

**INOVASI INSTRUMEN PENENTU ARAH KIBLAT
DENGAN OUTPUT VISUAL BERDASARKAN DATA
PERGERAKAN MATAHARI**

TESIS

Disusun untuk Memenuhi Persyaratan untuk Memperoleh
Gelar Magister dalam Ilmu Falak



Oleh:

Lauhatun Nashihah

NIM: 2202048017

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

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin

Puji syukur kehadiran Allah SWT, dengan penuh kerendahan hati karya tulis berupa tesis ini penulis dedikasikan untuk kedua orang tua Alm. Bapak Suwandi dan Ibu Jumiyati yang telah mendidik penulis dengan penuh kesabaran, menyemangati, mendukung, mendoakan proses belajar penulis sampai pada posisi ini. Selanjutnya, kepada kakak-kakak saya Alm. Kak Misbah halaluddin dan Alm. Mbak Laili Masrurroh serta seluruh saudara dan keluarga besar yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang selalu memberikan dukungan semangat serta doa kepada penulis sehingga mampu untuk menyelesaikan studi ini.

Kepada Wali Dosen Nur Khanif M.H, serta Dosen Pembimbing Dr. Mahsun, M.Ag dan Dr. Adib Rofi'uddin, M.Si yang selalu membimbing penulis memberi arahan nasehat serta komentar positif sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Kepada KH. Drs. Ali Munir. M.Si. pengasuh Pondok Pesantren YPMI Al-Firdaus Semarang, Prof. Dr. K.H. Ahmad Izzuddin, M.Ag. Pengasuh Pondok Pesantren Life Skill Daarun Najaah Semarang. Kepada Masayikh Madrasah Perguruan Islam Darul Falah Sirahan yang selalu mendoakan, dan memberikan bekal ilmu kepada penulis selalu penulis harapkan berkah serta ridlo nya.

Tesis ini juga penulis persembahkan kepada teman teman ilmu falak fakultas syariah dan hukum UIN Walisongo Semarang, keluarga besar CSSMoRA UIN Walisongo, teman-teman Conjuring 10 serta teman seperjuangan 'Crescent' (Syikma, Mas Rifki, Mas Lutfi, Abrar, Fadlil, Agus Faiz, Mas Alaik Mubarak, Fajri dan Irkham). Kepada teman-teman Asrama Khodijah al-Kubro, khususnya mbak-mbak kamar depan.

Kepada Fajrullah, teman diskusi yang selalu membimbing dan mengarahkan penulis pada proses penyelesaian tesis ini. Teman-teman Planetarium dan Observatorium UIN Walisongo yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu tempat penulis berkeluh kesah penulisan tesis ini dan selalu memberikan dorongan semangat serta solusi pemecahan masalah pada penelitian ini. Semoga ilmunya bermanfaat dan berkah *Amin*.

MOTTO

فَوَلِّ وَجْهَكَ شَطْرَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ وَحَيْثُ مَا كُنْتُمْ فَوَلُّوا وُجُوهَكُمْ شَطْرَهُ ۗ

“Palingkanlah mukamu.ke.Masjidil Haram. dan
dimana.saja.kamu.berada, .palingkanlah.mukamu.ke
.arahnya...” (QS. .al-Baqarah. [2]: 144)¹

¹ Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Balitbang Diklat Kemenag RI, *Alqur'an dan Terjemahannya Edisi Penyempurnaan*, (Jakarta: Balitbang Diklat Kemenag RI, 2019), 29.



PENGESAHAN HASIL UJIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan telah menyetujui Ujian Tesis mahasiswa:

Nama : Lauhatun Nashihah

Nim : 2202048017

Judul : **“INOVASI INSTRUMEN PENENTU ARAH KIBLAT DENGAN OUTPUT VISUAL BERDASARKAN DATA PERGERAKAN MATAHARI”.**

yang telah diseminarkan pada tanggal 04 Juni 2024 dan dinyatakan **LULUS** oleh majelis penguji:

Nama

Dr. Junaidi Abdillah, M.SI.

Ketua

Dr. Adib Rofiuddin, M.SI.

Sekretaris

Prof. Dr. Ahmad Izzuddin, M.Ag.

Penguji 1

Dr. Amir Tajrid, M.Ag.

Penguji 2

Tanggal	Tanda Tangan
16/7 ²⁰²⁴	
15/7 ²⁰²⁴	
15/7 ²⁰²⁴	
16/7 ²⁰²⁴	

NOTA PEMBIMBING

NOTA DINAS

Semarang, 22 Mei 2024

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

Assalamu'alaikum wr.wb.

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

Nama : Lauhatun Nashihah

NIM : 2202048017

Program Studi : Magister Ilmu Falak

Judul Penelitian : Inovasi Instrumen Penentu Arah Kiblat dengan
Output Visual Berdasarkan Data Pergerakan Matahari

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

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Pembimbing I,



Dr. Mahsun, M.Ag.

NIP.196711132005011001

NOTA PEMBIMBING

NOTA DINAS

Semarang, 22 Mei 2024

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

Assalamu'alaikum wr.wb.

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

Nama : Lauhatun Nashihah

NIM : 2202048017

Program Studi : Magister Ilmu Falak

Judul Penelitian : Inovasi Instrumen Penentu Arah Kiblat dengan Output Visual Berdasarkan Data Pergerakan Matahari

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

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Pembimbing II,



Dr. Adib Bofiuddin, M.Si

NIP, 198911022018011001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Nama lengkap : Lauhatun Nashihah

NIM : 2202048017

Program Studi : Magister Ilmu Falak

Menyatakan bahwa tesis yang berjudul:

Inovasi Instrumen Penentu Arah Kiblat Dengan Output Visual Berdasarkan Data Pergerakan Matahari.

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

Semarang, 27 Mei 2024

Pembuat Pernyataan



Lauhatun Nashihah

NIM: 2202048017

ABSTRAK

Terdapat dua tahap yang perlu dilakukan dalam penentuan arah Kiblat yaitu perhitungan dan pengukuran. Pada prakteknya orang yang melakukan pengukuran arah Kiblat harus menyiapkan data perhitungan terlebih dahulu. Namun, instrumen-instrumen yang ada saat ini tidak dapat menampilkan data perhitungan arah Kiblat secara langsung.

Penelitian ini memberikan solusi praktis untuk mengetahui arah kiblat dengan cepat dan akurat tanpa proses rumit. Penulis menawarkan inovasi instrumen berbasis Istiwai'ain dalam bentuk robotik yang menampilkan data pergerakan Azimuth Matahari secara real-time. Instrumen ini memiliki akurasi lebih tinggi dibandingkan instrumen robotik arah kiblat sebelumnya karena menggunakan data pergerakan Matahari, bukan kompas.

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* dengan langkah-langkah Borg and Gall yang terdiri dari 10 tahap. Penulis melakukan kajian sistematis terhadap desain, pengembangan, dan evaluasi instrumen inovasi. Data dikumpulkan melalui dokumentasi, wawancara, dan eksperimen lapangan terkait instrumen inovasi. Data yang diperoleh dianalisis secara komparatif dengan data dari BMKG, *Google Earth*, perhitungan *Spherical Trigonometry* dan Vincenty, VSOP87, dan *Theodolite* untuk menilai akurasi pengukuran arah kiblat dari instrumen inovasi.

Penelitian ini menghasilkan dua kesimpulan. Pertama, proses perancangan instrumen inovasi menggunakan metode *Physical Computing* dengan Software IDE *Text Editor*, Mikrokontroler Arduino Uno, modul LCD, dan sensor GPS, serta skema elektronika dengan metode *Fritzing*. Kedua, hasil pengujian instrumen inovasi menunjukkan bahwa selisih tingkat akurasi hanya mencapai satuan menit karena keterbatasan tipe data pada Arduino yang menyebabkan pembulatan otomatis pada beberapa perhitungan.

Kata Kunci: Azimuth Matahari, Instrumen Inovasi, Arduino dan Arah Kiblat.

ABSTRACT

There are two stages that need to be done in determining the Qibla direction, namely calculation and measurement. In practice, first of all, people who measure Qibla direction must prepare data for calculation. However, current instruments cannot directly display data for the calculation of Qibla direction.

This research provides a practical solution to find out the Qibla direction quickly and accurately without complicated processes. The author offers an innovative Istiwai'ain-based instrument in the form of a robot that displays real-time data on the movement of the Sun's Azimuth. This instrument has higher accuracy than previous robotic Qibla direction instruments because it uses data on the movement of the Sun, not a compass.

