // Convert lat/long to radians
    lat1 *= Math.PI / 180.0;
    lat2 *= Math.PI / 180.0;
    lon1 *= Math.PI / 180.0;
    lon2 *= Math.PI / 180.0;
    double a = 6378137.0; // WGS84 major axis
    double b = 6356752.3142; // WGS84 semi-major axis
    double f = (a - b) / a;
    double aSqMinusBSqOverBSq = (a * a - b * b) / (b * b);
    double L = lon2 - lon1;
    double A = 0.0;
    double U1 = Math.atan((1.0 - f) * Math.tan(lat1));
    double U2 = Math.atan((1.0 - f) * Math.tan(lat2));
    double cosU1 = Math.cos(U1);
    double cosU2 = Math.cos(U2);
    double sinU1 = Math.sin(U1);
    double sinU2 = Math.sin(U2);
    double cosU1cosU2 = cosU1 * cosU2;
    double sinU1sinU2 = sinU1 * sinU2;
    double sigma = 0.0;
    double deltaSigma = 0.0;
    double cosSqAlpha = 0.0;
    double cos2SM = 0.0;
    double cosSigma = 0.0;
    double sinSigma = 0.0;
    double cosLambda = 0.0;
    double sinLambda = 0.0;
    double lambda = L; // initial guess
    for (int iter = 0; iter < MAXITERS; iter++) {
        double lambdaOrig = lambda;
        cosLambda = Math.cos(lambda);
        sinLambda = Math.sin(lambda);
        double t1 = cosU2 * sinLambda;
        double t2 = cosU1 * sinU2 - sinU1 * cosU2 * cosLambda;
        double sinSqSigma = t1 * t1 + t2 * t2; // (14)
        sinSigma = Math.sqrt(sinSqSigma);
        cosSigma = sinU1sinU2 + cosU1cosU2 * cosLambda; // (15)
        sigma = Math.atan2(sinSigma, cosSigma); // (16)
        double sinAlpha = (sinSigma == 0) ? 0.0 :
            cosU1cosU2 * sinLambda / sinSigma; // (17)
        cosSqAlpha = 1.0 - sinAlpha * sinAlpha;
        cos2SM = (cosSqAlpha == 0) ? 0.0 :
            (cosSqAlpha == 0) ? 0.0 :
            cosSigma - 2.0 * sinU1sinU2 / cosSqAlpha; // (18)
        double uSquared = cosSqAlpha * aSqMinusBSqOverBSq; // defn
        A = 1 + (uSquared / 16384.0) * // (3)
            (4096.0 + uSquared *
            (-768 + uSquared * (320.0 - 175.0 * uSquared)));
        double B = (uSquared / 1024.0) * // (4)
            (256.0 + uSquared *
            (-128.0 + uSquared * (74.0 - 47.0 * uSquared)));
        double C = (f / 16.0) *
            cosSqAlpha *
            (4.0 + f * (4.0 - 3.0 * cosSqAlpha)); // (10)
        double cos2SMSq = cos2SM * cos2SM;
        deltaSigma = B * sinSigma * // (6)
            (cos2SM + (B / 4.0) *
            (cosSigma * (-1.0 + 2.0 * cos2SMSq) -
            (B / 6.0) * cos2SM *
            (-3.0 + 4.0 * sinSigma * sinSigma) *
            (-3.0 + 4.0 * cos2SMSq)));
        lambda = L +
            (1.0 - C) * f * sinAlpha *
            (sigma + C * sinSigma *
            (cos2SM + C * cosSigma *
            (-1.0 + 2.0 * cos2SM * cos2SM))); // (11)
        double delta = (lambda - lambdaOrig) / lambda;
        if (Math.abs(delta) < 1.0e-12) {
            break;
        }
    }
    float distance = (float) (b * A * (sigma - deltaSigma));
    results[0] = distance;
    if (results.length > 1) {
        float initialBearing = (float) Math.atan2(cosU2 * sinLambda,
            cosU1 * sinU2 - sinU1 * cosU2 * cosLambda);
        initialBearing *= 180.0 / Math.PI;
        results[1] = initialBearing;
        if (results.length > 2) {
            float finalBearing = (float) Math.atan2(cosU1 * sinLambda,
                -sinU1 * cosU2 + cosU1 * sinU2 * cosLambda);
            finalBearing *= 180.0 / Math.PI;
            results[2] = finalBearing;
        }
    }
}
```

BAB IV
UJI AKURASI PENENTUAN ARAH KIBLAT MENGGUNAKAN APLIKASI
ANDROID BERTEKNOLOGI *AUGMENTED REALITY* PADA APLIKASI
AUGMENTED REALITY QIBLAH FINDER (ARQIFI)

A. Analisis Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Aplikasi Android Berteknologi Aplikasi *Augmented Reality* Qiblah Finder (Arqifi)

Penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi Android berbasis teknologi *Augmented Reality Qiblah Finder* (Arqifi) menunjukkan merupakan metode baru yang mudah dan praktis. Pengguna hanya perlu mengaktifkan jaringan data, memberikan izin akses *Global Positioning System* (GPS) dan kamera pada smartphone, serta menjalankan aplikasi Arqifi. Setelah itu, mereka dapat memilih fitur *Qibla Map*, jika data yang ditampilkan sudah benar, memilih fitur 3D *Qibla* untuk mengarahkan smartphone ke garis kiblat yang ditunjukkan oleh aplikasi.

Dalam penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi Arqifi, data lokasi pengguna diproses menggunakan rumus *Vincenty* (Geodesi). Hasil perhitungan ini ditampilkan pada fitur *Qibla Map* dengan pembulatan nilai dalam satuan derajat. Rumus *Vincenty* digunakan karena mengasumsikan bentuk bumi sebagai *ellipsoid*, yang mempertimbangkan perbedaan jarak antara pusat bumi dan ekuator serta pusat bumi dan kutub. Berdasarkan sistem koordinat *World Geodetic System* (WGS) 1984, jari-jari ekuator (a) memiliki nilai 6.778.137 meter, sementara jari-jari polar (b) memiliki nilai 6.356.752,3 meter. Nilai-nilai ini berpengaruh pada *flattening* atau kedataran bumi (f), yang merupakan perbedaan mendasar antara rumus arah kiblat yang menggunakan konsep *Vincenty* dan rumus yang menggunakan konsep Trigonometri Bola.

Rumus arah kiblat berdasarkan konsep trigonometri bola mengasumsikan bumi sebagai bola sempurna tanpa memperhatikan kedataran bumi, sehingga nilai $f = 0$. Namun, dalam rumus *Vincenty* yang mempertimbangkan kedataran bumi, nilai f memiliki nilai tertentu. Jika nilai f pada rumus *Vincenty* diberikan nilai 0, maka azimuth kiblat yang dihasilkan akan sama dengan azimuth kiblat yang dihasilkan dengan asumsi bumi sebagai bola. Semakin besar nilai f, semakin besar

pula selisih nilainya secara linear atau proporsional.¹⁴¹

Dalam penggunaan aplikasi Arqifi untuk penentuan arah kiblat, penting untuk memperhatikan lokasi yang akan diukur dan data yang ditampilkan oleh aplikasi. Disarankan untuk menggunakan fitur *Qibla Map* dan *3D Qibla* di area yang lapang dengan akses internet yang stabil. Hal ini diperlukan agar GPS dapat mengakses data lokasi pengguna dengan akurat dan mendapatkan sinyal satelit yang kuat. Sinyal satelit menjadi faktor utama dalam mendapatkan data yang diperlukan. Penggunaan aplikasi Arqifi di dalam ruangan, terowongan, atau tempat dengan banyak pepohonan atau gedung biasanya menghadapi kesulitan dalam mendapatkan sinyal satelit, sehingga lokasi yang ditampilkan dalam fitur *Qibla Map* menjadi kurang akurat. Jika lokasi yang ditampilkan dalam fitur *Qibla Map* tidak akurat, maka arah yang ditunjukkan oleh garis kiblat dalam fitur *3D Qibla* juga akan kurang akurat.

Selain itu, pengguna juga perlu memperhatikan kondisi lokasi saat menguji penentuan arah kiblat dengan aplikasi Arqifi. Hindari lokasi yang memiliki medan magnet tinggi, karena hal ini dapat mengganggu proses pengujian arah kiblat yang menggunakan sensor kompas magnetik pada *smartphone*. Saat melakukan pengukuran, pastikan *smartphone* berada dalam posisi vertikal atau tegak lurus, dan arahkan sesuai dengan gambar garis kiblat yang ditampilkan dalam fitur *3D Qibla*. Hal ini penting karena jika *smartphone* tidak berdiri tegak lurus atau tetap, gambar garis kiblat yang ditampilkan akan melenceng dari arah kiblat yang ditunjukkan oleh teknologi *augmented reality*.

Secara keseluruhan, perhitungan arah kiblat pada fitur *Qibla Map* menggunakan rumus Vincenty memberikan hasil yang akurat dengan selisih sekitar 7 menit dibandingkan dengan perhitungan arah kiblat yang mengasumsikan bumi sebagai bola. Dengan selisih tersebut, penentuan arah kiblat pada aplikasi Arqifi dapat digunakan untuk menentukan arah kiblat yang akurat.

Dalam pengujian ini, penggunaan aplikasi Arqifi dengan teknologi *augmented reality* pada fitur *3D Qibla* menghasilkan variasi arah kiblat. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yang perlu diperhatikan, yaitu:

¹⁴¹ Rinto Anugraha, Arah Kiblat Dengan Metode Vincenty, diakses dari <https://rintoanugraha.staff.ugm.ac.id/arah-kiblat-dengan-metode-vincenty/> pada tanggal 18 Agustus 2022 pukul 14.00 WIB.

1. Perbedaan pengasumsian bumi: Metode penghitungan menggunakan asumsi bumi sebagai bola sempurna (trigonometri bola) atau *ellipsoid (Vincenty)* dapat menghasilkan perbedaan pada perhitungan azimuth kiblat.
2. Tingkat akurasi data lokasi: Data lokasi yang ditampilkan pada fitur *Qibla Map* dalam aplikasi Arqifi dapat memiliki tingkat akurasi yang berbeda-beda, sehingga hal ini dapat mempengaruhi garis kiblat yang ditampilkan pada fitur 3D *Qibla*.
3. Responsifitas pergerakan garis kiblat: Fitur 3D *Qibla* pada aplikasi Arqifi memiliki pergerakan yang responsif terhadap gerakan smartphone. Oleh karena itu, pergerakan smartphone dapat mempengaruhi arah yang ditunjukkan oleh garis kiblat.
4. Ketergantungan pada arah kiblat magnetik: Teknologi *augmented reality* yang digunakan pada aplikasi Arqifi masih mengacu pada arah kiblat magnetik yang diindikasikan oleh *smartphone*. Hal ini menyebabkan arah yang ditunjukkan tidak dapat secara akurat mencerminkan arah kiblat yang sebenarnya.

Secara keseluruhan, penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi Arqifi dengan teknologi *augmented reality* pada fitur 3D *Qibla* dapat menghasilkan variasi arah kiblat yang dipengaruhi oleh faktor-faktor di atas.

B. Uji Akurasi Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Aplikasi Android Berteknologi *Augmented Reality* Pada Aplikasi Arqifi

Dalam bab ini, peneliti melakukan pengujian untuk membandingkan penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi Arqifi yang menggunakan teknologi *augmented reality* dengan hasil pengukuran menggunakan Rashdul Qiblah Lokal. Pemilihan metode tersebut sebagai pembanding adalah dikarenakan hasil pengukuran yang dihasilkannya telah dianggap akurat dibandingkan dengan metode penentuan arah kiblat lainnya. Oleh karena itu, metode Rashdul Qiblah digunakan sebagai acuan untuk mengevaluasi keakuratan penentuan arah kiblat dalam aplikasi Arqifi yang menggunakan rumus Vincenty dan didukung oleh teknologi *Augmented Reality*.

Dalam pengujian ini, diperlukan instrumen pengujian berupa *smartphone*

android yang dapat memenuhi persyaratan dalam penggunaan aplikasi Arqifi. Persyaratan itu adalah ketersediaan sensor GPS, *Compass*, *Gyroscope*, *3D Orientation*, dan *Magnetometer*, serta didukung aplikasi Open GL ES minimal versi 2.0. Maka dari itu, peneliti menggunakan *smartphone ZTE Nubia M2* dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 4.1 Spesifikasi *Smartphone Pocophone X3 NFC*.¹⁴²

Jaringan	SIM	GSM, CDMA, HSPA, 4G
Platform	OS	Android 10, upgradable to Android 12, MIU 14
	Chipset	Qualcomm SM7150-AC Snapdragon 732G (8 nm)
	CPU	Octa-core (2x2.3 GHz Kryo 470 Gold & 6x1.8 GHz Kryo 470 Silver)
	GPU	Adreno 506
Kamera	Utama	64 MP, f/1.9, (wide), 1/1.73", 0.8µm, PDAF 13 MP, f/2.2, 119° (ultrawide), 1.0µm 2 MP, f/2.4, (macro) 2 MP, f/2.4, (depth)
	Fitur	Dual-LED flash, HDR, panorama
	Video	4K@30fps, 1080p@30/120fps, 720p@960fps; gyro-EIS
Fitur	WLAN	Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac, dual-band, Wi-Fi Direct 4.1,
	Bluetooth	5.1, A2DP, LE
	GPS	GPS, GLONASS, BDS
	Sensor	<i>ingerprint (side-mounted), accelerometer, gyro, proximity, compass</i>
	USB	Type-C 1.0 <i>reversible connector</i> , USB <i>On-TheGo</i>

Berikut adalah hasil pengujian lapangan yang peneliti lakukan:

¹⁴² GSM Arena, *Xiaomi Poco X3 NFC- Full Specification*, diakses dari https://www.gsmarena.com/xiaomi_poco_x3_nfc-10415.php, pada tanggal 2 Agustus 2022 pukul 13.20 WIB.

