

**ANALISIS TINGKAT KESALAHAN FORMULA
ANALOGI NAPIER DALAM PERHITUNGAN ARAH
KIBLAT**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Tugas Akhir dan Melengkapi
Syarat guna Memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu



Oleh:

ZAHRA FAUZIAH

2102046023

**PROGRAM STUDI ILMU FALAK
FAKULTAS SYARI'AH DAN HUKUM
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2025**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Dr. Ahmad Adib Rofiuddin, M.S.I

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Lamp. : 4 (empat) eks lembar

Hal : Naskah Skripsi

An. Zahra Fauziah

Kepada Yth.

Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum

UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum Wr. Wb

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

Nama : Zahra Fauziah

NIM : 2102046023

Prodi : Ilmu Falak

Judul : **Analisis Tingkat Kesalahan Formula Analogi Napier Dalam Perhitungan Arah Kiblat**

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

Demikian harap menjadikan maklum.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Semarang, 17 Februari 2025

Pembimbing I


Dr. Ahmad Adib Rofiuddin, M.S.I

NIP. 198911922918911001

PENGESAHAN



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://fsh.walisongo.ac.id>.

PENGESAHAN

Nama : Zahra Fauziah
NIM : 2102046023
Jurusan : Ilmu Falak
Judul Skripsi : Analisis Tingkat Kesalahan Formula Analogi Napier Dalam
Perhitungan Arah Kiblat

Telah dimunaqasyahkan oleh Dewan Penguji Fakultas Syariah dan Hukum Universitas Islam Negeri
Walisongo pada Tanggal :

27 Februari 2024

dan dapat diterima sebagai kelengkapan ujian akhir dalam rangka menyelesaikan studi sarjana strata I
(S1) tahun akademik 2024/2025 guna memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Syariah dan Hukum.

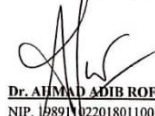
Semarang, 09 Maret 2025

Dewan Penguji,

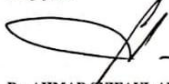
Ketua Sidang/Penguji I,


AL FIAN OODRI AZIZI, M.H.
NIP. 198811052019031006

Sekretaris Sidang/Penguji II,


Dr. AHMAD ADIB ROFIUDDIN, M.SI.
NIP. 198911022018011001

Penguji III,


Dr. AHMAD SYIFAUL ANAM, S.HI., M.H.
NIP. 198001202003121001

Penguji IV,


DIAN IKA ARYANI, M.T.
NIP. 199112312019032033



Pembimbing I,


Dr. AHMAD ADIB ROFIUDDIN, M.SI.
NIP. 198911022018011001

MOTTO

If you have action, it's impossible for you to get zero reaction

Perjalanan Napier sebelum dikenal menjadi penemu logaritma, banyak hal yang telah diusahakan untuk mempermudah perhitungan salah satu karyanya adalah Analogi Napier. Beranjak dari kesederhanaan segitiga siku-siku ia mampu menciptakan logika matematika, dan sampai hari ini logikanya dapat bermanfaat. Ini terbukti bahwa setiap hal yang kita lakukan pasti ada sesuatu yang akan kita dapatkan.

Dalam perjalanan menyusun skripsi pun demikian, berbagai tantangan pasti akan muncul namun, semakin besar usaha (aksi) yang diberikan baik berupa penelitian, membaca literatur, ataupun analisis data, maka semakin besar hasil yang akan diperoleh (reaksi). Ini menegaskan bahwa “tiada hasil tanpa usaha”.

-Hukum Newton III-

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan kepada Ayah dan Ibu sebagai salah satu wujud cinta, atas keajaiban do'a yang selalu dilangitkan, atas keringat yang tak pernah berhenti bertetes, Ayah dan Ibu yang selalu menjadi solusi terbaik atas kesusahan kehidupan, dan pengorbanan untuk memberikan pendidikan kepada penulis sampai hari ini yang tak akan pernah terlupakan.

Kepada Kakak (caca) yang selalu meyakinkan bahwa “Pendidikan dan kampus top Indonesia bukan hanya untuk orang pintar saja” Ia berhasil membuktikan bahwa anak Ayah Ibu juga pantas merasakan, sosok yang akan selalu menjadi sumber motivasi dan teladan. Kepada Adik (apul) yang suaranya tak pernah didengar banyak orang tanpa diminta, yang suara kecilnya akan selalu mengandung banyak makna.

Dan juga kepada semua orang yang cinta akan ilmu pengetahuan, yang selalu ingin berperan di dalam dunia pendidikan. Semoga penelitian ini membantu dalam kehidupan.

DEKLARASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Zahra Fauziah

NIM : 2102046023

Program Studi : Ilmu Falak

Fakultas : Syari'ah dan Hukum

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul: **Analisis Tingkat Kesalahan Formula Analogi Napier Dalam Perhitungan Arah Kiblat** Secara keseluruhan penelitian ini tidak berisi pikiran-pikiran orang lain, kecuali informasi yang terdapat dalam referensi yang dijadikan bahan rujukan.

Semarang, 12 Februari 2025



Zahra Fauziah

NIM: 2102046023

PEDOMAN TRANSLITERASI ARAB – LATIN

Pedoman transliterasi yang penulis gunakan adalah Sistem Transliterasi Arab Latin Keputusan Bersama Menteri Agama dan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor: 158 Th.1987 – Nomor: 0543b/U/1987.

1. Konsonan

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Nama
ا	Alif	-	-
ب	Ba	B	Be
ت	Ta	T	Te
ث	Śa	ś	Es (titik di atas)
ج	Jim	J	Je
ح	Ḥa	ḥ	Ha (titik di bawah)
خ	Kha	Kh	Ka dan ha
د	Dal	D	De
ذ	Ẓal	ẓ	Zet (titik di atas)
ر	Ra	R	Er
ز	Zai	Z	Zet
س	Sin	S	Es
ش	Syin	Sy	Es dan ye
ص	Şad	ş	Es (titik di bawah)
ض	Ḍad	ḍ	De (titik di bawah)
ط	Ṭa	ṭ	Te (titik di bawah)
ظ	Ẓa	ẓ	Zet (titik di bawah)
ع	'ain	‘	Koma terbalik (di atas)
غ	Gain	G	Ge
ف	Fa	F	Ef
ق	Qaf	Q	Ki

ك	Kaf	K	Ka
ل	Lam	L	El
م	Mim	M	Em
ن	Nun	N	En
و	Wau	W	We
ه	Ha	H	Ha
ء	Hamzah	'	Apostrof
ي	Ya	Y	Ye

2. Vokal Tunggal

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin
َ	Fathah	A
ِ	Kasrah	I
ُ	Dhammah	U

3. Vokal Rangkap

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Contoh
يَ ...	Fathah dan ya	Ai	رَيْبَ
وَ ...	Fathah dan wau	Au	خَوْفَ

4. Vokal Panjang

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Contoh
اَ ...	Fathah dan Alif	ā	كَاتِبٌ
يِ ...	Kasrah dan Ya	ī	مَكِينٌ
وُ ...	Dhammah dan Waw	ū	عُودٌ

5. Ta Marbutah

Transliterasi untuk *ta marbutah* ada dua yaitu :

1. *Ta Marbutah* yang hidup atau mendapat harakat fathah, kasrah dan dammah ditransliterasikan dengan “t”

2. *Ta Marbutah* yang mati atau mendapat harakat sukun, ditransliterasikan dengan “h”

Jika pada kata yang terakhir dengan *ta marbutah* diikuti oleh kata yang menggunakan kata sandang *al* serta bacaan kedua kata berpisah, maka *ta marbutah* ditransliterasikan dengan “ha(h)”.

Arab	Ditulis
رَوْضَةُ الْأَطْفَالِ	raudah al-atfal
الْمَدِينَةُ الْمُنَوَّارَةُ	al-madinah al-munawwarah
طَلْحَة	talhah

6. Tasydid (Syaddah)

Tanda tasydid atau syaddah ditransliterasikan dengan huruf, yakni huruf yang sama dengan huruf yang diberi tanda tasydid atau syaddah tersebut.

Arab	Ditulis
رَبَّنَا	Rabbana
نَزَّلَ	Nazzala

7. Kata Sandang (ال)

Dalam transliterasi kata sandang dibedakan atas kata sandang yang diikuti oleh huruf *syamsiyah* dan kata sandang yang diikuti oleh huruf *qamariyah*.

1. Kata sandang yang diikuti oleh huruf *syamsiyah* ditransliterasikan sesuai bunyinya, yaitu huruf yang pertama diganti dengan huruf yang langsung mengikuti kata sandang tersebut
2. Kata sandang yang diikuti oleh huruf *qamariyah* ditransliterasikan sesuai dengan aturan yang digariskan di depan dan juga sesuai dengan bunyinya.

Arab	Ditulis
الرَّجُلُ	ar-rajulu
الْقَمَرُ	al-qomaru

8. Hamzah

Hamzah ditransliterasikan dengan apostrof (‘) yang hanya berlaku jika hamzah terletak di tengah dan diakhir kata. Apabila hamzah terletak di awal kata, maka tidak dilambangkan, karena dalam tulisan Arab berupa alif.

Arab	Ditulis
النَّوْءُ	an-nau’u
شَيْءٌ	Syai’un
إِنَّ	Inna

ABSTRAK

Penentuan arah kiblat yang akurat menjadi hal yang sangat penting bagi umat Islam dalam melaksanakan ibadah, untuk menentukan arah kiblat yang akurat membutuhkan pendekatan matematis, pada umumnya kita kenal dengan rumus Trigonometri. Namun, ternyata ada rumus lain yang mampu dijadikan alternatif untuk menentukan arah kiblat yaitu Analogi Napier. Melalui pendekatan matematis yang memanfaatkan sifat segitiga bola, dapat membandingkan metode Analogi Napier dengan *Spherical trigonometry* dalam penentuan arah kiblat, dan menemukan faktor penyebab perbedaan hasil metode Analogi Napier dengan *Spherical trigonometry* dalam penentuan arah kiblat.

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan yang bersifat literatur (*library research*) penelitian pustaka. Sumber data primer berupa buku, skripsi, jurnal yang berkaitan dengan metode Analogi Napier sedangkan sumber sekunder diperoleh dari buku, skripsi, jurnal, tesis, yang berkaitan dengan metode trigonometri bola.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa perhitungan metode Analogi Napier dapat memberikan hasil yang akurat di beberapa lokasi dan dapat menjadi perbandingan dengan metode konvensional yang sering digunakan dalam proses penentuan arah kiblat. Selain itu, penelitian ini juga mengeksplorasi faktor utama yang mempengaruhi hasil perhitungan, adalah posisi geografis di lintang 21° hingga lintang 90° baik utara maupun selatan, dengan bujur yang bervariasi, hal ini dikarenakan oleh faktor lintang ka'bah yang besarnya $21^{\circ} 25' 21,04''$ (LU).

Kata kunci: Analogi Napier, Segitiga Bola, Arah Kiblat.

ABSTRACT

Determining the accurate direction of the Qibla is very important for Muslims in carrying out worship, to determine the accurate direction of the Qibla requires a mathematical approach, generally known as the Trigonometry formula. However, it turns out that there is another formula that can be used as an alternative to determine the direction of the Qibla, namely the Napier Analogy. Through a mathematical approach that utilizes the properties of spherical triangles, it can compare the Napier Analogy method with Spherical trigonometry in determining the direction of the Qibla, and find the factors that cause differences in the results of the Napier Analogy method with Spherical trigonometry in determining the direction of the Qibla.

This study uses a qualitative method with a literature approach library research. Primary data sources are books, theses, journals related to the Napier Analogy method while secondary sources are obtained from books, theses, journals, theses, related to the spherical trigonometry method.

The results of this study indicate that the calculation of the Napier Analogy method can provide accurate results in several locations and can be compared with conventional methods that are often used in the process of determining the direction of the Qibla. In addition, this study also explores the main factors that influence the calculation results, namely the geographical position at latitude 21° to latitude 90° both north and south, with varying longitudes, this is due to the latitude factor of the Kaaba which is $21^{\circ} 25' 21.04''$ (LU).

Keywords: Napier's Analogy, Spherical Triangle, Qibla Direction.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, tiada kata yang pantas penulis ucapkan sebagai wujud rasa syukur kepada Allah SWT pencipta alam semesta dan segala isinya, mengatur pergerakan tata surya yang begitu menakjubkan, menghidupkan dan mematikan makhluk-makhluk yang ada didalamnya, serta menciptakan akal dan nafsu kepada manusia untuk senantiasa haus akan ilmu yang ada di dunia, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana. Shalawat dan salam penulis haturkan kepada Rasulullah SAW, tokoh yang akan selalu menjadi contoh bagi umat Islam sepanjang sejarah, dan yang membawa risalah keislaman. Keteladanan dan hikmah dari kehidupan beliau senantiasa menjadi sumber inspirasi dalam setiap langkah, dan dalam menghadapi berbagai masalah.

Skripsi ini merupakan hasil dari perjalanan panjang yang penuh dengan tantangan, pembelajaran, dan keyakinan. Dalam proses penulisan ini, penulis tidak hanya berusaha untuk memenuhi persyaratan akademis, tetapi juga berusaha untuk memahami dan mendalami ilmu pengetahuan yang menjadi landasan bagi kehidupan. Penulis berharap, karya ini dapat memberikan sumbangsih yang berarti, tidak hanya bagi diri penulis, tetapi juga bagi masyarakat dan dunia akademik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak mungkin dapat selesai dengan baik tanpa adanya dorongan baik berupa bantuan secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis menyampaikan terima kasih yang tiada terhingga kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Ayahanda Drs. Fauzi Endah Mangkudun dan Ibunda Masneti, yang telah memberikan support terbaik untuk penulis dari segala aspek, yang telah memberikan pendidikan sampai hari ini, dan menjadi

tempat pulang yang selalu penulis cari. Kedua saudara kandung penulis kakak Annisa Rahmi S.P dan Adik Saiful Haq sebagai teman penulis dirumah.

2. Keluarga besar (Alm.) Abo Rusydi yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan nasehat untuk senantiasa berjuang, mengingatkan untuk selalu bersyukur dalam menggapai pendidikan setinggi-tingginya.
3. Bapak Dr. Ahmad Adib Rofiuddin, M.S.I., selaku dosen pembimbing I yang telah mendukung dan mendorong penulis untuk dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
4. Bapak Ahmad Munif, S.H., M.S.I., Bapak Alfian Qodri Azizi, S.H.I., M.H., selaku ketua dan sekretaris program studi Ilmu Falak UIN Walisongo Semarang.
5. Ibu Dian Ika Aryani, MT., selaku dosen wali penulis selama di perkuliahan.
6. Seluruh Dosen Fakultas Syariah dan Hukum, terkhusus Dosen Prodi Ilmu Falak UIN Walisongo Semarang.
7. Bapak Agus Solikin, M.S.I., Kak Mutiara Tembang Langit, S.H., dan Muhammad Aniq Athoillah yang telah ikut serta membantu penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini.
8. Teman-teman Ilmu Falak Angkatan 21(ZENITH), yang telah memberikan pembelajaran dan bertukar pikiran selama di kelas perkuliahan.
9. Teman-teman Goes to Asia, sebagai salah satu alasan penulis dapat bertahan di prodi Ilmu Falak, dan menjadi lingkaran pertemanan prodi yang paling menyenangkan.
10. Teman-teman Kedua Belasan, yang selalu bisa diandalkan di berbagai keadaan, dan sebagai keluarga sekaligus tempat pulang selama di perantauan.
11. Teman-teman Satwa Genk, sebagai lingkaran pertemanan pertama beda pulau.

12. Shafa Pramudhiastuti yang menjadi pendengar selama dua tahun terakhir, tempat penulis untuk bertukar cerita dan berkeluh kesah selama di kost. Syifa Fairuzzahra sebagai teman pertama penulis di perkuliahan, yang selalu mengingatkan dan mengajak penulis untuk terus tekun menyelesaikan skripsi ini.
13. Teman-teman NolKomaLima PPL 24 Pekalongan, yang menciptakan 30 harinya sangat menyenangkan. Yang mengajarkan penulis bahwa semua orang akan menjadi keluarga jika dilandasi rasa peduli, dan tanpa kalian sadari, kalian sangat berarti guys.
14. Pastinya, untuk diri ini “Zahra Fauziah” yang telah berjuang sampai di titik ini.

Demikian skripsi yang dapat penulis susun. Tentunya, skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Penulis sangat menghargai kritik, saran, dan masukan dari pembaca. Semoga tulisan ini dapat memberikan nafas baru dalam dunia pendidikan dan bermanfaat bagi semua yang membacanya.

Semarang, 06 Januari 2025

Penulis



Zahra Fauziah
NIM: 2102046023

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
PENGESAHAN	ii
MOTTO.....	iii
PERSEMBAHAN	iv
DEKLARASI	v
PEDOMAN TRANSLITERASI ARAB – LATIN	vi
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR.....	xii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Tinjauan Pustaka	6
1.6 Metode Penelitian.....	9

1.7 Sistematika Penulisan.....	10
BAB II	11
TEORI DASAR ARAH KIBLAT DAN TRIGONOMETRI PADA SEGITIGA BOLA	11
2.1 Pengertian Arah Kiblat	11
2.2 Dasar Hukum Menghadap Kiblat.....	13
2.3 Metode Penentuan Arah Kiblat	17
1. Metode Azimuth Kiblat.....	18
2. Metode Rashdul Kiblat	21
2.4 Sistem Koordinat Geografis	25
2.5 Teori Dasar Trigonometri	26
1. Fungsi Trigonometri.....	27
2. Hubungan Sinus, Cosinus, dan Tangen.....	28
3. Rumus Segitiga	29
2.6 Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Segitiga Bola	33
2.7 Teori Trigonometri Bola (Spherical Trigonometry)	37
BAB III.....	40
PENENTUAN ARAH KIBLAT MENGGUNAKAN RUMUS ANALOGI NAPIER	40
3.1 Biografi John Napier	40
3.2 Sejarah Analogi Napier	41
3.3 Rumus Dasar Analogi Napier.....	44
3.4 Metode Analogi Napier dalam Penentuan Arah Kiblat	46

3.5 Contoh Perhitungan Arah Kiblat Menggunakan Metode Analogi Napier dengan Perbandingan <i>Spherical trigonometry</i>	55
BAB IV	60
ANALISIS PERBANDINGAN RUMUS TRIGONOMETRI DAN ANALOGI NAPIER	60
4.1 Analisis Hasil Perbandingan Arah Kiblat Menggunakan Metode Analogi Napier dan <i>Spherical trigonometry</i>	60
1. Hasil Perbandingan Arah Kiblat	60
2. Faktor yang Menyebabkan Pemilihan Delapan Negara.....	64
3. Arah Kiblat di Seluruh Koordinat Dunia	66
4.2 Faktor yang Mempengaruhi Hasil Perhitungan Arah Kiblat dengan Menggunakan Rumus Analogi Napier.....	73
4.3 Kelebihan dan Kekurangan Perhitungan Arah Kiblat Menggunakan Metode Analogi Napier	93
BAB V	95
PENUTUP	95
5.1 Kesimpulan.....	95
5.2 Saran.....	96
DAFTAR PUSTAKA	97
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	102

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Perbandingan Hasil Perhitungan Arah Kiblat Menggunakan Metode Analogi Napier dan Spherical trigonometry di Delapan Negara	61
Tabel 4.2 Deskripsi Empat Kuadran Arah Kiblat Secara Glonal.	72
Tabel 4.3 Koordinat Lintang Utara dengan Bujur yang Mengalami Perubahan $10^{\circ} - 3^{\circ}$	74
Tabel 4.4 Koordinat Lintang Utara dengan Bujur yang Mengalami Perubahan Konstan Sebesar $2^{\circ} - 1^{\circ}$	77
Tabel 4.5 Koordinat Lintang Utara dengan Bujur yang Mengalami Perubahan Sebesar $0^{\circ} 31'' - 0^{\circ} 24''$	78
Tabel 4.6 Koordinat Lintang Utara dengan Bujur Mengalami Perubahan Sebesar $0^{\circ} 24' - 0^{\circ} 23'$	81
Tabel 4.7 Koordinat Lintang Selatan dengan Bujur yang Mengalami Perubahan sebesar $14^{\circ} - 2^{\circ}$	83
Tabel 4.8 Koordinat Lintang Selatan dengan Bujur yang Mengalami Perubahan Sebesar $2^{\circ} - 1^{\circ}$	85
Tabel 4.9 Koordinat Lintang Selatan dengan Bujur yang Mengalami Perubahan Sebesar $1^{\circ} - 0^{\circ} 27'$	87
Tabel 4.10 Koordinat Lintang Selatan dengan Bujur yang Mengalami Perubahan Sebesar $0^{\circ} 27' - 0^{\circ} 23'$	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Azimuth Kiblat, Sumber: Dokumentasi Pribadi	19
Gambar 2.2 Rashdul Kiblat Global, Sumber: NU Online	22
Gambar 2.3 Segitiga Siku-siku, Sumber: Dokumentasi Pribadi	27
Gambar 2.4 Segitiga Siku-Siku dalam Diagram, Sumber: Dokumentasi Pribadi	28
Gambar 2.5 Segitiga dalam Aturan Sinus Cosinus, Sumber: Dokumentasi Pribadi	29
Gambar 2.6 Lingkaran Besar dan Lingkaran Kecil pada Bola, Sumber: Frank Aryes. 1954:145.....	34
Gambar 2.7 Segitiga Bola, Sumber: Abu Yazid Raisal	34
Gambar 2.8 Segitiga Bola A'BC yang Jumlahnya $>180^\circ$, Sumber: Ajeng Rizki Rahmawati	35
Gambar 2.9 Segitiga Bola Siku-siku (right Spherical Triangle), Sumber: Frank Ayres, 1954:145	36
Gambar 2.10 Sudut Pusat Segitiga Bola, Sumber: Abu Yazid Raisal	36
Gambar 2.11 Segitiga Bola pada Bumi, Sumber: Abu Yazid Raisal	37
Gambar 3.1 Segitiga Siku-siku, Sumber: Dokumentasi Pribadi	44
Gambar 3.2 Segitiga Siku-siku dalam Keterangan Napier, Sumber: Dokumentasi Pribadi	44
Gambar 3.3 Lingkaran Napier, Sumber: Dokumentasi Pribadi	45
Gambar 3.4 Lingkaran Napier dalam Aturan Napier, Sumber: Dokumentasi Pribadi	46
Gambar 3.5 Kutub dalam Bola Bumi, Sumber: Agus Solikin.....	49
Gambar 3.6 Segitiga Bola Kutub, Sumber: Agus Solikin	49
Gambar 4.1 Pola Hasil Perhitungan Arah Kiblat Metode Analogi Napier, Sumber: Dokumentasi Pribadi	68

Gambar 4.2 Pola Hasil Perhitungan Arah Kiblat Spherical trigonometry, Sumber: Dokumentasi Pribadi	69
Gambar 4.3 Pola Hasil Penjumlahan Kedua Metode Arah Kiblat, Sumber: Dokumentasi Pribadi.....	70
Gambar 4.4 Pola Hasil Komparasi Arah Kiblat Secara Global, Sumber: Dokumentasi Pribadi.....	71
Gambar 4.5 Pola Lintang Utara 21° - 30° , Sumber: Dokumentasi Pribadi	76
Gambar 4.6 Pola Lintang Utara 31° - 40° , Sumber: Dokumentasi Pribadi	78
Gambar 4.8 Pola Lintang Utara 61° - 80° , Sumber: Dokumentasi Pribadi	80
Gambar 4.9 Pola Lintang Utara 81° - 90° , Sumber: Dokumentasi Pribadi	82
Gambar 4.10 Pola Lintang Selatan 21° - 30° , Sumber: Dokumentasi Pribadi	84
Gambar 4.11 Pola Lintang Selatan 31° - 40° , Sumber: Dokumentasi Pribadi	86
Gambar 4.12 Pola Lintang Selatan 41° - 70° , Sumber: Dokumentasi Pribadi	89
Gambar 4.13 Pola Lintang Selatan 71° - 90° , Sumber: Dokumentasi Pribadi	92

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Islam mengajarkan umatnya untuk selalu berada dalam ketaatan, melaksanakan kewajiban yang diperintahkan Allah SWT dan sunah-sunah Rasulullah SAW. Salah satu kewajiban yang harus dilakukan oleh seluruh umat Islam adalah salat. Perintah untuk mengerjakan salat dipandang sebagai hal yang sangat istimewa, karena perintah salat disyariatkan langsung oleh Allah SWT kepada Nabi Muhammad SAW ketika peristiwa Isra Mi'raj, yang terjadi pada tanggal 27 Rajab tahun 12 sesudah kenabian.¹ Dalam melaksanakan salat ada beberapa hal yang menjadi syarat sah salat satu diantaranya yaitu; menghadap kiblat,² seperti yang telah dijelaskan di dalam Al-Quran surah Al-baqarah ayat (149):

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

*“Dan dari mana pun engkau (Muhammad) keluar, hadapkanlah wajahmu ke arah Masjidil Haram, sesungguhnya itu benar-benar ketentuan dari Tuhanmu. Allah tidak lengah terhadap apa yang kamu kerjakan”.*³

¹ Slamet Hambali, “*Ilmu Falak I*,” vol. 16 (Semarang: Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang, 2022), hal.14.