This study employs the research and development method, with Borg and Gall steps comprising 10 stages. The author conducted a systematic review of the design, development, and evaluation of innovation instruments. Data were collected through documentation, interviews, and field experiments related to innovation instruments. The data obtained were comparatively analyzed with data from BMKG, Google Earth, Spherical Trigonometry and Vincenty calculations, VSOP87, and Theodolite to assess the accuracy of Qibla direction measurements from the innovation instrument.

This research resulted in two conclusions. First, the design process of the innovation instrument employs the Physical Computing method with IDE Text Editor Software, Arduino Uno Microcontroller, LCD module, and GPS sensor, in addition to electronic schematics created using the Fritzing method. Second, the results of testing the innovation instrument indicate that the discrepancy in accuracy is limited to units of minutes due to the constraints of the data type on Arduino, which results in automatic rounding in certain calculations.

Keywords: The Sun Azimuth, Innovation Instrument, Arduino, and Qibla Directi

الملخص

كانت مرحلتان يجب القيام بهما لتحديد اتجاه القبلة، وهما الحساب والقياس. ومن الناحية العملية، يجب على الذين يقومون بقياس اتجاه القبلة إعداد بيانات الحساب أولاً. ولكن، لا يمكن للأدوات الموجودة عرض بيانات حساب اتجاه القبلة مباشرة. يقدم هذا البحث حلاً عملياً لمعرفة اتجاه القبلة بسرعة ودقة دون عمليات معقدة. يقدم المؤلف أداة مبتكرة تعتمد على الاستواءين في شكل الروبوتية تعرض بيانات حركة سمت الشمس في الوقت الحقيقي. تتمتع هذه الأداة بدقة أعلى من أدوات تحديد اتجاه القبلة الروبوتية السابقة لأنها تستخدم بيانات عن حركة الشمس، وليس البوصلة.

تستخدم هذه الدراسة طريقة البحث والتطوير بخطوات بروغ وجال التي تتكون من ١٠ مراحل. وقد أجرى المؤلف مراجعة منهجية لتصميم أدوات الابتكار وتطويرها وتقييمها. وتم جمع البيانات من خلال التوثيق والمقابلات والتجارب الميدانية المتعلقة بأدوات الابتكار. وتم تحليل البيانات التي تم الحصول عليها بشكل مقارن مع بيانات من BMKG و Google Earth وحساب المثلثات الكروية وحساب Vincenty و VSOP87 و Theodolite لتقييم دقة قياسات اتجاه القبلة من أداة الابتكار.

وحصل هذا البحث عن استنتاجين. أولاً، تستخدم عملية تصميم أداة الابتكار طريقة الحوسبة الفيزيائية مع برنامج IDE Text Editor و Mikrokontroler Arduino و Uno و وحدة LCD وجهاز استشعار GPS بالإضافة إلى المخططات الإلكترونية بطريقة Fritzing. ثانياً، تُظهر نتائج اختبار أداة الابتكار أن الفرق في الدقة يصل

إلى وحدات من الدقائق فقط بسبب محدودية نوع البيانات على الأردوينو الذي يتسبب في التقريب التلقائي في بعض الحسابات.

الكلمات المفتاحية: سمث الشمس، أداة الابتكار، الأردوينو، اتجاه القبلة.

PEDOMAN TRANSLITERASI ARAB-LATIN
Keputusan Bersama Menteri Agama dan Menteri P dan K
Nomor: 158/1987 dan Nomor: 0543b/U/1987

1. Konsonan

No.	Arab	Latin
1	ا	tidak dilambangkan
2	ب	b
3	ت	t
4	س	s
5	ج	j
6	ح	ḥ
7	خ	kh
8	د	d
9	ذ	z
10	ر	r
11	ز	z
12	س	s
13	ش	sy
14	ص	ṣ
15	ض	ḍ

No.	Arab	Latin
16	ط	ṭ
17	ظ	ẓ
18	ع	‘
19	غ	g
20	ف	f
21	ق	q
21	ك	k
22	ل	l
23	م	m
24	ن	n
25	و	w
26	ه	h
27	ء	’
28	ي	y

2. Vokal Pendek

..َا.. = a كَتَبَ kataba
 ..ِ.. = i سُئِلَ su’ila
 ..ُ.. = u يَذْهَبُ yazh abu

3. Vokal Panjang

اَ.. = a قَالِ qāla
 اِي = i قِيلَ qīla
 أُو = u يَقُولُ yaqūlu

4. Diftong

أَي = ai كَيْفَ kaifa
 أَوْ = au حَوْلَ ḥaula

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

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT atas limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis dengan judul **“Inovasi Instrumen Penentu Arah Kiblat Dengan Output Visual Berdasarkan Data Pergerakan Matahari”**, Shalawat serta Salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW beserta seluruh keluarga dan para sahabat yang senantiasa kita nantikan barokah syafa’atnya pada hari akhir.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan tesis ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan moral maupun spiritual dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada:

1. Orang tua Penulis Alm. Bapak Suwandi dan Ibu Jumiati, k epada Alm. Kak Misbahalaluddin, Alm. Mbak Laily Masruroh, serta segenap keluarga besar penulis atas segala perhatian, do’a, dukungan moral maupun materiil yang tanpa henti.
2. Bapak Dr. Mahsun, M.Ag, selaku Pembimbing I dan Bapak Dr. Adib Rofi’uddin, M.Si, selaku Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan pikiran sehingga dengan sabar tulus ikhlas memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis dalam penyusunan tesis ini.
3. Kementerian Agama RI yang telah memberikan beasiswa penuh kepada penulis selama menempuh studi di UIN Walisongo Semarang dari S1 hingga masuk jenjang S2 ini.
4. Kepala Jurusan Ilmu Falak Bapak Dr. Adib Rofi’uddin, M.Si. serta Sekertaris Jurusan Bapak Muhamamad Zainal Mawahib, MH.
5. Dekan Fakultas Syari’ah dan Hukum UIN Walisongo Semarang beserta para wakil dekan, serta seluruh jajarannya,

- yang telah memberikan fasilitas selama masa perkuliahan dan memberikan izin penulis melakukan penelitian ini.
6. Kepada Seluruh dosen penulis selama masa perkuliahan di UIN Walisongo Semarang yang telah mengajarkan kepada penulis tentang segala macam disiplin ilmu. Tokoh-tokoh Ilmu Falak yang telah mengenalkan penulis tentang Ilmu Falak dan terus menerus memotivasi penulis untuk terus mempelajari disiplin Ilmu Falak.
 7. Keluarga besar Yayasan Perguruan Islam Darul Falah Sirahan, Pondok Pesantren YPMI Al-Firdaus Semarang, dan Pondok Pesantren Life Skill Daarun Najaah yang telah memberikan ilmu serta dukungan semangat kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan studi dengan lancar.
 8. Bapak Lawrence yang telah memperkenalkan ilmu baru serta bersedia menjadi mentor robotik serta dalam penyelesaian tesis ini.
 9. Fajrullah, yang telah memberikan dukungan, motivasi, diskusi, dan telah membantu dalam uji akurasi Instrument Inovasi sehingga penulis sangat terbantu dalam pengerjaan penyusunan tesis ini.
 10. Kepada Bapak Prof. Dr. KH. Ahmad Izzuddin, M, Ag. yang terus tanpa henti memberikan motivasi serta arahan sehingga membangunkan semangat penulis untuk segera menyelesaikan studi ini.
 11. Mbak-mbak Asrama Sayyidatuna Khodijah terimakasih atas keramaian dan kebersamaannya dan selalu memberikan semangat dan dukungan. Terutama kepada kamar depan teman begadang, Afifah, Azmi, Nida dan Nayla.
 12. Sahabat Forum Diskusi, Faizah, Fika, Fajri, dan Humam yang sering memotivasi, memberikan arahan dan masukan dalam pengerjaan penyusunan tesis.

13. Teman-teman Conjuring 10 dan Crescent terimakasih atas do'a, kebersamaan dan dukungannya. Teman-teman Magister Ilmu Falak angkatan 2022 atas kebersamaan dan semangat yang kita lalui bersama sungguh membawakan kesan hingga akhir.
14. Teman-teman Planetarium dan Observatorium UIN Walisongo Semarang yang selalu memberikan memotivasi serta semangat berdiskusi untuk menyelesaikan masalah pada Instrument Inovasi.
15. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang secara langsung ataupun tidak selalu memberi bantuan do'a serta dorongan kepada penulis selama menyelesaikan studi di UIN Walisongo Semarang.