1. Pengujian Pertama

Terlebih dahulu peneliti menentukan arah kiblat menggunakan Istiwa'aini, pengujian ini dilaksanakan pada hari Rabu, 7 Desember 2022 M pukul 13:47:21 WIB (06:47:21 GMT) dengan data sebagai berikut :

- 1) Lintang Tempat (λ^x) = $-6^{\circ}59'19''$ LS
- 2) Bujur Tempat (φ^x) = $110^{\circ}25'20''$ BT
- 3) Lintang Kakbah (λ^k) = $21^{\circ}25'21,03''$ LU
- 4) Bujur Kakbah (Φ^k) = $39^{\circ}49'34,22''$ BT
- 5) LMT = Pukul 13:47:21 WIB
- 6) Deklinasi Matahari (δ)
Pukul 13.00 WIB = $21^{\circ}14'07''$
Pukul 14.00 WIB = $21^{\circ}13'41''$
- 7) *Equation of time* (e)
Pukul 13.00 WIB = $-0^{\circ}6'8''$
Pukul 14.00 WIB = $-0^{\circ}6'8''$

Langkah pertama, tentukanlah nilai deklinasi (δ) dan *equation of time* (e) yang telah diinterpolasi terlebih dahulu, dengan cara sebagai berikut:

a. Deklinasi Matahari (δ)

$$\text{Pukul 13.00 WIB} = 21^{\circ}14'07''$$

$$\text{Pukul 14.00 WIB} = 21^{\circ}13'41''$$

$$\text{Selisih waktu (s)} = 0^{\circ}47'21''$$

Kemudian dilakukan interpolasi dengan rumus

$$\delta = \delta^1 + s (\delta^2 - \delta^1)$$

$$= 21^{\circ}14'07'' + 0^{\circ}47'21'' (21^{\circ}13'41'' - 21^{\circ}14'07'') = 21^{\circ}13'46,48''$$

b. *Equation of time* (e)

$$\text{Pukul 13.00 WIB} = -0^{\circ}6'8''$$

$$\text{Pukul 14.00 WIB} = -0^{\circ}6'8''$$

$$\text{Selisih waktu (s)} = 0^{\circ}47'21''$$

Kemudian dilakukan interpolasi dengan rumus $e = e^1 + s(e^2 - e^1)$

$$= -0^{\circ}6'8'' + 0^{\circ}47'21'' (-0^{\circ}6'8'' - (-0^{\circ}6'8''))$$

$$= -0^{\circ}6'8''$$

Setelah data nilai deklinasi (δ) dan *equation of time* (e) didapatkan, selanjutnya yaitu menghitung arah kiblat dengan menggunakan rumus:

$$\text{Cotan } B = \text{Tan } \lambda^k \text{ Cos } \lambda^x : \text{Sin } C - \text{Sin } \lambda^k : \text{Tan } C$$

$$\lambda^k = 21^{\circ}25'21,03''$$

$$\lambda^x = -6^{\circ}59'2,44''$$

Untuk mendapatkan nilai C digunakan rumus BT Masjid Raya Baiturrahman (φ^x) – BT Kakbah (φ^{xk}) karena nilai C termasuk kelompok 1 maka arah kiblatnya condong ke barat.

$$\text{Berarti } C = \varphi^x - \varphi^k$$

$$= 110^{\circ} 26' 45,1'' - 39^{\circ}49'34,22''$$

$$= 70^{\circ}37'10,88'' \text{ (B)}$$

Kemudian data-data lintang Kakbah, lintang Masjid Raya Baiturrahman, jarak bujur tersebut dimasukkan ke dalam rumus menghitung arah kiblat, sehingga menjadi:

$$\text{Cotan } B = \text{Tan } 21^{\circ}25'21,03'' \times \text{Cos } -6^{\circ}59'2,44'' : \text{Sin } 70^{\circ}37'10,88'' -$$

$$\text{Sin } -6^{\circ}59'2,44'' : \text{Tan } 70^{\circ}37'10,88''$$

$$= 65^{\circ}30'21,13'' \text{ UB (U karena hasil positif, dan B karena C termasuk kelompok I, yaitu } \varphi^x > \varphi^k \text{)}$$

Langkah kedua, menghitung azimuth kiblat Masjid Raya Baiturrahman dengan rumus: $\text{Azimuth Kiblat} = 360^{\circ} - B^{143}$, berarti:

$$\text{Azimuth Kiblat} = 360^{\circ} - B$$

$$= 360^{\circ} - 65^{\circ}30'21,13''$$

$$= 294^{\circ}29'38,87''$$

Langkah ketiga, menghitung Arah Matahari (A) pukul 13:47:21 WIB

¹⁴³ Karena arah kiblat (B) adalah UB (Utara Barat), maka *azimuth* kiblat = 360- B.

(06:47:21 GMT), dengan rumus :

$$\text{Cotan } A = \tan \delta \cos \varphi^x : \sin t - \sin \varphi^x : \tan t$$

Untuk mendapat nilai t (sudut waktu) digunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} t &= (\text{LMT} + e - (\varphi^L - \varphi^x) : 15 - 12) \times 15 \\ &= (13:47:21 + (-0:6:8) - (105^\circ - 110^\circ 26' 45,1'')) : 15 - 12) \times 15 \\ &= 30^\circ 45' 0,1'' \text{ (positif berarti Matahari berada di sebelah barat} \\ &\quad \text{meridian langit).} \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai t, masukanlah data-data lintang Masjid Raya Baiturrahman, deklinasi Matahari dan sudut waktu ke dalam rumus, sehingga menjadi

$$\begin{aligned} \text{Cotan } A &= \tan \delta \cos \lambda^x : \sin t - \sin \lambda^x : \tan t \\ &= \tan 21^\circ 13' 46,48'' \times \cos -6^\circ 59' 2,44'' : \sin 30^\circ 45' 0,1'' - \sin - \\ &\quad 6^\circ 59' 2,06'' : \tan 30^\circ 45' 0,1'' \end{aligned}$$

$$A = 46^\circ 12' 48,25'' \text{ UB (U karena hasil perhitungannya positif, B karena dilakukan setelah } merrpass \text{ Matahari di sebelah barat meridian langit)}$$

Langkah keempat, menghitung arah *azimuth* Matahari dengan menggunakan rumus : *Azimuth* Matahari = 360 – A, karena A = UB (Utara Barat). Berarti :

$$\begin{aligned} \textit{Azimuth} \text{ Matahari} &= 360 - 46^\circ 12' 48,25'' \\ &= 313^\circ 47' 11,75'' \end{aligned}$$

Langkah kelima, menghitung beda *azimuth* (ba) dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{ba} &= \textit{Azimuth} \text{ kiblat} - \textit{Azimuth} \text{ Matahari} \\ &= 294^\circ 29' 38,87'' - 313^\circ 47' 11,75'' \\ &= -19^\circ 11' 32,7'' \end{aligned}$$

Karena negatif maka harus ditambah 360°, sehingga menjadi:

$$\begin{aligned} \text{ba} &= -19^\circ 11' 32,7'' + 360^\circ \\ &= 340^\circ 42' 27,12'' \end{aligned}$$

Setelah dilakukan pengukuran dengan menarik benang dari tongkat istiwak yang dititik pusat memanjang melalui bilangan 341° karena $42'$ dibulatkan menjadi 1° sementara $27,12''$ bisa diabaikan karena bilangan tersebut terlalu kecil (tidak ada satu menit). Hasilnya benang tersebut berimpit dengan garis keramik yang merupakan arah kiblat Masjid Raya Baiturrahman sebagaimana pada gambar di bawah ini.

Setelah mendapatkan arah kiblat, selanjutnya adalah menentukan arah kiblat menggunakan Aplikasi Arqifi dengan hasil pengujian sebagai berikut :

- 1) Lintang Tempat (λ^x) = $-6^\circ 59' 19''$ LS
- 2) Bujur Tempat (φ^x) = $110^\circ 25' 20''$ BT
- 3) Lintang Kakbah (λ^K) = $21^\circ 25' 21,15''$ LU
- 4) Bujur Kakbah (Φ^k) = $39^\circ 49' 34,10''$ BT
- 5) Akurasi Lokasi = ± 10 Meter
- 6) Jarak Ke Kakbah = $8319,79$ KM

Dari hasil perhitungan menggunakan rumus Vincenty pada program Microsoft Office Excel,¹⁴⁴ diperoleh hasil *azimuth* kiblat untuk Masjid Raya Baiturrahman adalah 294.36995171117 atau $294^\circ 22' 11.83''$ UTSB. Hasil perhitungan ini berselisih $0^\circ 7' 26,96''$ dengan hasil perhitungan arah kiblat Istiwa'aini.

Kemudian, dalam fitur Qibla Map, arah kiblat dibulatkan menjadi $294^\circ 22' 12''$ UTSB, selain itu nilai arah kiblat pada kompas senilai $293^\circ 16' 12''$ (sudah dikurangi deklinasi magnetik). Sementara pada fitur 3D Qibla, arah kiblat yang ditunjukkan oleh garis 3D Kiblat menghasilkan nilai $295^\circ 29' 38,87''$ atau melenceng sekitar 1° ke arah utara kiblat rashdul qiblah.

¹⁴⁴ Perhitungan pada *Microsoft Office Excel* ini diperlukan karena dalam rumus vincenty terdapat proses iterasi, yaitu suatu proses atau metode yang digunakan secara berulang-ulang (pengulangan) dalam menyelesaikan suatu permasalahan matematik.

$$\text{Pukul 13.00 WIB} = 21^{\circ}14'07''$$

$$\text{Pukul 14.00 WIB} = 21^{\circ}13'41''$$

$$\text{Selisih waktu (s)} = 0^{\circ}55'16''$$

Kemudian dilakukan interpolasi dengan rumus

$$\delta = \delta^1 + s (\delta^2 - \delta^1)$$

$$= 21^{\circ}14'07'' + 0^{\circ}55'16'' (21^{\circ}13'41'' - 21^{\circ}14'07'') = 21^{\circ}13'43,05''$$

b. *Equation of time (e)*

$$\text{Pukul 13.00 WIB} = -0^{\circ}6'8''$$

$$\text{Pukul 14.00 WIB} = -0^{\circ}6'8''$$

$$\text{Selisih waktu (s)} = 0^{\circ}55'6''$$

Kemudian dilakukan interpolasi dengan rumus $e = e^1 + s (e^2 - e^1)$

$$= -0^{\circ}6'8'' + 0^{\circ}55'6'' (-0^{\circ}6'8'' - (-0^{\circ}6'8''))$$

$$= -0^{\circ}6'8''$$

Setelah data nilai deklinasi (δ) dan *equation of time (e)* didapatkan, selanjutnya yaitu menghitung arah kiblat dengan menggunakan rumus:

$$\text{Cotan } B = \text{Tan } \lambda^k \text{ Cos } \lambda^x : \text{Sin } C - \text{Sin } \lambda^k : \text{Tan } C$$

$$\lambda^k = 21^{\circ}25'21,03''$$

$$\lambda^x = -6^{\circ}59'2,44''$$

Untuk mendapatkan nilai C digunakan rumus BT Masjid Raya Baiturrahman (ϕ^x) – BT Kakbah (ϕ^k) karena nilai C termasuk kelompok 1 maka arah kiblatnya condong ke barat.

$$\text{Berarti } C = \phi^x - \phi^k$$

$$= 110^{\circ}26'45,1'' - 39^{\circ}49'34,22''$$

$$= 70^{\circ}37'10,88''(\text{B})$$

Kemudian data-data lintang Kakbah, lintang Masjid Raya Baiturrahman, jarak bujur tersebut dimasukkan ke dalam rumus menghitung arah kiblat, sehingga menjadi :

$$\text{Cotan } B = \text{Tan } 21^{\circ}25'21,03'' \times \text{Cos } -6^{\circ}59'2,44'' : \text{Sin } 70^{\circ}37'10,88'' - \text{Sin}$$

$$\begin{aligned}
& -6^{\circ}59'2,44'' : \tan 70^{\circ}37'10,88'' \\
& = 65^{\circ}30'21,13'' \text{ UB (U karena hasil positif, dan B karena C} \\
& \text{termasuk kelompok I, yaitu } \varphi^x > \varphi^k)
\end{aligned}$$

Langkah kedua, menghitung azimuth kiblat Masjid Raya Baiturrahman dengan rumus:

Azimuth Kiblat = $360^{\circ} - B$ ¹⁴⁵, berarti:

$$\begin{aligned}
\text{Azimuth Kiblat} &= 360^{\circ} - B \\
&= 360^{\circ} - 65^{\circ}30'21,13'' \\
&= 294^{\circ}29'38,87''
\end{aligned}$$

Langkah ketiga, menghitung Arah Matahari (A) pukul 13:55:16 WIB (06:55:16 GMT), dengan rumus :

$$\cotan A = \tan \delta \cos \varphi^x : \sin t - \sin \varphi^x : \tan t$$

Untuk mendapat nilai t (sudut waktu) digunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
t &= (\text{LMT} + e - (\varphi^L - \varphi^x) : 15 - 12) \times 15 \\
&= (13:55:16 + (-0:6:8) - (105^{\circ} - 110^{\circ}26'45,1'')) : 15 - 12 \times 15 \\
&= 32^{\circ}43'45,1'' \text{ (positif berarti Matahari berada di sebelah barat} \\
& \text{meridian langit).}
\end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai t, masukanlah data-data lintang Masjid Raya Baiturrahman, deklinasi Matahari dan sudut waktu ke dalam rumus, sehingga menjadi

$$\begin{aligned}
\cotan A &= \tan \delta \cos \lambda^x : \sin t - \sin \lambda^x : \tan t \\
&= \tan 21^{\circ}13'43,05'' \times \cos -6^{\circ}59'2,44'' : \sin 32^{\circ}43'45,1'' - \sin - \\
& \quad 6^{\circ}59'2,06'' : \tan 32^{\circ}43'45,1'' \\
A &= 47^{\circ}56'22,3'' \text{ UB (U karena hasil perhitungannya} \\
& \text{positif, B karena dilakukan setelah } merrpass \text{ Matahari di} \\
& \text{sebelah barat meridian langit)}
\end{aligned}$$

Langkah keempat, menghitung arah azimuth Matahari dengan menggunakan rumus : $\text{Azimuth Matahari} = 360 - A$, karena $A = \text{UB}$ (Utara

¹⁴⁵ Karena arah kiblat (B) adalah UB (Utara Barat), maka azimuth kiblat = $360 - B$.

Barat). Berarti :

$$\begin{aligned}Azimuth \text{ Matahari} &= 360 - 47^{\circ}56'22,3'' \\ &= 312^{\circ}3'37,7''\end{aligned}$$

Langkah kelima, menghitung beda *azimuth* (ba) dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}ba &= Azimuth \text{ kiblat} - Azimuth \text{ Matahari} \\ &= 294^{\circ}29'38,87'' - 312^{\circ}3'37,7'' \\ &= -17^{\circ}33'83,9''\end{aligned}$$

Karena negatif maka harus ditambah 360° , sehingga menjadi:

$$\begin{aligned}ba &= -17^{\circ}33'58,96'' + 360^{\circ} \\ &= 342^{\circ}26'1,17''\end{aligned}$$

Setelah dilakukan pengukuran dengan menarik benang dari tongkat istiwak yang dititik pusat memanjang melalui bilangan 342° lebih $26'$ (mendekati setengah derajat) sementara $1,17''$ bisa diabaikan karena bilangan tersebut terlalu kecil (tidak ada satu menit). Hasilnya benang tersebut berimpit dengan garis keramik yang merupakan arah kiblat Masjid Raya Baiturrahman sebagaimana pada gambar di bawah ini.