² Sayful Mujab, “*Kiblat Dalam Perspektif Mazhab Mazhab Fiqh*,” Yudisia: Jurnal Pemikiran Hukum Dan Hukum Islam 5, no. 2 (2014): 326–43,

³ Al-Qur'an 2:149

Arah kiblat menjadi salah satu aspek fundamental dalam melaksanakan ibadah salat.⁴ Penentuan arah kiblat yang tepat, diperlukan ilmu khusus agar sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan. Hal ini mendorong para ilmuwan di bidang falak dan astronomi untuk menerapkan keilmuannya dalam penentuan arah kiblat yang akurat. Penentuan arah kiblat yang tepat sangat penting, terutama bagi umat Islam yang tinggal jauh dari kota Makkah, di mana akses untuk mengamati posisi ka'bah secara langsung terbatas.⁵

Secara historis, umat Islam telah menggunakan berbagai metode klasik untuk menentukan arah kiblat. Salah satu cara yang sering digunakan adalah pengamatan terhadap benda-benda langit yang memancarkan cahaya, seperti matahari di siang hari atau bintang-bintang saat malam hari.⁶ Namun, metode ini dipengaruhi oleh kondisi cuaca, yang menyebabkan penentuan arah kiblat tidak dapat dilakukan disetiap waktu. Selain itu, umat islam memanfaatkan alat tradisional seperti kompas untuk membantu penentuan arah kiblat. Kompas telah digunakan sejak abad ke-3 Masehi atau sekitar 206 sebelum Masehi.

Perkembangan teknologi saat ini, mempermudah penentuan arah kiblat secara praktis dan cepat, dengan tersedianya berbagai aplikasi berbasis smartphone. Namun,

⁴ A Hussain, "Panduan Mencari Arah Kiblat: Metode Dan Alat," *Journal Studi Islam*, (2017).

⁵ Abu Yazid Raisal, Hariyadi Putraga, Muhammad Hidayat, and Rizkiyan Hadi., "Posisi Matahari Pada Saat Ekuinoks, Summer Solstice, Dan Winter Solstice Di Observatorium Ilmu Falak Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara," *Jurnal Riset Dan Kajian Pendidikan Fisika* 7, no. 1 (2020): 35.

⁶ Mohd Kalam Daud and Muhammad Kamalussafir, "Akurasi Arah Kiblat Komplek Pemakaman Ditinjau Menurut Kaidah Trigonometri (Studi Kasus Di Kecamatan Syiah Kuala Kota Banda Aceh)," *Samarah* 2, no. 2 (2018): 502–29.

metode tradisional dan matematis menjadi pilihan yang lebih akurat.⁷ Perhitungan arah kiblat secara matematis dapat dilakukan menggunakan teori geometri bola atau metode konvensional, yaitu cabang matematika yang mempelajari sifat-sifat permukaan bola. Geometri bola sangat relevan dalam menghitung sudut dan jarak antar beberapa titik di permukaan bola,⁸ bumi yang terdiri dari beberapa lingkaran besar seperti lingkaran ekuator bumi dan lingkaran garis bujur, selain itu bumi juga memiliki lingkaran kecil yang terletak di permukaan bola bumi, yaitu lingkaran garis lintang.⁹

Menentukan arah kiblat menggunakan metode geometri bola, dibutuhkan beberapa komponen yang harus diketahui, antara lain:¹⁰

1. Lintang dan bujur tempat pengamatan (pada titik tertentu)
2. Lintang dan bujur ka'bah dalam satuan derajat
3. Kutub utara sejati dari bumi.

Rumus dasar *Spherical trigonometry* dalam menentukan arah kiblat sebagai berikut;

$$\mathbf{Cot\ A = \frac{\sin b \times \cotan\ a}{\sin C - \cos b \times \cot C}}$$

Atau

⁷ M Abdul Rahman, "Kemajuan Teknologi Penentuan Arah Kiblat," Journal Ilmu-Ilmu Islam, (2019).

⁸ Suhardi, "Geometri Bola Dalam Peraktek Sehari-Hari," Jurnal Pendidikan Matematika, (2020).

⁹ Suci Novira Aditiani, Dyah Fitriana Masithoh, Nonoh Siti Amanah, "Penentuan Arah Kiblat Dengan Metode Segitiga Bola," Prosiding Seminar Nasional Fisika Dan Pendidikan Fisika (SNFPF) Ke-6, (2019).

¹⁰ Ahmad Izzudin, "Ilmu Falak Praktis," in UIN Walisongo Semarang (Semarang: pustaka Rizki Putra, 2017), hal.30.

$$\text{Tan } B = \frac{\sin C}{\cos \phi B \times \tan \phi A - \sin \phi B \times \cos C}$$

Selain rumus dasar geometri bola, terdapat metode lain yang berguna dalam menghitung arah kiblat yaitu Analogi Napier.¹¹ Analogi Napier merupakan sebuah metode yang diperkenalkan oleh John Napier, seorang sarjana asal Skotlandia yang terkenal dengan penemuan logaritma. Napier mengembangkan teori untuk menghitung sudut dalam segitiga bola dan menentukan jarak antar titik pada permukaan bola dengan cara sistematis. Analogi Napier digunakan untuk menghitung sudut dan sisi segitiga bola, kemudian diterapkan dalam penentuan arah kiblat di bumi yang berbentuk bola untuk hasil yang akurat.¹²

Terdapat perbedaan hasil di beberapa daerah dalam penentuan arah kiblat, antara metode Analogi Napier dengan rumus dasar metode trigonometri bola. Perbedaan ini menjadi menarik untuk diteliti lebih lanjut, sehingga penulis mengkaji dan menganalisis lebih dalam mengenai kedua metode ini dalam penelitian yang berjudul **“Implementasi Analogi Napier Pada Segitiga Bola Untuk Uji Akurasi Arah Kiblat”**. Penelitian ini mampu memberikan pemahaman tentang pola dan faktor penyebab adanya perbedaan dari komparasi arah kiblat menggunakan *Spherical trigonometry* dan Analogi Napier.

¹¹ Miswanto, “Telaah Ketepatan Dan Keakuratan Dalam Penentuan Arah Kiblat,” Ta’allum: Jurnal Pendidikan Islam 3, no. 2 (2015): 229–43.

¹² R Hassan, “Analogi Napier Dan Aplikasi Dalam Astronomi,” Jurnal Aplikasi Matematika, (2021).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana perbandingan metode Analogi Napier dengan *Spherical trigonometry* dalam penentuan arah kiblat?
- 2) Apa faktor penyebab perbedaan hasil metode Analogi Napier dengan *Spherical trigonometry* dalam penentuan arah kiblat?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah yang telah disampaikan, tujuan yang ingin dicapai setelah penelitian ini selesai yaitu:

- 1) Untuk mengukur keakuratan dan mengetahui efektivitas perhitungan arah kiblat menggunakan metode Analogi Napier secara global.
- 2) Untuk mengetahui apa saja faktor yang menjadi penyebab perbedaan hasil metode Analogi Napier dengan *Spherical trigonometry* dalam penentuan arah kiblat.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan oleh penulis dari adanya penelitian dan penulisan skripsi ini antara lain:

- 1) Menyumbangkan khasanah keilmuan khususnya dibidang Ilmu Falak, dalam penentuan arah kiblat melalui metode Analogi Napier.
- 2) Dapat menjadi referensi edukasi bagi pelajar atau akademisi dalam memahami Ilmu Falak dengan pendekatan metode Analogi Napier.

1.5 Tinjauan Pustaka

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, terdapat beberapa penelitian yang cukup relevan dengan penelitian yang akan penulis lakukan ini. Diantaranya Artikel yang diterbitkan oleh Jurnal Prosiding Seminar Nasional dan Pendidikan Sains IX, Volume 5, Nomor 1 oleh Agus Solikin dosen UIN Sunan Ampel Surabaya dengan judul “Aplikasi Rumus Analogi Napier pada Segitiga Bola dalam Penentuan Arah Salat Umat Islam” pada tahun 2014.¹³ Fokus mengkaji bagaimana metode Analogi Napier bisa memberikan perhitungan yang ideal dan matematis, dengan pendekatan kalkulator *casio fx-350MS*, membahas tahapan untuk menghitung menggunakan metode Analogi Napier. Penelitian ini memperoleh hasil yang cukup menarik perhatian penulis untuk mengangkat lagi penelitian yang sama dengan fokus yang berbeda, karena “memperoleh hasil yang kemungkinan sama dan kemungkinan berbeda”. Perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan adalah objek yang akan digunakan, yaitu data koordinat secara global dan juga pembuktian apakah metode Analogi Napier akan akurat di semua koordinat dengan menambahkan faktor yang menyebabkan perbedaan hasil terjadi.

Artikel yang diterbitkan oleh Jurnal TA'ALLUM, Vol. 03, Nomor 02, oleh Miswanto dengan judul “Telaah Ketepatan dan Keakuratan dalam Penentuan Arah Kiblat” pada tahun 2015.¹⁴ Penelitian ini menjelaskan bahwa fungsi

¹³ Agus Solikin, “Aplikasi Rumus Analogi Napier pada Segitiga Bola dalam Penentuan Arah Salat Umat Islam” Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Pendidikan Sains IX Fakultas Sains Dan Matematika, UKSM, Vol 5, no 1, (2014).

¹⁴ Miswanto, “Telaah Ketepatan dan Keakuratan dalam Penentuan Arah Kiblat.” Ta'allum: Jurnal Pendidikan Islam 3, no. 2, (2015).

dari metode Analogi Napier adalah menghitung salah satu sudut antara dua tempat dalam segitiga bola, memberikan perbandingan antara metode Analogi Napier yang kurang familiar dan jarang digunakan oleh masyarakat umum, dengan *Spherical trigonometry* pada 10 masjid di kabupaten Tulungagung, yang hasilnya tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan kisaran antara 0° sampai dengan 2° . Perbedaan dengan penelitian yang akan penulis lakukan adalah lokasi penentuan arah kiblat yang tidak hanya di satu daerah dalam beberapa masjid, namun semua bujur dan lintang yang ada di dunia agar penelitiannya mampu memperlihatkan perbedaan signifikan dan global.

Selanjutnya Artikel yang diterbitkan oleh Jurnal Astronomi Islam Volume 1, Nomor 2, oleh Agus Solikin pada tahun 2020 dengan judul “Perhitungan Arah Kiblat Dengan Rumus Analogi Napier”.¹⁵ Penelitian ini berisi lembar kerja penunjang pembelajaran program studi Ilmu Falak, sebagai salah satu uji kelayakan kepada mahasiswa terkait metode Analogi Napier untuk penentuan arah kiblat. Lembar kerja yang diberikan membantu mahasiswa lebih mudah memahami tahapan metode Analogi Napier, terdapat 92,1% mahasiswa menyatakan lembar kerja tersebut mempermudah memahami perhitungan arah kiblat dengan metode Analogi Napier. Perbedaan dengan penelitian ini adalah objek kajiannya yang membuktikan secara rinci lintang dan bujur mana saja yang memperoleh hasil berbeda dengan rumus konvensional yang biasa digunakan.

Tesis Agus Solikin pada tahun 2013 dengan judul “Perhitungan Arah Kiblat Menurut Susiknan Azhari

¹⁵ Agus Solikin, “Perhitungan Arah Kiblat Dengan Rumus Analogi Napier,” *Azimuth: Journal of Islamic Astronomy* 1, no. 2 (2020).

(Tinjauan Matematika dan astronomi dalam Buku Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern)”.¹⁶ Menjelaskan bahwa ada beberapa rumus yang dapat digunakan untuk mencari arah kiblat diantaranya; *Spherical trigonometry*, rumus analogi napier, rumus cosinus dan sudut bantu, serta rumus *haversine*, keempat rumus tersebut memiliki akar rumus yang sama yaitu aturan cosinus dalam segitiga bola (*spherical trigonometry*). Dari hasil penelitian yang didapatkan “ada perhitungan yang memperoleh hasil yang sama, dan ada yang berbeda”. Tesis ini juga menegaskan bahwasannya diperlukan penelitian lanjutan terkait faktor yang mempengaruhi hasil perhitungan tersebut. Penelitaian yang akan penulis lakukan adalah terkait pembuktian faktor apa yang menyebabkan perbedaan dan bagaimana pola yang dihasilkan oleh kedua metode arah kiblat.

Skripsi Siti Lailatul Rif’ah Al Fariza dengan judul “Algoritma Pemrograman Arah Kiblat Metode Analogi Napier Menggunakan Software Visual Basic 6.0” pada tahun 2021.¹⁷ Skripsi ini membahas bagaimana langkah mencari arah kiblat metode Analogi Napier menggunakan software visual basic 6.0, yang secara garis besar dapat dilakukan dengan beberapa tahapan. Persamaan dengan penelitian ini sama-sama membahas mengenai metode Analogi Napier dalam menentukan arah kiblat.

¹⁶ Agus Solikin, “Perhitungan Arah Kiblat Menurut Susiknan Azhari (Tinjauan Matematika dan astronomi dalam Buku Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern)”. Tesis: (2013).

¹⁷ Siti Lailatul Rif’ah Al Fariza, “Algoritma Pemrograman Arah Kiblat Metode Analogi Napier Menggunakan Software Visual Basic 6.0,” Skripsi: (2021).

1.6 Metode Penelitian

1) Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian kualitatif, *doktrinal* dengan pendekatan bersifat literatur (*library research*), dimana data-data yang diperoleh berasal dari sumber-sumber kepustakaan yang dianggap mewakili dan relevan dengan metode Analogi Napier dalam penentuan arah kiblat..

2) Sumber Data

Sumber data yang digunakan oleh penulis dalam penelitian ini sebagai sumber data primer berupa buku, skripsi jurnal yang berkaitan dengan metode Analogi Napier sedangkan sumber sekunder diperoleh dari buku, skripsi, jurnal, tesis, yang berkaitan dengan metode trigonometri bola.

3) Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dokumentasi yang mengambil data dari beberapa sumber jurnal, skripsi, artikel dan buku-buku yang berkaitan dengan penelitian ini.

4) Metode Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode analisis komparatif, yakni menggunakan logika perbandingan. Metode memungkinkan untuk menggali lebih dalam mengenai variabel-variabel yang memengaruhi hasil dari masing-masing metode. Dengan melakukan perbandingan penerapan teori trigonometri sebagai rumus konvensional dan metode Analogi Napier dalam penentuan arah kiblat.

1.7 Sistematika Penulisan

Seperti skripsi pada umumnya bahwa penulisan skripsi terdiri dari 5 bab, yang masing-masing bab akan menjelaskan beberapa sub bab permasalahan:

BAB I : PENDAHULUAN - Bab ini berisi tentang latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat dari penelitian yang akan dibuat, telaah pustaka, metode penelitian dan juga sistematika penulisan.

BAB II : TEORI DASAR ARAH KIBLAT DAN TRIGONOMETRI PADA SEGITIGA BOLA - Bab ini menjelaskan secara umum bagaimana hukum fiqih yang berkaitan dengan arah kiblat, seperti: pengertian, dasar hukum, metode penentuan arah kiblat, dan juga pembahasan mengenai dasar-dasar trigonometri pada *Spherical trigonometry* segitiga bola dalam penentuan arah kiblat.

BAB III : PENENTUAN ARAH KIBLAT MENGGUNAKAN RUMUS ANALOGI NAPIER - Bab tiga membahas materi pokok penelitian, secara rinci menjelaskan biografi, sejarah, serta pemikiran John Napier terkait penentuan arah terdekat dari beberapa titik pada segitiga bola, dan pembahasan tentang bagaimana Analogi Napier bisa menentukan arah kiblat.

BAB IV : HASIL DAN ANALISIS PERBANDINGAN RUMUS TRIGONOMETRI DAN ANALOGI NAPIER - Bab empat berisi mengenai analisis terkait penelitian yang penulis lakukan, baik faktor yang membuat hasil perbandingan dari kedua rumus itu berbeda, serta hasil analisis dari uji coba perhitungan arah kiblat secara global dengan pendekatan metode Analogi Napier.

BAB V : PENUTUP - Bab ini membahas tentang kesimpulan, saran-saran dan penutup.

BAB II

TEORI DASAR ARAH KIBLAT DAN TRIGONOMETRI PADA SEGITIGA BOLA

2.1 Pengertian Arah Kiblat

Arah kiblat terdiri dari kata “arah” dan “kiblat”, yang masing-masing memiliki makna tersendiri. Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), kata “arah” diartikan sebagai tujuan, sedangkan kata “kiblat” bermakna arah yang menuju ka’bah, bangunan suci umat islam yang terletak di Masjidil Haram, Makkah, Arab Saudi.¹⁸ Ka’bah merupakan bangunan berbentuk persegi yang menjadi pusat atau patokan ibadah umat Islam, khususnya saat melaksanakan ibadah salat. Arah kiblat menjadi salah satu hal yang sangat penting karena merupakan syarat sah melaksanakan salat. Para ulama sepakat bahwa menghadap kiblat saat salat hukumnya wajib.

Secara etimologi, kata kiblat berasal dari bahasa Arab قبله - يقبل - قبل, yaitu salah satu bentuk masdar dari kata kerja (*qobala-yaqbalu*) yang berarti menghadap.¹⁹ Departemen Agama Republik Indonesia mendefinisikan kiblat sebagai suatu arah tertentu bagi kaum muslim untuk mengarahkan wajahnya dalam melaksanakan salat.²⁰

¹⁸ Dendy Sugono, “*Kamus Besar Bahasa Indonesia Pusat Bahasa*,” IV (Jakarta: PT.Gramedia Pustaka Media, 2008).

¹⁹ Dwi Putra Jaya, “*Dinamika Penentuan Arah Kiblat*,” (Jakarta: PT.Gramedia Pustaka Media, 2017).

²⁰ Departemen Agama RI, “*Direktorat Jenderal Pembina Kelembagaan Agama Islam Proyek Peningkatan Prasarana Dan Sarana Perguruan Tinggi Agama /IAIN*,” (1993), hal.629.

Beberapa ahli juga memberikan definisi yang lebih mendalam mengenai arah kiblat. Dalam bukunya *Ilmu Falak I*, Slamet Hambali mendefinisikan arah kiblat merupakan arah menuju ka'bah (Makkah) lewat jalur terdekat yang mana setiap muslim dalam mengerjakan salat harus menghadap ke arah tersebut.²¹ Sementara itu, Nural Nur dalam penjelasannya menyatakan kiblat sebagai arah yang menuju ke Ka'bah di Masjidil Haram Makkah. Dalam hal ini, kiblat memiliki makna yang sangat penting, tidak hanya dalam salat tetapi juga dalam proses penguburan.²² Menurut Ahmad Izzudin, arah kiblat tidak hanya merujuk posisi ka'bah, tetapi juga mempertimbangkan faktor geografis, yaitu posisi dapat dihitung dengan menggunakan koordinat geografis yang mencakup lintang $21^{\circ}25'21,17''$ LU dan bujur $39^{\circ}49'34,56''$ BT.²³

Berdasarkan berbagai penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa arah kiblat adalah arah menuju ka'bah di Kota Makkah, Arab Saudi, yang terletak pada koordinat lintang $21^{\circ}25'21,17''$ LU dan bujur $39^{\circ}49'34,56''$ BT. Arah kiblat ini merupakan acuan bagi umat Islam dalam melaksanakan ibadah salat. Arah kiblat juga memiliki makna yang sangat penting dalam kehidupan seorang muslim, tidak hanya dalam konteks ibadah salat, tetapi juga dalam berbagai aspek kehidupan.

²¹ Slamet Hambali, "*Ilmu Falak I*," Vol. 16. Semarang: Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang, 2022.hal.84

²² Nural Nur, "*Ilmu Falak (Teknologi Hisab Rukyat Untuk Menentukan Arah Kiblat, Awal Waktu Shalat Dan Awal Bulan Qamariah)*," 1997, hal.23.

²³ Ahmad Izzudin, "*Menentukan Arah Kiblat Praktis*," (Semarang, 2010).

2.2 Dasar Hukum Menghadap Kiblat

Dasar menghadap kiblat telah dijelaskan di dalam Al-qur'an dan juga hadits Rasulullah SAW. Dalil-dalil tentang arah kiblat diantaranya:

- 1) Firman Allah SWT dalam Al-Quran surah al-baqarah ayat (144)

يَقْدَرُ نَرَى تَقْلُبَ وَجْهَكَ فِي السَّمَاءِ فَلْتُوَلِّينَا قِبْلَةَ تَرْضَاهَا
قَوْلَ وَجْهَكَ شَطْرَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ ۚ وَحَيْثُ مَا كُنْتُمْ فَوَلُّوا
وُجُوهَكُمْ شَطْرَهُ ۚ وَإِنَّ الَّذِينَ أُوتُوا الْكِتَابَ لَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ
مَنْ رَّبِّهِمْ ۚ وَمَا اللَّهُ بِغَافِلٍ عَمَّا يَعْمَلُونَ

*“Sungguh Kami (sering) melihat mukamu menengadah ke langit, maka sungguh Kami akan memalingkan kamu ke kiblat yang kamu sukai. Palingkanlah mukamu ke arah Masjidil Haram. Dan dimana 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 Masjidil Haram itu adalah benar dari Tuhannya; dan Allah sekali-kali tidak lengah dari apa yang mereka kerjakan”.*²⁴

Ayat ini menjelaskan bahwa sebelum perintah ini, salat umat Islam menghadap ke Baitul Maqdis, namun setelah turunnya ayat ini, Allah SWT memerintahkan untuk menghadap Masjidil Haram, dan ini berlaku bagi umat Islam di seluruh dunia.

Perubahan kiblat ini menunjukkan bahwa arah kiblat bukan hanya merupakan petunjuk fisik, tetapi juga

²⁴ Al-Qur'an, 2:144

merupakan perintah Ilahi yang harus ditaati. Bahwa ayat ini menegaskan bahwa orang-orang yang diberi kitab (Yahudi dan Nasrani) juga mengetahui.

2) Firman Allah SWT dalam Al-Qur'an surah al-baqarah (149-150)

وَمِنْ حَيْثُ خَرَجْتَ فَوَلِّ وَجْهَكَ شَطْرَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ وَإِنَّهُ
لَلْحَقُّ مِنْ رَبِّكَ وَمَا اللَّهُ بِغَافِلٍ عَمَّا تَعْمَلُونَ
وَمِنْ حَيْثُ خَرَجْتَ فَوَلِّ وَجْهَكَ شَطْرَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ
وَحَيْثُمَا كُنْتُمْ فَوَلُّوا وُجُوهَكُمْ شَطْرَهُ لِئَلَّا يَكُونَ لِلنَّاسِ
عَلَيْكُمْ حُجَّةٌ إِلَّا الَّذِينَ ظَلَمُوا مِنْهُمْ فَلَا تَخْشَوْهُمْ وَاخْشَوْنِي
وَلَا تَمْنَعِي عَابَتِي عَلَيْكُمْ وَلَعَلَّكُمْ تَهْتَدُونَ

*“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”.*²⁵ *“Dan darimana saja kamu keluar (datang) maka palingkanlah wajahmu ke arah Masjidil Haram, dan dimana saja kamu semua berada maka palingkanlah wajahmu ke arahnya, agar tidak ada hujjah bagi manusia atas kamu, kecuali orang-orang yang zalim di antara mereka. Maka janganlah kamu takut kepada mereka, dan takutlah kepada Ku. Dan agar Ku-sempurnakan nikmatKu atas kamu, dan supaya kamu dapat petunjuk”*²⁶

Dari ayat 149-150 surah al-baqarah, Allah menyatakan bahwa kewajiban ini adalah “hak dari

²⁵ Al-Qur'an, 2:149

²⁶ Al-Qur'an, 2:150

Tuhanmu”, yang menunjukkan bahwa ini bukanlah perintah yang bersifat duniawi, melainkan juga perintah yang berasal dari Tuhan yang harus ditaati. Dalam ayat ini, Allah juga menegaskan agar umat Islam tidak merasa takut terhadap kecaman atau persetujuan orang-orang yang zalim terkait perubahan arah kiblat.