Semoga semua pihak yang tertulis di atas selalu mendapat limpahan rahmat dan berkah dari Allah SWT. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tesis ini masih jauh dari kata sempurna. Semua itu semata-mata karena keterbatasan kemampuan penulis secara pribadi, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik konstruktif dari para pembaca demi kesempurnaan tesis ini. penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan para pembaca umumnya. Amin

Semarang, 18 April 2024
Penulis



Lauhatun Nashihah
NIM. 2202048017

DAFTAR ISI

PERSEMBAHAN	i
MOTTO	iii
PENGESAHAN MAJELIS PENGUJI TESIS	iv
NOTA PEMBIMBING I	v
NOTA PEMBIMBING II	vi
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	vi
ABSTRAK	viii
PEDOMAN TRANSLITERASI ARAB-LATIN	xii
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xvi
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL	xx
GLOSARIUM	xxi
BAB I: PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian	5
D. Spesifikasi Produk.....	5
E. Asumsi Pengembangan	7
F. Kajian Pustaka.....	7
G. Metode Penelitian.....	11
BAB II: TINJAUAN UMUM ARAH KIBLAT....	18
A. Pengertian Arah Kiblat	18
B. Dasar Hukum Arah Kiblat.....	22
C. Pendapat Ulama Terkait Arah Kiblat....	26
D. Metode Penentuan Arah Kiblat	29
E. Penentuan Posisi Matahari	38
BAB III: RANCANG BANGUN INSTRUMEN INOVASI PENENTU ARAH KIBLAT	39

A. Potensi dan Masalah Arah Kiblat	39
B. Pengertian Arduino.....	40
C. Komponen Instrumen Inovasi Penentu Arah Kiblat.....	47
D. Desain Produk Intsrumen Inovasi Arah Kiblat.....	54
E. Pemograman dan Perancangan Instrumen Inovasi Kiblat	57
BAB IV: ANALISIS AKURASI INSTRUMEN INOVASI ARAH PENENTU KIBLAT	67
A. Uji Ahli Instrumen Inovasi Penentu Arah Kiblat.....	67
B. Instrumen Inovasi Penentu Arah Kiblat.	69
C. Analisis Kelebihan dan Kekurangan Instrumen Inovasi Arah Kiblat	80
D. Analisis Tingkat Akurasi Inovasi Instrumen Arah Kiblat.....	86
E. Inovasi Instrumen Arah Kiblat Prespektif Fikih	87
F. Implikasi Instrumen Inovasi Penentu Arah Kiblat dalam Perkembangan Kajian Ilmu Falak.....	90
BAB V: PENUTUP.....	92
A. Kesimpulan	92
B. Saran	93
DAFTAR PUSTAKA	94
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	102
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	126

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.1 Board Arduino Uno, 2.
- Gambar 1.2 Perbandingan nilai Kompas Digital ketika didekatkan dengan benda logam, 4.
- Gambar 1.3 Langkah-langkah Pengembangan menurut Borg and Gall, 12.
- Gambar 2.1 Koordinat Bumi: Garis Lintang dan Garis Bujur, 31.
- Gambar 2.2 Trigonometri Ilustrasi penentuan arah Kiblat, 32.
- Gambar 3.1 Arduino UNO, 44.
- Gambar 3.2 Arduino Leonardo, 45.
- Gambar 3.3 Arduino DUE, 46.
- Gambar 3.4 Arduino Nano, 46.
- Gambar 3.5 GPS NEO6MV2, 48.
- Gambar 3.6 LCD 20x4, 49.
- Gambar 3.7 LCD I2C (Inter-integrated Circuit) berserta bagian-bagiannya, 50.
- Gambar 3.8 Busur drajat digital 51.
- Gambar 3.9 Kabel Jumper type Male to Female, 53.
- Gambar 3.10 Rancangan eletronika Instrumen Inovasi Arah Kiblat, 55.
- Gambar 3.11 Diagram Alir Instrumen Inovasi Arah Kiblat, 56.
- Gambar 3.12 Contoh Sketches Arduino program basic blink, 58.
- Gambar 3.13 Pilihan download IDE untuk beberapa sistem operasi komputer, 60.
- Gambar 3.14 Instalasi Library Tambahan, 61.
- Gambar 3.15 Kotak projek, 62.

- Gambar 3.16 Penampakan Instalasi Instrumen Inovasi Arah Kiblat, 63.
- Gambar 3.17 Foto produk Instrumen Inovasi, 64.
- Gambar 3.18 Uji Coba pengecekan data waktu dan data koordinat tempat, 65.
- Gambar 3.19 Uji Coba pengecekan data azimuth matahari, data azimuth kiblat dan beda azimuth, 66.
- Gambar 4.1 Tampilan Jam BKMG Online, 69.
- Gambar 4.2 Tampilan Google Earth, 71.
- Gambar 4.3 Perbandingan pengukuran Instrumen Inovasi dengan theodolite di Masjid Walisongo Kampus 3 UIN Walisongo Kota Semarang, 79.
- Gambar 4.4 Cara kerja sensor GPS pada instrument inovasi, 81.
- Gambar 4.5 Chip sensor GPS pada Instrument Inovasi, 82.
- Gambar 4.6 Tampilan LCD Inovasi Instrumen Arah Kiblat, 83.
- Gambar 4.7 Fitur Laser Instrumen Inovasi), 84.
- Gambar 4.8 Masjid Quba berdasarkan Citra satelit, 87.
- Gambar 4.9 Nilai toleransi arah kiblat nilai kemelecegan arah kiblat Instrumen Inovasi, 88.

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Data nilai pengujian pengaruh penggunaan Kompas Digital dan Analog terhadap benda logam, 4.
Tabel 2.1	Data Lintang dan Bujur Ka'bah menurut Tokoh Falak, 32.
Tabel 4. 1	Perbandingan data waktu Jam BMKG dan Instrumen Inovasi, 70
Tabel 4.2	Perbandingan data koordinat tempat Google Earth dan Instrumen Inovasi, 72.
Tabel 4.3	Hasil Perbandingan azimuth kiblat inovasi instrumen arah kiblat, 74.
Tabel 4.4	Perbandingan data azimuth Matahari Instrumen Inovasi dan algoritma VSOP87,76.
Tabel 4.5	Perbandingan data pengukuran arah kiblat Instrumen Inovasi dan theodolite berdasarkan data beda azimuth,78.
Tabel 4.6	Rangkuman nilai rata-rata pengujian inovasi instrument arah kiblat, 85.

GLOSARIUM

- Arduino : Perangkat *open-source* yang biasa digunakan dalam perancangan elektronik dan software.
- Arduino *Uno* : Salah satu jenis arduino (board mikrokontroler) berbasis datasheet atmega328, memiliki 14 *pin input/output digital*.
- ATMega328 : Mikrokontroler keluaran Atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Compute*)
- Fritzing : Aplikasi yang dapat digunakan oleh para penghobi arduino yang berfungsi untuk menghubungkan antara modul satu dengan modul lainnya. Fritzing dapat memproyeksikan gambaran project arduino. Fritzing bisa dioperasikan pada sistem windows ataupun linux.
- Flowchart : Diagram alir yang menampilkan langkah-langkah atau proses alur kerja sebuah program. Setiap langkah digambarkan dalam bentuk diagram dan dihubungkan dengan garis atau arah panah.
- GPS : Sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang dimiliki dan dikelola Amerika Serikat. GPS digunakan untuk mengetahui posisi, jarak, sudut heading menuju tujuan.

- I2C : *Inter Integrated Circuit* atau sering disebut I2C adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didisain khusus untuk mengirim maupun menerima data. I2C dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan kabel dari LCD ke Arduino. Contoh awalnya terdapat 16 kabel dapat diringkas menjadi 4 kabel.
- IDE Arduino : *Integrated Development Environment* adalah aplikasi teks editor yang dimiliki oleh arduino uno. Teks pemrograman yang tertanam di dalam modul Arduino UNO dinamakan dengan *sketch*. selain sebagai editor program, IDE memiliki kemampuan melakukan *compile* dan memungkinkan pemrogram mengunggah program yang dibuat tanpa harus menggunakan *tool* tambahan.
- Istiwa' ain* : Instrumen falak non optic yang terdapat bidang dial dengan dilengkapi dua tongkat (*gnomon*) untuk membidik bayang-bayang Matahari.
- Kabel *Jumper* : Seperti namanya, kabel jumper jenis ini memiliki ujung konektor yang berbeda pada tiap ujungnya, yaitu male dan female. Umumnya kabel jumper male to female digunakan untuk menghubungkan komponen elektronika selain arduino ke breadboard.