Setelah mendapatkan arah kiblat, selanjutnya adalah menentukan arah kiblat menggunakan Aplikasi Arqifi dengan hasil pengujian sebagai berikut :

- 1) Lintang Tempat (λ^x) = $-6^{\circ}59'2,44''$ LS
- 2) Bujur Tempat (ϕ^x) = $110^{\circ}26'45,1''$ BT
- 3) Lintang Kakbah (λ^K) = $21^{\circ}25'21,15''$ LU
- 4) Bujur Kakbah (Φ^K) = $39^{\circ}49'34,10''$ BT
- 5) Akurasi Lokasi = ± 5 Meter
- 6) Jarak Ke Kakbah = $8319,79$ KM

Dari hasil perhitungan menggunakan rumus Vincenty pada program Microsoft Office Excel, diperoleh hasil *azimuth* kiblat untuk Masjid Masjid Raya Baiturrahman adalah 294.36995171117 atau $294^{\circ}22'11.83''$ UTSB. Hasil perhitungan ini berselisih $0^{\circ}7'26,96''$ dengan hasil perhitungan arah kiblat Istiwa'aini.

Kemudian, dalam fitur *Qibla Map*, nilai arah kiblat tersebut dibulatkan menjadi $294^{\circ}22'12''$ UTSB, selain itu nilai arah kiblat kompas pada fitur

Qibla Map adalah $294^{\circ}52'36''$ (sudah dikurangi deklinasi magnetik). Sementara pada fitur *3D Qibla*, arah kiblat yang ditunjukkan oleh garis kiblat 3D menghasilkan nilai $294^{\circ}22'36''$ atau selisih $0^{\circ}30'$ dengan arah kiblat.



Gambar 4.2 Pengujian Aplikasi Arqifi pada hari Rabu, 7 Desember 2022 pukul 13:55:16 WIB (06:55:16 GMT)

Dalam pengujian kedua ini, dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi *Augmented Reality* pada aplikasi Arqifi adalah akurat.

3. Pengujian Ketiga

Terlebih dahulu peneliti menentukan arah kiblat menggunakan Istiwa'aini, pengujian ini dilaksanakan pada hari Kamis, 8 Desember 2022 pukul 16:48:16 WIB (09:48:16 GMT) dengan data sebagai berikut :

- 1) Lintang Tempat (λ^x) = $-6^{\circ}59'2,44''$ LS
- 2) Bujur Tempat (φ^x) = $110^{\circ}26'45,1''$ BT
- 3) Lintang Kakbah (λ^k) = $21^{\circ}25'21,03''$ LU
- 4) Bujur Kakbah (Φ^k) = $39^{\circ}49'34,22''$ BT
- 5) LMT = Pukul 16:48:16
WIB
- 6) Deklinasi Matahari (δ)
Pukul 16.00 WIB = $21^{\circ}02'32''$
Pukul 17.00 WIB = $21^{\circ}02'06''$
- 7) Equation of time (e)

$$\text{Pukul 16.00 WIB} = -0^{\circ}6'14''$$

$$\text{Pukul 17.00 WIB} = -0^{\circ}6'14''$$

Langkah pertama, tentukanlah nilai deklinasi (δ) dan *equation of time* (e) yang telah diinterpolasi terlebih dahulu, dengan cara sebagai berikut:

a. Deklinasi Matahari (δ)

$$\text{Pukul 16.00 WIB} = 21^{\circ}02'32''$$

$$\text{Pukul 17.00 WIB} = 21^{\circ}02'06''$$

$$\text{Selisih waktu (s)} = 0^{\circ}48'16''$$

Kemudian dilakukan interpolasi dengan rumus

$$\begin{aligned} \delta &= \delta^1 + s (\delta^2 - \delta^1) \\ &= 21^{\circ}02'32'' + 0^{\circ}48'16'' (21^{\circ}02'06'' - 21^{\circ}02'32'') \\ &= 21^{\circ}2'11,08'' \end{aligned}$$

b. *Equation of time* (e)

$$\text{Pukul 16.00 WIB} = -0^{\circ}6'14''$$

$$\text{Pukul 17.00 WIB} = -0^{\circ}6'14''$$

$$\text{Selisih waktu (s)} = 0^{\circ}48'16''$$

Kemudian dilakukan interpolasi dengan rumus $e = e^1 + s (e^2 - e^1)$

$$\begin{aligned} &= -0^{\circ}6'14'' + 0^{\circ}48'16'' (-0^{\circ}6'14'' - (-0^{\circ}6'14'')) \\ &= -0^{\circ}6'14'' \end{aligned}$$

Setelah data nilai deklinasi (λ) dan *equation of time* (e) didapatkan, selanjutnya yaitu menghitung arah kiblat dengan menggunakan rumus: $\text{Cotan } B = \text{Tan } \lambda^k \text{ Cos } \lambda^x : \text{Sin } C - \text{Sin } \lambda^k : \text{Tan } C$

$$\lambda^k = 21^{\circ}25'21,03''$$

$$\lambda^x = -6^{\circ}59'2,44''$$

Untuk mendapatkan nilai C digunakan rumus BT Masjid Agung Jawa Tengah (φ^x) – BT Kakbah (φ^{xk}) karena nilai C termasuk kelompok 1 maka arah kiblatnya condong ke barat.

$$\begin{aligned}
\text{Berarti } C &= \varphi^x - \varphi^k \\
&= 110^\circ 26' 45,1'' - 39^\circ 49' 34,22'' \\
&= 70^\circ 37' 10,88'' (\text{B})
\end{aligned}$$

Kemudian data-data lintang Kakbah, lintang MAJT, jarak bujur tersebut dimasukkan ke dalam rumus menghitung arah kiblat, sehingga menjadi :

$$\begin{aligned}
\text{Cotan B} &= \tan 21^\circ 25' 21,03'' \times \cos -6^\circ 59' 2,44'' : \sin 70^\circ 37' 10,88'' - \sin \\
&\quad -6^\circ 59' 2,44'' : \tan \\
&\quad 70^\circ 37' 10,88'' \\
&= 65^\circ 30' 21,13'' \text{ UB (U karena hasil positif, dan B karena C} \\
&\quad \text{termasuk kelompok I, yaitu } \varphi^x > \varphi^k \text{)}
\end{aligned}$$

Langkah kedua, menghitung azimuth kiblat Masjid Agung Jawa Tengah dengan rumus: $\text{Azimuth Kiblat} = 360^\circ - B^{146}$, berarti:

$$\begin{aligned}
\text{Azimuth Kiblat} &= 360^\circ - B \\
&= 360^\circ - 65^\circ 30' 21,13'' \\
&= 294^\circ 29' 38,87''
\end{aligned}$$

Langkah ketiga, menghitung Arah Matahari (A), dengan rumus :

$$\text{Cotan A} = \tan \delta \cos \varphi^x : \sin t - \sin \varphi^x : \tan t$$

Untuk mendapat nilai t (sudut waktu) digunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
t &= (\text{LMT} + e - (\varphi^L - \varphi^X) : 15 - 12) \times 15 \\
&= (16:48:16 + (-0:6:14) - (105^\circ - 110^\circ 26' 45,1'')) : 15 - 12) \times 15 \\
&= 75^\circ 57' 15,1'' \text{ (positif berarti Matahari berada di sebelah barat meridian} \\
&\text{ langit).}
\end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai t, masukanlah data-data lintang Masjid Agung Jawa Tengah (MAJT), deklinasi Matahari dan sudut waktu ke dalam rumus, sehingga menjadi

$$\begin{aligned}
\text{Cotan A} &= \tan \delta \cos \lambda^x : \sin t - \sin \lambda^x : \tan t \\
&= \tan 21^\circ 2' 11,08'' \times \cos -6^\circ 59' 2,44'' : \sin 75^\circ 57' 15,1'' - \sin -6^\circ 59' 2,06'' :
\end{aligned}$$

¹⁴⁶ Karena arah kiblat (B) adalah UB (Utara Barat), maka *azimuth* kiblat = 360- B.

$$\tan 75^{\circ}57'15,1''$$

A = $67^{\circ}1'36,22''$ UB (U karena hasil perhitungannya positif, B karena dilakukan setelah *merrpass* Matahari di sebelah barat meridian langit)

Langkah keempat, menghitung arah *azimuth* Matahari dengan menggunakan rumus : *Azimuth* Matahari = $360 - A$, karena A = UB (Utara Barat). Berarti :

$$\begin{aligned} \textit{Azimuth} \text{ Matahari} &= 360 - 67^{\circ}1'36,22'' \\ &= 292^{\circ}58'23,78'' \end{aligned}$$

Langkah kelima, menghitung beda *azimuth* (ba) dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{ba} &= \textit{Azimuth} \text{ kiblat} - \textit{Azimuth} \text{ Matahari} \\ &= 294^{\circ}29'38,87'' - 292^{\circ}58'23,78'' \\ &= 1^{\circ}31'15,09'' \end{aligned}$$

Setelah dilakukan pengukuran dengan menarik benang dari tongkat istiwak yang dititik pusat memanjang melalui bilangan $1,5^{\circ}$ sementara $1'15,09''$ bisa diabaikan karena bilangan tersebut terlalu kecil. Hasilnya benang tersebut berimpit dengan garis keramik yang merupakan arah kiblat Masjid Agung Jawa Tengah sebagaimana pada gambar di bawah ini.

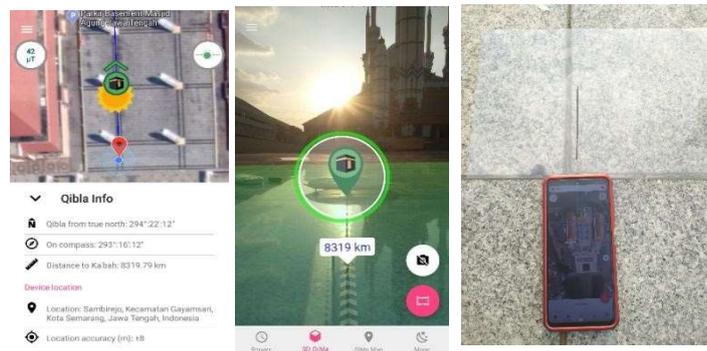
Setelah mendapatkan arah kiblat dari Istiwa'aini, selanjutnya adalah menentukan arah kiblat menggunakan Aplikasi Arqifi dengan hasil pengujian sebagai berikut :

- 1) Lintang Tempat (λ^x) = $-6^{\circ}59'2,44''$ LS
- 2) Bujur Tempat (ϕ^x) = $110^{\circ}26'45,1''$ BT
- 3) Lintang Kakbah (λ^k) = $21^{\circ}25'21,15''$ LU
- 4) Bujur Kakbah (Φ^k) = $39^{\circ}49'34,10''$ BT
- 5) Akurasi Lokasi = ± 8 Meter
- 6) Jarak Ke Kakbah = $8319,79$ KM

Dari hasil perhitungan menggunakan rumus Vincenty pada program Microsoft Office Excel, diperoleh hasil azimuth kiblat untuk Masjid Agung

Jawa Tengah adalah 294.369951711117 atau $294^{\circ}22'11.83''$ UTSB. Hasil perhitungan ini berselisih $0^{\circ}7'26,96''$ dengan hasil perhitungan arah kiblat Istiwa'aini.

Kemudian, dalam fitur Qibla Map, arah kiblat dibulatkan menjadi $294^{\circ}22'12''$ UTSB, selain itu nilai arah kiblat pada kompas senilai $293^{\circ}22'12''$ (sudah dikurangi deklinasi magnetik). Sementara pada fitur 3D Qibla, arah kiblat yang ditunjukkan oleh garis 3D Kiblat menghasilkan nilai yang sama dengan arah kiblat.



Gambar 4.3 Pengujian Aplikasi Arqifi pada hari Kamis, 8 Desember 2022 pukul 16:48:16 WIB (09:48:16 GMT).

Dalam pengujian ketiga ini, dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi *Augmented Reality* pada aplikasi Arqifi adalah sangat akurat.

4. Pengujian Keempat

Terlebih dahulu peneliti menentukan arah kiblat menggunakan Rasdhul Qiblah, pengujian ini dilaksanakan pada hari Sabtu, 10 Desember 2022 pukul 10:18:07 WIB (03:18:07 GMT) dengan data sebagai berikut :

- 1) Lintang Tempat (λ^x) = $-6^{\circ}58'21''$ LS
- 2) Bujur Tempat (φ^x) = $110^{\circ}25'22''$ BT
- 3) Lintang Kakbah (λ^k) = $21^{\circ}25'21,03''$ LU
- 4) Bujur Kakbah (Φ^k) = $39^{\circ}49'34,22''$ BT
- 5) LMT = Pukul 10:18:07 WIB
- 6) Deklinasi Matahari (δ)

$$\text{Pukul 10.00 WIB} = 20^{\circ}43'38''$$

$$\text{Pukul 11.00 WIB} = 20^{\circ}43'11''$$

7) *Equation of time (e)*

$$\text{Pukul 10.00 WIB} = -0^{\circ}6'21''$$

$$\text{Pukul 11.00 WIB} = -0^{\circ}6'21''$$

Langkah pertama, tentukanlah nilai deklinasi (δ) dan *equation of time*

(*e*) yang telah diinterpolasi terlebih dahulu, dengan cara sebagai berikut:

a. Deklinasi Matahari (δ)

$$\text{Pukul 10.00 WIB} = 20^{\circ}43'38''$$

$$\text{Pukul 11.00 WIB} = 20^{\circ}43'11''$$

$$\text{Selisih waktu (s)} = 0^{\circ}18'07''$$

Kemudian dilakukan interpolasi dengan rumus

$$\delta = \delta^1 + s (\delta^2 - \delta^1)$$

$$= 20^{\circ}43'38'' + 0^{\circ}18'07'' (20^{\circ}43'11'' - 20^{\circ}43'38'')$$

$$= 20^{\circ}43'46,15''$$

b. *Equation of time (e)*

$$\text{Pukul 10.00 WIB} = -0^{\circ}6'21''$$

$$\text{Pukul 11.00 WIB} = -0^{\circ}6'21''$$

$$\text{Selisih waktu (s)} = 0^{\circ}18'07''$$

Kemudian dilakukan interpolasi dengan rumus $e = e^1 + s$

$$(e^2 - e^1)$$

$$= -0^{\circ}6'21'' + 0^{\circ}18'07'' (-0^{\circ}6'21'' - (-0^{\circ}6'21''))$$

$$= -0^{\circ}6'21''$$

Setelah data nilai deklinasi (δ) dan *equation of time (e)* didapatkan, selanjutnya yaitu menghitung arah kiblat dengan menggunakan rumus:

$$\text{Cotan } B = \text{Tan } \lambda^k \text{ Cos } \lambda^x : \text{Sin } C - \text{Sin } \lambda^k : \text{Tan } C$$

$$\lambda^k = 21^{\circ}25'21,03''$$

$$\lambda^x = -6^\circ 59' 2,44''$$

Untuk mendapatkan nilai C digunakan rumus BT Masjid Agung Kauman Semarang (φ^x) – BT Kakbah (φ^k) karena nilai C termasuk kelompok 1 maka arah kiblatnya condong ke barat.