Sebagian ulama berpendapat, seperti yang dikemukakan oleh Fakhruddin Ar-Razi bahwa ayat ini diturunkan dalam beberapa kondisi yang berbeda. *Pertama*, ditujukan kepada orang-orang yang menyaksikan ka’bah, *kedua* ditujukan bagi orang-orang yang berada di kota Makkah tetapi tidak dapat melihat ka’bah, dan yang *ketiga* bagi orang yang berada di kota atau negara lain.²⁷

Sedangkan menurut Al-Qurtubi, keadaan yang pertama untuk penjelasan ayat ini adalah ditujukan untuk orang-orang yang tinggal di dalam kota Makkah, keadaan yang kedua adalah orang yang tinggal di luar kota Makkah, dan keadaan yang terakhir untuk orang yang sedang dalam perjalanan.²⁸

3) Hadits riwayat Bukhari

حَدَّثَنَا مُعَاذُ بْنُ فَضَالَةَ قَالَ حَدَّثَنَا هِشَامٌ عَنْ يَحْيَى عَنْ مُحَمَّدِ
 بْنِ عَبْدِ الرَّحْمَنِ بْنِ ثَوْبَانَ قَالَ حَدَّثَنِي جَابِرُ بْنُ عَبْدِ اللَّهِ أَنَّ
 النَّبِيَّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ كَانَ يُصَلِّي عَلَى رَأْسِهِ نَحْوُ

²⁷ Abdullah bin Muhammad bin Abdurrahman bin Ishaq al-Sheikh, “*Tafsir Ibnu Katsir Jilid 1, Terj. M Abdul Goffar*,” (Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi’i, 2005).

²⁸ <http://www.ibnukatsironline.com/2015/04/tafsir-surat-al-baqarah-ayat-149-150.html> (Diakses pada 25 Oktober 2024)

الْمَشْرِقِ فَإِذَا أَرَادَ أَنْ يُصَلِّيَ الْمَكْتُوبَةَ نَزَلَ فَاسْتَقْبَلَ الْقِبْلَةَ
رواه مسلم

“Bercerita Abu Bakar bin Abi Syaibah, bercerita ‘Affan, bercerita Hammad bin Salamah, dari Tsabit dari Anas: “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 Kami palingkan mukamu ke kiblat yang kamu kehendaki. Palingkanlah mukamu ke arah Masjidil Haram”. Kemudian ada seseorang dari bani Salamah bepergian, menjumpai sekelompok sahabat sedang ruku’ pada salat fajar. Lalu ia menyeru “Sesungguhnya kiblat telah berubah”. Lalu mereka berpaling seperti kelompok Nabi, yakni ke arah kiblat” (HR. Muslim)²⁹

Hadits ini mengisahkan perubahan arah kiblat dari Baitul Maqdis ke Masjidil Haram yang diperintahkan oleh Allah SWT melalui wahyu yang diturunkan kepada Rasulullah SAW.

4) Hadits Muslim nomor (821)

حَدَّثَنَا أَبُو بَكْرِ بْنُ أَبِي شَيْبَةَ حَدَّثَنَا عَفَّانُ حَدَّثَنَا حَمَّادُ بْنُ
سَلَمَةَ عَنْ ثَابِتٍ عَنْ أَنَسٍ أَنَّ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ
كَانَ يُصَلِّي نَحْوَ بَيْتِ الْمَقْدِسِ فَنَزَلَتْ { قَدْ نَرَى تَقَلُّبَ
وَجْهِكَ فِي السَّمَاءِ فَلَنُوَلِّيَنَّكَ قِبْلَةً تَرْضَاهَا فَوَلِّ وَجْهَكَ شَطْرَ
الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ } فَمَرَّ رَجُلٌ مِنْ بَنِي سَلَمَةَ وَهُمْ رُكُوعٌ فِي صَلَاةٍ

²⁹ Hadits Muslim :821

الْفَجْرِ وَقَدْ صَلَّوْا رُكْعَةً فَنَادَى أَلَا إِنَّ الْقِبْلَةَ قَدْ حُوِّلَتْ فَمَالُوا كَمَا
هُمْ نَحْوَ الْقِبْلَةِ ”رواه البخاري

“Telah menceritakan kepada kami Mu'adz bin Fadhalah berkata, telah menceritakan kepada kami Hisyam dari Yahya dari Muhammad bin 'Abdurrahman bin Tsauban berkata, telah menceritakan kepada saya Jabir bin 'Abdullah, bahwa Nabi shallallahu 'alaihi wasallam mendirikan salat diatas hewan tunggangannya menghadap ke Timur. Jika Beliau hendak melaksanakan salat wajib, maka Beliau turun dan melaksanakannya dengan menghadap kiblat". (HR. Bukhari No. 1035)³⁰

Dasar hukum menghadap kiblat dalam salat telah diatur dengan jelas melalui wahyu dalam Al-Qur'an dan penjelasan Rasulullah SAW dalam hadis. Menghadap kiblat bukan hanya soal arah fisik, tetapi merupakan bentuk ketaatan umat Islam terhadap perintah Allah SWT. Ini adalah salah satu aspek penting dalam ibadah salat yang menjaga keragaman dan kesejahteraan dalam melaksanakan ibadah umat Islam di seluruh dunia. Sehingga, baik dalam kondisi normal maupun dalam situasi yang memerlukan kelonggaran, arah kiblat tetap harus diperhatikan dalam aspek kehidupan.

2.3 Metode Penentuan Arah Kiblat

Arah kiblat merupakan arah yang harus dihadapi oleh umat Islam saat melaksanakan salat, yang mengarah ke ka'bah di Makkah. Bagi orang yang tidak dapat melihat

³⁰ Al-Bukhari, *"Sahih Al-Bukhari,"* Jilid 1, T (n.d.).

ka'bah secara langsung, diperlukan metode perhitungan yang tepat. Beberapa metode yang sering digunakan dalam penentuan arah kiblat adalah Azimuth Kiblat dan Rashdul Kiblat atau lebih sederhana memakai metode sudut dan bayangan dari matahari.³¹

1. Metode Azimuth Kiblat

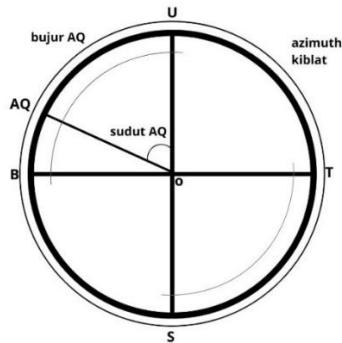
Azimuth adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan arah atau sudut titik tertentu dengan arah utara, yang diukur searah jarum jam. Azimuth kiblat merupakan arah yang mengarah langsung ke ka'bah dari suatu titik di dunia, dihitung sebagai sudut dari utara melalui garis horizontal (ufuk) hingga titik proyeksi ka'bah.³²

Pengukuran arah kiblat menggunakan metode ini memanfaatkan selisih azimuth benda langit dengan azimuth kiblat, dan selisih dari kedua azimuth tersebut menghasilkan arah kiblat.³³

³¹ Ahmad Izzudin, "*Ilmu Falak Praktis*." In UIN Walisongo Semarang, hal.30. Semarang: pustaka Rizki Putra, (2017).

³² Slamet Hambali, "*Metode Pengukuran Arah Kiblat dengan Segitiga Siku-Siku dari Bayangan Matahari Setiap Saat*". Tesis - Program Magister Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Walisongo Semarang. (2010).

³³ Nurizzah Churotin, "*Akurasi Arah Kiblat Masjid Agung Sidoarjo (Studi Analisis dengan Acuan Metode Hisab Vincenty)*" (Skripsi – UIN Sunan Ampel, Surabaya, 2019), hal.36.



Gambar 2.1 Azimuth Kiblat, Sumber: Dokumentasi Pribadi

Lingkaran UTSB adalah ufuk atau horizon, garis OAQ merupakan arah kiblat (arah menuju ka'bah), UOAQ adalah sudut arah kiblat, busur UAQ = UOAQ merupakan sudut arah kiblat (arah kiblat dihitung dari titik utara), sedangkan UTSBAQ adalah azimuth kiblat.

Titik utara azimuth bernilai 0° , titik timur azimuthnya bernilai 90° , titik selatan azimuth bernilai 180° , dan titik barat azimuth bernilai 270° .³⁴ Untuk mengetahui nilai azimuth, maka ada beberapa data yang diperlukan:³⁵

1. Menentukan Lintang dan Bujur tempat (ϕ^x dan λ^x):

Lintang adalah jarak tempat dari garis khatulistiwa yang terletak di 0° , lokasi yang terletak di utara memiliki tanda positif (LU) dan selatan memiliki tanda negatif (LS). Bujur mengukur jarak tempat dari garis meridian utama yang melewati Greenwich, Inggris. Bujur timur memiliki tanda

³⁴ Slamet Hambali, "Metode Pengukuran Arah Kiblat dengan Segitiga Siku-Siku dari Bayangan Matahari Setiap Saat". Tesis - Program Magister Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Walisongo Semarang. (2010).

³⁵ Ahmad Izzuddin, "Ilmu Falak Praktis," (Semarang, PT Pustaka Riski, 2017) hal.30

positif (BT), sedangkan bujur barat memiliki tanda negatif (BB) hingga angka 180° .

2. Menentukan Lintang dan bujur Makkah
Besarnya nilai lintang Makkah adalah $21^\circ 25' 21,17''$ LU dan Bujur Makkah $39^\circ 49' 34,56''$ BT.
3. Menggunakan Rumus perhitungan arah kiblat dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Cotan } Q = \tan \phi^k \times \cos \phi^x : \text{cosec } C - \sin \phi^x : \tan C$$

Keterangan:

Q = adalah arah kiblat.

jika hasil perhitungan (Q) positif, maka arah kiblat terhitung dari titik utara.

jika hasil perhitungan (Q) negatif, maka arah kiblat terhitung dari titik selatan.

ϕ^k = adalah lintang ka'bah yakni $21^\circ 25' 21,17''$

ϕ^x = adalah lintang tempat X yang akan diukur arah kiblatnya.

C = adalah jarak bujur (λ), yaitu jarak antara bujur ka'bah dengan bujur tempat yang akan diukur arah kiblatnya. Dimana bujur (λ) ka'bah terletak pada $39^\circ 49' 34,56''$.

Dalam hal ini berlaku ketentuan untuk mencari jarak bujur (C) adalah sebagai berikut:

- a) Jika B (azimuth kiblat) = UT (+), maka azimuth kiblat = B (tetap)
- b) Jika B (arah kiblat) = UB (+), maka azimuth kiblat = $360^\circ - B$
- c) Jika B (arah kiblat) = ST (-), maka azimuth kiblat = $180^\circ + B$
- d) Jika B (arah kiblat) = SB (-), maka azimuth kiblat = $180^\circ - B$

2. Metode Rashdul Kiblat

Metode rashdul kiblat adalah metode yang lebih sederhana dibandingkan azimuth kiblat dan menggunakan pengamatan terhadap benda langit, seperti matahari, untuk menentukan arah kiblat.³⁶ Dalam metode ini, bayangan matahari digunakan untuk menentukan posisi ka'bah pada waktu tertentu. Hanya memanfaatkan bayangan matahari sebagai objek utamanya, jika matahari tidak memancarkan sinarnya maka metode ini tidak dapat digunakan untuk penentuan arah kiblat.

Menurut beberapa literatur, terdapat dua macam rashdul kiblat, yaitu rashdul kiblat global dan rashdul kiblat harian. Yang memiliki rumus dan model perhitungan yang berbeda.

Rashdul kiblat global

Rashdul kiblat global merupakan sebuah fenomena langka yang terjadi dimana matahari tepat berada di atas ka'bah. Saat rashdul kiblat global matahari akan memiliki deklinasi yang hampir bahkan sama dengan lintang ka'bah. Di Indonesia rashdul kiblat global terjadi sebanyak dua kali dalam setahun, yaitu pada tanggal 27 Mei (tahun kabisat) atau 28 Mei (tahun basithah) pukul 16.18 WIB (09:18 GMT) dan pada 15 Juli (tahun kabisat) atau 16 Juli (tahun basithah) pukul 16.27 WIB (09:27 GMT).³⁷

Dalam menentukan arah kiblat langkah yang harus dilakukan, yaitu:³⁸

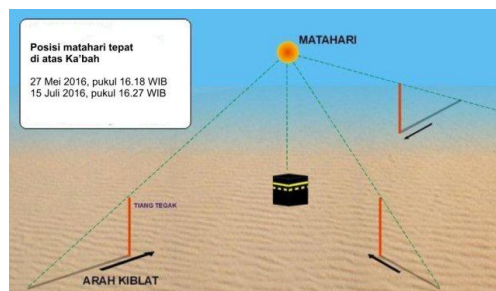
³⁶ Ahmad Izzuddin, "*Ilmu Falak Praktis*," (Semarang, PT Pustaka Riski, 2017) hal.31.

³⁷ Kementrian Agama Republik Indonesia, "*Buku Saku Hisab Rukyat*," (2021).

³⁸ Slamet Hambali, "*Ilmu Falak I*." Vol. 16. Semarang: Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang, (2022).

- a. Menyiapkan data lintang, bujur ka'bah dan lokasi pengamatan serta menghitung *time zone* lokasi pengamatan
- b. Mencari posisi matahari saat berimpit atau mendekati zenith ka'bah. Posisi matahari ini dapat dicari dengan menemukan deklinasi matahari yang sama atau mendekati lintang ka'bah ($21^{\circ}25'21,17''$)
- c. Menghitung saat terjadinya rashdul kiblat berdasarkan waktu pertengahan setempat (*Local Mean Time*) dengan rumus

$$WD = WH - e + (\lambda_{daerah} - \lambda_{ka'bah}) / 15$$
- d. Menyiapkan benda tegak lurus diatas bidang datar (tongkat, kayu, dll)
- e. Menunggu waktu terjadinya rashdul kiblat global.



Gambar 2.2 Rashdul Kiblat Global, Sumber: NU Online

1. Rashdul kiblat harian

Rashdul kiblat harian atau juga disebut rashdul kiblat lokal dapat dihitung setiap hari dengan waktu yang tidak selalu sama, karena deklinasi matahari setiap hari juga akan berubah-ubah. Rashdul kiblat lokal ini hanya terjadi

ketika azimuth matahari sama dengan azimuth kiblat atau azimuth kiblat dikurang 180° atau azimuth kiblat ditambah 180° , yang bisa pagi hari atau sore hari.

Terdapat beberapa langkah dan rumus-rumus untuk mengetahui kapan bayang-bayang matahari ke arah kiblat pada setiap harinya adalah:

1. Menentukan lokasi yang akan ditentukan arah kiblat menggunakan rashdul kiblat.
2. Mencari sudut pembantu (U) dengan menggunakan rumus

$$\mathbf{Cotan\ U = tan\ Q \times sin\ \phi^x}$$

Keterangan:

Q = Arah kiblat dari titik utara (+), atau dari titik selatan (-)

ϕ^x = lintang tempat.

3. Mencari Sudut Waktu (t) dengan rumus

$$\mathbf{Cos\ (t-U) = tan\ \delta m \times cos\ U \div tan\ \phi^x}$$

Keterangan:

t = Sudut waktu matahari

δm = Deklinasi matahari saat rashdul kiblat lokal.

Untuk mendapatkan hasil yang akurat lakukan dengan 2 tahapan.

Tahapan 1: gunakan data δm pada pukul 12 WD (Pukul 12 WIB = Pukul 5 GMT)

Tahapan 2: diambil sesuai hasil data tahap awal dengan menggunakan interpolasi.

t-U = Ada dua kemungkinan, yaitu positif dan negatif.

Jika U positif (+), maka t-U harus diubah menjadi negatif.

Jika U negatif (-), maka t-U tetap positif.

4. Menghitung nilai t, dengan rumus

$$t = t-U + U$$

5. Kemudian menghitung saat terjadinya rashdul kiblat lokal dengan menggunakan waktu hakiki (WH) dengan menggunakan rumus

WH = pk. 12 + t (jika arah kiblat condong ke arah barat,

Q = UB/SB)

WH = pk. 12 – t (jika arah kiblat condong ke arah timur,

6. Rumus mengubah waktu hakiki ke Waktu Daerah/
Local Mean Time (WIB, WITA, WIT)

$$WD = WH - e + (BTd - \lambda x) \div 15$$

Keterangan:

$e = Equation\ of\ time$ atau perata waktu

WH = Waktu Hakiki (*waktu istiwak*), yaitu waktu yang didasarkan kepada peredaran Matahari hakiki, dimana pukul 12.00 senantiasa didasarkan saat Matahari tepat berada di meridian atas.

WD = Singkatan dari Waktu Daerah, juga sering disebut LMT (*Local Mean Time*), yaitu waktu pertengahan untuk wilayah Indonesia, yang meliputi;

Waktu Indonesia Barat (WIB): +7 dari GMT
 Waktu Indonesia Tengah (WITA): +8, dari GMT

Waktu Indonesia Timur (WIT): +9, dari GMT

BTd = Bujur Daerah, WIB: 105° , WITA: 120° ,
 WIT: 135° .

2.4 Sistem Koordinat Geografis

Koordinat merupakan titik yang diperoleh dari perpotongan garis lintang dan garis bujur, yang menunjukkan lokasi suatu wilayah di permukaan bumi. Adapun sistem koordinat yang sering digunakan dalam astronomi untuk menentukan posisi suatu benda bidang (2 dimensi) atau ruang (3 dimensi), yaitu sistem koordinat kartesius, polar, silinder, dan bola.³⁹ Fungsi dari sistem koordinat adalah untuk menentukan posisi satu titik atau lebih dalam suatu bidang koordinat.

Dalam menentukan arah kiblat di sebuah lokasi, kita juga membutuhkan pemahaman tentang sistem koordinat yang ada di bumi, yang digunakan untuk mencari posisi dari sebuah benda yang berbentuk lingkaran, salah satunya yaitu, sistem koordinat geografis. Sistem koordinat geografis berfungsi menentukan lokasi suatu titik di bumi, yaitu: garis bujur, dan garis lintang pada suatu tempat. Koordinat geografis biasanya ditulis dalam satuan derajat ($^\circ$), menit ($'$), dan detik ($''$).

Koordinat geografis terdiri dari dua komponen, yaitu:

³⁹ Abu Yazid Raisal, "*Sistem koordinat Benda langit*," alan Kapten Muktar Basri No 3 Medan, (2023), hal.01.

1. Garis (*vertikal*) atau garis kebawah yang menghubungkan kutub utara dengan kutub selatan bumi, disebut juga garis bujur (*longitude*) atau biasa disebut garis meridian disimbolkan dengan (λ). Dalam sistem koordinat geografis, bumi memiliki 360 bagian, dengan tiap bagiannya memiliki nilai 1° dan titik 0° berada di Greenwich, Inggris.
2. Garis (*horizontal*) atau garis mendatar yang sejajar dengan garis ekuator atau khatulistiwa, tulistiwa, yang biasa disebut garis lintang (*latitude*) disimbolkan dengan (ϕ). Posisi lintang dihitung dari 0° di khatulistiwa, ke $+90^\circ$ di kutub utara, dan -90° di kutub selatan. Garis lintang memiliki dua bagian lingkaran yaitu: lingkaran besar yang terletak tepat di bagian garis khatulistiwa yang menjadi garis potong antara permukaan bola bumi dan bidang yang melalui pusat bumi, dan lingkaran lain di lintang yang lain itu adalah lingkaran kecil.

2.5 Teori Dasar Trigonometri

Trigonometri berasal dari bahasa Yunani, yakni “*trigonon*” yang artinya tiga sudut dan “*metro*” yang artinya mengukur.⁴⁰ Trigonometri merupakan ilmu ukur yang mempelajari sudut dan sisi segitiga. Trigonometri diperkirakan sudah ada sekitar lebih dari 3000 tahun yang lalu.⁴¹ Trigonometri dapat digolongkan menjadi dua, yakni

⁴⁰ Suwiyadi, “*Matematika Terapan 2 Segitiga Bola*,” ed. (Semarang: Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, 2020).

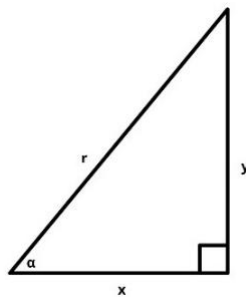
⁴¹ Abd Rival, “*Penerapan Konsep Trigonometri Segitiga Bola Terhadap Penentuan Hisab Awal Bulan Qamariyah Yang Berdasarkan Sistem Almanak Nautika*,” Skripsi - Jurusan Matematika Fakultas Sains Dan Teknologi, (2014).

trigonometri bidang dan trigonometri bola. Trigonometri bidang datar berkaitan dengan segitiga dalam bidang datar, seperti segitiga siku-siku, segitiga sama sisi, dan segitiga sama kaki. Trigonometri bola berkaitan dengan segitiga tertentu yang terletak pada permukaan bola.

1. Fungsi Trigonometri

Fungsi sinus	$y = \sin x$
Fungsi cosinus	$y = \cos x$
Fungsi tangen	$y = \tan x$
Fungsi cosecant	$y = \operatorname{cosec} x$
Fungsi secan	$y = \sec x$
Fungsi cotangent	$y = \cot x$

Fungsi trigonometri ini merupakan fungsi dari variabel x yang memiliki satuan derajat atau radian.



Gambar 2.3 Segitiga Siku-siku, Sumber: Dokumentasi Pribadi

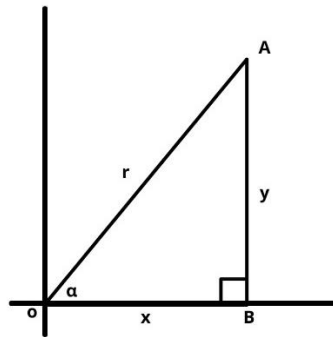
$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \frac{y}{r} & \operatorname{cosec} \alpha &= \frac{1}{\sin \alpha} \\ \cos \alpha &= \frac{x}{r} & \sec \alpha &= \frac{1}{\cos \alpha} \\ \tan \alpha &= \frac{y}{x} & \cotan \alpha &= \frac{1}{\tan \alpha} \end{aligned}$$

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\cotan \alpha = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

2. Hubungan Sinus, Cosinus, dan Tangen

Segitiga dalam koordinat kartesius atau segitiga datar dalam bentuk segitiga siku-siku dapat di gambar seperti:



Gambar 2.4 Segitiga Siku-Siku dalam Diagram, Sumber: Dokumentasi Pribadi

Segitiga AOB memiliki: sisi $x = OB$, $y = AB$, dan $r = OA$ dan besar sudut $AOB = \alpha$ (dalam derajat) dengan sudut siku-sikunya terletak di sudut B. Nilai r dapat kita cari dengan menggunakan *teorema pythagoras*:

$$AO^2 = OB^2 + AB^2$$

$$r^2 = x^2 + y^2 \dots \dots (1)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

Setelah mendapatkan nilai r menggunakan rumus *teorema pythagoras*, kita dapat mengetahui nilai α dengan menggunakan perbandingan trigonometri. Dengan perbandingan sisi dan sudut:

y = sisi siku-siku yang berhadapan dengan sudut α

x = sisi siku-siku yang mengapit sudut α

r = sisi miring

dari persamaan di atas,

$$y = r \sin \alpha$$

$$x = r \cos \alpha \dots\dots\dots (2)$$

jika $\tan$, $\tan \alpha = \frac{y}{x}$ dan $\cot$, $\cot \alpha = \frac{x}{y}$

$$\Rightarrow \tan \alpha = \frac{r \sin \alpha}{r \cos \alpha}$$

$$\Rightarrow \cot \alpha = \frac{r \cos \alpha}{r \sin \alpha}$$

substitusikan persamaan (1) & (2) diperoleh persamaan:

$$r^2 = x^2 + y^2$$

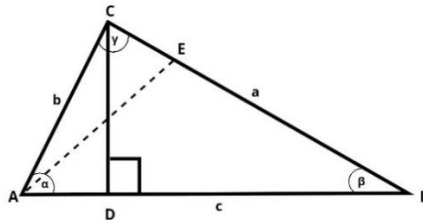
$$r^2 = (r \cos \alpha)^2 + (r \sin \alpha)^2$$

$$\Rightarrow r^2 = r^2 \cos^2 \alpha + r^2 \sin^2 \alpha$$

$$\Rightarrow 1 = \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha \dots\dots\dots (3)$$

3. Rumus Segitiga

Aturan segitiga pada bidang datar, rumus dasar dari sinus cosinus pada segitiga dalam koordinat kartesius sebagai berikut:⁴²



Gambar 2.5 Segitiga dalam Aturan Sinus Cosinus, Sumber: Dokumentasi Pribadi

a) Aturan Sinus

⁴² Rizal Afrian Mustaqim, “*Ilmu Falak*” Syiah Kuala University Press, (2021).