- Kompas Digital : Kompas yang telah menggunakan proses digitalisasi. Diciptakan untuk memenuhi kebutuhan robotik.
- Laser : Laser atau *Light amplification by stimulating Emission of radiation*. Laser merupakan cahaya yang diperkuat melalui proses emisi.
- LCD : *Liquid crystal display* merupakan suatu jenis media tampilan yang berfungsi untuk menampilkan gambar ataupun tulisan. Seperti layar computer ataupun televisse.
- Mikrokontroler : Suatu chip yang di dalamnya terdapat mikroprosesor dilengkapi dengan input, output, dan memori. Mikrokontroler terdiri atas sejumlah komponen seperti Prosesor, ROM, RAM, *Timer/Counter*, I/O dan peralatan pendukung lainnya.
- Mizwala* : Alat yang digunakan untuk penunjuk waktu dengan bantuan bayangan sinar Matahari. Dapat difungsikan untuk penentuan waktu sholat dan arah kiblat.
- Sundial* : *Sundial* atau jam matahari dapat difungsikan untuk menentukan waktu sholat dan arah kiblat.

- Teleskop : Instrument pengamatan falak/astronomi yang dapat digunakan untuk observasi benda-benda langit.
- Theodolit : Theodolit digunakan untuk mengukur sudut arah kiblat, ketinggian Matahari dan pengamatan benda-benda langit. Theodolit memiliki kelebihan dapat mengetahui arah hingga skala detik busur ($1/3.600^\circ$). alat ini juga dilengkapi dengan teropong dengan pembesaran lensa yang bervariasi yang dapat digunakan untuk melihat benda langit dengan jarak yang jauh.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Muslim yang berada di sekitar Ka'bah tentu tidak akan mendapati masalah dalam penentuan arah Kiblat dikarenakan masih dapat melihat wujud Ka'bah secara langsung. Persoalan muncul ketika seorang Muslim berada jauh dari Ka'bah, perlu adanya usaha untuk memperoleh pengetahuan dalam menentukan arah Kiblat yang tepat.² Fatwa MUI No. 5 Tahun 2010 menjelaskan bahwa Kiblat umat Islam Indonesia adalah menghadap barat laut dengan posisi bervariasi sesuai letak kawasan masing-masing.³ Arah Kiblat bukan hanya sekedar menghadap ke arah barat akan tetapi perlu adanya perhitungan yang tepat.

Terdapat dua tahap yang perlu dilakukan dalam penentuan arah Kiblat yaitu melakukan perhitungan (*hisab*) dan melakukan pengukuran (observasi).⁴ Maka kemudian muncullah berbagai macam metode perhitungan dan berbagai instrumen ilmu falak⁵ baik manual seperti *Istiwa' ain*, *Mizwala*, *Sundial* maupun instrumen modern canggih seperti *Theodolite*, Teleskop dan GPS. Pada prakteknya orang yang melakukan pengukuran arah Kiblat harus menyiapkan data perhitungan terlebih dahulu. Dikarenakan instrumen-instrumen di atas tidak dapat menampilkan data

² Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Pratik*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004), 47.

³ Fatwa MUI No. 5 Tahun 2010 tentang arah Kiblat. Lihat diakses 5 November 2023 <https://mui-jateng.or.id/wp-content/uploads/2018/03/5.-Arah-Kiblat.pdf>

⁴ Ahmad Izzuddin, *Akurasi Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat*, (Jakarta: Kementerian Agama RI, 2012), 95.

⁵ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1 (Penentuan Awal Waktu Sholat dan Arah Kiblat Seluruh Dunia)*, (Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, 2011), 213.

perhitungan arah Kiblat secara langsung. Sehingga ini menjadi salah satu faktor tidak setiap orang dapat melakukan pengukuran arah Kiblat, terlebih orang yang awam dalam bidang ilmu falak. Padahal kebutuhan menghadap arah Kiblat dalam sholat merupakan kebutuhan bagi setiap orang Muslim.

Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan sains, para pegiat falak mulai menciptakan alat pengukur arah Kiblat yang dapat digunakan orang-orang, baik orang awam sekalipun. Instrumen arah Kiblat yang sudah terintegrasi di dalamnya terdapat algoritma dan pemrograman sekaligus dapat menampilkan data perhitungan arah Kiblat. Instrumen-instrumen tersebut antara lain: Qibla Bot Ver.3, Qibla Box, dan instrumen arah Kiblat mikrokontroler⁶ Arduino lainnya.

Gambar 1. 1 Board Arduino Uno. (Sumber: www.Arduino.cc)⁷



⁶ Ratih Puspadini, “Perancangan Sistem Kontrol Penerangan Pendingin Ruangan dan Telepon Otomatis Terjadwal Berbasis Mikrokontroler” *Singuda Ensikom* 4 (2013), 4 1-46.

⁷ <https://www.arduino.cc/> diakses pada 12 Januari 2024 Pukul 09:25 WIB.

Berdasarkan penelusuran penulis instrumen-instrumen basis Arduino tersebut masih menggunakan komponen Kompas Digital dalam penentuan arah Kiblatnya. Padahal kerja Kompas dipengaruhi oleh magnet yang ada disekitarnya dan hasilnya cukup sensitif. Sehingga dalam penggunaan kompas perlu dilakukan koreksi deklinasi magnetic. Deklinasi magnetic kompas pun selalu berubah-ubah tergantung posisi tempat dan waktu.⁸ Maka hendaknya ketika melakukan pengukuran arah kiblat menggunakan alat bantu berbasis kompas perlu menjauhi dari benda-benda logam atau tempat yang minim benda magnetik. Sebaliknya, pengukuran arah kiblat yang biasa dilakukan di dekat bangunan Masjid, di dalam gedung, atau tempat observasi yang banyak benda magnetik, akan menghasilkan nilai deklinasi yang tidak akurat.⁹

Selanjutnya penulis melakukan pengujian tingkat sensitif Kompas Analog dan Kompas Digital di Masjid Walisongo Kampus 3 UIN Walisongo Semarang dengan data koordinat $\phi = -6^{\circ} 59' 31,03''$ LS dan $\lambda = 110^{\circ} 21' 01,81''$ BT, yang mengidentifikasi bahwasanya baik itu Kompas Analog ataupun Kompas Digital cukup berpengaruh dengan adanya benda-benda logam yang mengandung medan magnetik. Pengujian Kompas Analog dan Digital penulis lakukan dengan memberikan beberapa jarak dengan benda logam dengan tujuan agar mendapatkan data pengujian yang variatif. Adapun data pengujiannya adalah sebagai berikut:

⁸ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktek, Perhitungan Arah Kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan dan Gerhana*, Cetakan III, (Yogyakarta, Buana Pustaka, 2008), 58-59.

⁹ Arino Bemis Sado, "Pengaruh Deklinasi Magnetik Pada Kompas dan Koordinat Geografis Bumi Terhadap Akurasi Arah Kiblat", *Al-Afaq: Jurnal Ilmu Falak dan Astronomi*, (2019), 2-3.

Gambar 1. 2 Perbandingan nilai Kompas Digital ketika didekatkan dengan benda logam. (Sumber: Dokumentasi pribadi).

Ketika ada benda logam berjarak 5 cm	
-> Kiblat U	= 294.5182800
-> Kiblat S	= 114.5182723
-> Koreksi	= -29.55

Ketika tidak ada benda logam	
-> Kiblat U	= 294.5183105
-> Kiblat S	= 114.5183105
-> Koreksi	= 0.76
=====	

Tabel 1. 1 Data nilai pengujian pengaruh penggunaan Kompas Digital dan Analog terhadap benda logam. (Sumber: Dokumentasi pribadi).