$$\begin{aligned} \text{Berarti C} &= \varphi^x - \varphi^k \\ &= 110^\circ 26' 45,1'' - 39^\circ 49' 34,22'' \\ &= 70^\circ 37' 10,88'' (\text{B}) \end{aligned}$$

Kemudian data-data lintang Kakbah, lintang Masjid Agung Kauman Semarang, jarak bujur tersebut dimasukkan ke dalam rumus menghitung arah kiblat, sehingga menjadi :

$$\begin{aligned} \text{Cotan B} &= \tan 21^\circ 25' 21,03'' \times \cos -6^\circ 59' 2,44'' : \sin 70^\circ 37' 10,88'' - \sin \\ &\quad -6^\circ 59' 2,44'' : \tan 70^\circ 37' 10,88'' \\ &= 65^\circ 30' 21,13'' \text{ UB (U karena hasil positif, dan B karena C} \\ &\quad \text{termasuk kelompok I, yaitu } \varphi^x > \varphi^k \text{)} \end{aligned}$$

Langkah kedua, menghitung azimuth kiblat Masjid Agung Kauman Semarang dengan rumus: $\text{Azimuth Kiblat} = 360^\circ - B^{147}$, berarti:

$$\begin{aligned} \text{Azimuth Kiblat} &= 360^\circ - B \\ &= 360^\circ - 65^\circ 30' 21,13'' \\ &= 294^\circ 29' 38,87'' \end{aligned}$$

Langkah ketiga, menghitung Arah Matahari (A) pukul 10:18:07 WIB (03:18:07 GMT), dengan rumus :

$$\text{Cotan A} = \tan \delta \cos \varphi^x : \sin t - \sin \varphi^x : \tan t$$

Untuk mendapat nilai t (sudut waktu) digunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} t &= (\text{LMT} + e - (\varphi^L - \varphi^x) : 15 - 12) \times 15 \\ &= (10:18:07 + (-0:6:21) - (105^\circ - 110^\circ 26' 45,1'')) : 15 - 12) \end{aligned}$$

x 15

$$= -21^\circ 36' 44,9'' \text{ (negatif berarti Matahari berada di sebelah timur meridian langit). Dalam perhitungan selanjutnya sudut waktu}$$

¹⁴⁷ Karena arah kiblat (B) adalah UB (Utara Barat), maka *azimuth* kiblat = 360- B.

(t) harus dirubah menjadi positif dengan keterangan (T)

$$t = 21^{\circ}36'44,9'' \text{ (T)}$$

Setelah mendapatkan nilai t, masukanlah data-data lintang Masjid Agung Kauman Semarang, deklinasi Matahari dan sudut waktu ke dalam rumus, sehingga menjadi :

$$\begin{aligned} \text{Cotan } A &= \tan \delta \cos \lambda^x : \sin t - \sin \lambda^x : \tan t \\ &= \tan 20^{\circ}43'46,15'' \cos -6^{\circ}59'2,44'' : \sin 21^{\circ}36'44,9'' - \sin -6^{\circ}59'2,06'' : \\ &\quad \tan 21^{\circ}36'44,9'' \end{aligned}$$

$$A = 37^{\circ}0'37,21'' \text{ UT} \quad (\text{U karena hasil perhitungannya positif, T karena dilakukan setelah } merrpass \text{ Matahari di sebelah barat meridian langit})$$

Langkah keempat, menghitung arah *azimuth* Matahari pukul 10:18:07 WIB (09:18:07 GMT), dengan menggunakan rumus : *Azimuth* Matahari = A, karena A = UT (Utara

Timur). Berarti :

$$\text{Azimuth Matahari} = 37^{\circ}0'37,21''$$

Langkah kelima, menghitung beda *azimuth* (ba) dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{ba} &= \text{Azimuth kiblat} - \text{Azimuth Matahari} \\ &= 294^{\circ}29'38,87'' - 37^{\circ}0'37,21'' \\ &= 257^{\circ}29'35,66'' \end{aligned}$$

Setelah dilakukan pengukuran dengan menarik benang dari tongkat istiwak yang dititik pusat memanjang melalui bilangan $257,5^{\circ}$ sementara kekurangan $25,24''$ bisa diabaikan karena bilangan tersebut terlalu kecil. Hasilnya benang tersebut berimpit dengan garis keramik yang merupakan arah kiblat Masjid Agung Kauman Semarang sebagaimana pada gambar di bawah ini.

Setelah mendapatkan arah kiblat, selanjutnya adalah menentukan arah kiblat menggunakan Aplikasi Arqifi dengan hasil pengujian sebagai berikut:

- 1) Lintang Tempat (λ^x) = $-6^{\circ}58'21''$ LS
- 2) Bujur Tempat (φ^x) = $110^{\circ}22'21''$ BT

- 3) Lintang Kakbah (λ^k) = 21°25'21,15" LU
- 4) Bujur Kakbah (ϕ^k) = 39°49'34,10" BT
- 5) Akurasi Lokasi = ±7 Meter
- 6) Jarak Ke Kakbah = 8319,79 KM

Dari hasil perhitungan menggunakan rumus Vincenty pada program Microsoft Office Excel, diperoleh hasil *azimuth* kiblat untuk Masjid Agung Kauman Semarang adalah 294.36995171117 atau 294°22'11.83" UTSB. Hasil perhitungan ini berselisih 0°7'26,96" dengan hasil perhitungan arah kiblat.

Kemudian, dalam fitur Qibla Map, arah kiblat dibulatkan menjadi 294°22'12" UTSB, selain itu nilai arah kiblat pada kompas senilai 293°16'13" (sudah dikurangi deklinasi magnetik). Sementara pada fitur 3D Qibla, arah kiblat yang ditunjukkan oleh garis 3D Kiblat menghasilkan nilai 295°52'12" atau melenceng sekitar 0°30' ke arah utara kiblat.



Gambar 4.4 Pengujian Aplikasi Arqifi pada hari Sabtu, 10 Desember M pukul 10:18:16 WIB (03:18:16 GMT).

Dalam pengujian keempat ini, dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi *Augmented Reality* pada aplikasi Arqifi adalah akurat.

5. Pengujian Kelima

Terlebih dahulu peneliti menentukan arah kiblat menggunakan Rashdul Qiblah, pengujian ini dilaksanakan pada hari Sabtu, 10 Desember 2022 pukul 10:52:05 WIB (03:52:05 GMT) dengan data sebagai berikut :

- 1) Lintang Tempat (λ^x) = $-6^{\circ}58'21''$ LS
- 2) Bujur Tempat (φ^x) = $110^{\circ}25'22''$ BT
- 3) Lintang Kakbah (λ^k) = $21^{\circ}25'21,03''$ LU
- 4) Bujur Kakbah (Φ^k) = $39^{\circ}49'34,22''$ BT
- 5) LMT = Pukul 10:52:05 WIB
- 6) Deklinasi Matahari (δ)
 - Pukul 10.00 WIB = $20^{\circ}43'38''$
 - Pukul 11.00 WIB = $20^{\circ}43'11''$
- 7) *Equation of time* (e)
 - Pukul 10.00 WIB = $-0^{\circ}6'21''$
 - Pukul 11.00 WIB = $-0^{\circ}6'21''$

Langkah pertama, tentukanlah nilai deklinasi (δ) dan *equation of time* (e) yang telah diinterpolasi terlebih dahulu, dengan cara sebagai berikut:

A. Deklinasi Matahari (δ)

$$\text{Pukul 10.00 WIB} = 20^{\circ}43'38''$$

$$\text{Pukul 11.00 WIB} = 20^{\circ}43'11''$$

$$\text{Selisih waktu (s)} = 0^{\circ}52'05''$$

Kemudian dilakukan interpolasi dengan rumus

$$\begin{aligned} \delta &= \delta^1 + s (\delta^2 - \delta^1) \\ &= 20^{\circ}43'38'' + 0^{\circ}52'05'' (20^{\circ}43'11'' - 20^{\circ}43'38'') \\ &= 20^{\circ}43'14,56'' \end{aligned}$$

B. *Equation of time* (e)

$$\text{Pukul 10.00 WIB} = -0^{\circ}6'21''$$

$$\text{Pukul 11.00 WIB} = -0^{\circ}6'21''$$

$$\text{Selisih waktu (s)} = 0^{\circ}52'05''$$

$$\begin{aligned} \text{Kemudian dilakukan interpolasi dengan rumus } e &= e^1 + s (e^2 - e^1) \\ &= -0^{\circ}6'21'' + 0^{\circ}52'05'' (-0^{\circ}6'21'' - (-0^{\circ}6'21'')) \end{aligned}$$

$$= -0^{\circ}6'21''$$

Setelah data nilai deklinasi (δ) dan *equation of time* (e) didapatkan, selanjutnya yaitu menghitung arah kiblat dengan menggunakan rumus:

$$\text{Cotan } B = \text{Tan } \lambda^k \text{ Cos } \lambda^x : \text{Sin } C - \text{Sin } \lambda^k : \text{Tan } C$$

$$\lambda^k = 21^{\circ}25'21,03''$$

$$\lambda^x = -6^{\circ}59'2,44''$$

Untuk mendapatkan nilai C digunakan rumus BT Masjid Agung Kauman Semarang (φ^x) – BT Kakbah (φ^k) karena nilai C termasuk kelompok 1 maka arah kiblatnya condong ke barat.

$$\begin{aligned} \text{Berarti } C &= \varphi^x - \varphi^k \\ &= 110^{\circ} 26' 45,1'' - 39^{\circ}49'34,22'' \\ &= 70^{\circ}37'10,88''(B) \end{aligned}$$

Kemudian data-data lintang Kakbah, lintang Masjid Agung Kauman Semarang, jarak bujur tersebut dimasukkan ke dalam rumus menghitung arah kiblat, sehingga menjadi :

$$\begin{aligned} \text{Cotan } B &= \text{Tan } 21^{\circ}25'21,03'' \times \text{Cos } -6^{\circ}59'2,44'' : \text{Sin } 70^{\circ}37'10,88'' - \text{Sin } \\ &\quad -6^{\circ}59'2,44'' : \text{Tan } 70^{\circ}37'10,88'' \\ &= 65^{\circ}30'21,13'' \text{ UB (U karena hasil positif, dan B karena C} \\ &\quad \text{termasuk kelompok I, yaitu } \varphi^x > \varphi^k \text{)} \end{aligned}$$

Langkah kedua, menghitung azimuth kiblat Masjid Agung Jawa Tengah dengan rumus: $\text{Azimuth Kiblat} = 360^{\circ} - B^{148}$, berarti:

$$\begin{aligned} \text{Azimuth Kiblat} &= 360^{\circ} - B \\ &= 360^{\circ} - 65^{\circ}30'21,13'' \\ &= 294^{\circ}29'38,87'' \end{aligned}$$

Langkah ketiga, menghitung Arah Matahari (A) pukul 10:18:07 WIB (03:18:07 GMT), dengan rumus :

$$\text{Cotan } A = \text{tan } \delta \text{ cos } \varphi^x : \text{sin } t - \text{sin } \varphi^x : \text{tan } t$$

¹⁴⁸ Karena arah kiblat (B) adalah UB (Utara Barat), maka *azimuth* kiblat = 360- B.

Untuk mendapat nilai t (sudut waktu) digunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 t &= (LMT + e - (\varphi^L - \varphi^x) : 15 - 12) \times 15 \\
 &= (10:52:05 + (-0:6:21) - (105^\circ - 110^\circ 26' 45,1'') : 15 - 12) \times 15 \\
 &= -13^\circ 7' 14,9'' \text{ (negatif berarti Matahari berada di sebelah timur} \\
 &\quad \text{meridian langit). Dalam perhitungan selanjutnya sudut waktu} \\
 &\quad \text{(t) harus dirubah menjadi positif dengan keterangan (T)} \\
 t &= 13^\circ 7' 14,9'' \text{ (T)}
 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai t, masukanlah data-data lintang Masjid Agung Kauman Semarang, deklinasi Matahari dan sudut waktu ke dalam rumus, sehingga menjadi :

$$\begin{aligned}
 \text{Cotan } A &= \tan \delta \cos \lambda^x : \sin t - \sin \lambda^x : \tan t \\
 &= \tan 20^\circ 43' 14,56'' \times \cos -6^\circ 59' 2,44'' : \sin 21^\circ 36' 44,96'' - \sin - \\
 &\quad 6^\circ 59' 2,06'' : \tan 13^\circ 7' 14,96'' \\
 A &= 24^\circ 41' 4,71'' \text{ UT (U karena hasil perhitungannya} \\
 &\quad \text{positif, T karena dilakukan setelah } merrpass \text{ Matahari di} \\
 &\quad \text{sebelah barat meridian langit)}
 \end{aligned}$$

Langkah keempat, menghitung arah *azimuth* Matahari pukul 16:48:16 WIB (09:48:16 GMT), dengan menggunakan rumus : *Azimuth* Matahari = A, karena A = UT (Utara Timur). Berarti :

$$\text{Azimuth Matahari} = 24^\circ 41' 4,71''$$

Langkah kelima, menghitung beda *azimuth* (ba) dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}
 ba &= \text{Azimuth kiblat} - \text{Azimuth Matahari} \\
 &= 294^\circ 29' 38,87'' - 24^\circ 41' 4,71'' \\
 &= 269^\circ 48' 34,16''
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan pengukuran dengan menarik benang dari tongkat istiwak yang dititik pusat memanjang melalui bilangan 270° karena $48'$ dibulatkan menjadi 1° sementara $34,16''$ bisa diabaikan karena bilangan tersebut terlalu kecil.. Hasilnya benang tersebut berimpit dengan garis

keramik yang merupakan arah kiblat Masjid Agung Kauman Semarang sebagaimana pada gambar di bawah.