Diketahui dari gambar diatas:

$$AB = c$$

$$BC = a$$

$$AC = b$$

$$\text{Sudut CAB} = \text{sudut CAD} = \alpha$$

$$\text{Sudut ABC} = \text{sudut CBD} = \beta$$

$$\text{Sudut BCA} = \gamma$$

$$\sin, \sin CAD = \frac{CD}{AC}$$

$$\Rightarrow CD = AC \sin \sin CAD$$

$$\Rightarrow CD = b \sin \sin \alpha \dots\dots\dots (1)$$

$$\sin, \sin CBD = \frac{CD}{BC}$$

$$\Rightarrow CD = BC \sin \sin CBD$$

$$\Rightarrow CD = a \sin \sin \beta \dots\dots\dots (2)$$

Substitusikan persamaan (1) & (2)

$b \sin \sin \alpha = a \sin \sin \beta$ (kedua ruas dibagi $\sin \sin \alpha$
 $\sin \sin \beta$)

$$\Rightarrow = \frac{b \sin \sin \alpha}{\sin \sin \alpha \sin \sin \beta} = \frac{a \sin \sin \beta}{\sin \sin \alpha \sin \sin \beta}$$

$$\Rightarrow = \frac{b}{\sin \sin \beta} = \frac{a}{\sin \sin \alpha} \dots\dots\dots (i)$$

$$\sin, \sin ABE = \frac{AE}{BA}$$

$$\Rightarrow AE = BA \sin \sin ABE$$

$$\Rightarrow AE = c \sin \sin \beta \dots\dots\dots (3)$$

$$\sin, \sin AEC = \frac{AE}{CA}$$

$$\Rightarrow AE = CA \sin \sin AEC$$

$$\Rightarrow AE = b \sin \sin \gamma \dots\dots\dots (4)$$

Substitusikan persamaan (3) & (4)

$c \sin \sin \beta = b \sin \sin \gamma$ (kedua ruas dibagi dengan $\sin$
 $\sin \gamma \sin \sin \beta$)

$$\Rightarrow = \frac{c \sin \sin \beta}{\sin \sin \gamma \sin \sin \beta} = \frac{b \sin \sin \gamma}{\sin \sin \gamma \sin \sin \beta}$$

$$\Rightarrow \frac{c}{\sin \sin \gamma} = \frac{b}{\sin \sin \beta} \dots \dots \dots (ii)$$

Persamaan yang diperoleh dari (i) & (ii)

$$= \frac{c}{\sin \sin \gamma} = \frac{b}{\sin \sin \beta} = \frac{c}{\sin \sin \alpha}$$

b) Aturan cosinus

$$\text{Cos, cos CAD} = \frac{AD}{AC}$$

$$\Rightarrow \text{Cos, cos } \alpha = \frac{AD}{b}$$

$$\Rightarrow AD = b \cos \cos \alpha \dots \dots \dots (1)$$

Memakai *teorema pythagoras*:

$$AC^2 = AD^2 + CD^2$$

$$\Rightarrow CD^2 = AC^2 - AD^2$$

$$\Rightarrow CD^2 = b^2 - AD^2 \dots \dots \dots (2)$$

$$BC^2 = CD^2 + BD^2$$

$$\Rightarrow CD^2 = BC^2 - BD^2$$

$$\Rightarrow CD^2 = a^2 - BD^2 \dots \dots \dots (3)$$

Substitusikan persamaan (2) & (3)

$$b^2 - AD^2 = a^2 - BD^2$$

$$\Rightarrow b^2 - AD^2 = a^2 - (AB - AD)^2$$

$$\Rightarrow b^2 - AD^2 = a^2 - (c - AD)^2$$

$$\Rightarrow b^2 - AD^2 = a^2 - (c^2 - 2 c AD - AD^2)$$

$$\Rightarrow b^2 - AD^2 = a^2 - c^2 - 2 c AD - AD^2$$

$$\Rightarrow b^2 = a^2 - c^2 - 2 c AD$$

$$\Rightarrow b^2 = a^2 - c^2 - 2 c AD \text{ (masukkan persamaan 1)}$$

$$\Rightarrow b^2 = a^2 - c^2 - 2 c b \cos \cos \alpha \dots \dots \dots (i)$$

$$\text{Cos, cos CBD} = \frac{BD}{BC}$$

$$\Rightarrow \text{Cos, cos } \beta = \frac{BD}{a}$$

$$\Rightarrow BD = a \cos \cos \beta \dots \dots \dots (4)$$

Memakai *teorema pythagoras*:

$$BC^2 = BD^2 + CD^2$$

$$\Rightarrow CD^2 = BC^2 - BD^2$$

$$\Rightarrow CD^2 = a^2 - BD^2 \dots\dots\dots (5)$$

$$AC^2 = CD^2 + AD^2$$

$$\Rightarrow CD^2 = AC^2 - AD^2$$

$$\Rightarrow CD^2 = b^2 - AD^2 \dots\dots\dots (6)$$

Substitusikan persamaan (5) & (6)

$$a^2 - BD^2 = b^2 - AD^2$$

$$\Rightarrow a^2 - BD^2 = b^2 - (AB - BD)^2$$

$$\Rightarrow a^2 - BD^2 = b^2 - (c - BD)^2$$

$$\Rightarrow a^2 - AD^2 = b^2 - (c^2 - 2cBD + BD^2)$$

$$\Rightarrow a^2 - AD^2 = b^2 - c^2 + 2cBD - BD^2$$

$$\Rightarrow a^2 = b^2 - c^2 - 2cBD$$

$$\Rightarrow a^2 = b^2 - c^2 - 2cBD \text{ (masukkan persamaan 4)}$$

$$\Rightarrow b^2 = a^2 - c^2 - 2c \alpha \cos \cos \beta \dots\dots\dots (ii)$$

$$\cos, \cos ACE = \frac{CE}{CA}$$

$$\Rightarrow \cos, \cos \gamma = \frac{CE}{b}$$

$$\Rightarrow CE = b \cos \cos \gamma \dots\dots\dots (7)$$

Memakai *teorema pythagoras*:

$$AC^2 = AE^2 + CE^2$$

$$\Rightarrow AE^2 = AC^2 - CE^2$$

$$\Rightarrow AE^2 = b^2 - CE^2 \dots\dots\dots (8)$$

$$AB^2 = AE^2 + BE^2$$

$$\Rightarrow AE^2 = AB^2 - BE^2$$

$$\Rightarrow AE^2 = c^2 - BE^2 \dots\dots\dots (9)$$

Substitusikan persamaan (5) & (6)

$$b^2 - CE^2 = c - BE^2$$

$$\Rightarrow b^2 - CE^2 = c^2 - (BC - CE)^2$$

$$\Rightarrow b^2 - CE^2 = c^2 - (a - CE)^2$$

$$\Rightarrow b^2 - CE^2 = c^2 - (a^2 - 2 a CE + CE^2)$$

$$\Rightarrow b^2 - CE^2 = c^2 - a^2 + 2 a CE - CE^2$$

$$\Rightarrow b^2 = c^2 - a^2 + 2 a CE$$

$$\Rightarrow b^2 = c^2 + a^2 - 2 a CE \text{ (masukkan persamaan 7)}$$

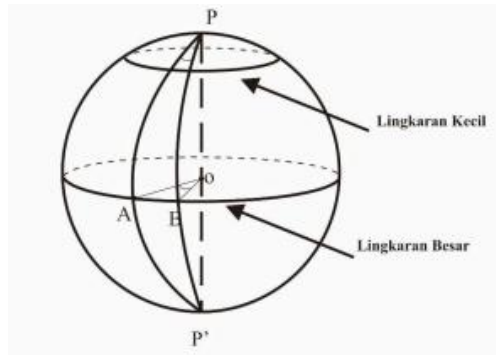
$$\Rightarrow b^2 = c^2 + a^2 - 2 a b \cos \gamma \dots\dots\dots(iii)$$

Persamaan (i), (ii), dan (iii) merupakan aturan cosinus pada segitiga dengan koordinat kartesius.

2.6 Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Segitiga Bola

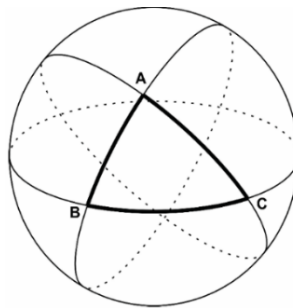
Segitiga bola (*spherical trigonometry*) secara terminologi dimaknai sebagai ilmu ukur sudut bidang datar yang diaplikasikan pada permukaan berbentuk bola. Penentuan posisi di permukaan bumi yang berbentuk bola, membutuhkan proses perhitungan matematis yang biasa kita sebut trigonometri bola. Segitiga bola dalam cakupan navigasi, astronomi dan ilmu falak, sangat dibutuhkan untuk penentuan beberapa kepentingan contohnya: penentuan arah kiblat bagi umat muslim, mengukur jarak antar kota, menghitung waktu terbit dan terbenamnya benda langit, penentuan waktu salat dengan acuan bintang, dan lainnya.

Segitiga bola terbentuk dari tiga lingkaran besar yang saling berpotongan. Dalam sebuah bola terdapat dua lingkaran yaitu: lingkaran besar dan lingkaran kecil.



Gambar 2.6 Lingkaran Besar dan Lingkaran Kecil pada Bola,
Sumber: Frank Aryes. 1954:145

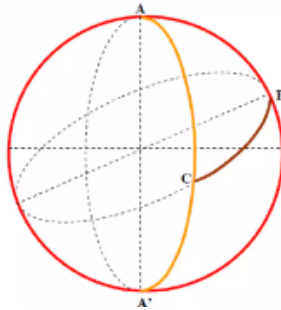
Lingkaran besar merupakan bidang yang terbentuk dari bagian bola yang melalui pusat bola. Sedangkan lingkaran kecil adalah bidang yang terbentuk dari bagian bola namun tidak melalui pusat bola.



Gambar 2.7 Segitiga Bola, Sumber: Abu Yazid Raisal

Gambar diatas menunjukkan segitiga bola ABC, jarak dalam sebuah segitiga bola dinyatakan dalam satuan sudut di pusat bola seperti derajat atau radian, setiap sisi pada segitiga bola dibatasi kurang dari setengah lingkaran

atau tidak lebih dari 180° . Sehingga sudut $A + B + C > 180^\circ$
 atau sudut $A + B + C - 180^\circ > 0$.

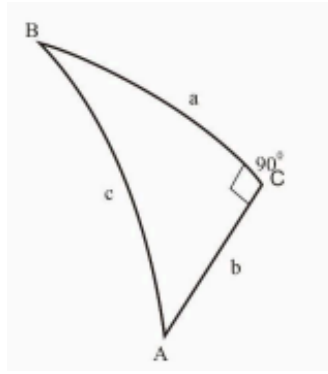


Gambar 2.8 Segitiga Bola A'BC yang Jumlahnya $>180^\circ$, Sumber:
 Ajeng Rizki Rahmawati

Segitiga A'BC. Menurut teori diatas, dapat
 diperjelas bahwa:⁴³

$$\begin{aligned}
 A'BC + A'BC + A &> 180^\circ \\
 (180^\circ - C) + (180^\circ - B) + A &> 180^\circ \\
 -C - B + A &> (-180^\circ) \\
 A + B + C &< 180^\circ
 \end{aligned}$$

⁴³ Rizal Afrian Mustaqim, “*Ilmu Falak*” Syiah Kuala University Press, (2021).



Gambar 2.9 Segitiga Bola Siku-siku (right Spherical Triangle),
Sumber: Frank Ayres, 1954:145

Jika salah satu dari sudut segitiga bola membentuk sudut 90° , maka segitiga tersebut merupakan segitiga siku-siku.⁴⁴ Pada segitiga diatas berlaku rumus dasar:

$$\sin a = \sin A \sin c$$

$$\tan b = \tan B \sin a$$

$$\tan a = \tan A \sin b$$

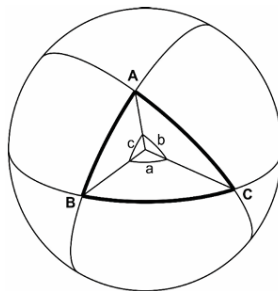
$$\tan b = \cos A \tan c$$

$$\tan a = \cos B \tan c$$

$$\cos c = \cot A \cot B$$

$$\cos c = \cos b \cos a$$

$$\cos B = \sin A \cos b$$



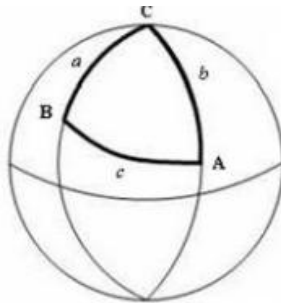
Gambar 2.10 Sudut Pusat Segitiga Bola, Sumber: Abu Yazid
Raisa

⁴⁴ Frank Ayes, "Theory and Problems of Trigonometry," n.d.

Segitiga bola ABC pada gambar diatas mempunyai busur AB, BC, dan AC sebagai sisinya. Sudut (a) disebut sudut pusat sisi BC, sudut (b) disebut sudut pusat sisi AC, dan sudut (c) disebut sudut pusat sisi AB. Sudut segitiga bola biasanya ditulis dengan huruf kapital (A, B, C) dan panjang sisi ditulis dengan huruf kecil (a, b, c). Tidak seperti jumlah sudut segitiga pada bidang datar yang selalu berjumlah 180° , jumlah ketiga sudut pada segitiga bola selalu lebih besar atau kurang dari 180° , tergantung pada ukuran segitiganya dan bentuk bolanya.⁴⁵

2.7 Teori Trigonometri Bola (Spherical Trigonometry)

Segitiga bola pada penentuan arah kiblat membutuhkan beberapa titik di bumi, seperti lintang (ϕ) dan bujur (λ) tempat dan data ka'bah. Gambar dibawah membutuhkan tiga titik yaitu titik A, B, dan C.



Gambar 2.11 Segitiga Bola pada Bumi, Sumber: Abu Yazid Raisal

⁴⁵ <https://unhas.tv/segitiga-bola-yang-bisa-digunakan-menentukan-arrah-kiblat#:~:text=Keempat%2C%20dalam%20segitiga%20biasa%2C%20jumlah,u kuran%20segitiga%20dan%20bentuk%20bola.> (Diakses Pada 28 November 2024)

Titik A = Tempat atau lokasi yang akan diukur arah kiblatnya

Titik B = Ka'bah

Titik C = Kutub utara

Data dari tempat yang akan diukur seperti lintang, bujur tempat dan ka'bah dapat diambil dari daftar yang sudah ada seperti buku almanak atau atlas, atlas elektronik seperti GPS (*Global Positioning System*) atau *Google Earth*. Setelah data yang dibutuhkan diketahui, maka arah kiblat dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Cotan } A = \sin b \times \cotan a : \sin C - \cos b \times \cotan C \text{ Atau}$$

$$\text{Tan } B = \sin C / \cos \phi B \tan \phi A - \sin \phi B \cos C$$

Sisi a = 90° - lintang tempat (ϕA)

Sisi b = 90° - lintang ka'bah (ϕB)

Sudut C = bujur tempat (λA) - bujur daerah (λB)

Sudut C merupakan jarak bujur antara bujur tempat yang dihitung arah kiblatnya (λA) dengan bujur ka'bah (λB) yang memiliki nilai bujur $39^\circ 49' 34,33''$. Sehingga, apabila:⁴⁶

- $(\lambda A) < 39^\circ 49' 34,33''$ BT maka $C = 39^\circ 49' 34,33'' (\lambda A)$
- $(\lambda A) > 39^\circ 49' 34,33''$ BT maka $C = (\lambda A) - 39^\circ 49' 34,33''$

⁴⁶ Agus Solikin, "Pertemuan Rumus Cosinus dan Sinus dengan Haversine dalam Perhitungan Arah Kiblat", Teorema: Terori dan Riset Matematika, (5)2. 211-222, (2020).

- c. $(\lambda A) < 140^{\circ}10'25,67''$ BB maka $C = (\lambda A) + 39^{\circ}49'34,33''$
- d. $(\lambda A) > 140^{\circ}10'25,67''$ BB maka $C = (\lambda A) + 140^{\circ}10'25,67''$

Rumus dasar dalam segitiga bola diantaranya:

i. Rumus Cosinus

Rumus cosinus biasa digunakan untuk menentukan panjang salah satu sisi segitiga, berdasarkan dua sisi yang telah diketahui dan satu sudut diantaranya. Secara ringkas rumus cosinus sebagai berikut:

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

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

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

ii. Rumus sinus

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

iii. Rumus cotangen

$$\cos b \cos c = \cot a \sin b - \cot A \sin C$$

$$\cos b \cos A = \cot c \sin b - \cot C \sin A$$

$$\cos c \cos A = \cot b \sin c - \cot B \sin A$$

$$\cos c \cos B = \cot a \sin c - \cot A \sin B$$

$$\cos a \cos B = \cot c \sin a - \cot C \sin B$$

$$\cos a \cos C = \cot b \sin a - \cot B \sin C$$

BAB III

PENENTUAN ARAH KIBLAT MENGGUNAKAN RUMUS ANALOGI NAPIER

3.1 Biografi John Napier

John Napier atau di dalam bahasa latin disebut sebagai Ioannes Neper, ia merupakan seorang tokoh terkenal bidang matematika, fisika, dan astronomi asal Skotlandia ia lebih populer dikenal sebagai penemu logaritma.⁴⁷ John Napier lahir pada 1 Februari tahun 1550 di Kastil Merchiston, Edinburgh, Skotlandia. Dalam beberapa literatur, disebutkan bahwa ia pernah menempuh pendidikan di negara Eropa.⁴⁸

Pada usia 21 tahun, John Napier kembali ke Skotlandia setelah ia menimba ilmu di Eropa. Napier menutup usianya pada umur 67 tahun karena sakit asam urat. Selama masa hidupnya, banyak peran yang telah diciptakan misalnya dalam metode pengembangan dan instrumen komputasi. Selain kontribusinya dalam matematika, ia juga aktif dalam kontroversi agama, dan menciptakan berbagai perangkat untuk keperluan pertanian dan militer.⁴⁹

⁴⁷ Jual Polinov RS Guntur, *"Aritmatika Biner Dalam Perhitungan Instrumen John Napier (Rusia)"*, (1978).

⁴⁸ Napier; Mark, 1798-1879. (1834). *"Memoir John Napier dari Merchiston: garis keturunan, kehidupan, dan masanya, dengan sejarah penemuan logaritma."* W. Blackwood. hal. 67.

⁴⁹ William F. Hawkins, *"The Mathematical Work of John Napier (1550–1617)"* Bulletin of the Australian Mathematical Society, 26, no. 3 (1982): 455–68.

Beberapa penemuan John Napier dalam bidang Matematika diantaranya, Tulang Napier atau "Napier's Bones", sebuah alat hitung yang terdiri dari serangkaian batang atau tongkat yang berisi angka 1 hingga 9, yang dapat digunakan dalam perhitungan perkalian dan pembagian. Karyanya ini ditulis dalam buku yang berjudul "*Mirifici Logarithmorum Canonis Descriptio*" (Deskripsi Ajaib dari Aturan Logaritma), diterbitkan pada tahun 1614 buku ini tidak hanya menjelaskan konsep logaritma tetapi juga menyediakan tabel logaritma.⁵⁰

3.2 Sejarah Analogi Napier

John Napier dalam perkembangan ilmu pengetahuan terkhusus dalam bidang Matematika ia menuangkan pemikirannya ke dalam karya tulis. John Napier adalah seorang tokoh yang sangat berpengaruh di abad tujuh belas, ia mengatakan bahwa penelitiannya tentang penemuan logaritma sangat membutuhkan waktu yang panjang selama dua belas tahun sampai akhirnya karya tersebut dapat dipublikasikan. Beberapa karya John Napier tentang logaritma diantaranya:

a) Penemuan Logaritma

Pada tahun 1614 John Napier menerbitkan karya tulisnya untuk yang pertama kali dengan judul "*Mirifici Logarithmorum Canonis*". Adapun motivasi Napier untuk menemukan logaritma hanya untuk mempermudah perhitungan perkalian dan pembagian bilangan yang sangat besar, karena pada

⁵⁰ John Napier, "*The Description of the Wonderful Canon of Logarithms*," 17 (n.d.): 1–32.

abad ke-17 belum ada alat bantu hitung hanya ada perhitungan manual yang jika digunakan untuk perhitungan angka yang sangat besar akan rumit dan memakan waktu.

Kemudian dilanjutkan dengan karya berjudul “*Deskripsi Mirifici Logarithmorum Canonis*” buku yang menjelaskan lebih lanjut tentang penggunaan logaritma dan aplikasinya, berisi tabel logaritma dari sinus dalam derajat dan menit. Arti logaritma yang dipakai oleh Napier adalah sebagai bilangan perbandingan. Napier menyusun konsep logaritma berdasarkan geometri, sehingga arti logaritma sekarang diturunkan dari eksponen, sekalipun pemakaian logaritma lebih dahulu dikenal dibanding pemakaian eksponen. Contoh jika $y = ax$, maka x disebut logaritma dari y , berdasar definisi inilah diturunkan rumus-rumus logaritma.

b) Analogi Napier

Analogi Napier merujuk pada rumus trigonometri yang digunakan untuk memecahkan masalah segitiga bola *spherical triangles*. Napier mengembangkan metode ini awalnya untuk mempermudah perhitungan trigonometri, terutama yang melibatkan segitiga bola akan sangat rumit dan memakan waktu. Pada masa itu, perhitungan trigonometri sangat penting dalam bidang navigasi, astronomi, dan ilmu ukur. Dengan adanya Analogi Napier, para ilmuwan dan navigator

dapat menyelesaikan perhitungan yang rumit dengan lebih cepat dan akurat.⁵¹

Analogi Napier merupakan serangkaian rumus yang menghubungkan enam bagian utama pada segitiga bola (tiga sisi) dan (tiga sudut). Terdapat empat rumus utama dalam Analogi Napier:⁵²

1. Analogi I:

$$\tan((A+B)/2) / \cot(C/2) = \cos((a-b)/2) / \cos((a+b)/2)$$

2. Analogi II:

$$\tan((A-B)/2) / \cot(C/2) = \sin((a-b)/2) / \sin((a+b)/2)$$

3. Analogi III:

$$\tan((a+b)/2) / \tan(c/2) = \cos((A-B)/2) / \cos((A+B)/2)$$

4. Analogi IV:

$$\tan((a-b)/2) / \tan(c/2) = \sin((A-B)/2) / \sin((A+B)/2)$$

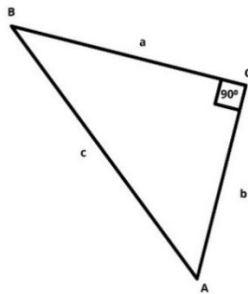
Analogi ini dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti: navigasi (untuk menentukan posisi dan arah kapal di laut), astronomi (memprediksi posisi bintang dan planet), dan geodesi (mengukur dan memetakan permukaan bumi).

⁵¹ muhammad Arifuzzaky, “Dengan Metode Spherical Trigonometry Dan Skripsi Memperoleh Derajat Sarjana S-1 Diajukan Oleh Surat Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir,” (2017).

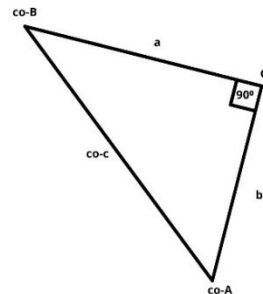
⁵² William Marshall Smart “*Text-book On Spherical Astronomy*”, Great Britain at the University Press, Cambridge. (1889).