No.	Jarak	Kompas Analog	Kompas Digital
1.	Tidak ada benda logam	0	0,76
2.	5 cm	120°	-29,55
3.	10 cm	60°	9,54
4.	20 cm	20°	3,95

Atas dasar permasalahan di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan Judul “Inovasi Instrumen Penentu Arah Kiblat dengan Output Visual Berdasarkan Data Pergerakan Matahari”. Merupakan penelitian tentang inovasi instrument pengukuran arah Kiblat dengan memanfaatkan data pergerakan Matahari secara *real time* menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno sebagai pusat kendali dan pemrograman. Penggunaan data

pergerakan Matahari dinilai lebih akurat jika dibandingkan menggunakan kompas digital. Adapun data Matahari tersebut menjadi acuan atau dasar dalam pengukuran arah Kiblat suatu tempat. Oleh karena itu, instrumen yang dihasilkan dari penelitian ini bukan hanya bersifat sebagai alat ukur saja melainkan juga dapat menampilkan data-data yang diperlukan dalam penentuan arah Kiblat secara akurat.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan pada uraian latar belakang yang dipaparkan penulis diatas, penulis mengkrucutkan dua pokok pembahasan agar tidak terlalu melebar. Adapun rumusan masalahnya sebagai berikut:

1. Bagaimana rancang bangun inovasi instrumen penentu arah Kiblat?
2. Bagaimana akurasi inovasi instrumen penentu arah Kiblat?

C. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui bagaimana rancang bangun instrumen inovasi penentu arah Kiblat
 2. Mengetahui nilai akurasi instrumen inovasi penentu arah Kiblat
- Adapun manfaat penelitian ini adalah:

1. Menambah khazanah keilmuan falak tentang instrumen arah Kiblat
2. Memberikan sumbangan pemikiran atas kekurangan-kekurangan instrumen falak sebelumnya dalam pengukuran arah Kiblat yang berbasis elektronik dengan mengintegrasikan alat hitung dan alat ukur secara praktis.

D. Spesifikasi Produk

Spesifikasi Produk yang diharapkan dalam penelitian pengembangan ini adalah:

1. Instrumen Inovasi arah Kiblat menggunakan mikrokontroler dengan tipe Board Arduino Uno sebagai tempat pemrograman dan pengolahan data¹⁰.
2. Instrumen Inovasi arah Kiblat terdiri dari GPS NEO6MV2, LCD 20x4, I2C, Busur Derajat Digital, *Gnomon* (tongkat) serta Laser. Adapun komponen yang menghubungkan satu modul dengan modul lainnya menggunakan kabel *Jumper Male-Female*.
3. Pengoperasian Instrumen Inovasi arah Kiblat membutuhkan daya listrik berupa *Power Bank* yang dihubungkan dengan kabel *Port Printer*.
4. Instrumen Inovasi arah Kiblat terdiri atas dua lapis dan terdapat satu *Gnomon*. Lapis pertama berbentuk balok persegi panjang di dalamnya merupakan tempat penyimpanan modul mikrokontroler yang pada sisi atasnya dilengkapi sebuah layar LCD untuk menampilkan data. Lapis kedua merupakan Busur Derajat Digital berisi tentang busur digital yang kemudian penulis tambahkan sebuah *gnomon* pada salah satu ujungnya.
5. *Gnomon* (tongkat) pada instrumen ini berfungsi sebagai alat bantu untuk membidik Matahari sebagai acuan Busur Derajat Digital.
6. Instrumen Inovasi arah Kiblat diprogram menggunakan IDE (*Integrated Development Environment*)¹¹ dengan menggunakan bahasa pengembangan C++.¹²

¹⁰ Robby Yuli Endra dkk, "Model Smart Room Dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino untuk Efisiensi Sumber Daya", *Expoler: Jurnal Sistem Informasi Dan Telematika* 10 (2019), 3.

¹¹ Prio Handoko, "Sistem Kendali Perangkat Elektronika Monolitik Berbasis Arduino Uno R3", *Jurnal UMJ* 5 (2017), 4.

¹² Pemrograman arduino menggunakan bahasa C. Akar bahasa C adalah Bahasa BCPL yang dikembangkan oleh Martin Richards pada tahun 1967. Bahasa C adalah bahasa *standart*, artinya suatu program yang ditulis dengan versi bahasa C tentu akan dapat dikompilasikan dengan versi bahasa C yang lain dengan sedikit

E. Asumsi Pengembangan

Asumsi dalam penelitian dan pengembangan inovasi instrumen sebagai alat bantu penentuan arah Kiblat sebagai berikut:

1. Instrumen inovasi arah Kiblat dapat digunakan sebagai instrumen modern kontemporer dalam menentukan arah Kiblat yang bersifat global, sehingga dapat digunakan dimanapun.
2. Penulis menambahkan layar LCD pada instrumen inovasi yang dapat menampilkan data azimuth Matahari secara *real time*, azimuth Kiblat dan beda azimuth.
3. Penulis juga menambahkan komponen laser pembidik pada instrumen inovasi arah Kiblat. Komponen ini dapat memudahkan pengguna dalam membidik arah Kiblat sekaligus sebagai koreksi atas penggunaan benang pada instrumen penentuan arah kiblat sebelum-sebelumnya.

F. Kajian Pustaka

Kajian pustaka merupakan langkah awal yang dilakukan oleh penulis untuk mengetahui secara pasti, bahwa penelitian yang telah dipilih memang betul-betul belum pernah dikaji dan diteliti oleh orang-orang sebelumnya, selain itu dengan kajian pustaka ini akan mempermudah penulis dalam menyelesaikan pekerjaannya, sebab dalam tonggak-tonggak tertentu saat melakukan langkah penelitiannya, penulis perlu dan diharuskan untuk mengacu pada pengetahuan, dalil, konsep, atau ketentuan yang sudah ada sebelumnya.¹³

modifikasi. Lihat Fitria Rahmadayanti, "Aplikasi Android Lampu Led Berbasis Arduino", *Betrik: Jurnal Ilmiah Betrik* 7 (2016), 118.

¹³ Suharsimi Arikunto, *Manajemen Penelitian*, (Jakarta: Rineka Cipta, 1990), 76.

Penulis melakukan penelusuran penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini. Adapun penelitian-penelitian tersebut adalah:

1. Fajrullah, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang. “Qibla Box dalam Penentuan Arah Kiblat”. Instrumen arah Kiblat ini bersifat global dilengkapi laser pembidik dan sensor suara untuk memudahkan dalam penggunaannya. Fajrullah menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno sebagai pusat pemrogramannya dilengkapi dengan GPS GY-NEOMV2 dan Kompas Digital GY-273 HMC5883L.¹⁴ Pada Qibla Box Fajrullah masih menggunakan Kompas Digital, padahal Kompas Digital nilai akurasi masih terpengaruh pada magnet sekalipun sudah dikoreksi. Sedangkan penulis sudah menggunakan data pergerakan Matahari yang nilai keakurasiannya sudah pasti.
2. Aziz Zainuddin, Akhmad Hendriawan, Hary Oktavianto, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. “Kompas Digital Penunjuk Arah Kiblat dengan Output Visual”. Penelitian Aziz dkk menggunakan Arduino Mega 1280 instrumen ini bersifat global dengan tambahan GPS. Penelitian ini masih memiliki tingkat akurasi yang masih kurang, dikarenakan komponen-komponen tambahan yang digunakan seperti Kompas Digital dan GPS EG-T10 yang dipakai masih belum cukup akurat. Penelitian ini berbeda dengan penelitian penulis. *Pertama* tipe GPS yang digunakan, penulis menggunakan GPS NEO6MV2. *Kedua*, dalam penelitian ini penulis tidak menggunakan Kompas Digital, akantetapi penulis menggunakan data pergerakan Matahari *real time* yang jauh lebih akurat dibandingkan dengan Kompas Digital.

¹⁴ Fajrullah, “Qibla Box dalam Penentuan Arah Kiblat”, *Tesis* (Semarang: UIN Walisongo, 2022), 1.