Setelah mendapatkan arah kiblat, selanjutnya adalah menentukan arah kiblat menggunakan Aplikasi Arqifi dengan hasil pengujian sebagai berikut :

- 1) Lintang Tempat (λ^x) = $-6^{\circ}58'21''$ LS
- 2) Bujur Tempat (φ^x) = $110^{\circ}25'22''$ BT
- 3) Lintang Kakbah (λ^K) = $21^{\circ}25'21,15''$ LU
- 4) Bujur Kakbah (Φ^k) = $39^{\circ}49'34,10''$ BT
- 5) Akurasi Lokasi = ± 5 Meter
- 6) Jarak Ke Kakbah = 8319,79 KM

Dari hasil perhitungan menggunakan rumus Vincenty pada program Microsoft Office Excel, diperoleh hasil *azimuth* kiblat untuk Masjid Agung Kauman Semarang adalah 294.36995171117 atau $294^{\circ}22'20.83''$ UTSB. Hasil perhitungan ini berselisih $0^{\circ}7'26,96''$ dengan hasil perhitungan arah kiblat Istiwa'aini.

Kemudian, dalam fitur Qibla Map, arah kiblat dibulatkan menjadi $294^{\circ}22'21''$ UTSB. Sementara pada fitur 3D Qibla, arah kiblat yang ditunjukkan oleh garis 3D Kiblat menghasilkan nilai $295^{\circ}22'21''$ atau melenceng sekitar 1° ke arah utara kiblat Istiwa'aini.



Gambar 4.5 Pengujian Aplikasi Arqifi pada hari Sabtu, 10 Desember 2022 pukul 10:52:05 WIB (03:52:05 GMT).

Dalam pengujian kelima ini, dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil

penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi *Augmented Reality* pada aplikasi Arqifi adalah kurang akurat.

Dari lima kali pengujian yang dilaksanakan pada tanggal 7-10 Desember 2022 dengan jam yang berbeda-beda, peneliti mendapatkan hasil pengujian sebagai berikut, antara lain :

Tabel 4.2 Hasil Uji Akurasi Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Aplikasi Android Berteknologi *Augmented Reality* pada Aplikasi Arqifi

Uji	AK Arqifi	AK Masjid	Selisih	Keterangan
1	295°22'36"	294°22'36"	1° (tidak akurat)	Masjid Baiturrahman Semarang
2	294°52'36"	294°22'36"	0°30' (akurat)	Masjid Baiturrahman Semarang
3	294°22'12"	294°22'12"	0° (sangat akurat)	Masjid Agung Jawa Tengah
4	294°52'21"	294°22'21"	0°30' (akurat)	Masjid Agung Kauman Semarang
5	295°22'21"	294°22'21"	1° (tidak akurat)	Masjid Agung Kauman Semarang

- AK : Arah Kiblat

Didapatkan satu azimuth kiblat yang sangat akurat, dua arah kiblat yang akurat dan dua arah yang cukup akurat, dengan bukti-bukti seperti yang terdapat pada pengujian pertama hingga kelima. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android berteknologi *Augmented Reality* pada aplikasi Arqifi dikategorikan akurat menurut tingkat keakuratan Slamet Hambali.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan sebelumnya dan berdasarkan analisa yang telah penulis lakukan, maka penulis selanjutnya memberikan kesimpulan sebagai berikut:

1. Algoritma penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi Arqifi pada Android dengan teknologi *Augmented Reality* menggunakan rumus *Vincenty* yang memiliki tingkat akurasi tinggi dalam menentukan arah kiblat berdasarkan bentuk ellipsoid bumi. Hasil perhitungan arah kiblat memiliki selisih sekitar 7 menit dengan perhitungan yang mengasumsikan bumi sebagai bola. Untuk memperoleh hasil yang akurat, penggunaan aplikasi Arqifi perlu memperhatikan persyaratan, data lokasi, dan proses pengukurannya.
2. Akurasi penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi Arqifi pada Android dengan teknologi *Augmented Reality* menunjukkan tingkat keakuratan yang baik jika dibandingkan dengan metode Slamet Hambali. Dalam lima pengujian yang dilakukan, terdapat selisih antara 0° hingga 1° dari arah kiblat yang diukur menggunakan Rashdul Qiblah. Perbedaan ini disebabkan oleh pengasumsian bumi sebagai bola sempurna dan ellipsoid yang mempengaruhi perhitungan azimuth kiblat, variasi tingkat akurasi data lokasi yang ditampilkan pada fitur *Qibla Map* aplikasi Arqifi, dan penggunaan teknologi augmented reality yang mengacu pada arah kiblat magnetik dari kompas smartphone, yang belum sepenuhnya akurat dalam menunjukkan arah yang sebenarnya.

B. Saran dan Kritik

1. Seperti pada umumnya, penentuan arah kiblat menggunakan aplikasi android harus dijauhkan dari faktor-faktor yang dapat mengganggu sinyal satelit, karena akan menyebabkan tampilan data koordinat (lintang dan bujur) yang kurang akurat.
2. Untuk memaksimalkan fungsi Global Positioning System (GPS) ini disarankan untuk memakai jaringan (kartu internet) yang stabil, mengatur

GPS ke mode akurasi tertinggi dan menggunakan Smartphone yang mumpuni.

3. Tesis ini masih jauh dari kata sempurna, pastinya masih banyak kekurangan baik dari segi materi maupun dari segi isi. Peneliti membutuhkan kritik dan saran yang membangun untuk menjadikan tesis ini menjadi lebih baik lagi.

B. Penutup

Alhamdulillah, puji syukur kepada Allah SWT penulis ucapkan sebagai ungkapan rasa syukur karena telah menyelesaikan tesis ini. Meskipun telah berusaha seoptimal mungkin, penulis meyakini masih dijumpai kekurangan dan kelemahan tesis ini dari berbagai sisi. Namun demikian penulis berdo'a dan berharap semoga tesis ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan para pembaca pada umumnya.

DAFTAR PUSTAKA

Buku

- A. Jacko, Julie. 2003. *Handbook of Research on Ubiquitous Computing Technology for Real Time Enterprises*. CRC Press.
- al-Hafiz Ahmad bin Ali bin Hajar al-Asqalani, Imam. *Fath al-Bari, Juz I*. Beirut: Dar al-Fikr.
- Al-Husain Muslim Bin Al-Hajjaj Bin Muslim Al-Qusyairy An-Naisabury, Abu. *Shahih Muslim, Juz. I*. Beirut: Darul Kutubil 'Ilmiyyah.
- Ali As Shabuni, Muhammad. 1983. *Tafsir Ayat Ahkam As Shabuni*. Surabaya: Bina Ilmu.
- Arifin, Zainul. 2012. *Ilmu Falak*, Yogyakarta: Lukita, 2012.
- Azhari, Susiknan. 2007. *Ilmu Falak : Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern*. Yogyakarta : Suara Muhammadiyah.
- Azis Dahlan, Abdul, et al. 1996. *Ensiklopedi Hukum Islam*. Jakarta: PT Ichtiar Baru Van Hoeve, Cet I.
- Azraqiy. *Akhbar Mekkah, Jilid I*. Mekkah : Al-Majidiyyah.
- Azwar, Saifuddin. 2004. *Metode Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, Cet. V.
- Az-Zuhaili, Wahab. 2010. *Fiqih Islam Wa Adillatuhu, terjemahan Abdul Hayyie al-Kattani, dkk*. Jakarta: Gema Insani.
- Badan Hisab dan Rukyat Departemen Agama. 1981. *Almanak Hisab Rukyat*. Jakarta : Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam.
- Bin Muhammad Awwad Al-Jaziry, Abdurrahman. 1699. *Kitabul Fiqh Ala Madzahibil Arba'ah*. Beirut: Dar Ihya At tyrats Al araby.
- Bostworth, C. E, et. al (ed). 1978. *The Encyclopedia Of Islam, Vol. IV*, (Leiden : E. J. Brill, 1978), hlm. 317.
- D. Marsam, Leonardo. 1983. *Kamus Praktis Bahasa Indonesia*. Surabaya: Cv. Karya Utama.
- Departemen Agama RI. 1993. *Ensiklopedia Islam*. Jakarta : CV. Anda Utama.

_____. 2002. *Mushaf Al-Qur'an Terjemah*. Jakarta: Kelompok Gema Insani.

Departemen P & K. 1989. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Jakarta: Balai Pustaka, Cet 2.

Effendy, Mochtar. 2001. *Ensiklopedi Agama dan Filsafat, Volume 5*. Palembang: Penerbit Universitas Sriwijaya, 2001.

Eliade (ed), Mircea. *The Encyclopedia Of Religion, Vol. 7*. New York : Macmillan Publishing Company.

Furth, Borko. 2014. *Hand Book of Augmented Reality*. Department of Computer and Electrical Engeneering.

Ghozali Muhammad Fathullah, Ahmad. 2016. *Jami' al-Adillah ila Ma'rifati Simt al-Qiblah*. Sampang: LAFAL (Lajnah Falkiyah LanBulan).

Halim Hasan, Abdul. 2006. *Tafsir Al-Ahkam*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.

Haller, Michael. 2007. *Emerging Technologies of Augmented Reality: Interfaces and Design*. London: Idea Group Publishing.

Hambali, Slamet. 2011. *Ilmu Falak 1 (Penentuan Awal Waktu Shalat dan Arah Kiblat Seluruh Dunia)*. Semarang: Program pascasarjana IAIN Walisongo Semarang.

_____. 2013. *Ilmu Falak: Arah Kiblat Setiap Saat*. Yogyakarta: Pustaka Ilmu, Cet ke-I.

_____. 2014. *Laporan Hasil Penelitian Individual Menguji Kakuratan Hasil Pengukuran Arah Kiblat Menggunakan Istiwa'aini Karya Slamet Hambali*. Semarang : IAIN Walisongo Semarang.

Husain Haikal, Muhammad. 1989. *Sejarah Hidup Muhammad*. Jakarta: Litera Antar Nusa, cet ke-10.

Izzan dan Iman Saifullah, Ahmad. 2013. *Studi Ilmu Falak Cara Mudah Belajar Ilmu Falak*. Banten: Pustaka Aulia Media, Cet ke-1.

Izzuddin, Ahmad. 2010. *Menentukan Arah Kiblat Praktis*. Semarang : Walisongo Press, Cet ke-1.

_____. 2012. *Ilmu Falak Praktis ; Metode Hisab-Rukyat Praktis dan Solusi Permasalahannya*. Semarang: Pustaka Rizki Putra.

_____. 2012. *Kajian Terhadap Metode Metode Penentuan Arah Kiblat Dan Akurasinya*. Jakarta: Kementerian Agama RI, Direktorat Jendral Pendidikan Islam, Direktorat Pendidikan Tinggi Islam, Cet ke-1.

Jaelani, Achmad, et al. 2012. *Hisab Rukyat Menghadap Kiblat (Fiqh, Aplikasi, Praktis, Fatwa dan Software)*, Semarang: Pustaka Rizki Putra.

Kadir, A. 2012. *Fiqh Qiblat : Cara Sederhana Menentukan Arah Shalat Agar Sesuai Syari'at*, Yogyakarta: Pustaka Pesantren, Cet ke-1.

Katsir, Ibnu. 1992. *Tafsir al-Qur'an al-'Azhim, Jilid I*. Beirut: Dar al-Fikr.

Kementerian Agama RI. 2012. *al-Qur'an dan Tafsirnya*. Jakarta: Kementerian Agama RI dengan biaya DIPA.

_____. 2015. *Al-Qur'an & Tafsirnya*. Jakarta: Widya Cahaya.

Khazin, Muhyiddin. 2004. *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*. Yogyakarta: Buana Pusaka.

Kurniawan, Bumi. *Kamus Ilmiah Populer*. Surabaya : CV. Citra Pelajar.

Maad, Soha. 2010. *Augmented Reality*. India : Intech.

Menara Kudus. 2006. *Al-Qur'an al-Karim dan Terjemahnya*. Kudus: Menara Kudus.

Muhammad Hasbi ash-Shiddieqy, Teungku. 2001. *Koleksi Hadis-Hadis Hukum, Juz II*, Semarang: Pustaka Rizki Putra, Cet. ke-2.

_____. 2011. *Tafsir al-Qur'an al-Majid alNur, Jilid I*. Jakarta: PT. Cakrawala Surya Prima.

Murtadho, Moh. 2008. *Ilmu Falak Praktis*. Malang: UIN-Malang Press.

Mustafa al-Maraghi, Ahmah. 1993. *Terjemah Tafsir al-Maraghi, Juz II, Penerjemah: Anshori Umar Sitanggal*. Semarang: CV. Toha Putra.

Nasution, Harun, et al. 1992. *Ensiklopedi Hukum Islam*. Jakarta: Djambatan.

Nazir, Mohammad. 1988. *Metode Penelitian*. Jakarta : Ghalia Indonesia, Cet 3.

Poerwadarminta, W.J.S. 2006. Pusat Bahasa Departemen Pendidikan Nasional, *Kamus Umum Indonesia*. Jakarta : Balai Pustaka.

Quthb, Sayyid. 2000. *Tafsir Fi Dhalil Qur'an, Juz I*, Jakarta: Gema Insani.

R. Turner, Howard. 2004. *Science in Medieval Islam An Illustrated Introduction*, diterjemahkan oleh Anggota IKAPI, *Sains Islam yang Mengagumkan (Sebuah Catatan terhadap Abad Pertengahan)*. Bandung : Nuansa, Cet 1.

Sarosa, Samiaji. 2012. *Penelitian Kualitatif: Dasar-dasar*, Jakarta: Indeks.

Sudibyo, Ma'rufin. 2012. *Sang Nabi pun Berputar (Arah Kiblat dan Tata Cara Pengukurannya)*. Solo: Tinta Medina.

Syifaul Anam, Ahmad. 2012. *Laporan Penelitian Individual : Studi Komparasi Terhadap Metode Dan Hasil Hisab Software Arah Kiblat Pada* www.rukyatulhilar.org. Fakultas Syariah dan Hukum IAIN Walisongo Semarang.