3.3 Rumus Dasar Analogi Napier

Analogi Napier didasarkan pada sebuah diagram sederhana yang disebut lingkaran Napier yang berisi enam bagian, yang masing-masing mewakili (tiga sisi dan tiga sudut) unsur dari sebuah segitiga siku-siku. Unsur tersebut akan dikembangkan di dalam lingkaran Napier, sebagai berikut:



Gambar 3.1 Segitiga Siku-siku,
Sumber: Dokumentasi Pribadi

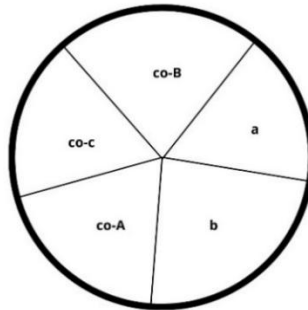


Gambar 3.2 Segitiga Siku-siku
dalam Keterangan Napier,
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Dari gambar diatas dapat dijelaskan:

1. Tiga sisi: sisi miring (c), sisi samping (a), dan sisi depan (b)
2. Tiga sudut: sudut siku-siku (C), sudut yang berhadapan dengan sisi a (A), dan sudut yang berhadapan dengan sisi b (B)
3. Segitiga siku-siku kedua, mengubah nilai c dengan ($co - c$ menjadi $= 90^\circ - c$), mengubah A menjadi ($co - A$ menjadi $= 90^\circ - A$), dan mengubah B menjadi ($co - B$ menjadi $= 90^\circ - B$) dengan mengabaikan sudut C .

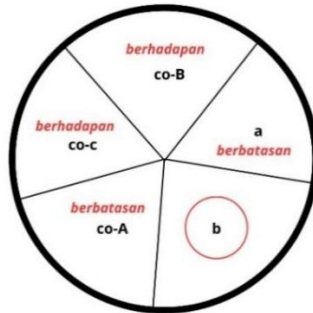
Ketentuan yang sudah diketahui akan dimasukkan ke dalam lingkaran, yang dibagi menjadi lima bagian seperti:



Gambar 3.3 Lingkaran Napier, Sumber: Dokumentasi Pribadi

Segitiga bola siku-siku dengan sisi miring c , sisi samping a , dan sudut A diketahui, dan yang akan dicari sisi depan b .

1. Pada lingkaran Napier: Jelaskan keenam unsur segitiga dalam urutan melingkar, misalnya: $c - 90^\circ - a - B - b - A$.
2. Coret unsur yang diketahui dan yang ingin dicari: Coret c , a , dan b .
3. Bentuk dua kelompok: (kelompok 1: $90^\circ - B - A$, kelompok 2: $c - A - b$).
4. Terapkan aturan sinus dan cosinus: Untuk kelompok 1, bisa menggunakan aturan sinus: $\sin(90^\circ) / \sin(B) = \sin(A) / \sin(b)$, karena $\sin(90^\circ) = 1$, maka persamaan menjadi: $\sin(B) = \sin(A) * \sin(b)$, dari persamaan ini didapatkan nilai b .
5. Dua aturan Napier
 - a. Sinus setiap bagian sama dengan hasil kali dari tangen dua bagian berbatasan.
 - b. Sinus setiap bagian sama dengan hasil kali dari cosinus dua bagian berhadapan.



Gambar 3.4 Lingkaran Napier dalam Aturan Napier, Sumber: Dokumentasi Pribadi

Aplikasi aturan (1)

$$\sin b = \tan (\text{co} - A) * \tan a$$

$$\Rightarrow = \frac{\sin(\text{co} - A)}{\cos (\text{co} - A)} \tan a$$

$$\Rightarrow = \frac{\sin(90^\circ - A)}{\cos (90^\circ - A)} \tan a$$

$$\Rightarrow = \frac{\sin A}{\cos A} \tan a$$

$$\sin b = \frac{\sin A}{\cos A} \tan a$$

$$\sin b = \cot A * \tan a$$

$$\tan a = \cot A * \sin b \dots \dots \dots (1)$$

Aplikasi aturan (2)

$$\sin b = \cos (\text{co} - B) * \cos (\text{co} - c)$$

$$\Rightarrow = \cos (90^\circ - B) * \cos (90^\circ - c)$$

$$\sin b = \sin B * \sin C \dots \dots \dots (2)$$

3.4 Metode Analogi Napier dalam Penentuan Arah Kiblat

Analogi Napier merupakan suatu metode yang sangat berguna dalam menyelesaikan masalah pada trigonometri pada segitiga bola. Dalam konteks penentuan arah kiblat

bumi dianggap sebagai bola, arah kiblat yang terbentuk di permukaan bumi akan membentuk sebuah segitiga yang terdiri dari titik lokasi pengamat, ka'bah dan kutub utara sejati. Untuk menentukan arah kiblat menggunakan Analogi Napier, perlu memahami beberapa konsep dasar:

- 1) Bumi dianggap sebagai bola, sehingga setiap tiga titik di permukaan bumi akan membentuk sebuah segitiga bola.
- 2) Setiap segitiga bola memiliki tiga sisi (busur lingkaran besar) dan tiga sudut.
- 3) Lingkaran Napier merupakan alat bantu visual yang digunakan untuk mengingat dan menerapkan rumus-rumus trigonometri pada segitiga bola.

Langkah-langkah Umum:

- 1) Membentuk segitiga bola: titik *pertama* lokasi pengamat, titik *kedua* ka'bah, titik *ketiga* kutub utara bumi.
- 2) Mengidentifikasi unsur yang diketahui: lintang dan bujur lokasi pengamat, lintang dan bujur ka'bah.
- 3) Membuat lingkaran Napier: tuliskan enam unsur segitiga bola pada lingkaran Napier.
- 4) Gunakan aturan sinus dan cosinus pada unsur yang tersisa untuk mendapatkan persamaan yang menghubungkan unsur yang diketahui dengan unsur yang ingin dicari.
- 5) Menghitung arah kiblat:

Beberapa rumus umum yang sering digunakan dalam perhitungan arah kiblat dengan Analogi Napier adalah:

$$\text{Aturan Sinus: } \sin(A) / a = \sin(B) / b = \sin(C) / c$$

Aturan Cosinus: $\cos(a) = \cos(b) \cos(c) + \sin(b) \sin(c) \cos(A)$

Penentuan arah kiblat menggunakan metode Analogi Napier memerlukan beberapa data, yaitu lintang tempat (ϕ_x), bujur tempat (λ_x), lintang ka'bah (ϕ_q), bujur ka'bah (λ_q). Rumus Analogi Napier sebagai berikut:

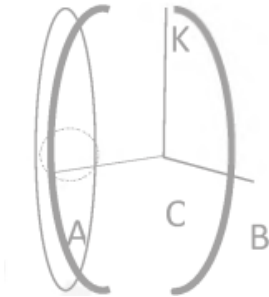
$$\tan \frac{1}{2} (A+B) = \frac{\cos \frac{1}{2} (a-b)}{\cos \frac{1}{2} (a+b)} \times \cotan \frac{1}{2} C$$

$$\tan \frac{1}{2} (A-B) = \frac{\sin \frac{1}{2} (a-b)}{\sin \frac{1}{2} (a+b)} \times \cotan \frac{1}{2} C$$

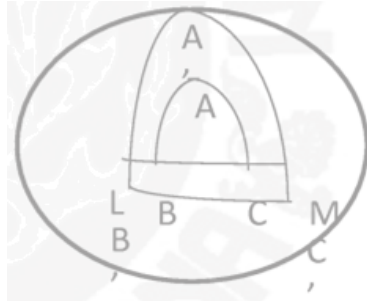
Berdasarkan rumus Analogi Napier diatas, ada beberapa langkah yang perlu diperhatikan untuk menggunakan rumus tersebut, diantaranya:

- 1) Menentukan data koordinat lintang dan bujur lokasi (menggunakan *google earth*).
- 2) Kurangkan 90° dengan nilai lintang tempat, yang dinamai (A).
- 3) Kurangkan 90° dengan nilai lintang ka'bah, yang dinamai (B).
- 4) Mencari nilai C (dengan ketentuan yang berlaku sesuai koordinat bujur tempat)
- 5) Nilai C dibagi dua, dan nilai ini digunakan untuk rumus tan, ditandai dengan angka (4).
- 6) Nilai (A) dikurang dengan nilai (B), ditandai dengan angka (7).
- 7) Kemudian nilai (A) ditambah dengan nilai (B), ditandai dengan angka (8).
- 8) Gunakan rumus Analogi Napier untuk penentuan arah kiblat, seperti diatas.

- 9) Kemudian jumlah hasil dari kedua rumus tersebut dikurangkan, dan mendapatkan hasil arah kiblat.



Gambar 3.5 Kutub dalam Bola Bumi, Sumber: Agus Solikin



Gambar 3.6 Segitiga Bola Kutub, Sumber: Agus Solikin

Berdasarkan gambar di atas, dapat diketahui bahwa:⁵³

$$LC = 90^\circ$$

$$BM = 90^\circ$$

$$LM = LB + BM$$

$$BC = a, \text{ maka } \dots$$

$$LC = LB + BC$$

$$LB = LC - BC$$

$$\Rightarrow 90^\circ - a$$

Dapat disubstitusikan

$$LM = LB + BM$$

$$\Rightarrow (90^\circ - a) + 90^\circ$$

$$\Rightarrow 180^\circ - a$$

⁵³ Agus Solikin, "Aplikasi Rumus Analogi Napier pada Segitiga Bola dalam Penentuan Arah Salat Umat Islam" Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Pendidikan Sains IX Fakultas Sains Dan Matematika, UKSM, Vol 5, no 1, (2014).

Karena, $LM = A'$

$$\Rightarrow A' = 180^\circ - a \dots\dots\dots (1)$$

Dapat diperoleh juga, dengan tahapan yang sama:

$$\Rightarrow B' = 180^\circ - b \dots\dots\dots (2)$$

$$\Rightarrow C' = 180^\circ - c \dots\dots\dots (3)$$

Dari tiga persamaan di atas, dapat diperoleh:

$$\Rightarrow a = 180^\circ - A \dots\dots\dots (4)$$

$$\Rightarrow b = 180^\circ - B \dots\dots\dots (5)$$

$$\Rightarrow c = 180^\circ - C \dots\dots\dots (6)$$

substitusikan persamaan (4), (5), dan (6) kedalam aturan cosinus dalam segitiga bola

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

$$\Rightarrow \cos (180^\circ - A) = \cos (180^\circ - B) * \cos (180^\circ - C) + \sin (180^\circ - B) * \sin (180^\circ - C) * \cos (180^\circ - a)$$

$$\Rightarrow -\cos A = (-\cos B) * (-\cos C) + (-\sin B) * (-\sin C) * (-\cos a)$$

$$\Rightarrow -\cos A = \cos B * \cos C - \sin B * \sin C * \cos a$$

Kedua belah ruas dikalikan dengan (-) maka dapat diperoleh:

$$\cos A = -\cos B * \cos C + \sin B * \sin C * \cos a \dots\dots\dots (7)$$

Persamaan (7) jika disubstitusikan dengan persamaan (4), (5), dan (6) maka akan diperoleh persamaan:

$$\cos B = -\cos A * \cos C + \sin A * \sin C * \cos b \dots\dots\dots (8)$$

Analisis rumus perhitungan arah kiblat analogi napier. Persamaan dan rumus yang akan digunakan aturan sinus dalam segitiga bola, dapat diperoleh:

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

Beri persamaan, sebagai berikut:

$$m = \frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b}$$

$$\Rightarrow m \sin a = \sin A, m \sin b = \sin B \dots\dots\dots (9)$$

dengan menggunakan teorema aljabar, dapat diperoleh:

$$m = \frac{\sin A + \sin B}{\sin a + \sin b} \dots\dots\dots (10)$$

dengan teorema yang sama, diperoleh juga:

$$m = \frac{\sin A - \sin B}{\sin a - \sin b} \dots\dots\dots (11)$$

dari persamaan (7) dapat diperoleh persamaan:

$$\cos A = -\cos B * \cos C + \sin B * \sin C * \cos a \dots (7)$$

$$\cos A + \cos B * \cos C = \sin B * \sin C * \cos a \dots (12)$$

Dari persamaan (8), diperoleh persamaan:

$$\cos B = -\cos A * \cos C + \sin A * \sin C * \cos b \dots (8)$$

$$\cos B + \cos A * \cos C = \sin A * \sin C * \cos b \dots (13)$$

Substitusikan persamaan (9) kedalam persamaan (12), dan diperoleh persamaan seperti:

$$\cos A + \cos B * \cos C = \sin B * \sin C * \cos a \dots (12)$$

$$\Rightarrow = m \sin b * \sin C * \cos a$$

$$\Rightarrow = m \sin C * \sin b * \cos a \dots\dots\dots (14)$$

Substitusikan persamaan (9) ke dalam persamaan (13), dan diperoleh persamaan seperti:

$$\cos B + \cos A * \cos C = \sin A * \sin C * \cos b \dots (13)$$

$$\Rightarrow = m \sin a * \sin C * \cos b$$

$$\Rightarrow = m \sin C * \sin a * \cos b \dots\dots\dots (15)$$

Gabungkan persamaan (14) & (15) diperoleh persamaan:

$$\Rightarrow \cos A + \cos B * \cos C + \cos B + \cos A * \cos C = m \sin C * \sin b * \cos a + m \sin C * \sin a * \cos b$$

$$\Rightarrow \cos A + \cos B * \cos C + \cos B + \cos A * \cos C = m \sin C * (\sin b * \cos a + \cos b * \sin a)$$

$$\Rightarrow \cos A (1 + \cos C) + \cos B (1 + \cos C) = m \sin C * (\sin (a + b))$$

$$\Rightarrow (\cos A + \cos B) * (1 + \cos C) = m \sin C * (\sin (a + b)) \dots\dots (16)$$

Substitusikan persamaan (10) ke dalam persamaan (16), akan diperoleh persamaan:

$$(\cos A + \cos B) * (1 + \cos C) = m \sin C * (\sin(a + b)) \dots (16)$$

$$\Rightarrow (\cos A + \cos B) * (1 + \cos C) = \frac{\sin A + \sin B}{\sin a + \sin b} \sin C * (\sin(a + b))$$

$$\Rightarrow (\sin a + \sin b) * (\cos A + \cos B) * (1 + \cos C) = (\sin A + \sin B) * \sin C * (\sin(a + b))$$

$$\Rightarrow \frac{(\sin a + \sin b) * (1 + \cos C)}{\sin C * (\sin(a + b))} = \frac{(\sin A + \sin B)}{(\cos A + \cos B)}$$

$$\Rightarrow \frac{\sin a + \sin b}{\sin(a + b)} \times \frac{1 + \cos C}{\sin C} = \frac{(\sin A + \sin B)}{(\cos A + \cos B)} \dots \dots \dots (17)$$

Dengan ketentuan:

$$\sin a + \sin b = 2 \sin \frac{1}{2}(a + b) * \cos \frac{1}{2}(a - b)$$

$$\cos a + \cos b = 2 \cos \frac{1}{2}(a + b) * \cos \frac{1}{2}(a - b)$$

Substitusikan ke dalam persamaan (17), diperoleh:

$$\frac{\sin a + \sin b}{\sin(a + b)} \times \frac{1 + \cos C}{\sin C} = \frac{(\sin A + \sin B)}{(\cos A + \cos B)} \dots \dots \dots (17)$$

$$\Rightarrow \frac{2 \sin \frac{1}{2}(a + b) * \cos \frac{1}{2}(a - b)}{\sin(a + b)} \times \frac{1 + \cos C}{\sin C} = \frac{2 \sin \frac{1}{2}(A + B) * \cos \frac{1}{2}(A - B)}{2 \cos \frac{1}{2}(A + B) * \cos \frac{1}{2}(A - B)}$$

$$\Rightarrow \frac{2 \sin \frac{1}{2}(a + b) * \cos \frac{1}{2}(a - b)}{\sin(a + b)} \times \frac{1 + \cos C}{\sin C} = \frac{\sin \frac{1}{2}(A + B)}{\cos \frac{1}{2}(A + B)} \dots \dots (18)$$

Dengan permisalan:

$$\alpha = \frac{1}{2} (a + b) \text{ maka, } 2\alpha = a + b$$

$$\frac{1 + \cos C}{\sin C} = \cotan \frac{1}{2} C$$

$$\frac{\sin \frac{1}{2} (A+B)}{\cos \frac{1}{2} (A+B)} = \tan \frac{1}{2} (A+B)$$

Substitusikan ke dalam persamaan (18), akan menjadi:

$$\frac{2 \sin \frac{1}{2} (a + b) * \cos \frac{1}{2} (a - b)}{\sin (a+b)} \times \frac{1 + \cos C}{\sin C} = \frac{\sin \frac{1}{2} (A + B)}{\cos \frac{1}{2} (A + B)} \dots (18)$$

$$\Rightarrow \frac{2 \sin \alpha * \cos \frac{1}{2} (a - b)}{\sin 2\alpha} \times \cotan \frac{1}{2} C = \tan \frac{1}{2} (A+B) \dots (19)$$

Dengan ketentuan:

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha * \cos \alpha$$

Maka substitusikan ke dalam persamaan (19):

$$\frac{2 \sin \alpha * \cos \frac{1}{2} (a - b)}{\sin 2\alpha} \times \cotan \frac{1}{2} C = \tan \frac{1}{2} (A+B) \dots (19)$$

$$\Rightarrow \frac{2 \sin \alpha * \cos \frac{1}{2} (a - b)}{2 \sin \alpha * \cos \alpha} \times \cotan \frac{1}{2} C = \tan \frac{1}{2} (A+B)$$

$$\Rightarrow \frac{\cos \frac{1}{2} (a - b)}{\cos \alpha} \times \cotan \frac{1}{2} C = \tan \frac{1}{2} (A+B) \dots \dots \dots (20)$$

Masukkan ketentuan yang telah ada, seperti yang di atas:

$$\Rightarrow \frac{\cos \frac{1}{2} (a - b)}{\cos \frac{1}{2} (a + b)} \times \cotan \frac{1}{2} C = \tan \frac{1}{2} (A+B)$$

$$\Rightarrow \tan \frac{1}{2} (A+B) = \frac{\cos \frac{1}{2} (a - b)}{\cos \frac{1}{2} (a + b)} \times \cotan \frac{1}{2} C \dots \dots \dots (21)$$

Substitusikan persamaan (11) & (16):

$$(\cos A + \cos B) * (1 + \cos C) = m \sin C * (\sin (a + b)) \dots (16)$$

$$\Rightarrow (\cos A + \cos B) * (1 + \cos C) = \frac{\sin A - \sin B}{\sin a - \sin b} \sin C * (\sin(a + b))$$

$$\Rightarrow \frac{(\sin a - \sin b)(1 + \cos C)}{\sin C * (\sin(a + b))} = \frac{(\sin A - \sin B)}{(\cos A + \cos B)}$$

$$\Rightarrow \frac{\sin a - \sin b}{\sin(a + b)} \times \frac{1 + \cos C}{\sin C} = \frac{(\sin A - \sin B)}{(\cos A + \cos B)} \dots \dots \dots (22)$$

Ketentuan yang sama:

$$\sin a - \sin b = 2 \cos \frac{1}{2}(a + b) * \sin \frac{1}{2}(a - b)$$

$$\cos a + \cos b = 2 \cos \frac{1}{2}(a + b) * \cos \frac{1}{2}(a - b)$$

Substitusikan ke dalam persamaan (22) menjadi:

$$\frac{\sin a - \sin b}{\sin(a + b)} \times \frac{1 + \cos C}{\sin C} = \frac{(\sin A - \sin B)}{(\cos A + \cos B)} \dots \dots \dots (22)$$

$$\Rightarrow \frac{2 \cos \frac{1}{2}(a + b) * \sin \frac{1}{2}(a - b)}{\sin(a + b)} \times \frac{1 + \cos C}{\sin C}$$

$$\Rightarrow = \frac{2 \cos \frac{1}{2}(A + B) * \sin \frac{1}{2}(A - B)}{2 \cos \frac{1}{2}(A + B) * \cos \frac{1}{2}(A - B)}$$

$$\Rightarrow \frac{2 \cos \frac{1}{2}(a + b) * \sin \frac{1}{2}(a - b)}{\sin(a + b)} \times \frac{1 + \cos C}{\sin C} = \frac{\sin \frac{1}{2}(A - B)}{\cos \frac{1}{2}(A - B)} \dots \dots \dots (23)$$

Jabarkan persamaan (23) dengan ketentuan yang telah ada:

$$\alpha = \frac{1}{2}(a + b) \text{ maka, } 2\alpha = a + b$$

$$\frac{1 + \cos C}{\sin C} = \cotan \frac{1}{2} C$$

$$\frac{\sin \frac{1}{2}(A - B)}{\cos \frac{1}{2}(A - B)} = \tan \frac{1}{2}(A - B)$$

$$\frac{2 \cos \frac{1}{2}(a+b) * \sin \frac{1}{2}(a-b)}{\sin(a+b)} \times \frac{1+\cos C}{\sin C} = \frac{\sin \frac{1}{2}(A-B)}{\cos \frac{1}{2}(A-B)} \dots (23)$$

$$\Rightarrow \frac{2 \cos \alpha * \sin \frac{1}{2}(a-b)}{\sin 2\alpha} \times \cotan \frac{1}{2} C = \tan \frac{1}{2} (A-B) \dots (24)$$

$$\Rightarrow \frac{2 \cos \alpha * \sin \frac{1}{2}(a-b)}{2 \sin \alpha * \cos \alpha} \times \cotan \frac{1}{2} C = \tan \frac{1}{2} (A-B)$$

$$\Rightarrow \frac{\sin \frac{1}{2}(a-b)}{\sin \alpha} \times \cotan \frac{1}{2} C = \tan \frac{1}{2} (A-B) \dots \dots \dots (25)$$

$$\Rightarrow \frac{\sin \frac{1}{2}(a-b)}{\sin \frac{1}{2}(a+b)} \times \cotan \frac{1}{2} C = \tan \frac{1}{2} (A-B)$$

$$\Rightarrow \tan \frac{1}{2} (A-B) = \frac{\sin \frac{1}{2}(a-b)}{\sin \frac{1}{2}(a+b)} \times \cotan \frac{1}{2} C \dots \dots \dots (26)$$

Persamaan yang diperoleh yaitu (21) & (26) dikenal dengan Analogi Napier

$$\tan \frac{1}{2} (A+B) = \frac{\cos \frac{1}{2}(a-b)}{\cos \frac{1}{2}(a+b)} \times \cotan \frac{1}{2} C$$

$$\tan \frac{1}{2} (A-B) = \frac{\sin \frac{1}{2}(a-b)}{\sin \frac{1}{2}(a+b)} \times \cotan \frac{1}{2} C$$

3.5 Contoh Perhitungan Arah Kiblat Menggunakan Metode Analogi Napier dengan Perbandingan *Spherical trigonometry*

Contoh menentukan arah kiblat di lokasi yang memiliki hasil sama yaitu: Planetarium & Observatorium

UIN Walisongo Semarang (Indonesia). Data yang digunakan sebagai berikut:

1. Lokasi : Planetarium & Observatorium UIN Walisongo Semarang (Indonesia)
2. Lintang Tempat (ϕ_x) : $-6^\circ 59' 30''$ (LS)
3. Bujur Tempat (λ_x) : $110^\circ 20' 53''$ (BT)
4. Lintang Ka'bah (ϕ_q) : $21^\circ 25' 21,17''$ (LU)
5. Bujur Ka'bah (λ_q) : $39^\circ 49' 34,56''$ (BT)

Perhitungan menggunakan rumus sinus cosinus

1. SBMD /C = bujur tempat (λ_x) – bujur ka'bah (λ_q)

$$\Rightarrow 110^\circ 20' 53'' - 39^\circ 49' 34,56''$$

$$\Rightarrow 70^\circ 31' 18,44''$$

2. Arah Kiblat

$$\text{Cottan Q} = \tan b * \cos a : \sin C - \sin a * \text{cottan C}$$

$$\text{Cottan Q} = \tan (\phi_q) * \cos (\phi_x) : \sin \text{SBMD} - \sin (\phi_x) * \text{Cottan SBMD}$$

$$= \tan 21^\circ 25' 21,17'' * \cos (-6^\circ 59' 30'') :$$

$$\sin 70^\circ 31' 18,44'' - \sin (-6^\circ 59' 30'') * \tan$$

$$70^\circ 31' 18,44''$$

$$\Rightarrow = 65^\circ 28' 51,73''$$

Perhitungan menggunakan rumus analogi napier:

1. $A = 90^\circ - \text{lintang tempat } (\phi_x)$

$$\Rightarrow 90^\circ - (-6^\circ 59' 30'')$$

$$\Rightarrow 96^\circ 59' 30''$$

2. $B = 90^\circ - \text{lintang ka'bah } (\phi_q)$

$$\Rightarrow 90^\circ - 21^\circ 25' 21,17''$$

$$\Rightarrow 68^\circ 34' 38,83''$$

3. $C = \text{bujur tempat } (\lambda_x) - \text{bujur ka'bah } (\lambda_q)$

$$\Rightarrow 110^\circ 20' 53'' - 39^\circ 49' 34,56''$$

$$\Rightarrow 70^\circ 31' 18,44''$$

4. $\frac{1}{2} C = \frac{1}{2} 70^\circ 31' 18,44''$

- $$\Rightarrow 35^{\circ} 15' 39,22''$$
5. $(a - b) = 96^{\circ} 59' 30'' - 68^{\circ} 34' 38,83''$
 $\Rightarrow 28^{\circ} 24' 51,17''$
 6. $(a + b) = 96^{\circ} 59' 30'' + 68^{\circ} 34' 38,83''$
 $\Rightarrow 165^{\circ} 34' 8,83''$
 7. $\frac{1}{2}(a - b) = \frac{1}{2} 28^{\circ} 24' 51,17''$
 $\Rightarrow 14^{\circ} 12' 25,59''$
 8. $\frac{1}{2}(a + b) = \frac{1}{2} 165^{\circ} 34' 8,83''$
 $\Rightarrow 82^{\circ} 47' 4,42''$
 9. $\tan \frac{1}{2}(A + B) = \cos (7) : \cos (8) * \cotan (4)$
 $\Rightarrow \cos 14^{\circ} 12' 25,59'' : \cos 82^{\circ} 47' 4,42'' * \cotan 35^{\circ} 15' 39,22''$
 $\Rightarrow 84^{\circ} 45' 58,06''$
 10. $\tan \frac{1}{2}(A - B) = \sin (7) : \sin (8) * \cotan (4)$
 $\Rightarrow \sin 14^{\circ} 12' 25,59'' : \sin 82^{\circ} 47' 4,42'' * \cotan 35^{\circ} 15' 39,22''$
 $\Rightarrow 19^{\circ} 17' 6,33''$
 11. Hasil (9) – (10)
 $\Rightarrow 84^{\circ} 45' 58,06'' - 19^{\circ} 17' 6,33''$
 $\Rightarrow 65^{\circ} 28' 51,73''$

Contoh menentukan arah kiblat di lokasi yang memiliki hasil berbeda yaitu: Hagia Sophia Grand Mosque (Turki). Data yang digunakan sebagai berikut:

1. Lokasi : Hagia Sophia Grand Mosque (Turki)
2. Lintang Tempat (ϕ_x) : $41^{\circ} 00' 31,22''$ (LU)
3. Bujur Tempat (λ_x) : $28^{\circ} 58' 48,85''$ (BT)
4. Lintang Ka'bah (ϕ_q) : $21^{\circ} 25' 21,04''$ (LU)

5. Bujur Ka'bah (λ_q) : $39^\circ 49' 34,31''$ (BT)

Perhitungan menggunakan rumus sinus cosinus:

$$1. \text{ SBMD} / C = \text{bujur ka'bah } (\lambda_q) - \text{bujur tempat } (\lambda_x)$$

$$\Rightarrow 39^\circ 49' 34,31'' - 28^\circ 58' 48,85''$$

$$\Rightarrow 10^\circ 50' 45,46''$$

$$2. \text{ Arah Kiblat}$$

$$\text{Cottan Q} = \tan b * \cos a : \sin C - \sin a * \text{cottan C}$$

$$\text{Cottan Q} = \tan (\phi_q) * \cos (\phi_x) : \sin \text{SBMD} - \sin (\phi_x) * \text{Cottan SBMD}$$

$$= \tan 21^\circ 25' 21,04'' * \cos 41^\circ 00'$$

$$31,22'' : \sin 10^\circ 50' 45,46'' - \sin 41^\circ 00'$$

$$31,22'' * \tan 10^\circ 50' 45,46''$$

$$\Rightarrow = (-28^\circ 22' 28,45'')$$

Perhitungan menggunakan rumus analogi napier:

$$5. A = 90^\circ - \text{lintang tempat } (\phi_x)$$

$$\Rightarrow 90^\circ - 44^\circ 00' 31,22''$$

$$\Rightarrow 48^\circ 59' 28,78''$$

$$6. B = 90^\circ - \text{lintang ka'bah } (\phi_q)$$

$$\Rightarrow 90^\circ - 21^\circ 25' 21,04''$$

$$\Rightarrow 68^\circ 34' 38,96''$$

$$7. C = \text{bujur ka'bah } (\lambda_q) - \text{bujur tempat } (\lambda_x)$$

$$\Rightarrow 39^\circ 49' 34,31'' - 28^\circ 58' 48,85''$$

$$\Rightarrow 10^\circ 50' 45,46''$$

$$8. \frac{1}{2} C = \frac{1}{2} 10^\circ 50' 45,46''$$

$$\Rightarrow 5^\circ 25' 22,73''$$

$$9. (a - b) = 48^\circ 59' 28,78'' - 68^\circ 34' 38,96''$$

$$\Rightarrow -19^\circ 35' 10,18''$$

$$10. (a + b) = 48^\circ 59' 28,78'' + 68^\circ 34' 38,96''$$

$$\Rightarrow 117^\circ 34' 7,74''$$

$$11. \frac{1}{2}(a - b) = \frac{1}{2}(-19^\circ 35' 10,18'')$$

$$\Rightarrow -9^\circ 47' 35,09''$$

$$12. \frac{1}{2}(a + b) = \frac{1}{2} 117^\circ 34' 7,74''$$

$$\Rightarrow 58^\circ 47' 3,87''$$

$$13. \tan \frac{1}{2}(A + B) = \cos (7) : \cos (8) * \cotan (4)$$

$$\Rightarrow \cos (-9^\circ 47' 35,09'') : \cos 58^\circ 47' 3,87'' * \cotan 5^\circ 25' 22,73''$$

$$\Rightarrow 87^\circ 8' 30,32''$$

$$14. \tan \frac{1}{2}(A - B) = \sin (7) : \sin (8) * \cotan (4)$$

$$\Rightarrow \sin (-9^\circ 47' 35,09'') : \sin 58^\circ 47' 3,87'' * \cotan 5^\circ 25' 22,73''$$

$$\Rightarrow -64^\circ 29' 1,23''$$

$$15. \text{Hasil (9)} - (10)$$

$$\Rightarrow 87^\circ 8' 30,32'' - (-64^\circ 29' 1,23'')$$

$$\Rightarrow 151^\circ 37' 31,55''$$

BAB IV

ANALISIS PERBANDINGAN RUMUS TRIGONOMETRI DAN ANALOGI NAPIER

4.1 Analisis Hasil Perbandingan Arah Kiblat Menggunakan Metode Analogi Napier dan *Spherical trigonometry*.

1. Hasil Perbandingan Arah Kiblat

Berdasarkan penelitian yang telah penulis lakukan mengenai penentuan arah kiblat dengan menggunakan metode Analogi Napier, dapat diketahui bahwa metode ini memiliki tingkat akurasi yang bervariasi tergantung pada lokasi yang digunakan. Dalam penelitian ini, penulis mengamati beberapa titik lintang dan bujur berbeda, untuk menguji sejauh mana metode ini dapat memberikan hasil yang tepat dan akurat, dari penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa metode Analogi Napier hanya memberikan hasil yang akurat di beberapa lokasi tertentu.

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) kata “akurasi” diartikan sebagai kecermatan, ketelitian, ketepatan, dan presisi dalam suatu perhitungan atau pengukuran.⁵⁴ Oleh karena itu, ketika berbicara tentang akurasi suatu metode, maka merujuk pada sejauh mana metode tersebut dapat memperoleh hasil yang sesuai dengan kenyataan atau hasil yang benar-benar

⁵⁴ Pranala (*link*):<https://kbbi.web.id/akurasi> (Diakses pada 23 Desember 2024)

tepat sesuai dengan kondisi yang ada. Hasil perhitungan ini dapat dibuktikan dengan tabel dibawah:

Tabel 4.1 Perbandingan Hasil Perhitungan Arah Kiblat Menggunakan Metode Analogi Napier dan *Spherical trigonometry* di Delapan Negara

No	Lokasi	Letak Geografis		Selisih	Ket
		Lintang	Bujur		
1	Planetarium UIN Walisongo (Indonesia)	-6° 59' 30" LS	110° 20' 53" BT		
	Perhitungan	Cosinus	Napier		
	Hasil	65° 28' 51,73"	65° 28' 51,73"	0°	Utara Barat
2	Parque Nacional da Cameia (Angola)	-11° 53' 0" LS	21° 40' 0" BT		
	Perhitungan	Cosinus	Napier		
	Hasil	28° 16' 4,15"	28° 16' 4,15"	0°	Utara Timur
3	Hagia Sophia Grand Mosque (Turki)	41° 0' 31,22" LU	28° 58' 48,85" BT		
	Perhitungan	Cosinus	Napier		
	Hasil	-28° 22' 29,17"	151° 37' 30,83"	180°	Selatan Timur
4	Planetarium Negara (Malaysia)	3° 8' 22,56" LU	101° 41' 22,49" BT		
	Perhitungan	Cosinus	Napier		
	Hasil	67° 27'	67° 27'	0°	Utara

		46,43"	46,43"		Barat
5	Masjid Al Tayab (Tonga)	-21° 8' 52,02" LS	175° 12' 33,83" BB		
	Perhitungan	Cosinus	Napier		
	Hasil	82° 59' 1,24"	82° 59' 1,24"	0°	Utara Timur
6	Masjid Bab Al Islam (Peru)	-18° 1' 10,92" LS	70° 15' 24,36" BB		
	Perhitungan	Cosinus	Napier		
	Hasil	74° 8' 13,07"	74° 8' 13,07"	0°	Utara Timur
7	Big Ben (London)	51° 30' 2,76" LU	0° 7' 28,28" BB		
	Perhitungan	Cosinus	Napier		
	Hasil	-61° 0' 55,70"	118° 59' 4,30"	180°	Selatan Timur
8	Howland Island	0° 48' 40,76" LU	176° 37' 5,78" BB		
	Perhitungan	Cosinus	Napier		
	Hasil	55° 48' 2,65"	55° 48' 2,65"	0°	Utara Timur

Berdasarkan tabel yang telah disajikan, lokasi pertama penelitian ini adalah Planetarium UIN Walisongo yang terletak di Indonesia dengan koordinat geografis -6° 59' 30" LS dan 110° 20' 53" BT. Pada lokasi ini, hasil perhitungan arah kiblat menunjukkan kesesuaian antara metode Analogi Napier dan *Spherical*

trigonometry, dengan nilai yang sama yaitu sebesar $65^{\circ} 28' 51,73''$. Hasil ini menunjukkan bahwa arah kiblat dari lokasi tersebut mengarah ke utara barat. Lokasi kedua, yaitu Parque Nacional da Camelia yang berada di Angola dengan koordinat $-11^{\circ} 53' 0''$ LS dan $21^{\circ} 40' 0''$ BT, perhitungan arah kiblat menunjukkan tercapainya kesesuaian antara kedua metode yang digunakan. Hasil yang diperoleh sebesar $28^{\circ} 16' 4,15''$, yang mengarah ke utara timur.

Lokasi ketiga yang cukup menarik adalah Masjid Agung Hagia Sophia yang terletak di Turki pada koordinat $41^{\circ} 0' 31,22''$ LU dan $28^{\circ} 58' 48,85''$ BT. Pada lokasi ini, terjadi perbedaan hasil yang cukup signifikan antara kedua metode dengan selisih sebesar 180° . Metode Analogi Napier menghasilkan nilai arah kiblat sebesar $151^{\circ} 37' 30,83''$, sedangkan *Spherical trigonometry* memberikan hasil sebesar $-28^{\circ} 22' 29,17''$. Lokasi keempat adalah Planetarium Negara yang berada di Malaysia, hasil perhitungan arah kiblat menunjukkan kesesuaian menunjukkan arah kiblat yang mengarah ke utara barat, kesesuaian ini menegaskan bahwa kedua metode dapat memberikan hasil yang akurat dan konsisten. Masjid Al Tayab yang terletak di Tonga, pada garis lintang selatan dan bujur barat, menunjukkan hasil perhitungan arah kiblat yang serupa antara kedua metode perhitungan, yaitu sebesar $82^{\circ} 59' 1,24''$. Berdasarkan hasil ini, arah kiblat untuk Masjid Al Tayab menghadap ke arah utara timur.

Lokasi keenam, Masjid Bab Al Islam yang terletak di Peru dengan koordinat $-18^{\circ} 1' 10,92''$ LS dan $70^{\circ} 15' 24,36''$ BB, perhitungan arah kiblat juga menunjukkan hasil yang identik antara kedua metode, hasil perhitungan menunjukkan arah kiblat ke utara timur. Sementara itu, Big Ben di London, yang berada pada koordinat $51^{\circ} 30' 2,76''$ LU dan $0^{\circ} 7' 28,28''$ BB, menjadi salah satu lokasi yang memiliki perbedaan hasil perhitungan antara kedua

metode. Metode Analogi Napier memberikan hasil sebesar $118^{\circ} 59' 4,30''$, sedangkan metode *Spherical trigonometry* memperoleh hasil $-61^{\circ} 0' 55,70''$ selisih antara kedua perhitungan tersebut adalah 180° . Terakhir, pada lokasi Howland Island, hasil perhitungan menunjukkan arah kiblat yang mengarah ke utara timur, serupa dengan beberapa lokasi lainnya.

Analisis ini menunjukkan bahwa sebagian besar lokasi memperoleh hasil yang konsisten antara kedua metode yang digunakan. Namun, ada beberapa lokasi, seperti Masjid Agung Hagia Sophia di Turki, dan Big Ben di London yang menunjukkan perbedaan signifikan dalam hasil perhitungan arah kiblat. Hal ini dapat menjadi perhatian dalam penelitian lebih lanjut terkait kondisi geografis atau faktor lain yang mempengaruhi hasil perhitungan di lokasi tersebut.

2. Faktor yang Menyebabkan Pemilihan Delapan Negara

Alasan utama penulis memilih delapan lokasi dari berbagai negara dengan koordinat yang berbeda adalah untuk mewakili variasi lintang dan bujur di seluruh dunia (Lintang Utara/Bujur Timur, Lintang Selatan/Bujur Timur, Lintang Utara/Bujur Barat, dan Lintang Selatan/Bujur Barat). Pemilihan ini dilakukan agar penelitian mengenai uji akurasi arah kiblat dapat mencakup wilayah dengan karakteristik geografis yang beragam.

Lokasi pertama adalah Planetarium UIN Walisongo yang terletak di Indonesia, tepatnya di wilayah Bujur Timur dan Lintang Selatan. Planetarium ini merupakan observatorium benda langit terbesar ketiga di dunia yang dilengkapi dengan teleskop serta teknologi modern. Selain digunakan untuk penelitian astronomi dan edukasi mahasiswa Ilmu Falak, planetarium ini secara rutin berkontribusi dalam penentuan awal bulan Ramadhan dan Syawal. Dengan koordinat yang strategis dan fungsi yang penting dalam

kegiatan astronomi Islam, Planetarium UIN Walisongo menjadi pilihan yang relevan sebagai salah satu lokasi penentuan arah kiblat. Lokasi kedua adalah Parque Nacional da Camelia di Angola, yang berada di wilayah Bujur Timur dan Lintang Selatan. Taman nasional ini dikenal karena keanekaragaman hayatinya yang melimpah serta sering menjadi destinasi wisata alam. Keberadaannya yang unik di kawasan tersebut menjadikan representasi yang baik untuk wilayah dengan lintang dan bujur tersebut. Selanjutnya, lokasi ketiga adalah Hagia Sophia Grand Mosque di Turki yang terletak di wilayah Bujur Timur dan Lintang Utara. Bangunan ini merupakan salah satu pusat kebudayaan dunia yang memiliki sejarah panjang dengan fungsi yang berubah-ubah sejak didirikan. Awalnya dibangun sebagai gereja pada tahun 537 M, kemudian diubah menjadi masjid, dan pernah difungsikan sebagai museum. Kini, Hagia Sophia kembali menjadi masjid yang memiliki jutaan pengunjung setiap tahunnya yang tertarik pada arsitektur dan sejarah. Dengan statusnya sebagai salah satu situs warisan dunia UNESCO dan letaknya yang strategis, Hagia Sophia menjadi pilihan lokasi yang tepat untuk penelitian arah kiblat.

Planetarium Negara Malaysia yang terletak di wilayah Bujur Timur dan Lintang Utara menjadi salah satu lokasi yang diambil dalam penelitian ini meskipun tidak ada alasan khusus terkait pemilihannya. Planetarium ini dikenal sebagai pusat pendidikan nonformal yang berfokus pada astronomi dan ilmu sains luar angkasa. Selain itu, pengunjung dapat merasakan pengalaman unik berinteraksi dengan astronot di Stasiun Luar Angkasa Internasional (ISS) serta menikmati berbagai pameran interaktif yang menampilkan simulasi ruang angkasa secara langsung. Fasilitas ini menjadikan Planetarium Negara Malaysia salah satu pusat edukasi astronomi yang berkontribusi besar dalam memperkenalkan sains luar angkasa kepada masyarakat. Lokasi

selanjutnya adalah Masjid Al Tayab yang berada di Tonga, tepatnya di wilayah Bujur Barat dan Lintang Selatan. Masjid ini berfungsi sebagai tempat ibadah bagi umat Muslim di kawasan tersebut. Meskipun tidak banyak informasi mengenai masjid ini, keberadaannya di wilayah lintang selatan membuatnya relevan sebagai salah satu titik penting dalam penelitian arah kiblat.

Masjid Bab Al Islam di Peru juga menjadi salah satu lokasi yang dipilih, terletak di Bujur Barat dan Lintang Selatan, masjid ini merupakan masjid tertua dan terbesar di Peru. Selain sebagai tempat ibadah, masjid ini memiliki nilai sejarah yang penting bagi komunitas Muslim di negara tersebut. Selanjutnya, Big Ben di London yang menjadi titik yang dipertimbangkan dalam penelitian ini, berlokasi di wilayah Bujur Barat dan Lintang Utara, menara jam ikonik ini tidak hanya berfungsi sebagai penunjuk waktu dunia tetapi juga telah dinyatakan sebagai salah satu situs warisan dunia oleh UNESCO. Big Ben memiliki nilai historis yang besar dan menjadi simbol penting bagi kota London serta dunia. Lokasi terakhir adalah Pulau Howland, sebuah pulau terpencil yang terletak di Samudra Pasifik. Pulau ini berada di wilayah Bujur Barat dan Lintang Utara serta dikenal sebagai salah satu tempat terakhir di dunia yang merayakan pergantian tahun baru pada pukul 12:00 GMT. Meskipun tidak berpenghuni, Pulau Howland menjadi titik geografis yang menarik karena posisinya yang unik di peta dunia.

3. Arah Kiblat di Seluruh Koordinat Dunia

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari delapan negara dengan koordinat lintang dan bujur berbeda ternyata belum cukup untuk mengambil kesimpulan dan analisis hasil yang bersifat global terkait akurasi penentuan arah kiblat. Idealnya, perbedaan dan persamaan yang diperoleh dari perhitungan arah kiblat seharusnya memiliki pola yang sistematis dan konsisten untuk

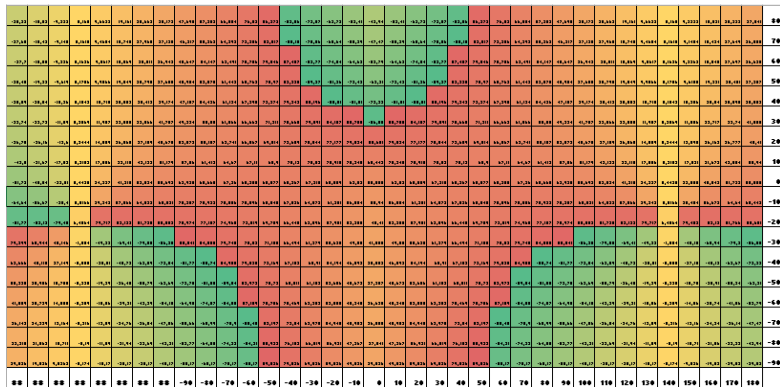
seluruh koordinat geografis. Jika melihat perhitungan dari konteks beberapa bujur (Bujur Barat/Bujur Timur) dan lintang (Lintang Selatan/Lintang Utara) saja, hasil yang diperoleh tidak memberikan ketentuan yang konstan. Oleh karena itu, penulis merasa sangat penting untuk melakukan perluasan jangkauan percobaan dengan mencoba berbagai lintang di seluruh dunia guna mendapatkan hasil yang lebih komprehensif. Percobaan ini mencakup seluruh lintang dengan kombinasi sebagai berikut: lintang 1° - 90° Lintang Utara dengan Bujur Timur, lintang 1° - 90° Lintang Selatan dengan Bujur Timur, lintang 1° - 90° Lintang Utara dengan Bujur Barat, serta lintang 1° - 90° Lintang Selatan dengan Bujur Barat. Dengan jangkauan yang lebih luas ini, diharapkan dapat ditemukan pola yang lebih jelas dan konsisten dalam penentuan arah kiblat.

Berdasarkan percobaan yang dilakukan penulis pada lintang di seluruh dunia, penelitian ini berhasil menemukan pola yang dapat dijadikan acuan. Baik dalam perhitungan arah kiblat menggunakan metode Analogi Napier maupun *Spherical trigonometry*, diperoleh hasil yang dapat dianalisis lebih lanjut untuk memahami hubungan antara lintang, bujur, dan akurasi perhitungan arah kiblat. Berikut hasil yang diperoleh dari penelitian:

Berdasarkan pola yang dihasilkan dari perhitungan arah kiblat menggunakan metode Analogi Napier, dapat diketahui bahwa garis pada tabel memiliki makna yang berbeda sesuai dengan orientasi dan posisinya. Garis yang berbentuk vertikal dalam tabel menunjukkan nilai lintang seluruh koordinat dengan kelipatan 10, mulai dari 90° pada lintang utara hingga -90° lintang selatan. Sementara itu, garis yang berbentuk horizontal menunjukkan nilai bujur dari rentang 180° bujur timur hingga -180° bujur barat. Dengan adanya garis vertikal dan horizontal ini, tabel dapat memetakan seluruh koordinat yang relevan dalam proses perhitungan arah kiblat.

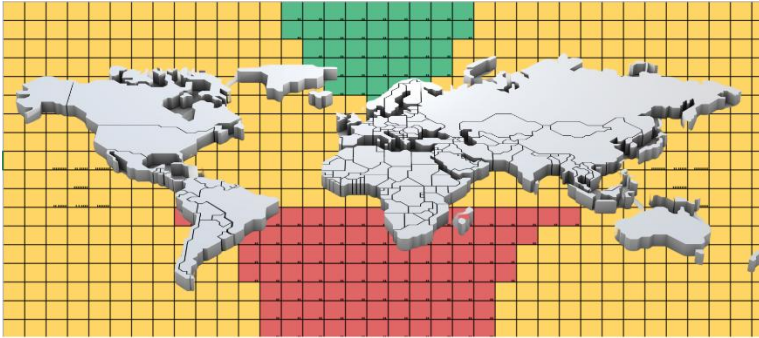
Selain itu, tabel dilengkapi dengan variasi warna yang menggambarkan hasil perhitungan arah kiblat menggunakan metode Analogi Napier. Gradasi warna pada tabel menunjukkan tingkatan nilai yang diperoleh. Warna merah menunjukkan hasil perhitungan terbesar dengan nilai positif, warna oranye berada di bawah warna merah menunjukkan nilai positif namun lebih kecil. Warna kuning mendominasi nilai yang berada sekitar 0 hingga nilai negatif yang sangat kecil. Nilai arah kiblat yang menunjukkan hasil negatif akan berwarna hijau muda. Gradasi warna hijau terus

meningkat intensitasnya seiring dengan semakin besarnya nilai negatif yang diperoleh. Gradasi warna ini mempermudah interpretasi hasil perhitungan secara visual.



Gambar 4.2 Pola Hasil Perhitungan Arah Kiblat Spherical trigonometry, Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pola yang terlihat di atas menggambarkan hasil perhitungan arah kiblat menggunakan *Spherical trigonometry*, setiap titik dalam pola ini merepresentasikan perhitungan berdasarkan posisi lintang dan bujur yang berbeda-beda, dan memberikan gambaran seberapa besar perbedaan atau kesamaan hasil yang diperoleh pada titik-titik tertentu di dunia. Di lintang utara, dapat dilihat bahwa nilai arah kiblat cenderung lebih besar, yang menunjukkan bahwa arah kiblat di wilayah tersebut mengarah ke utara timur. Sementara itu, di lintang selatan, hasil perhitungannya lebih kecil dan cenderung mengarah ke selatan timur, hal ini dinyatakan bahwa posisi geografis sangat mempengaruhi hasil perhitungan kiblat.