3. Agung Laksana, Tesis Univeristas Islam Negeri Walisongo Semarang “Alat Ukur Arah Kiblat Dengan Metode Azimut Bayangan Matahari Otomatis”. Tesis ini menghasilkan sebuah Instrumen pengukur arah Kiblat terbuat dari bahan akrilik yang dilengkapi dengan mikrokontroler arduino, sensor GPS dan komponen elektronik pendukung lainnya. Adapun Prinsip kerja alat ukur Kiblat ini dengan metode azimut bayangan matahari otomatis.¹⁵ Adapun perbedaan penelitian ini dengan penelitian penulis yaitu pada desain dan perhitungan. Instrument ini memiliki bidang dial seperti *Mizwala* dan *Istiwa'ain* serta terdapat komponen kalkulator shaf salat.
4. Mada Sanjaya, Dyah Anggaraini dan Fikri Ibrahim Nurrahman, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung, “Algoritma Arah Kiblat al-Biruni Dalam Kitab *Tahdūd Nihāyāt al-Amākin Li Tashīh Masāfāt al-Masākin* disertai Implementasinya Menggunakan Mikrokontroler Arduino”. Mada Sajaya dkk mengaplikasikan algoritma Abu Rayhan Muhammad ibn Ahmad al-Biruni (973-1050 M) dalam kitabnya ke dalam mikrokontroler modern. Berdasarkan algoritma tersebut, menghasilkan intrumen Q-BOT Ver. 3. Instrumen penentu arah Kiblat berbasis elektro dan digital yang terdapat layar LCD yang dapat menampilkan arah Kiblat, dan dapat berbunyi ketika instrumen telah menghadap ke arah Kiblat.¹⁶ Penelitian ini jelas berbeda dengan penelitian penulis, penelitian Mada Sajaya dkk menggunakan algoritma arah Kiblat Al Biruni dalam *Tahdūd Nihāyāt Al-Amākin Li Tashīh Masāfāt Al-Masākin*.

¹⁵ Agung Laksana, “Alat Ukur Arah Kiblat Dengan Metode Azimut Bayangan Matahari Otomatis”, *Tesis* (Semarang: UIN Walisongo, 2022), 1.

¹⁶ Mada Sajaya, Dyah Anggaraini, Fikri Ibrahim Nurrahman, *Algoritma Arah Kiblat Al-Biruni Dalam Tahdūd Nihāyāt Al-Amākin Li Tashīh Masāfāt Al-Masākin*, (Bandung: Bolabot, 2019), 421.

Sedangkan penulis pada pemograman pengukuran arah Kiblatnya menggunakan algoritma segitiga bola dan untuk azimuth Matahari penulis menggunakan data pergerakan Matahari (algoritma deklinasi dan *equation of time*) satu tahun penuh.

5. Wahyu Adiwijaya, laporan akhir “Penunjuk Arah Kiblat Berbasis Arduino Nano Dengan Menggunakan Sensor Kompas HMC 5883L”. Pada instrumen ini ditambahkan buzzer 5V sebagai output suara apabila arah Kiblat telah didapat. Cara penggunaan instrumen ini yaitu memutar alat dengan acuan titik penanda pada tampilan LCD agar mempermudah pendeteksian arah Kiblat. Program arah Kiblat pada instrumen ini bersifat lokal hanya terbatas pada wilayah Sumatera Selatan saja.¹⁷ Penelitian ini memiliki perbedaan pada mikrokontroler yang digunakan yaitu Arduino Nano sedangkan penulis menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno yang memiliki *port* tambahan dan kapasitas memori yang cukup besar, kemudian dalam penentuan arah Kiblat penulis tidak menggunakan sensor kompas melainkan menggunakan program algoritma pergerakan Matahari *real time* selama satu tahun penuh.

Berdasarkan penelusuran penulis dari beberapa referensi di atas, ada beberapa komponen yang harus diperbaharui. Semua Penelitian di atas dalam menentukan arah masih menggunakan Kompas Digital. Padahal Kompas Digital masih sensitif terhadap benda-benda magnetik yang berada disekitarnya. Sehingga penulis menilai bahwa penelitian ini layak untuk diteliti dan didalami lebih lanjut.

¹⁷ Wahyu Adiwijaya, “Penunjuk Arah Kiblat Berbasis Arduino Nano Dengan Menggunakan Sensor Kompas Hmc5883”, (*Skripsi*, Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang, 2016), 97.

G. Metode Penelitian

Jenis penelitian yang penulis ambil adalah penelitian pengembangan atau *Research and Development*.¹⁸ Penelitian pengembangan ini menggunakan langkah-langkah Borg and Gall dengan 10 langkah penelitian, penulis berupaya melakukan pengkajian sistematis terhadap pendesainan, pengembangan dan evaluasi terhadap instrumen inovasi penentu arah Kiblat. Rincian metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Model Pengembangan

Model pengembangan yang akan penulis lakukan adalah mengembangkan instrumen arah Kiblat yang telah ada sebelumnya yaitu *Istiwa'ain* menjadi lebih modern dan kontemporer. Pengembangan instrumen ini meliputi pemrograman Arduino uno sebagai pusat pemrograman dan pengolahan data, GPS yang memberikan data koordinat tempat pengukuran arah Kiblat. Semuanya terprogram didalam aplikasi text editor yaitu IDE (*Integrated Development Environment*).

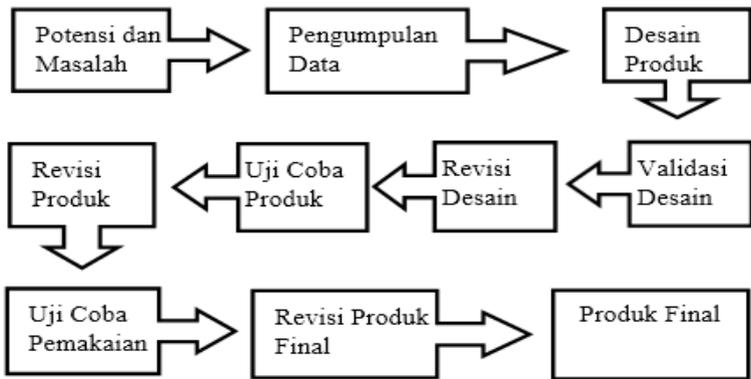
2. Prosedur Pengembangan

Penelitian dan pengembangan ini mengacu pada model prosedur pengembangan Borg and Gall¹⁹, disajikan pada gambar 1.3.

¹⁸ Penelitian R&D ditujukan untuk mengembangkan dan memvalidasi produk pendidikan dan pembelajaran yang efektif dan adaptabel. Produk dari model penelitian ini diharapkan dapat dipakai untuk meningkatkan dan mengembangkan mutu pendidikan dan pembelajaran. Lihat Tim Perumus, *Panduan Penelitian Karya Tulis Ilmiah Pascasarjana UIN Walisongo*, (Semarang: Pascasarjana UIN Walisongo, 2018), 24.

¹⁹ W.R. Borg and Gall, M.D, *Educational Research: An Introduction*. (New York: Longman, 1983), 775.

Gambar 1. 3 Langkah-langkah Pengembangan menurut Borg and Gall (Sumber: Dokumentasi Pribadi)



- a. Tahap pertama yaitu potensi dan masalah, masalah yang terdapat di lapangan adalah tidak setiap orang dapat melakukan pengukuran arah Kiblat, sedangkan kebutuhan menghadap Kiblat dalam sholat merupakan kebutuhan setiap individu Muslim. Adanya perhitungan dan instrumen pengukur arah Kiblat hanya dapat dijangkau oleh ahli falak atau pegiat falak. Potensi yang diperoleh adalah penulis memanfaatkan perkembangan teknologi dan sains yang dapat mempermudah setiap orang dalam melakukan pengukuran arah Kiblat, baik orang awam sekalipun.
- b. Tahap kedua, mengumpulkan berbagai literatur yang berkaitan dengan perancangan instrumen. Contohnya informasi yang berkaitan dengan arduino dan pengaplikasiannya dalam perancangan instrumen penentu inovasi arah Kiblat.
- c. Tahap ketiga, yaitu mendesain produk. Penulis terlebih dahulu merancang skema eletronika Arduino

menggunakan *fritzing*²⁰, hal ini dilakukan agar memudahkan menghubungkan antara Arduino dan komponen-komponen pendukung lainnya. Setelah itu penulis membuat *flowchart* (diagram alir)²¹ yang bertujuan memudahkan penulis dalam perancangan dan pemrograman Instrumen inovasi arah Kiblat. Kemudian penulis melakukan pemrograman arah Kiblat Arduino pada IDE (*Integrated Development Environment*) *Text Editor*.