Tatmainul Qulub, Siti. 2017. *Ilmu Falak : Dari Sejarah Ke Teori Dan Aplikasi*. Depok : PT Rajagrafindo Persada.

Tim Fakultas Syari'ah IAIN Walisongo Semarang, 2012. *Pedoman Penulisan Skripsi*, Semarang: BASSCOM Multimedia Grafika.

Warson Munawir, Ahmad. 1977. *Al Munawir Kamus Arab-Indonesia*. Surabaya: Pustaka Progressif.

Z. Abidin, Hasanuddin. 2001. *Geodesi Satelit*. Jakarta: Pradnya Paramita, 2001.

Skripsi

Adieb, Muhammad. 2014. *Studi Komparasi Penentuan Arah Kiblat Istiwaaini Karya Slamet Hambali Dengan Theodolite*. Skripsi Fakultas Syariah dan Hukum IAIN Walisongo Semarang.

Budiyanto, Ari. 2011. *Teknologi Augmented Reality Dan Face Tracking Sebagai Media Simulasi Kacamata Virtual (Studi Kasus : Optik Pelita Yogyakarta)*. Yogyakarta : Naskah Publikasi Jurusan Teknik Informatika Sekolah Tinggi Manajemen Informatika Dan Komputer Amikom Yogyakarta.

Hamdi, Suhaili. 2016. *Implementasi Augmented Reality Dalam Pembuatan Media Informasi Wisata Sejarah Kota Medan Pada Platform Android*. Sumatera Utara: Skripsi Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Sumatera Utara.

Karim Solin, Marco. 2014. *Implementasi Augmented Reality Pada Perancangan Sistem Katalog Digiprocreative Berbasis Android*. Skripsi Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Sumatera Utara.

Laili, Barokatul. 2014. *Analisis Metode Pengukuran Arah Kiblat Slamet Hambali*. Skripsi

Fakultas Syariah dan Hukum IAIN Walisongo Semarang.

Mahrus, Ali. 2018. *Uji Akurasi Data Aplikasi Android Mobile Topographer Dalam Menentukan Titik Koordinat Lintang Bujur*. Skripsi Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang

Muttaqin, Ihwan. *Studi Analisis Metode Penentuan Arah Kiblat Dengan Menggunakan Equatorial Sundial*. Skripsi Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang.

Rizki, Yoze. 2012. *Markerless Augmented Reality Pada Perangkat Android*. Surabaya : Proceeding Seminar Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Surabaya.

Suwandi. 2015. *Analisis Penggunaan Theodolit Nikon NE-102 dengan Metode Dua Titik sebagai Penentu Arah Kiblat*. Skripsi Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo Semarang.

Tatminul Qulub, Siti. 2013. *Analisis Metode Rasd Al-Qiblat Dalam Teori Astronomi dan Geodesi*. Semarang : Ringkasan Tesis Program Magister Pascasarjana IAIN Walisongo Semarang.

Faazal Muttaqin, Naufal. 2019. *Uji Akurasi Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Aplikasi Android Berteknologi Augmented Reality (Studi Analisis pada Aplikasi Miqat Karya Samer Joudi)*. Skripsi Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo Semarang.

Jurnal

Awaluddin, Moehammad, dkk. *Kajian Penentuan Arah Kiblat Secara Geodetis*. Semarang: Jurnal Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Vol. 37 No. 2. 2016, hlm. 84-70.

Budiwati, Anisah. *Tongkat Istiwa', Global Positioning System (GPS) dan Google Earth untuk Menentukan Titik Koordinat Bumi dan Aplikasinya dalam Penentuan Arah Kiblat*. Semarang: Jurnal Al-Ahkam Walisongo. Volume 26, No.1, April 2016, hlm 65-92.

Goel dan Avdesh Bhardawaj, Siddhant. *A Critical Analysis of Augmented Reality Learning by Applicability of IT Tools*. International Journal of Information and Computation Technology, Vol. 4 No. 4, 2014, hlm. 425-430.

Nugraha Lengkong, Hendra. *Perancangan Penunjuk Rute Pada Kendaraan Pribadi Menggunakan Aplikasi Mobile GIS Berbasis Android Yang Terintegrasi Pada Google Maps*. Manado : E-journal Teknik Elektro dan Komputer Universitas Sam

Ratulangi, 2015, hlm. 18-25.

T. Azuma, Ronald. 1997. "A Survey of Augmented Reality". *Presence : Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 6 Agustus 1997, hlm. 355– 385..

Teguh Martono dan Rinta Kridalukmana, Kurniawan. 2014. *Mobile Augmented Reality Jurusan Sistem Komputer Universitas Diponegoro Berbasis Android (MARSISKOM)*. Semarang : Jurnal Sistem Komputer Universitas Diponegoro Vol.4 No. 1 Mei 2014, hlm. 17-18.

Makalah

Arkanuddin, Mutoha. 2007. *Modul Pelatihan Perhitungan dan Pengukuran Arah Kiblat*, disampaikan pada tanggal 26 September 2007 di Masjid Syuhada Yogyakarta.

Gama Saputra, Rochmad. 2016. *Makalah Augmented Reality Sebagai Citra 3 Dimensi*. Departemen Ilmu Komputer Dan Elektronika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Hambali, Slamet. 2013. *Uji Kelayakan Istiwa'aini Sebagai Alat Bantu Menentukan Arah Kiblat yang Akurat*. Makalah Seminar Nasional Prodi Ilmu Falak Fakultas Syariah IAIN Walisongo Semarang.

Internet

Anugraha, Rinto. *Arah Kiblat Dengan Metode Vincenty*, diakses dari <https://rintoanugraha.staff.ugm.ac.id/arah-kiblat-dengan-metode-vincenty/> pada tanggal 18 Agustus 2022 pukul 14.00 WIB.

AR, Monster. *Mengenal Jenis-Jenis Dari Teknologi Augmented Reality*, diakses dari <https://www.monsterar.net/2017/08/08/mengenal-jenis-augmented-reality/>, pada tanggal 16 Juli 2022 Pukul 10.00 WIB.

Arena, GSM. *ZTE Nubia M2- Full Specification*, diakses dari https://www.gsmarena.com/zte_nubia_m2-8746.php, pada tanggal 2 Agustus 2022 pukul 13.20 WIB.

Handset Alliance, Open. *Android*, diakses dari http://www.openhandsetalliance.com/android_overview.html, pada 15 Juli 2022 pukul 14.00 WIB.

Inpomu. *Berbagai Macam Sensor Dan Fungsinya*, diakses dari <https://inpomu.blogspot.com/2016/01/berbagai-macam-sensor-dan-fungsinya.html>, pada tanggal 20 Juli 2022 Pukul 15.00 WIB.

Joudi, Samer. *Miqat: Waktu Shalat, Kiblat, dan Visibilitas Hilal*, diakses dari <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.geospatialtechnology.visualqiblah&hl=id>, pada tanggal 19 Juli 2022 Pukul 10.00 WIB.

Locatify. *Location Based Augmented Reality Apps (AR&RTLS)*, diakses dari <https://www.locatify.com/blog/location-based-augmented-reality-apps2017-rlts-ar/>, pada tanggal 16 Juli 2022 Pukul 13.10 WIB.

Riadi, Muchlisin. *Augmented Reality (AR)*, diakses dari <https://www.kajianpustaka.com/2017/08/augmented-reality-ar.html> diakses pada hari Kamis 18 Juli 2022 Pukul 14.10 WIB.

Tutsplus, Code. *Tutorial How To Use OpenGL ES In Android Apps*, diakses dari <https://code.tutsplus.com/id/tutorials/how-to-use-opengl-es-in-android-apps-cms-28464>, pada tanggal 20 Juli 2022 Pukul 15.20 WIB

Wikipedia, *Android (Sistem Operasi)*, diakses dari [https://id.wikipedia.org/wiki/Android_\(sistem_operasi\)](https://id.wikipedia.org/wiki/Android_(sistem_operasi)), pada tanggal 15 Juli 2022 pukul 14.16 WIB.

Wikipedia, *Android Version History*, diakses dari https://en.wikipedia.org/wiki/Android_version_history, pada tanggal 15 Juli 2022 Pukul 16.14 WIB.

Wikipedia, *Realitas Tertambah*, diakses dari https://id.wikipedia.org/wiki/Realitas_tertambah, pada tanggal 15 Juli 2022 16.24 WIB.

Wikipedia, *Vincety's Formulae*, diakses dari https://en.wikipedia.org/wiki/Vincety%27s_formulae, pada tanggal 20 Juli 2022 Pukul 13.10 WIB.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

1. **Transkrip wawancara Peneliti dengan Samer Joudi, pencipta aplikasi Miqat.**

Nama : Samer Joudi
Pekerjaan : Ahli Teknologi Geospasial
Hari/Tanggal : 16 Maret – 10 Juli 2022
Tempat : Layanan pesan elektronik atau *e-mail(samer.joudi@gmail.com)*

Peneliti

I'm actually a little confused where to start. What if I start from the concept of Miqat Application? What is the reference for determining the direction of Qibla? For example, the calculation used, or only based on satellite data?

Samer Joudi

The idea came from my profession. I worked as a geospatial technology (or geographical information system) specialist for years and found that there were many issues in understanding coordinate systems. Example of issues include mismatch between different data sets (drawings, maps, or satellite imageries) as in the below figure. That is why I published my book "Mastering Coordinates - The Complete Guide for GIS Professionals". This over 400 pages explains coordinate systems and spatial references in details. (I can send you a copy of my book if it is necessary for your thesis, however it is in Arabic).

Part of the topics I covered was the true shape of the earth which is irregular shape that resembles a potato as illustrated below.

The closest mathematical shape to this shape is the ellipsoid, so accurate mapping and calculation of directions should use coordinate system that is based on ellipsoid rather than sphere.

I have also covered the orthodrome (the closest line between two locations) and explained that the path is a part of the great circle that passes between the two locations. In the below example, the shortest path between Dubai and New York is an arc, not a straight line between the two cities as most people would think.

The misconception here is caused by the map itself. The map, which is very popular uses cylindrical projection which distorts the map and leads people to

think that direction between two locations is simply a straight line between them. But this is completely wrong. The cylindrical projection distorts the northern and southern part of the globe so that the earth is printed on a rectangle, but the upper and lower edge of the rectangle are only the north and south pole (points) which actually became lines as long as the equator.

To understand directions to any location, we need an azimuthal projection which put the target at the center of the projection then to know the direction to the target we simply draw a straight line between our location and the target.

Then I talked in my book about bearing which is the technical term to determining directions. Finding Qibla is simply using the bearing formula to find the direction between us and alHaram al-Makki in Makkah. You can use bearing for anything and not necessarily Makkah. If you like to know where is Paris from Kuala Lumpur then you have to apply the bearing formula.

I also discussed the issue between Muslims in North America on determining Qiblah. Some people pray to the south east and some to the north east. I have supported the second opinion because it the only correct direction to Makkah. I think the first generation of Muslims made a mistake by looking on a map with cylindrical projection and they thought Makkah is to the south east.

To know the correct location to Makkah, we have to use the azimuthal project as I said. The map below illustrates the idea. To know the direction you can simply draw a straight line between the location and Makkah and this is the Qiblah.

To calculate direction between two location you can use Vincenty's formulae (https://en.wikipedia.org/wiki/Vincenty%27s_formulae) which is very accurate as it uses the ellipsoid. The formula tells you how many degrees you have to rotate your body right or left from true north to face another location.

Another formula consider Earth a sphere. It is less accurate, but good enough and it is faster. After publishing my book, a friend explained to me the difficulty to find Qiblah in non-Muslim countries and that the available apps are not accurate. I thought of developing an app to overcome this issue, but I made a research first and found the following:

- 1) There were around 250 Qiblah apps on Google Play Store alone in 2013.

- 2) Many apps use bearing formula with sphere for simplicity which is less accurate
- 3) Many app developers and users didn't know that north obtained by mobile sensors is not reliable at all. That is why the same app on the same device in the same location can point to different Qiblah every time. The reason behind that is the influence of magnetic field on mobile compass. That is why users must wave the mobile around their bodies in a shape of 8 to calibrate compass before they start any compass app.
- 4) It seems many developers didn't know what is called magnetic deviation. This is really an important thing to consider in such app. There is a difference between true north and magnetic north. Magnetic north is few hundreds kilometers far from true north. Normal compass points to magnetic north not true north and so does the mobile sensor. If the bearing calculation results say you have to rotate yourself 45 right from true north to face Kaaba, then it would be a big mistake to rotate yourself this amount of degrees from magnetic north. In some countries there is 17 degrees between the two norths. I think some apps use the simple formula and draw the Qiblah from magnetic direction, which is completely wrong.
- 5) I also didn't like user interface and user experience of many apps.
- 6) Finally, and the big question is: If the compass is not reliable, there is no benefit from the accuracy of Vincenty's formulae or any other formula because it is not the formula, it is the mobile compass which is not reliable. This is why I came with the idea of mapping the direction to Makkah on Google Map to enable users to visually verify Qiblah by the aid of things around them such as buildings and streets. Even if the mobile doesn't come with compass at all (such as Samsung J7) you can simply rotate the device yourself and align the map with the buildings and streets to find the exact Qiblah.

You can find Vincenty formula on internet in all languages, but I have attached Excel version I made before to help you trace the calculation (not sure if it is the latest version I have but I think it is the one). I have also attached the original article about Vincenty formula, along with Java implementation. If you check Wikipedia page above you will find many online tools that calculate

bearing online. Please let me know if you have questions or need clarifications.

Peneliti

A few minutes ago I validated the Qibla direction by pointing my cellphone's camera towards the actual sun. I have activated GPS and compared my compass. But I experienced sun inaccuracy several times. In your opinion, is there something wrong with the way I did it? Whether in this application the user can find out the coordinates of their location that is taken from the gps? Or are there only Qibla coordinates?

Samer Joudi

This is for sure the accuracy of the mobile compass.. there is nothing wrong with the way the app calculates the position of the Sun. Always make sure you calibrate the compass by rotating the device around your body in all directions several times. This reset the compass and make it as accurate as possible.