Gambar 4.3 Pola Hasil Penjumlahan Kedua Metode Arah Kiblat,
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pola di atas merupakan hasil dari penjumlahan perhitungan arah kiblat menggunakan metode Analogi Napier dan *Spherical trigonometry* yang diterapkan di berbagai lintang dan bujur seluruh dunia. Angka yang dihasilkan hanya 0° dan 180° atau (-180°) , secara spesifik tabel berwarna hijau terlihat dominan pada lintang utara dengan nilai (-180°) , sementara tabel yang berwarna merah muncul pada lintang selatan dengan nilai (180°) . Perbedaan warna dan pada tabel memudahkan dalam mengidentifikasi variasi hasil yang diperoleh berdasarkan posisi geografis suatu lokasi. Dari penjumlahan perhitungan menggunakan kedua metode tersebut hanya ada dua kemungkinan yang akan diperoleh:

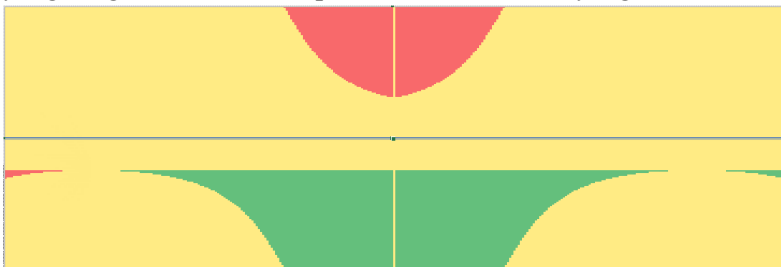
a. Hasil perhitungan sama:

Pada beberapa koordinat, penjumlahan hasil perhitungan arah kiblat menggunakan metode Analogi Napier dan *Spherical trigonometry* memberikan nilai yang identik. Kesamaan ini menunjukkan bahwa kedua metode tersebut dapat hasil yang akurat dan konsisten dalam menentukan arah kiblat di lokasi-lokasi tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa pada posisi tertentu, formula matematis kedua metode tidak memiliki perbedaan perhitungan yang

signifikan.

- b. Hasil perhitungan berbeda dengan selisih 180° atau -180° :
Di beberapa koordinat lainnya, terdapat perbedaan hasil yang konsisten dengan selisih tetap sebesar 180° atau -180° antara kedua metode tersebut. Perbedaan ini menunjukkan bahwa arah kiblat yang ditunjukkan oleh kedua metode berada pada posisi yang saling berlawanan.

Pola yang dihasilkan sangat penting untuk memahami bagaimana lintang dan bujur mempengaruhi akurasi perhitungan arah kiblat dengan berbagai metode. Dengan adanya pola yang jelas antara lintang utara dan lintang selatan serta perbedaan hasil pada beberapa titik koordinat, penulis menyimpulkan bahwa penting untuk terus mengembangkan dan menguji metode perhitungan arah kiblat guna memastikan akurasi yang lebih baik di berbagai wilayah di dunia. Analisis ini juga menunjukkan bahwa metode perhitungan yang berbeda dapat memberikan hasil yang bervariasi, sehingga pemilihan metode yang sesuai menjadi hal yang sangat krusial dalam penentuan arah kiblat yang akurat.



Gambar 4.4 Pola Hasil Komparasi Arah Kiblat Secara Global,
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Gambar diatas mendeskripsikan pola arah kiblat secara lebih spesifik dengan skala 1° pada empat kuadran (LU/BT,

LU/BB, LS/BT, LS/BB sebagai berikut:

Tabel 4.2 Deskripsi Empat Kuadran Arah Kiblat Secara Glonal⁵⁵

NO	DESKRIPSI	GAMBAR
1.	Lintang Utara, Bujur Timur yang berada di kuadran (1). Menghasilkan pola perbedaan yang konstan dari lintang minimum 21° hingga 90° , semakin mendekati kutub maka bujur yang menghasilkan arah kiblat yang berbeda akan semakin luas.	
2.	Lintang Utara, Bujur Barat yang terletak di kuadran (2). Memiliki pola yang sama dengan kuadran (1) dengan pola yang berwarna merah besar nilai selisih yang diperoleh (-180°).	
3.	Lintang Selatan, Bujur Timur pada memiliki perbedaan dengan lintang yang berada di sebelah utara, terlihat pola yang di hasilkan semakin mendekati kutub maka polanya akan semakin menyempit. Bagian yang memperoleh perbedaan tidak	

⁵⁵ Dibuat oleh penulis, diolah menggunakan data excel dengan skala koordinat dunia.

	hanya bujur yang berda di titik 0° dan sekitarnya, namun terlihat di bujur yang mendekati 180° dengan pola warna berbeda (merah).	
4.	Lintang Selatan, Bujur Barat memiliki pola serupa dengan kuadran (3). Namun pola yang mendekati (-180°) memiliki warna dan perbedaan nilai yang sama sebesar 180° . Pola pada kuadran (3) dan (4) terlihat unik karena di rentang bujur $130^\circ - 145^\circ$ tidak memiliki perbedaan dengan <i>Spherical trigonometry</i> .	

4.2 Faktor yang Mempengaruhi Hasil Perhitungan Arah Kiblat dengan Menggunakan Rumus Analogi Napier

Faktor merupakan suatu keadaan, peristiwa, atau variabel yang berkontribusi, menyebabkan, atau mempengaruhi terjadinya suatu kondisi atau hasil tertentu. Faktor seringkali dibedakan menjadi dua kategori, yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal berasal dari dalam sistem atau lingkungan yang dianalisis, sedangkan faktor eksternal berasal dari kondisi atau variabel di luar sistem tersebut. Dalam konteks penentuan arah kiblat, terdapat beberapa faktor yang dapat menyebabkan perbedaan hasil perhitungan, salah satu faktor utama adalah koordinat geografis, yang mencakup posisi lintang dan bujur suatu lokasi di permukaan bumi. Koordinat geografis yang berbeda akan

mempengaruhi sudut yang ditentukan untuk menghadap Ka'bah secara akurat. Faktor geografis adalah sistem yang digunakan untuk menentukan posisi suatu lokasi di permukaan bumi dengan menggunakan dua nilai utama, yaitu lintang dan bujur. Lintang adalah garis yang menunjukkan posisi suatu titik berdasarkan jaraknya dari garis khatulistiwa, sedangkan bujur adalah garis yang menunjukkan posisi suatu titik berdasarkan jaraknya dari garis meridian utama (Greenwich).

Dalam penentuan arah kiblat menggunakan metode Analogi Napier, perbedaan hasil perhitungan dapat dijelaskan oleh variasi lintang dan bujur suatu lokasi, perubahan kecil pada nilai lintang atau bujur dapat memengaruhi arah yang harus ditentukan untuk menghadap Ka'bah dengan akurat. Analisis ini menunjukkan bahwa seluruh lintang di dunia dapat menghasilkan perbedaan hasil perhitungan arah kiblat, secara lebih spesifik lintang yang berada di antara 21° LU hingga 90° LU cenderung mengalami perbedaan. Perbedaan ini terjadi karena variasi posisi geografis yang mempengaruhi sudut perhitungan arah kiblat, sebagai contoh pada lintang 21° 30" LU terdapat hasil perhitungan yang berbeda pada bujur antara 34° 33" BT hingga 45° 7" BT.

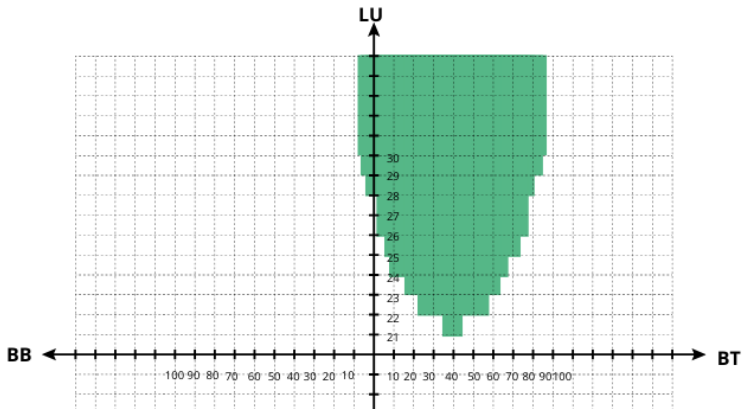
Tabel 4.3 Koordinat Lintang Utara dengan Bujur yang Mengalami Perubahan 10° - 3°⁵⁶

LINTANG	BUJUR MIN	BUJUR MAKS	AQ MIN	AQ MAKS
21° 30" LU	34° 44" BT	44° 1" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
22° 30" LU	21° 8" BT	58° 31" BT	Selatan Timur	Selatan Barat

⁵⁶ Dibuat oleh penulis, dengan olahan data excel.

23° 30" LU	14° 18" BT	65° 21" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
24° 30" LU	9° 16" BT	70° 23" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
25° 30" LU	5° 11" BT	74° 27" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
26° 30" LU	1° 45" BT	77° 55" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
27° 30" LU	1° 14" BB-BT	80° 54" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
28° 30" LU	3° 55" BB-BT	83° 32" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
29° 30" LU	6° 15" BB-BT	85° 54" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
30° 30" LU	8° 23" BB-BT	88° 2" BT	Selatan Timur	Selatan Barat

Tabel di atas menggambarkan hubungan antara lintang (LU) dan bujur pada rentang 21° 30" LU hingga 30° 30" LU dapat terlihat bahwa nilai bujur mengalami peningkatan secara konstan seiring dengan perubahan lintang.



Gambar 4.5 Pola Lintang Utara 21° - 30°, Sumber: Dokumentasi Pribadi

Gambar pada pola ini menarik, terlihat ketika memperhatikan nilai lintang yang lebih tinggi. Semakin tinggi nilai lintang maka nilai bujur minimal pada bujur timur akan semakin kecil, sebaliknya nilai bujur maksimal yang tercatat justru semakin besar.

Fenomena ini menunjukkan adanya perubahan yang berbanding terbalik antara nilai bujur minimum dan maksimum seiring dengan perubahan lintang. Dengan kata lain, semakin tinggi garis lintang, semakin kecil nilai bujur minimum sementara nilai bujur maksimum terus berkembang semakin besar, hal ini mengindikasikan bahwa jarak atau selisih antara nilai bujur minimal dan maksimal semakin lebar.

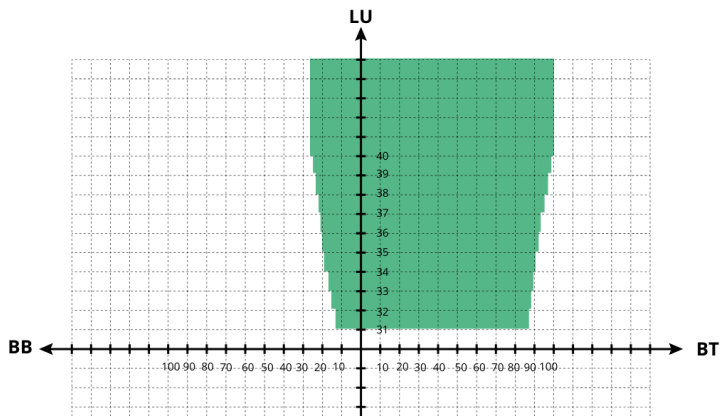
Tabel 4.4 Koordinat Lintang Utara dengan Bujur yang Mengalami Perubahan Konstan Sebesar $2^\circ - 1^{057}$

LINTANG	BUJUR MIN	BUJUR MAKS	AQ MIN	AQ MAKS
31° 30" LU	10° 20" BB- BT	90° 0" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
32° 30" LU	12° 8" BB-BT	91° 47" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
33° 30" LU	13° 49" BB- BT	93° 27" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
34° 30" LU	15° 20" BB- BT	95° 0" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
35° 30" LU	16° 48" BB- BT	96° 26" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
36° 30" LU	18° 9" BB- BT	97° 47" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
37° 30" LU	19° 25" BB- BT	99° 3" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
38° 30" LU	20° 37" BB- BT	100° 16" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
39° 30" LU	21° 45" BB- BT	101° 24" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
40° 30" LU	22° 49" BB- BT	102° 28" BT	Selatan Timur	Selatan Barat

Tabel diatas memberikan informasi bahwa pada lintang 31° 30" LU hingga 40° 30" LU, nilai bujur cenderung bertambah secara konstan. Pola ini menunjukkan hubungan langsung antara posisi lintang dengan rentang bujur yang diperoleh dalam perhitungan arah kiblat. Semakin tinggi posisi lintang (semakin

⁵⁷ Dibuat oleh penulis, dengan olahan data excel.

mendekati wilayah utara bumi), semakin besar nilai bujur yang memenuhi kriteria perhitungan, lintang yang lebih tinggi tidak hanya menghasilkan nilai bujur yang lebih banyak tetapi juga memperluas rentang bujur yang dapat digunakan. Dapat dilihat dengan ilustrasi gambar seperti dibawah:



Gambar 4.6 Pola Lintang Utara 31° - 40°, Sumber: Dokumentasi Pribadi

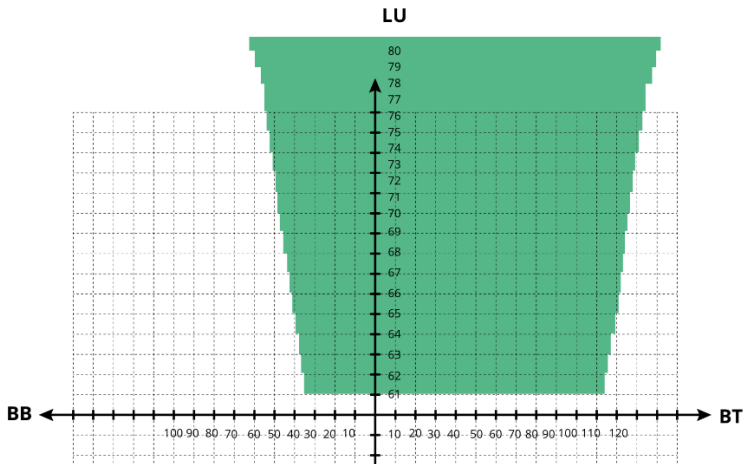
Tabel 4.5 Koordinat Lintang Utara dengan Bujur yang Mengalami Perubahan Sebesar 0° 31" - 0° 24"⁵⁸

LINTANG	BUJUR MIN	BUJUR MAKS	AQ MIN	AQ MAKS
61° 30" LU	37° 52" BB-BT	117° 31" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
62° 30" LU	38° 23" BB-BT	118° 2" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
63° 30" LU	38° 53" BB-BT	118° 32" BT	Selatan Timur	Selatan Barat

⁵⁸ Dibuat oleh penulis, dengan olahan data excel.

LINTANG	BUJUR MIN	BUJUR MAKS	AQ MIN	AQ MAKS
64° 30" LU	39° 23" BB- BT	119° 2" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
65° 30" LU	39° 52" BB- BT	119° 31" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
66° 30" LU	40° 21" BB- BT	120° 0" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
67° 30" LU	40° 49" BB- BT	120° 28" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
68° 30" LU	41° 16" BB- BT	120° 56" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
69° 30" LU	41° 44" BB- BT	121° 23" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
70° 30" LU	42° 11" BB- BT	121° 50" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
71° 30" LU	42° 37" BB- BT	122° 16" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
72° 30" LU	43° 4" BB- BT	122° 43" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
73° 30" LU	43° 29" BB- BT	123° 9" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
74° 30" LU	43° 55" BB- BT	123° 34" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
75° 30" LU	44° 20" BB- BT	124° 0" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
76° 30" LU	44° 46" BB- BT	124° 25" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
77° 30" LU	45° 11" BB- BT	124° 50" BT	Selatan Timur	Selatan Barat

LINTANG	BUJUR MIN	BUJUR MAKS	AQ MIN	AQ MAKS
78° 30" LU	45° 35" BB- BT	125° 14" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
79° 30" LU	46° 0" BB- BT	125° 39" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
80° 30" LU	46° 24" BB- BT	126° 3" BT	Selatan Timur	Selatan Barat



Gambar 4.7 Pola Lintang Utara 61° - 80°, Sumber: Dokumentasi Pribadi

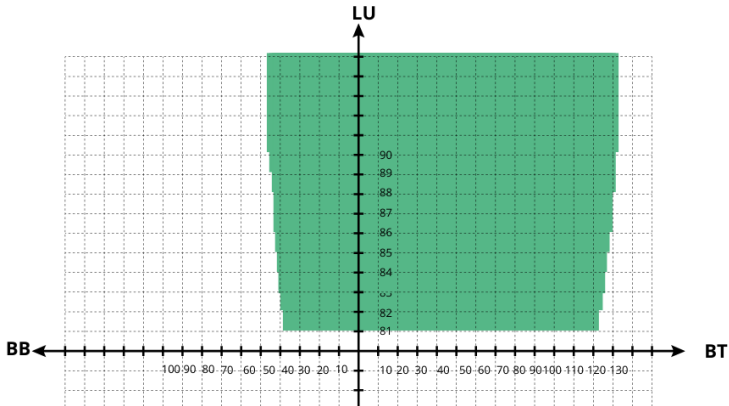
Tabel dan gambar di atas menunjukkan bahwa pada rentang lintang 61° 30" LU hingga 80° 30" LU, terdapat peningkatan bujur yang konstan sebesar 0° 24' - 0° 31' untuk setiap kenaikan 1° lintang. Semakin tinggi garis lintang suatu titik, semakin besar pula nilai bujur yang dicapai. Bujur maksimal di arah timur terus meningkat, sedangkan bujur minimal di arah barat juga menunjukkan peningkatan serupa. Pola ini menggambarkan

bahwa pada garis lintang yang lebih tinggi, distribusi nilai bujur menjadi lebih luas baik ke arah timur maupun barat, meskipun peningkatannya tetap berada dalam kisaran $0^{\circ} 24' - 0^{\circ} 31'$ untuk setiap perubahan 1° garis lintang.

Tabel 4.6 Koordinat Lintang Utara dengan Bujur Mengalami Perubahan Sebesar $0^{\circ} 24' - 0^{\circ} 23'$ ⁵⁹

LINTANG	BUJUR MIN	BUJUR MAKS	AQ MIN	AQ MAKS
81° 30" LU	46° 48" BB- BT	126° 27" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
82° 30" LU	47° 12" BB- BT	126° 51" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
83° 30" LU	47° 36" BB- BT	127° 15" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
84° 30" LU	48° 0" BB- BT	127° 39" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
85° 30" LU	48° 24" BB- BT	128° 3" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
86° 30" LU	48° 47" BB- BT	128° 27" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
87° 30" LU	49° 11" BB- BT	128° 50" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
88° 30" LU	49° 35" BB- BT	129° 14" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
89° 30" LU	49° 58" BB- BT	129° 37" BT	Selatan Timur	Selatan Barat
90° 30" LU	50° 22" BB- BT	130° 1" BT	Selatan Timur	Selatan Barat

⁵⁹ Dibuat oleh penulis, dengan olahan data excel.



Gambar 4.8 Pola Lintang Utara 81° - 90°, Sumber: Dokumentasi Pribadi

Tabel dan gambar di atas menunjukkan bahwa pada rentang lintang 130" LU hingga 90° 30" LU, bujur mengalami peningkatan yang konstan sebesar 0° 23' atau 0° 24' setiap kenaikan 1° lintang. Secara lebih spesifik, setiap kenaikan 1° lintang menyebabkan bujur minimal ke arah barat bertambah sebesar 0° 23' atau 0° 24'. Hal yang sama terjadi pada bujur maksimal ke arah timur, yang juga meningkat secara signifikan sebesar 0° 23" atau 0° 24".

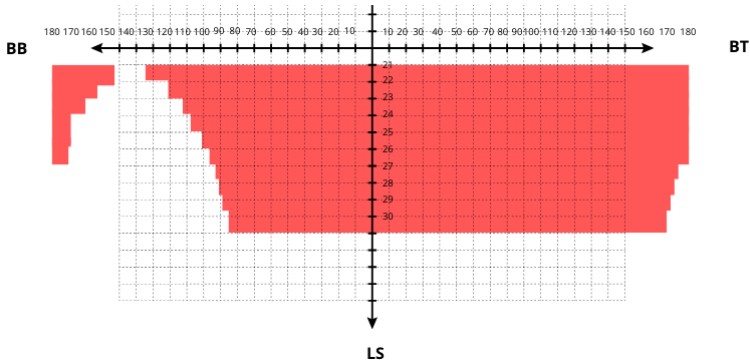
Tidak hanya lintang utara yang menunjukkan hasil yang berbeda tetapi daerah yang terletak di lintang selatan juga memperoleh hasil yang berbeda. Perbedaan ini lebih jelas terlihat pada lintang selatan yang terletak di atas 21° hingga 90° lintang selatan. Setiap daerah dengan lintang tertentu menunjukkan variasi yang berbeda, baik itu pada perhitungan bujur minimal maupun bujur maksimal. Contoh perbedaan yang lebih lengkap dapat

dilihat pada tabel berikut ini, yang akan menjelaskan perbedaan secara rinci antara kedua rumus tersebut pada lintang selatan.

Tabel 4.7 Koordinat Lintang Selatan dengan Bujur yang Mengalami Perubahan sebesar $14^{\circ} - 2^{\circ 60}$

LINTANG	BUJUR MIN	BUJUR MAKS	AQ MIN	AQ MAKS
21° 30" LS	145° 29" BB-BT	135° 52" BB	Utara Barat	Utara Timur
22° 30" LS	159° 0" BB-BT	121° 25" BB	Utara Barat	Utara Timur
23° 30" LS	165° 45" BB-BT	114° 36" BB	Utara Barat	Utara Timur
24° 30" LS	171° 0" BB-BT	109° 33" BB	Utara Barat	Utara Timur
25° 30" LS	174° 52" BB-BT	105° 29" BB	Utara Barat	Utara Timur
26° 30" LS	178° 28" BB-BT	101° 60" BB	Utara Barat	Utara Timur
27° 30" LS	178° 43" BT-BB	99° 3" BB	Utara Barat	Utara Timur
28° 30" LS	176° 4" BT-BB	96° 25" BB	Utara Barat	Utara Timur
29° 30" LS	173° 42" BT-BB	94° 3" BB	Utara Barat	Utara Timur
30° 30" LS	171° 34" BT-BB	91° 55" BB	Utara Barat	Utara Timur

⁶⁰ Dibuat oleh penulis, dengan olahan data excel.



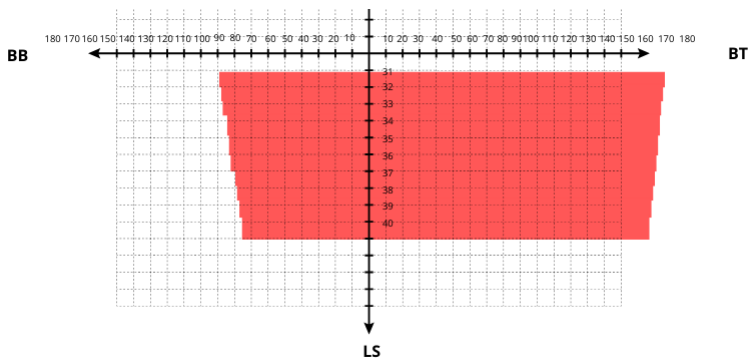
Gambar 4.9 Pola Lintang Selatan $21^{\circ} - 30^{\circ}$, Sumber: Dokumentasi Pribadi

Tabel pada gambar di atas menunjukkan bahwa pada rentang lintang $21^{\circ} 30''$ LS hingga $30^{\circ} 30''$ LS, bujur bertambah secara konstan bertambah perbedaan yang cukup signifikan terlihat pada lintang $26^{\circ} 30''$ LS, di mana bujur minimalnya berbeda dengan lintang utara, pada lintang selatan bujur minimal dimulai dari angka $145^{\circ} 29''$ hingga 180° bujur barat, dan mencakup seluruh bujur timur yang ada. Sementara itu, bujur maksimal di lintang $26^{\circ} 30''$ LS berada di bujur barat dengan angka $135^{\circ} 52''$. Pola serupa terlihat pada sepuluh lintang berikutnya, di mana setiap lintang memiliki distribusi bujur minimal dan maksimal yang mengikuti tren yang sama. Perbedaan ini menunjukkan bagaimana perhitungan bujur di lintang selatan memiliki karakteristik yang khas jika dibandingkan dengan lintang utara.