- d. Tahap keempat adalah validasi desain. Validasi desain dilakukan dengan cara penilaian para ahli, agar instrumen yang dikembangkan mencapai tujuan yang diinginkan. Validasi desain pada instrument diuji oleh beberapa validator yaitu dari ahli robotic, ahli astrofisika dan ahli falak. Penilaian dianalisis berdasarkan 3 aspek yaitu kelayakan komponen, keakurasian data dan keakurasian perhitungan.
- e. Tahap kelima revisi desain. Berdasarkan penilaian validator penulis akan mendapatkan hasil apakah instrument pengembangan ini sudah memenuhi kriteria atau belum. jika instrumen pengembangan telah layak dan lolos dari uji validasi maka tahap ini dapat dilewati.
- f. Tahap keenam uji coba produk. Uji coba produk dilakukan setelah produk divalidasi dan direvisi sesuai masukan dan saran validator. Dengan cara menguji hasil data yang ditampilkan pada LCD dan program perhitungan arah Kiblat dengan menggunakan parameter perhitungan arah Kiblat metode segitiga bola.

²⁰ Fritzing, diakses 5 November 2023, <https://fritzing.org/>

²¹ Rony Setiawan, "Flowchart adalah: Fungsi, Jenis, Simbol dan Contohnya", di akses 04 November 2023, <https://www.dicodin.com/blog/flowchart-adalah/>.

- g. Tahap ketujuh yaitu revisi produk. Proses ini dilakukan apabila masih ditemukan ketidaksesuaian pada hasil perhitungan instrumen.
- h. Tahap kedelapan yaitu uji pemakaian. Penulis melakukan eksperimen uji lapangan produk instrument. pada tahap ini penulis melakukan verifikasi pengukuran arah Kiblat menggunakan instrument pengembangan dengan parameter Teodolit.
- i. Tahap kesembilan revisi final untuk mengoreksi kembali hasil pengembangan instrument penentu arah Kiblat.
- j. Tahap terakhir diseminasi dan sosialisasi, tahap ini penulis menyampaikan hasil pengembangan instrumen inovasi penentu arah Kiblat kepada para ahli falak dan pegiat ilmu falak.

3. Sumber Data

Pada penelitian ini penulis membagi sumber data menjadi dua bagian yaitu: sumber data primer dan sekunder. Sumber data primer yaitu data yang langsung dikumpulkan oleh penulis dari sumber pertamanya.²² Sumber primer dalam penelitian ini adalah data-data eksperimen hasil pengukuran arah kiblat oleh instrument inovasi, yang selanjutnya penulis analisis dengan data data pembandingan lainnya.

Adapun sumber data Sekunder dalam penelitian ini meliputi buku-buku, kitab-kitab, jurnal-jurnal, artikel-artikel, karya tulis dan seluruh dokumen yang berkaitan dengan penelitian ini. Sumber-sumber tersebut diantaranya *Arduino Workshop (A Hands*

²² Sumadi Suryabrata, *Metodologi Penelitian*, (Jakarta: RajaGrafindo Persada, 2004), 39.

on Introduction with 65 Project) karya John Boxall²³, buku Mekanika Benda Langit karya Rinto Anugraha di dalamnya terdapat algoritma data pergerakan Matahari, buku Ilmu Falak Arah Kiblat Setiap Saat karya Slamet Hambali, Ilmu Falak Praktis karya Ahmad Izzuddin, Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik karya Muhyiddin Khazin, Astronomical Algorithm karya Jean meeus, dan buku yang berkaitan lainnya.

4. Teknik Pengumpulan Data

Pada teknik pengumpulan data penulis menggunakan beberapa metode pengumpulan data. Beberapa metode pengumpulan data yang digunakan tersebut adalah:

a. Eksperimen

Pada tahap eksperimen penulis melakukan uji verifikasi dengan membandingkan hasil perhitungan arah Kiblat pada instrumen inovasi dengan metode Segitiga Bola, selain itu penulis juga melakukan observasi berupa pengukuran arah Kiblat menggunakan instrumen inovasi pengukuran arah Kiblat dan Theodolit

b. Wawancara

Metode wawancara yang penulis gunakan dalam hal ini adalah penulis melakukan diskusi-diskusi tentang rangkaian elektronika arduino dengan komunitas-komunitas robot salah satunya “*twobee bot*” dan wawancara kepada Lawrence Adi Supriyo

c. Dokumentasi

Metode dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan dan menelaah dokumen-dokumen tertulis

²³ Buku ini berisi tentang struktur-struktur dasar pemrograman dan perancangan Arduino secara mendasar. John Boxall, *Arduino Workshop (A Hands on Introduction with 65 Project)*, (San Francisco: No Starch Press, 2013)

berupa buku maupun artikel penelitian yang memiliki relevansi dengan tema penelitian ini.

5. Teknik Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan penulis adalah metode komparatif atau perbandingan yang dilakukan dengan cara membandingkan data waktu, data koordinat tempat, data azimuth Kiblat, data azimuth Matahari, serta hasil pengukuran arah Kiblat dari inovasi instrumen arah Kiblat. Metode ini ditempuh agar penulis dapat memverifikasi nilai akurasi Instrumen Inovasi Arah Kiblat ini.

Pada proses analisis data penulis menggunakan beberapa alat pembanding seperti;

1. Pada analisis data waktu atau jam penulis menggunakan pembanding jam BMKG.
2. Analisis Data Koordinat Tempat Instrumen Inovasi penulis menggunakan data pembanding Data Koordinat tempat Google Earth.
3. Selanjutnya, analisis Data Azimuth Kiblat penulis melakukan data pembanding perhitungan Spherical Trigonometry dan perhitungan Vincenty.
4. Analisis Data Azimuth Matahari menggunakan VSOP87.
5. Terakhir pada analisis pengukuran arah menggunakan alat bantu pembanding Teodolit.

H. Sistematika Pembahasan

Secara garis besar penelitian penelitian ini terbagi menjadi 5 (lima) bab yang didalamnya terdiri atas sub-sub pembahasan. Berikut adalah sistematika penelitiannya:

BAB I merupakan pendahuluan yang berisi tentang uraian latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat

penelitian, spesifikasi produk, asumsi pengembangan, kajian pustaka, metode penelitian, dan sistematika penelitian.

BAB II adalah tinjauan umum tentang arah Kiblat. Bab ini berisi penjelasan secara umum terkait arah Kiblat, yang meliputi sub bab pembahasan pengertian arah Kiblat, dasar hukum arah Kiblat, pendapat ulama terkait arah Kiblat dan metode penentuan arah Kiblat.

BAB III adalah rancang bangun instrumen inovasi penentu arah Kiblat. Bab ini membahas beberapa sub pembahasan meliputi; potensi dan masalah arah Kiblat, pengertian Arduino mencakup sejarah dan jenis-jenis Arduino, komponen instrumen inovasi arah Kiblat, desain produk mencakup rancangan elektronik serta diagram alir, dan pemograman Instrumen inovasi penentu arah Kiblat.

BAB IV adalah analisis akurasi Instrumen inovasi arah Kiblat. Pada bab ini membahas pengujian data koordinat tempat, pengujian data hasil perhitungan baik itu perhitungan azimuth Kiblat, azimuth Matahari maupun beda azimuth, dan pengujian hasil pengukuran arah Kiblat instrumen inovasi penentu arah Kiblat.

BAB V adalah penutup. Dalam bab ini memuat tentang kesimpulan, saran-saran dan penutup.

BAB II

TINJAUAN UMUM ARAH KIBLAT

A. Pengertian Arah Kiblat

Arah Kiblat tersusun atas dua kata yakni arah dan Kiblat. Definisi arah (bahasa Inggris: *direction*) dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) diartikan sebagai *ke* yang berarti jurusan; tujuan; maksud.²⁴ Sedangkan, dalam bahasa arab, kata arah disebut dengan *jihah* atau *syatrah*.²⁵ Arah dalam pengertian geometri adalah informasi yang terkandung dalam posisi relative satu titik terhadap titik terhadap titik lain tanpa informasi jarak. Arah berarti posisi perpindahan umum seseorang atau benda atau titik arah; mengarahkan tentang kemana akan pergi.

Menurut Kamus Britannica Kiblat didefinisikan sebagai:

“The direction of the sacred shrine of the Ka’bah in Mecca, Saudi Arabia, toward which Muslims turn five times each day when performing the salat (daily ritual prayer). Soon after Muhammad’s emigration (hijrah, or Hegira) to Medina in 622 DC, he indicated Jerusalem as the qiblah, probably influenced by Jewish tradition. When Jewish-Muslim realtions no longer seemed promising, Muhammad changed the qiblah to Mecca.”