2. Data Ephemeris Pada Tanggal 7-10 Desember 2022.



7 Desember 2022

DATA MATAHARI

Jam	Ecliptic Longitude (°)	Ecliptic Latitude (°)	Apparent Right Ascension	Apparent Declination	True Geocentric Distance	Semi Diameter	True Obliquity	Equation Of Time
0	254° 50' 55"	0.10"	253° 32' 50"	-22° 34' 35"	0.9852651	16' 13.98"	23° 26' 17"	8 m 46 s
1	254° 53' 28"	0.11"	253° 35' 34"	-22° 34' 52"	0.9852593	16' 13.99"	23° 26' 17"	8 m 44 s
2	254° 55' 60"	0.11"	253° 38' 18"	-22° 35' 09"	0.9852535	16' 13.99"	23° 26' 17"	8 m 43 s
3	254° 58' 32"	0.12"	253° 41' 01"	-22° 35' 26"	0.9852478	16' 14.00"	23° 26' 17"	8 m 42 s
4	255° 01' 04"	0.12"	253° 43' 45"	-22° 35' 43"	0.9852420	16' 14.00"	23° 26' 17"	8 m 41 s
5	255° 03' 37"	0.13"	253° 46' 29"	-22° 35' 60"	0.9852363	16' 14.01"	23° 26' 17"	8 m 40 s
6	255° 06' 09"	0.13"	253° 49' 13"	-22° 36' 17"	0.9852306	16' 14.02"	23° 26' 17"	8 m 39 s
7	255° 08' 41"	0.14"	253° 51' 57"	-22° 36' 34"	0.9852248	16' 14.02"	23° 26' 17"	8 m 38 s
8	255° 11' 13"	0.14"	253° 54' 41"	-22° 36' 51"	0.9852191	16' 14.03"	23° 26' 17"	8 m 37 s
9	255° 13' 45"	0.15"	253° 57' 25"	-22° 37' 07"	0.9852134	16' 14.03"	23° 26' 17"	8 m 36 s
10	255° 16' 18"	0.15"	254° 00' 09"	-22° 37' 24"	0.9852077	16' 14.04"	23° 26' 17"	8 m 35 s
11	255° 18' 50"	0.16"	254° 02' 53"	-22° 37' 41"	0.9852020	16' 14.04"	23° 26' 17"	8 m 34 s
12	255° 21' 22"	0.16"	254° 05' 37"	-22° 37' 57"	0.9851964	16' 14.05"	23° 26' 17"	8 m 33 s
13	255° 23' 54"	0.17"	254° 08' 21"	-22° 38' 14"	0.9851907	16' 14.06"	23° 26' 17"	8 m 32 s
14	255° 26' 27"	0.17"	254° 11' 04"	-22° 38' 30"	0.9851851	16' 14.06"	23° 26' 17"	8 m 30 s
15	255° 28' 59"	0.18"	254° 13' 48"	-22° 38' 47"	0.9851794	16' 14.07"	23° 26' 17"	8 m 29 s
16	255° 31' 31"	0.18"	254° 16' 32"	-22° 39' 03"	0.9851738	16' 14.07"	23° 26' 17"	8 m 28 s
17	255° 34' 03"	0.19"	254° 19' 16"	-22° 39' 20"	0.9851682	16' 14.08"	23° 26' 17"	8 m 27 s
18	255° 36' 36"	0.19"	254° 22' 01"	-22° 39' 36"	0.9851625	16' 14.08"	23° 26' 17"	8 m 26 s
19	255° 39' 08"	0.20"	254° 24' 45"	-22° 39' 52"	0.9851569	16' 14.09"	23° 26' 17"	8 m 25 s
20	255° 41' 40"	0.20"	254° 27' 29"	-22° 40' 08"	0.9851513	16' 14.09"	23° 26' 17"	8 m 24 s
21	255° 44' 12"	0.21"	254° 30' 13"	-22° 40' 25"	0.9851458	16' 14.10"	23° 26' 17"	8 m 23 s
22	255° 46' 45"	0.21"	254° 32' 57"	-22° 40' 41"	0.9851402	16' 14.11"	23° 26' 17"	8 m 22 s
23	255° 49' 17"	0.22"	254° 35' 41"	-22° 40' 57"	0.9851346	16' 14.11"	23° 26' 17"	8 m 21 s
24	255° 51' 49"	0.22"	254° 38' 25"	-22° 41' 13"	0.9851291	16' 14.12"	23° 26' 17"	8 m 20 s

*) for mean equinox of date

DATA BULAN

Jam	Apparent Longitude	Apparent Latitude	Apparent Right Ascension	Apparent Declination	Horizontal Parallax	Semi Diameter	Angle Bright Limb	Fraction Illumination
0	61° 37' 47"	1° 38' 56"	59° 09' 38"	22° 06' 03"	0° 55' 14"	15' 03.05"	265° 12' 51"	0.98662
1	62° 08' 41"	1° 41' 35"	59° 41' 42"	22° 14' 55"	0° 55' 13"	15' 02.77"	265° 51' 33"	0.98753
2	62° 39' 33"	1° 44' 14"	60° 13' 49"	22° 23' 39"	0° 55' 12"	15' 02.49"	266° 32' 20"	0.98841
3	63° 10' 25"	1° 46' 53"	60° 45' 59"	22° 32' 18"	0° 55' 11"	15' 02.22"	267° 15' 25"	0.98925
4	63° 41' 15"	1° 49' 31"	61° 18' 12"	22° 40' 49"	0° 55' 10"	15' 01.95"	268° 1' 04"	0.99006
5	64° 12' 05"	1° 52' 08"	61° 50' 28"	22° 49' 14"	0° 55' 09"	15' 01.67"	268° 49' 33"	0.99083
6	64° 42' 54"	1° 54' 45"	62° 22' 47"	22° 57' 31"	0° 55' 08"	15' 01.40"	269° 41' 15"	0.99158
7	65° 13' 41"	1° 57' 21"	62° 55' 09"	23° 05' 42"	0° 55' 07"	15' 01.13"	270° 36' 34"	0.99228
8	65° 44' 28"	1° 59' 56"	63° 27' 33"	23° 13' 47"	0° 55' 06"	15' 00.86"	271° 35' 57"	0.99296
9	66° 15' 14"	2° 02' 31"	64° 00' 00"	23° 21' 44"	0° 55' 05"	15' 00.60"	272° 40' 00"	0.99360
10	66° 45' 58"	2° 05' 05"	64° 32' 30"	23° 29' 34"	0° 55' 04"	15' 00.33"	273° 49' 23"	0.99420
11	67° 16' 42"	2° 07' 38"	65° 05' 03"	23° 37' 17"	0° 55' 03"	15' 00.07"	275° 4' 53"	0.99478
12	67° 47' 25"	2° 10' 11"	65° 37' 39"	23° 44' 53"	0° 55' 02"	14' 59.80"	276° 27' 30"	0.99532
13	68° 18' 07"	2° 12' 42"	66° 10' 17"	23° 52' 22"	0° 55' 01"	14' 59.54"	277° 58' 24"	0.99582
14	68° 48' 48"	2° 15' 13"	66° 42' 58"	23° 59' 44"	0° 55' 00"	14' 59.28"	279° 39' 02"	0.99629
15	69° 19' 28"	2° 17' 44"	67° 15' 41"	24° 06' 59"	0° 54' 59"	14' 59.03"	281° 31' 10"	0.99673
16	69° 50' 08"	2° 20' 13"	67° 48' 27"	24° 14' 06"	0° 54' 58"	14' 58.77"	283° 36' 58"	0.99714
17	70° 20' 46"	2° 22' 42"	68° 21' 16"	24° 21' 06"	0° 54' 57"	14' 58.51"	285° 59' 11"	0.99751
18	70° 51' 23"	2° 25' 10"	68° 54' 07"	24° 27' 59"	0° 54' 56"	14' 58.26"	288° 41' 08"	0.99785
19	71° 22' 00"	2° 27' 37"	69° 27' 00"	24° 34' 44"	0° 54' 55"	14' 58.01"	291° 47' 02"	0.99815
20	71° 52' 36"	2° 30' 04"	69° 59' 56"	24° 41' 22"	0° 54' 55"	14' 57.76"	295° 21' 59"	0.99842
21	72° 23' 10"	2° 32' 29"	70° 32' 55"	24° 47' 53"	0° 54' 54"	14' 57.51"	299° 32' 11"	0.99866
22	72° 53' 44"	2° 34' 54"	71° 05' 56"	24° 54' 16"	0° 54' 53"	14' 57.26"	304° 24' 47"	0.99887
23	73° 24' 17"	2° 37' 18"	71° 38' 59"	25° 00' 32"	0° 54' 52"	14' 57.01"	310° 7' 26"	0.99904
24	73° 54' 49"	2° 39' 41"	72° 12' 04"	25° 06' 40"	0° 54' 51"	14' 56.77"	316° 47' 02"	0.99918

8 Desember 2022

DATA MATAHARI

Jam	Ecliptic Longitude *)	Ecliptic Latitude *)	Apparent Right Ascension	Apparent Declination	True Geocentric Distance	Semi Diameter	True Obliquity	Equation Of Time
0	255° 51' 49"	0.22"	254° 38' 25"	-22° 41' 13"	0.9851291	16' 14.12"	23° 26' 17"	8 m 20 s
1	255° 54' 21"	0.23"	254° 41' 09"	-22° 41' 29"	0.9851235	16' 14.12"	23° 26' 17"	8 m 18 s
2	255° 56' 54"	0.23"	254° 43' 53"	-22° 41' 45"	0.9851180	16' 14.13"	23° 26' 17"	8 m 17 s
3	255° 59' 26"	0.24"	254° 46' 37"	-22° 42' 01"	0.9851125	16' 14.13"	23° 26' 17"	8 m 16 s
4	256° 01' 58"	0.24"	254° 49' 22"	-22° 42' 17"	0.9851070	16' 14.14"	23° 26' 17"	8 m 15 s
5	256° 04' 30"	0.24"	254° 52' 06"	-22° 42' 33"	0.9851015	16' 14.14"	23° 26' 17"	8 m 14 s
6	256° 07' 03"	0.25"	254° 54' 50"	-22° 42' 48"	0.9850960	16' 14.15"	23° 26' 17"	8 m 13 s
7	256° 09' 35"	0.25"	254° 57' 34"	-22° 43' 04"	0.9850905	16' 14.15"	23° 26' 17"	8 m 12 s
8	256° 12' 07"	0.26"	255° 00' 18"	-22° 43' 20"	0.9850850	16' 14.16"	23° 26' 17"	8 m 11 s
9	256° 14' 39"	0.26"	255° 03' 02"	-22° 43' 35"	0.9850796	16' 14.16"	23° 26' 17"	8 m 10 s
10	256° 17' 12"	0.27"	255° 05' 47"	-22° 43' 51"	0.9850741	16' 14.17"	23° 26' 17"	8 m 09 s
11	256° 19' 44"	0.27"	255° 08' 31"	-22° 44' 07"	0.9850687	16' 14.18"	23° 26' 17"	8 m 08 s
12	256° 22' 16"	0.28"	255° 11' 15"	-22° 44' 22"	0.9850632	16' 14.18"	23° 26' 17"	8 m 06 s
13	256° 24' 49"	0.28"	255° 13' 59"	-22° 44' 38"	0.9850578	16' 14.19"	23° 26' 17"	8 m 05 s
14	256° 27' 21"	0.28"	255° 16' 44"	-22° 44' 53"	0.9850524	16' 14.19"	23° 26' 17"	8 m 04 s
15	256° 29' 53"	0.29"	255° 19' 28"	-22° 45' 08"	0.9850470	16' 14.20"	23° 26' 17"	8 m 03 s
16	256° 32' 25"	0.29"	255° 22' 12"	-22° 45' 24"	0.9850416	16' 14.20"	23° 26' 17"	8 m 02 s
17	256° 34' 58"	0.30"	255° 24' 57"	-22° 45' 39"	0.9850362	16' 14.21"	23° 26' 17"	8 m 01 s
18	256° 37' 30"	0.30"	255° 27' 41"	-22° 45' 54"	0.9850308	16' 14.21"	23° 26' 17"	7 m 60 s
19	256° 40' 02"	0.31"	255° 30' 25"	-22° 46' 09"	0.9850255	16' 14.22"	23° 26' 17"	7 m 59 s
20	256° 42' 35"	0.31"	255° 33' 10"	-22° 46' 24"	0.9850201	16' 14.22"	23° 26' 17"	7 m 58 s
21	256° 45' 07"	0.31"	255° 35' 54"	-22° 46' 40"	0.9850148	16' 14.23"	23° 26' 17"	7 m 56 s
22	256° 47' 39"	0.32"	255° 38' 38"	-22° 46' 55"	0.9850095	16' 14.23"	23° 26' 17"	7 m 55 s
23	256° 50' 11"	0.32"	255° 41' 23"	-22° 47' 10"	0.9850041	16' 14.24"	23° 26' 17"	7 m 54 s
24	256° 52' 44"	0.33"	255° 44' 07"	-22° 47' 25"	0.9849988	16' 14.24"	23° 26' 17"	7 m 53 s

*) for mean equinox of date

DATA BULAN

Jam	Apparent Longitude	Apparent Latitude	Apparent Right Ascension	Apparent Declination	Horizontal Parallax	Semi Diameter	Angle Bright Limb	Fraction Illumination
0	73° 54' 49"	2° 39' 41"	72° 12' 04"	25° 06' 40"	0° 54' 51"	14' 56.77"	316° 47' 02"	0.99918
1	74° 25' 21"	2° 42' 04"	72° 45' 12"	25° 12' 41"	0° 54' 50"	14' 56.52"	324° 27' 17"	0.99928
2	74° 55' 51"	2° 44' 25"	73° 18' 22"	25° 18' 34"	0° 54' 49"	14' 56.28"	333° 5' 03"	0.99935
3	75° 26' 21"	2° 46' 46"	73° 51' 33"	25° 24' 19"	0° 54' 48"	14' 56.04"	342° 26' 55"	0.99939
4	75° 56' 49"	2° 49' 06"	74° 24' 47"	25° 29' 57"	0° 54' 47"	14' 55.80"	352° 8' 42"	0.99940
5	76° 27' 17"	2° 51' 24"	74° 58' 03"	25° 35' 27"	0° 54' 46"	14' 55.57"	1° 40' 30"	0.99937
6	76° 57' 44"	2° 53' 42"	75° 31' 21"	25° 40' 49"	0° 54' 46"	14' 55.33"	10° 35' 25"	0.99931
7	77° 28' 10"	2° 55' 59"	76° 04' 41"	25° 46' 04"	0° 54' 45"	14' 55.10"	18° 36' 10"	0.99922
8	77° 58' 36"	2° 58' 15"	76° 38' 03"	25° 51' 10"	0° 54' 44"	14' 54.87"	25° 36' 29"	0.99909
9	78° 29' 00"	3° 00' 31"	77° 11' 27"	25° 56' 09"	0° 54' 43"	14' 54.64"	31° 38' 13"	0.99894
10	78° 59' 24"	3° 02' 45"	77° 44' 52"	26° 01' 00"	0° 54' 42"	14' 54.41"	36° 47' 32"	0.99875
11	79° 29' 47"	3° 04' 58"	78° 18' 19"	26° 05' 44"	0° 54' 41"	14' 54.18"	41° 12' 01"	0.99852