Tabel 4.8 Koordinat Lintang Selatan dengan Bujur yang Mengalami Perubahan Sebesar $2^\circ - 1^{061}$

LINTANG	BUJUR MIN	BUJUR MAKS	AQ MIN	AQ MAKS
31° 30" LS	169° 37" BT- BB	89° 58" BB	Utara Barat	Utara Timur
32° 30" LS	167° 49" BT- BB	88° 10" BB	Utara Barat	Utara Timur
33° 30" LS	166° 10" BT- BB	88° 30" BB	Utara Barat	Utara Timur
34° 30" LS	164° 37" BT- BB	84° 58" BB	Utara Barat	Utara Timur
35° 30" LS	163° 11" BT- BB	83° 31" BB	Utara Barat	Utara Timur
36° 30" LS	161° 50" BT- BB	82° 10" BB	Utara Barat	Utara Timur
37° 30" LS	160° 34" BT- BB	80° 54" BB	Utara Barat	Utara Timur
38° 30" LS	159° 22" BT- BB	79° 43" BB	Utara Barat	Utara Timur
39° 30" LS	158° 14" BT- BB	78° 35" BB	Utara Barat	Utara Timur
40° 30" LS	157° 9" BT-BB	77° 30" BB	Utara Barat	Utara Timur

⁶¹ Dibuat oleh penulis, dengan olahan data excel.



Gambar 4.10 Pola Lintang Selatan $31^{\circ} - 40^{\circ}$, Sumber: Dokumentasi Pribadi

Dalam tabel yang dijelaskan, rentang lintang dari $31^{\circ} 30''$ LS hingga $40^{\circ} 30''$ LU rentang lintang ini terdapat pola dimana nilai bujur menunjukkan kecenderungan untuk semakin kecil secara konstan sebesar 1° hingga 2° setiap kenaikan 1° lintang.

Fenomena ini terjadi karena semakin tinggi nilai lintang (baik ke arah utara maupun selatan dari khatulistiwa), bentuk bumi yang bulat menyebabkan jarak antar garis bujur menjadi semakin kecil nilai bujur minimal dan maksimal cenderung menurun, terutama dari bujur timur hingga bujur barat. Semakin tinggi lintangnya, bujur minimal (yang mengarah pada nilai bujur timur) semakin kecil, dan bujur maksimum (yang mengarah ke bujur barat) juga mengalami penurunan nilai. Hal ini menunjukkan bahwa sebaran bujur semakin rapat ketika bergerak ke arah kutub.

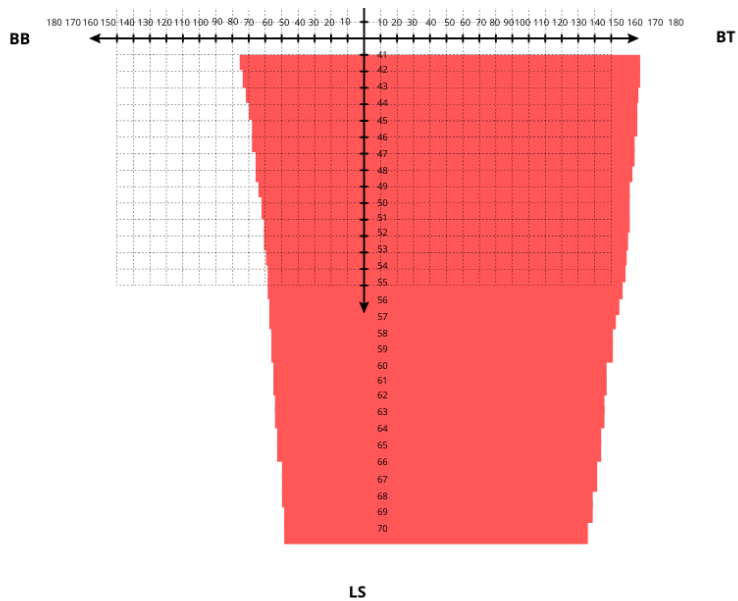
Tabel 4.9 Koordinat Lintang Selatan dengan Bujur yang Mengalami Perubahan Sebesar $1^\circ - 0^\circ 27'$ ⁶²

LINTANG	BUJUR MIN	BUJUR MAKS	AQ MIN	AQ MAKS
41° 30" LS	155° 6" BT-BB	76° 29" BB	Utara Barat	Utara Timur
42° 30" LS	155° 10" BT- BB	75° 31" BB	Utara Barat	Utara Timur
43° 30" LS	154° 14" BT- BB	74° 35" BB	Utara Barat	Utara Timur
44° 30" LS	153° 21" BT- BB	73° 41" BB	Utara Barat	Utara Timur
45° 30" LS	152° 29" BT- BB	72° 50" BB	Utara Barat	Utara Timur
46° 30" LS	151° 40" BT- BB	72° 1" BB	Utara Barat	Utara Timur
47° 30" LS	150° 53" BT- BB	71° 14" BB	Utara Barat	Utara Timur
48° 30" LS	150° 7" BT-BB	70° 26" BB	Utara Barat	Utara Timur
49° 30" LS	149° 23" BT- BB	69° 44" BB	Utara Barat	Utara Timur
50° 30" LS	148° 41" BT- BB	69° 2" BB	Utara Barat	Utara Timur
51° 30" LS	148° 0" BT-BB	68° 21" BB	Utara Barat	Utara Timur
52° 30" LS	147° 20" BT- BB	67° 41" BB	Utara Barat	Utara Timur

⁶² Dibuat oleh penulis, dengan olahan data excel.

LINTANG	BUJUR MIN	BUJUR MAKS	AQ MIN	AQ MAKS
53° 30" LS	146° 41" BT- BB	67° 2" BB	Utara Barat	Utara Timur
54° 30" LS	146° 4" BT-BB	66° 25" BB	Utara Barat	Utara Timur
55° 30" LS	145° 27" BT- BB	65° 48" BB	Utara Barat	Utara Timur
56° 30" LS	144° 52" BT- BB	65° 13" BB	Utara Barat	Utara Timur
57° 30" LS	144° 17" BT- BB	64° 38" BB	Utara Barat	Utara Timur
58° 30" LS	143° 44" BT- BB	64° 4" BB	Utara Barat	Utara Timur
59° 30" LS	143° 11" BT- BB	63° 31" BB	Utara Barat	Utara Timur
60° 30" LS	142° 38" BT- BB	62° 59" BB	Utara Barat	Utara Timur
61° 30" LS	142° 7" BT-BB	62° 28" BB	Utara Barat	Utara Timur
62° 30" LS	141° 36" BT- BB	61° 57" BB	Utara Barat	Utara Timur
63° 30" LS	141° 6" BT-BB	61° 27" BB	Utara Barat	Utara Timur
64° 30" LS	140° 36" BT- BB	60° 57" BB	Utara Barat	Utara Timur
65° 30" LS	140° 7" BT-BB	60° 28" BB	Utara Barat	Utara Timur
66° 30" LS	139° 38" BT- BB	59° 59" BB	Utara Barat	Utara Timur

LINTANG	BUJUR MIN	BUJUR MAKS	AQ MIN	AQ MAKS
67° 30" LS	139° 10" BT- BB	59° 31" BB	Utara Barat	Utara Timur
68° 30" LS	138° 42" BT- BB	59° 3" BB	Utara Barat	Utara Timur
69° 30" LS	138° 15" BT- BB	58° 36" BB	Utara Barat	Utara Timur
70° 30" LS	137° 48" BT- BB	58° 9" BB	Utara Barat	Utara Timur



Gambar 4.11 Pola Lintang Selatan 41° - 70°, Sumber: Dokumentasi Pribadi

Dari gambar dan tabel atas menunjukkan bahwa wilayah yang terletak antara 41° 30" LS hingga 70° 30" LS memiliki pola

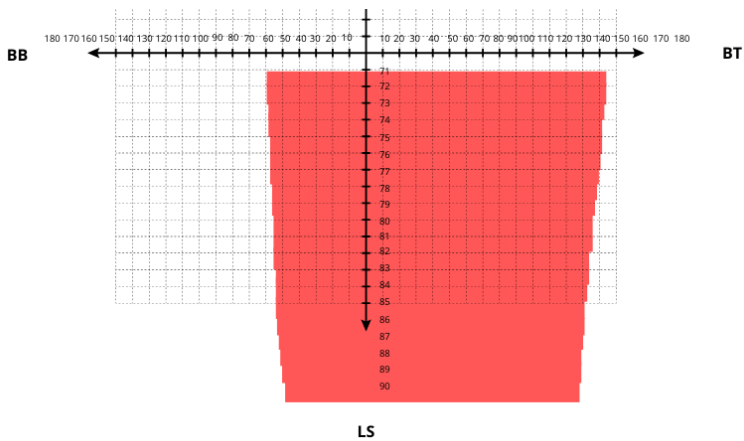
perubahan nilai bujur yang secara konsisten semakin kecil dengan selisih kurang dari 1°. Ini menunjukkan bahwa semakin tinggi letak lintang selatan suatu wilayah nilai bujurnya akan mengalami penyempitan.

Tabel 4.10 Koordinat Lintang Selatan dengan Bujur yang Mengalami Perubahan Sebesar 0° 27' - 0° 23'⁶³

LINTANG	BUJUR MIN	BUJUR MAKS	AQ MIN	AQ MAKS
71° 30" LS	137° 22" BT- BB	57° 42" BB	Utara Barat	Utara Timur
72° 30" LS	136° 55" BT- BB	57° 16" BB	Utara Barat	Utara Timur
73° 30" LS	136° 29" BT- BB	56° 50" BB	Utara Barat	Utara Timur
74° 30" LS	136° 4" BT-BB	56° 25" BB	Utara Barat	Utara Timur
75° 30" LS	135° 38" BT- BB	55° 59" BB	Utara Barat	Utara Timur
76° 30" LS	135° 13" BT- BB	55° 34" BB	Utara Barat	Utara Timur
77° 30" LS	134° 48" BT- BB	55° 9" BB	Utara Barat	Utara Timur
78° 30" LS	134° 24" BT- BB	54° 45" BB	Utara Barat	Utara Timur
79° 30" LS	133° 59" BT- BB	54° 20" BB	Utara Barat	Utara Timur

⁶³ Dibuat oleh penulis, dengan olahan data excel.

LINTANG	BUJUR MIN	BUJUR MAKS	AQ MIN	AQ MAKS
80° 30" LS	133° 35" BT- BB	53° 56" BB	Utara Barat	Utara Timur
81° 30" LS	133° 11" BT- BB	53° 32" BB	Utara Barat	Utara Timur
82° 30" LS	132° 47" BT- BB	53° 8" BB	Utara Barat	Utara Timur
83° 30" LS	132° 23" BT- BB	52° 44" BB	Utara Barat	Utara Timur
84° 30" LS	131° 59" BT- BB	52° 20" BB	Utara Barat	Utara Timur
85° 30" LS	131° 35" BT- BB	51° 56" BB	Utara Barat	Utara Timur
86° 30" LS	131° 12" BT- BB	51° 32" BB	Utara Barat	Utara Timur
87° 30" LS	130° 48" BT- BB	51° 9" BB	Utara Barat	Utara Timur
88° 30" LS	130° 24" BT- BB	50° 45" BB	Utara Barat	Utara Timur
89° 30" LS	130° 1" BT-BB	50° 22" BB	Utara Barat	Utara Timur
90° 30" LS	129° 37" BT- BB	49° 58" BB	Utara Barat	Utara Timur



Gambar 4.12 Pola Lintang Selatan 71° - 90° , Sumber: Dokumentasi Pribadi

Tabel ini memberikan gambaran mengenai pola perubahan bujur pada wilayah lintang yang sangat tinggi, yaitu antara $71^{\circ} 30''$ LS hingga $90^{\circ} 30''$ LS. Dalam rentang lintang ini, angka bujur mengalami penurunan secara konstan sebesar $0^{\circ} 27' - 0^{\circ} 23'$.

Perubahan nilai bujur ini dapat diamati semakin jelas saat lintangnya mendekati kutub, baik di Kutub Selatan maupun Kutub Utara. Pada lintang yang lebih tinggi, bujur minimal semakin kecil di bagian Bujur Timur dan terus menyempit hingga ke Bujur Barat. Demikian pula, bujur maksimal di Bujur Barat juga mengalami penyempitan yang semakin signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan lintang memiliki hubungan langsung dengan pola pergeseran nilai bujur yang semakin kecil. Penyempitan bujur ini semakin terlihat karena wilayah yang berada dekat dengan kutub secara geografis memiliki bentuk yang menyempit dibandingkan dengan wilayah di sekitar khatulistiwa yang cenderung lebih luas. Kesimpulan dari beberapa tabel diatas adalah:

- a. Untuk semua lintang utara dan selatan yang disajikan dalam tabel, terlihat bahwa semakin tinggi lintang suatu wilayah, nilai bujurinya semakin menyempit.
- b. Pada lintang rendah hingga sedang, perbedaan nilai bujur cenderung lebih besar dan konsisten. Namun, semakin mendekati kutub (baik utara maupun selatan), angka bujur semakin kecil.
- c. Pola ini terjadi akibat bentuk bola bumi yang mengecil di dekat kutub, sehingga pembagian nilai bujur menjadi semakin sempit seiring bertambahnya lintang.
- d. Dengan pembagian lintang yang berbeda pada tabel, semakin tinggi lintangnya, semakin jelas pula pola penyempitan nilai bujur yang terlihat.

4.3 Kelebihan dan Kekurangan Perhitungan Arah Kiblat Menggunakan Metode Analogi Napier

1. Kelebihan:

- a. Metode Analogi Napier bisa dijadikan alternatif rumus lain untuk mencari arah kiblat.
- b. Hasil yang diperoleh dari metode Analogi Napier untuk arah kiblat Akurat di beberapa lokasi.
- c. Metode ini sederhana karena menurunkan rumus dari segitiga bola kepada lingkaran napier.
- d. Penentuan arah kiblat dengan metode ini bisa menggunakan penjumlahan manual tanpa bantuan kalkulator *scientific*.

2. Kekurangan:

- a. Metode ini tidak dapat digunakan di seluruh lintang

dan bujur yang ada di dunia, karena ada perbedaan hasil yang diperoleh di beberapa lokasi.

- b. Langkah yang digunakan dalam metode ini cukup banyak dibandingkan *Spherical trigonometry*.
- c. Tidak familiar di kalangan mahasiswa untuk menerapkan metode Analogi Napier

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah penulis lakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Implementasi Analogi Napier merupakan metode yang efektif dan akurat dalam menentukan arah kiblat di beberapa lokasi, hasil perhitungan menggunakan kedua metode Analogi Napier dan *Spherical trigonometry* terdapat perbedaan dengan pola yang dihasilkan seperti anak tangga, semakin besar lintang sebuah lokasi maka akan terlihat pada lintang utara akan semakin meluas dan lintang selatan semakin menyempit pola perbedaan dari kedua metode, pola ini terjadi akibat bentuk bola bumi yang mengecil di dekat kutub, sehingga pembagian nilai bujur menjadi semakin sempit seiring bertambahnya lintang.
2. Faktor utama yang menghasilkan perubahan pola adalah faktor koordinat lintang dan bujur lokasi yang ingin diketahui arah kiblatnya. Dari hasil yang diperoleh terdapat pada lintang di atas 21° hingga 90° baik itu lintang utara maupun lintang selatan dengan kisaran bujur yang berbeda-beda, ini diperkirakan karena letak lintang ka'bah yang terletak pada lintang $21^\circ 25' 21,04''$. Namun uniknya perbedaan hasil yang telah dikomparasikan hanya memiliki tiga kemungkinan yaitu dengan nilai (0° , 180° dan 180°).

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan metode lain yang memadukan Analogi Napier dengan teknologi modern, seperti penggunaan aplikasi berbasis GPS, untuk meningkatkan akurasi dan kemudahan dalam menentukan arah kiblat ataupun pengembangan ilmu lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah bin Muhammad bin Abdurrahman bin Ishaq al-Sheikh. *"Tafsir Ibnu Katsir Jilid 1, Terj. M Abdul Goffar."* Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'i, 2005.
- Aditiani, Suci Novira, Dyah Fitriana Masithoh, Nonoh Siti Amanah, *"Penentuan Arah Kiblat Dengan Metode Segitiga Bola,"* Prosiding Seminar Nasional Fisika Dan Pendidikan Fisika (SNFPF) Ke-6, 2019.
- Al-Bukhari. *"Sahih Al-Bukhari,"* Jilid 1, T (n.d.).
- Al Fariza, Siti Lailatul Rif'ah. *"Algoritma Pemrograman Arah Kiblat Metode Analogi Napier Menggunakan Software Visual Basic 6.0,"* Skripsi - Jurusan Hukum Perdata Islam Fakultas Syariah Dan Hukum, 2021.
- Arifuzzaky, Muhammad. *"Telaah Matematika Penentuan Arah Kiblat Dengan Metode Spherical Trigonometry Dan Metode Navigasi"* Skripsi - Program Studi Matematika Fakultas Sains Dan Teknologi, 2017.
- Ayes, Frank. *"Theory and Problems of Trigonometry,"* n.d.
- Churotin, Nurizzah. *"Akurasi Arah Kiblat Masjid Agung Sidoarjo (Studi Analisis dengan Acuan Metode Hisab Vincenty)"* Skripsi – UIN Sunan Ampel, Surabaya, 2019.
- Hambali, Slamet. *"Arah Kiblat Dalam Penentuan Nahdatul Ulama,"* n.d.

- . *"Ilmu Falak I."* Vol. 16. Semarang: Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang, 2022.
- . *"Metode Pengukuran Arah Kiblat dengan Segitiga Siku-Siku dari Bayangan Matahari Setiap Saat,"* Tesis - Program Magister Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Walisongo Semarang, (2010).
- Hawkins, William F. *"The Mathematical Work of John Napier (1550–1617)."* Bulletin of the Australian Mathematical Society 26, no. 3, 1982.
- Hussain, A. "Panduan Mencari Arah Kiblat: Metode Dan Alat." *Journal Studi Islam*, 2017.
- Izzudin, Ahmad. *"Ilmu Falak Praktis."* In UIN Walisongo Semarang, Semarang: pustaka Rizki Putra, 2017.
- . *"Menentukan Arah Kiblat Praktis."* Semarang, 2010.
- Jaya, Dwi Putra. *"Dinamika Penentuan Arah Kiblat."* Jakarta: PT.Gramedia Pustaka Media, 2017.
- Kalam Daud, Mohd, and Muhammad Kamalussafir. *"Akurasi Arah Kiblat Komplek Pemakaman Ditinjau Menurut Kaidah Trigonometri (Studi Kasus Di Kecamatan Syiah Kuala Kota Banda Aceh)."* Samarah 2, no. 2, 2018
- Kementerian Agama Republik Indonesia. *"Buku Saku Hisab Rukyat,"* 2021.

- Miswanto, “*Telaah Ketepatan Dan Keakuratan Dalam Penentuan Arah Kiblat*,” *Ta'allum: Jurnal Pendidikan Islam* 3, no. 2, 2015.
- Mujab, Sayful. “*Kiblat Dalam Perspektif Mazhab Mazhab Fiqh*.” *Yudisia: Jurnal Pemikiran Hukum Dan Hukum Islam* 5, no. 2, 2014.
- Mustaqim, Rizal Afrian Mustaqim. “*Ilmu Falak*” Syiah Kuala University Press, 2021.
- Napier, John. “*The Description of the Wonderful Canon of Logarithms and the use of which not only in Trigonometry, but also in all Mathematical Calculations, most fully and easily explained in the most expeditious manner.*,” John Napier’s *Mirifici Logarithmorum Canonis Descriptio*, 17 (n.d.): 1–32.
- Napier, Mark, 1798-1879. (1834). “*Memoir John Napier dari Merchiston: garis keturunan, kehidupan, dan masanya, dengan sejarah penemuan logaritma.*” W. Blackwood. 1798-1879. (1834). hal. 67.
- Nur, Nurmali. “*Ilmu Falak (Teknologi Hisab Rukyat Untuk Menentukan Arah Kiblat, Awal Waktu Shalat Dan Awal Bulan Qamariah)*,” 1997.
- Rahman, M Abdul. “*Kemajuan Teknologi Penentuan Arah Kiblat.*” *Journal Ilmu-Ilmu Islam*, 2019.

- Raisa, Abu Yazid, Hariyadi Putraga, Muhammad Hidayat, and Rizkiyan Hadi. *"Posisi Matahari Pada Saat Ekuinoks, Summer Solstice, Dan Winter Solstice Di Observatorium Ilmu Falak Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara."* Jurnal Riset Dan Kajian Pendidikan Fisika 7, no. 1, 2020.
- Raisa, Abu Yazid. *"Sistem koordinat Benda langit,"* al-an Kapten Muktar Basri No 3 Medan, 2023.
- R Hassan, *"Analogi Napier Dan Aplikasi Dalam Astronomi,"* Jurnal Aplikasi Matematika, 2021.
- RI, Departemen Agama. *"Direktorat Jenderal Pembina Kelembagaan Agama Islam Proyek Peningkatan Prasarana Dan Sarana Perguruan Tinggi Agama /IAIN,"* 1993.
- Rival, Abd. *"Penerapan Konsep Trigonometri Segitiga Bola Terhadap Penentuan Hisab Awal Bulan Qamariyah Yang Berdasarkan Sistem Almanak Nautika,"* Skripsi - Jurusan Matematika Fakultas Sains Dan Teknologi, 2014.
- RS Guntur, Jua Polinov. *"Aritmatika Biner Dalam Perhitungan Instrumen John Napier (Rusia),"* 1978.
- Smart, William Marshall. *"Text-book On Spherical Astronomy,"* Great Britain at the University Press, Cambridge. (1889).
- Solikin, Agus. *"Aplikasi Rumus Analogi Napier pada Segitiga Bola dalam Penentuan Arah Salat Umat Islam"* Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Pendidikan Sains IX Fakultas

Sains Dan Matematika, UKSM, Vol 5, no 1, (2014).

———. “*Perhitungan Arah Kiblat Dengan Rumus Analogi Napier.*” *Azimuth: Journal of Islamic Astronomy* 1, no. 2, 2020.

———. “*Perhitungan Arah Kiblat Menurut Susiknan Azhari (Tinjauan Matematika dan astronomi dalam Buku Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern)*”. Tesis: (2013).

———. “*Pertemuan Rumus Cosinus dan Sinus dengan Haversine dalam Perhitungan Arah Kiblat*”, *Teorema: Terori dan Riset Matematika*, (5)2. 211-222, (2020).

Sugono, Dendy. "*Kamus Besar Bahasa Indonesia Pusat Bahasa.*" IV. Jakarta: PT.Gramedia Pustaka Media, 2008.

Suhardi. “*Geometri Bola Dalam Praktek Sehari-Hari.*” *Jurnal Pendidikan Matematika*, 2020.

Suwiyadi. "*Matematika Terapan 2 Segitiga Bola.*" Semarang: Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, 2020.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Biografi

Nama : Zahra Fauziah
 Tempat/Tanggal Lahir : Batu Nanggai, 15 Januari 2003
 Jenis Kelamin : Perempuan
 Agama : Islam
 Alamat Asal : Jr. Suka Maju, Ken. Koto Tinggi, Kec. Koto Besar, Kab. Dharmasraya, Prov Sumatera Barat
 Alamat Domisili : Jl. Tj. Sari Utara No. VII, Tambakaji, Ngaliyan, Kota Semarang, Jawa Tengah
 Email : zhurfauziah25@gmail.com
 Telepon : +62 812-6622-0453

B. Riwayat Pendidikan

TK Aisyiyah Batu Nanggai	(2008-2009)
SD Negeri 14 Koto Besar	(2009-2016)
MTSs Pembangunan Pulau Punjung	(2016-2018)
SMA Negeri Unggul Dharmasraya	(2018-2021)
S1 - UIN Walisongo Semarang	(2021- sekarang)

C. Pengalaman Organisasi

Sekretaris Osis SMA N Unggul Dharmasraya	(2021)
Staff Departemen Media HMJ Ilmu Falak	(2022)
Founder Komunitas Gampi Community	(2022)
Kepala Departemen Media Gampi Community	(2023)
Staff Departemen Kemitraan IIAC	(2024)
Staff Departemen Media KAMMI UIN Walisongo	(2024)

Semarang, 23 Januari 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Zahra Fauziah' with a stylized flourish at the end.

Zahra Fauziah
NIM: 2102046023