12	80° 00' 09"	3° 07' 11"	78° 51' 47"	26° 10' 19"	0° 54' 41"	14' 53.96"	44° 59' 04"	0.99827
13	80° 30' 30"	3° 09' 22"	79° 25' 18"	26° 14' 47"	0° 54' 40"	14' 53.73"	48° 15' 13"	0.99798
14	81° 00' 50"	3° 11' 32"	79° 58' 49"	26° 19' 06"	0° 54' 39"	14' 53.51"	51° 5' 57"	0.99766
15	81° 31' 10"	3° 13' 42"	80° 32' 23"	26° 23' 18"	0° 54' 38"	14' 53.29"	53° 35' 45"	0.99731
16	82° 01' 29"	3° 15' 50"	81° 05' 57"	26° 27' 21"	0° 54' 37"	14' 53.07"	55° 48' 14"	0.99692
17	82° 31' 47"	3° 17' 58"	81° 39' 33"	26° 31' 17"	0° 54' 37"	14' 52.86"	57° 46' 18"	0.99650
18	83° 02' 04"	3° 20' 04"	82° 13' 10"	26° 35' 05"	0° 54' 36"	14' 52.64"	59° 32' 19"	0.99606
19	83° 32' 21"	3° 22' 10"	82° 46' 48"	26° 38' 44"	0° 54' 35"	14' 52.43"	61° 8' 10"	0.99558
20	84° 02' 36"	3° 24' 14"	83° 20' 28"	26° 42' 16"	0° 54' 34"	14' 52.22"	62° 35' 25"	0.99506
21	84° 32' 51"	3° 26' 18"	83° 54' 08"	26° 45' 39"	0° 54' 33"	14' 52.01"	63° 55' 18"	0.99452
22	85° 03' 06"	3° 28' 20"	84° 27' 50"	26° 48' 55"	0° 54' 33"	14' 51.81"	65° 8' 51"	0.99394
23	85° 33' 19"	3° 30' 21"	85° 01' 32"	26° 52' 02"	0° 54' 32"	14' 51.60"	66° 16' 57"	0.99333
24	86° 03' 32"	3° 32' 22"	85° 35' 15"	26° 55' 01"	0° 54' 31"	14' 51.40"	67° 20' 19"	0.99270

10 Desember 2022

DATA MATAHARI

Jam	Ecliptic Longitude (*)	Ecliptic Latitude (*)	Apparent Right Ascension	Apparent Declination	True Geocentric Distance	Semi Diameter	True Obliquity	Equation Of Time
0	257° 53' 39"	0.41"	256° 49' 56"	-22° 53' 09"	0.9848743	16' 14.37"	23° 26' 17"	7 m 26 s
1	257° 56' 12"	0.41"	256° 52' 41"	-22° 53' 23"	0.9848693	16' 14.37"	23° 26' 17"	7 m 25 s
2	257° 58' 44"	0.42"	256° 55' 26"	-22° 53' 37"	0.9848642	16' 14.38"	23° 26' 17"	7 m 24 s
3	258° 01' 16"	0.42"	256° 58' 10"	-22° 53' 50"	0.9848592	16' 14.38"	23° 26' 17"	7 m 23 s
4	258° 03' 49"	0.42"	257° 00' 55"	-22° 54' 04"	0.9848541	16' 14.39"	23° 26' 17"	7 m 22 s
5	258° 06' 21"	0.43"	257° 03' 40"	-22° 54' 18"	0.9848491	16' 14.39"	23° 26' 17"	7 m 21 s
6	258° 08' 53"	0.43"	257° 06' 25"	-22° 54' 31"	0.9848441	16' 14.40"	23° 26' 17"	7 m 20 s
7	258° 11' 26"	0.43"	257° 09' 09"	-22° 54' 45"	0.9848391	16' 14.40"	23° 26' 17"	7 m 18 s
8	258° 13' 58"	0.43"	257° 11' 54"	-22° 54' 58"	0.9848341	16' 14.41"	23° 26' 17"	7 m 17 s
9	258° 16' 31"	0.44"	257° 14' 39"	-22° 55' 12"	0.9848291	16' 14.41"	23° 26' 17"	7 m 16 s
10	258° 19' 03"	0.44"	257° 17' 24"	-22° 55' 25"	0.9848242	16' 14.42"	23° 26' 17"	7 m 15 s
11	258° 21' 35"	0.44"	257° 20' 08"	-22° 55' 38"	0.9848192	16' 14.42"	23° 26' 17"	7 m 14 s
12	258° 24' 08"	0.44"	257° 22' 53"	-22° 55' 51"	0.9848142	16' 14.43"	23° 26' 17"	7 m 13 s
13	258° 26' 40"	0.45"	257° 25' 38"	-22° 56' 05"	0.9848093	16' 14.43"	23° 26' 17"	7 m 12 s
14	258° 29' 12"	0.45"	257° 28' 23"	-22° 56' 18"	0.9848044	16' 14.44"	23° 26' 17"	7 m 10 s
15	258° 31' 45"	0.45"	257° 31' 08"	-22° 56' 31"	0.9847994	16' 14.44"	23° 26' 17"	7 m 09 s
16	258° 34' 17"	0.45"	257° 33' 53"	-22° 56' 44"	0.9847945	16' 14.45"	23° 26' 17"	7 m 08 s
17	258° 36' 49"	0.46"	257° 36' 38"	-22° 56' 57"	0.9847896	16' 14.45"	23° 26' 17"	7 m 07 s
18	258° 39' 22"	0.46"	257° 39' 22"	-22° 57' 10"	0.9847847	16' 14.46"	23° 26' 17"	7 m 06 s
19	258° 41' 54"	0.46"	257° 42' 07"	-22° 57' 23"	0.9847798	16' 14.46"	23° 26' 17"	7 m 05 s
20	258° 44' 27"	0.46"	257° 44' 52"	-22° 57' 36"	0.9847750	16' 14.47"	23° 26' 17"	7 m 04 s
21	258° 46' 59"	0.46"	257° 47' 37"	-22° 57' 49"	0.9847701	16' 14.47"	23° 26' 17"	7 m 02 s
22	258° 49' 31"	0.47"	257° 50' 22"	-22° 58' 01"	0.9847653	16' 14.48"	23° 26' 17"	7 m 01 s
23	258° 52' 04"	0.47"	257° 53' 07"	-22° 58' 14"	0.9847604	16' 14.48"	23° 26' 17"	7 m 00 s
24	258° 54' 36"	0.47"	257° 55' 52"	-22° 58' 27"	0.9847556	16' 14.49"	23° 26' 17"	6 m 59 s

*) for mean equinox of date

DATA BULAN

Jam	Apparent Longitude	Apparent Latitude	Apparent Right Ascension	Apparent Declination	Horizontal Parallax	Semi Diameter	Angle Bright Limb	Fraction Illumination
0	98° 05' 08"	4° 14' 57"	99° 05' 34"	27° 25' 56"	0° 54' 16"	14' 47.17"	82° 13' 24"	0.96815
1	98° 35' 04"	4° 16' 29"	99° 39' 15"	27° 25' 32"	0° 54' 15"	14' 47.03"	82° 38' 50"	0.96676
2	99° 04' 60"	4° 17' 59"	100° 12' 54"	27° 24' 59"	0° 54' 15"	14' 46.88"	83° 3' 48"	0.96533
3	99° 34' 54"	4° 19' 29"	100° 46' 32"	27° 24' 18"	0° 54' 14"	14' 46.74"	83° 28' 22"	0.96388
4	100° 04' 49"	4° 20' 57"	101° 20' 09"	27° 23' 29"	0° 54' 14"	14' 46.60"	83° 52' 32"	0.96240
5	100° 34' 42"	4° 22' 24"	101° 53' 45"	27° 22' 32"	0° 54' 13"	14' 46.46"	84° 16' 19"	0.96089
6	101° 04' 36"	4° 23' 50"	102° 27' 19"	27° 21' 27"	0° 54' 13"	14' 46.33"	84° 39' 46"	0.95935
7	101° 34' 28"	4° 25' 14"	103° 00' 52"	27° 20' 14"	0° 54' 12"	14' 46.20"	85° 2' 51"	0.95779
8	102° 04' 20"	4° 26' 38"	103° 34' 23"	27° 18' 53"	0° 54' 12"	14' 46.07"	85° 25' 38"	0.95619
9	102° 34' 12"	4° 27' 60"	104° 07' 53"	27° 17' 25"	0° 54' 11"	14' 45.94"	85° 48' 06"	0.95457
10	103° 04' 03"	4° 29' 21"	104° 41' 21"	27° 15' 48"	0° 54' 11"	14' 45.82"	86° 10' 16"	0.95292
11	103° 33' 53"	4° 30' 40"	105° 14' 47"	27° 14' 03"	0° 54' 10"	14' 45.70"	86° 32' 10"	0.95125
12	104° 03' 43"	4° 31' 58"	105° 48' 12"	27° 12' 10"	0° 54' 10"	14' 45.58"	86° 53' 47"	0.94954
13	104° 33' 33"	4° 33' 16"	106° 21' 34"	27° 10' 10"	0° 54' 09"	14' 45.46"	87° 15' 09"	0.94781
14	105° 03' 22"	4° 34' 31"	106° 54' 55"	27° 08' 01"	0° 54' 09"	14' 45.35"	87° 36' 16"	0.94605
15	105° 33' 11"	4° 35' 46"	107° 28' 14"	27° 05' 45"	0° 54' 09"	14' 45.24"	87° 57' 08"	0.94426
16	106° 02' 59"	4° 36' 59"	108° 01' 31"	27° 03' 21"	0° 54' 08"	14' 45.13"	88° 17' 47"	0.94245
17	106° 32' 46"	4° 38' 11"	108° 34' 46"	27° 00' 49"	0° 54' 08"	14' 45.03"	88° 38' 12"	0.94061
18	107° 02' 33"	4° 39' 22"	109° 07' 58"	26° 58' 09"	0° 54' 07"	14' 44.93"	88° 58' 24"	0.93874
19	107° 32' 20"	4° 40' 31"	109° 41' 09"	26° 55' 22"	0° 54' 07"	14' 44.83"	89° 18' 24"	0.93685
20	108° 02' 07"	4° 41' 39"	110° 14' 17"	26° 52' 26"	0° 54' 07"	14' 44.73"	89° 38' 12"	0.93492
21	108° 31' 52"	4° 42' 46"	110° 47' 23"	26° 49' 24"	0° 54' 06"	14' 44.64"	89° 57' 47"	0.93298
22	109° 01' 38"	4° 43' 51"	111° 20' 26"	26° 46' 13"	0° 54' 06"	14' 44.55"	90° 17' 11"	0.93100
23	109° 31' 23"	4° 44' 55"	111° 53' 27"	26° 42' 55"	0° 54' 06"	14' 44.46"	90° 36' 24"	0.92900
24	110° 01' 08"	4° 45' 58"	112° 26' 25"	26° 39' 29"	0° 54' 05"	14' 44.38"	90° 55' 26"	0.92698

3. Perhitungan Rumus Vincenty dalam Microsoft Office Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
			Radians	Decimal Degrees	Deg	Min	Sec				
1											
2	P	ϕ_1	-0.121892	-6.9839	6	59		2.06	S	Masjid Agung Jawa Tengah	6° 59' 2.06" S
3		λ_1	1.927644	110.4458	110	26		45.04	E		110° 26' 45.04" E
4											
5	Q	ϕ_2	0.373894	21.4225	21	25		21.15	N	Ka'bah Coordinates	21° 25' 21.15" N
6		λ_2	0.695097	39.8261	39	49		34.1	E		39° 49' 34.10" E
7											
8											
9		Using Vincenty's Formula									
10		WGS 84									
11		a	6378137.000000								
12		f	0.003353								
13		b	6356752.314245								
14		U1	-0.121487	reduced latitude							
15		U2	0.372753	reduced latitude							
16		L	-1.232546								
17		λ'	-1.232546	λ'	-1.236500777			-1.236513		-1.236513	
18		sin α	0.964895		0.965827594			0.965830519		0.965830528	
19		cos α	0.262636		0.259185377			0.259174477		0.259174442	
20		σ	1.305043		1.308618			1.308629		1.308629	
21		sin α	-0.903809		-0.904185			-0.904186		-0.904186	
22		cos $^2\alpha$	0.183129		0.182449			0.182447		0.182447	
23		cos2 σ_m	0.744642		0.742988			0.742983		0.742983	
24		C	0.000154		0.000153			0.000153		0.000153	
25		λ'	-1.236501		-1.23651326			-1.23651329849415		-1.23651329861848	
26											
27		-0.8797752		-1.14546043088	-65.630048288830700	294.36995171117					
28		0.3985275									
29											

4. Observasi Penentuan Arah Kiblat menggunakan Aplikasi AR Qibla Finder



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama Lengkap : Naufal Fazal Muttaqin
2. Tempat, tanggal Lahir : Banjarnegara, 24 Agustus 1997
3. Alamat Rumah : Mandiraja Wetan RT 05 RW 02 No.15,
Kecamatan Mandiraja, Kabupaten Banjarnegara
4. No. HP : +6285156699695
5. E-mail : naufalfmuttaqin@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal
 - 2002-2003 : RA Aisyiyah Mandiraja Wetan
 - 2003-2007 : SD Negeri 2 Mandiraja Wetan
 - 2007-2011 : Sekolah Indonesia Kuala Lumpur, Malaysia
 - 2011-2012 : SMPN 1 Mandiraja
 - 2012-2015 : SMAN 1 Banjarnegara
 - 2015-2019 : S1 Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang
 - 2020-2023 : S2 Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang
2. Pendidikan Non-Formal : Tidak ada

C. Pengalaman Organisasi

1. Anggota Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Bandung Karate Club tahun 2015-2016.
2. Koordinator Divisi Hubungan Masyarakat Organisasi Daerah KMB Serulingmas tahun 2017-2018.
3. Koordinator Divisi Kegiatan Himpunan Astronom Amatir Semarang tahun 2018-sekarang.
4. Staf Pendayagunaan dan Pendistribusian di Laznas Yatim Mandiri Semarang tahun 2020-2023.

Semarang, 17 Juli 2023



Naufal Fazal Muttaqin

NIM. 1902048012