(Kiblat berarti arah tempat suci di Mekah, Saudi Arabia. dimana kaum Muslimin menghadap ketika salat lima waktu. Dimulai semenjak Nabi Muhammad SAW hijrah ke Madinah pada tahun 622 M, sebelumnya Nabi Muhammad SAW menjadikan Masjid Aqsha di Jerusalem sebagai Kiblat, namun dikarenakan ke-tidak harmonisan hubungan Muslim dan

²⁴ Ebta Setiawan, *Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Offline versi 1.2*, (Pusat Bahasa, 2011), td

²⁵ Ahmad Warson Munawwir, *Al Munawwir Kamus Arab-Indonesia*, (Surabaya: Pustaka Progresif, 1997), 1088.

yahudi kala itu Nabi Muhammad mengubah arah Kiblat ke Mekah).²⁶

Selanjutnya kata Kiblat secara etimologi berasal dari bahasa arab *qiblah* yang merupakan bentuk *maṣḍar* dari kata *qabala-yaqbilu-qiblata* memiliki arti menghadap.²⁷ Kemudian pengertiannya dikhususkan pada suatu arah, dimana semua orang yang mendirikan salat menghadap kepadanya. Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) mendefinisikan Kiblat sebagai arah ke Ka'bah di Mekah pada waktu salat.

Kata Kiblat dalam al-Quran mempunyai beberapa arti:²⁸

1. Kata Kiblat yang Berarti Arah (Kiblat)

Firman Allah SWT dalam QS. al-Baqarah [2] ayat 142:

سَيَقُولُ السُّفَهَاءُ مِنَ النَّاسِ مَا وَلَّيْتَهُمْ عَنِ الْقِبْلَةِ الَّتِي كَانُوا عَلَيْهَا

قُلْ لِلَّهِ الْمَشْرِقُ وَالْمَغْرِبُ يَهْدِي مَنْ يَشَاءُ إِلَى صِرَاطٍ مُسْتَقِيمٍ ﴿١٤٢﴾

“Orang-orang yang kurang akal di antara manusia akan berkata, “Apakah yang memalingkan mereka (kaum Muslim) dari Kiblat yang dahulu mereka (berKiblat) kepadanya?” Katakanlah (Nabi Muhammad), “Milik Allahlah timur dan barat, Dia memberi petunjuk kepada siapa yang Dia kehendaki ke jalan yang lurus (berdasarkan kesiapannya untuk menerima petunjuk)”. (QS. al-Baqarah [2]: 142).²⁹

²⁶ <https://www.britannica.com/topic/qiblah> diakses pada 21 Februari Pukul 11:58 WIB.

²⁷ Ahmad Warson Munawwir, *Al Munawwir*.,1088.

²⁸ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis*, (Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012), 19.

²⁹ Lajnah Pentashihah Mushaf Al-Qur'an Balitbang Diklat Kemenag RI, *Alqur'an dan Terjemahannya Edisi Penyempurnaan*, (Jakarta: Balitbang Diklat Kemenag RI, 2019), 28.

2. Kata Kiblat yang Berarti Tempat Salat

Sebagaimana dalam Firman Allah SWT dalam QS. Yunus [10] ayat 87.

وَأَوْحَيْنَا إِلَىٰ مُوسَىٰ وَأَخِيهِ أَنْ تَبَوَّءَا لِقَوْمِكُمَا بِمِصْرَ بُيُوتًا وَأَجْعَلُوا
بُيُوتَكُمْ قِبْلَةً وَأَقِيمُوا الصَّلَاةَ وَبَشِّرِ الْمُؤْمِنِينَ ﴿٨٧﴾

“Dan kami wahyukan kepada Musa dan saudaranya: “Ambillah olehmu berdua beberapa buah rumah di Mesir untuk tempat tinggal bagi kaummu dan jadikanlah olehmu rumah-rumahan itu tempat salah dan dirikanlah olehmu salat serta bergembiralah orang-orang yang beriman”. (QS. Yunus [10]:87).³⁰

Menurut Slamet Hambali dalam buku *Ilmu Falak Arah Kiblat Setiap Saat*, arah Kiblat adalah arah menuju Ka’bah melalui jalur terdekat, dan keharusan setiap Muslim untuk menghadap ke arah tersebut pada saat melakukan ibadah salat dimanapun berada.³¹ Selanjutnya Slamet Hambali menambahkan arah terdekat menuju Ka’bah melalui lingkaran besar (*great circle*) bola Bumi yang disebut lingkaran Kiblat. Lingkaran Kiblat merupakan lingkaran bola Bumi yang melalui sumbu atau poros Kiblat. Sumbu atau poros Kiblat adalah garis tengah bola Bumi yang menghubungkan Ka’bah dengan kebalikan dari Ka’bah melalui titik pusat Bumi.³²

³⁰ Lajnah Pentashihah Mushaf Al-Qur’an Balitbang Diklat Kemenag RI, *Alqur’an...*,330.

³¹ Slamet Hambali, *Ilmu Falak 1 Penentuan Awal Waktu Shalat dan Arah Kiblat Seluruh Dunia*, (Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011), 167.

³² Slamet Hambali, *Ilmu Falak, Arah Kiblat Setiap Saat*, (Yogyakarta: Pustaka Ilmu,2013), 14.

Menurut Ahmad Izzuddin arah Kiblat adalah arah yang menuju ke Ka'bah (baitullah) yang berada di kota Mekah. Arah ini dapat ditentukan dari setiap titik di permukaan Bumi dengan melakukan perhitungan dan pengukuran.³³ Harun Nasution memberi definisi Kiblat sebagai arah untuk menghadap pada waktu salat.³⁴ Adapun menurut Mochtar Effendy Kiblat yaitu arah salat, yang dimaksud arah salat adalah Ka'bah yang berada di kota Mekah.³⁵

Menurut al-Munawi seperti yang dikutip dalam buku *Pedoman Hisab Muhammadiyah* menguraikan bahwa Kiblat adalah segala sesuatu yang ditempatkan di muka atau sesuatu yang kita menghadap kepadanya.³⁶ Secara *ḥarfiah* Kiblat merupakan arah dimana orang itu menghadap. Sehingga Ka'bah disebut sebagai Kiblat sebab Ka'bah menjadi arah dimana orang-orang menghadap ketika menjalankan salat.

Menurut Muhyiddin Khazin Arah Kiblat adalah arah atau jarak terdekat sepanjang lingkaran besar arah yang dihadapi oleh orang Muslim ketika melaksanakan salat, yakni arah menuju Ka'bah di kota Mekah.³⁷

Berdasarkan beberapa definisi tersebut di atas maka dapat diketahui bahwa Kiblat merupakan arah terdekat menuju

³³ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis*, (Semarang: Pustaka Rizki Putra), 17.

³⁴ Harun Nasution, *Ensiklopedia Hukum Islam*, (Jakarta: Djambatan, 1992), 563.

³⁵ Mochtar Effendy, *Ensiklopedia Agama dan Filsafat* Vol. 5, (Palembang: Universitas Sriwijaya, 2001), 49.

³⁶ Majelis Tarjih dan Tajdid Pimpinan Pusat Muhammadiyah, *Pedoman Hisab Muhammadiyah*, Cet II, (Yogyakarta: Majelis Tarjih dan Tajdid PP Muhammadiyah, 2009), 25

³⁷ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktik*, (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2008), 48.

Ka'bah yang wajib bagi umat Muslim menghadap arah tersebut ketika menjalankan ibadah salat.

B. Dasar Hukum Arah Kiblat

1. Arah Kiblat dalam al-Quran

a. Surah Al-Baqarah ayat 144

قَدْ نَرَى تَقَلُّبَ وَجْهِكَ فِي السَّمَاءِ فَلَنُوَلِّيَنَّكَ قِبْلَةً تَرْضَاهَا فَوَلِّ وَجْهَكَ شَطْرَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ وَحَيْثُ مَا كُنْتُمْ فَوَلُّوا وُجُوهَكُمْ شَطْرَهُ وَإِنَّ الَّذِينَ أُوتُوا الْكِتَابَ لَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ وَمَا اللَّهُ بِغَفِيلٍ عَمَّا يَعْمَلُونَ ﴿١٤٤﴾

*“Sungguh Kami (sering) melihat mukamu menengadah ke langit, maka sungguh Kami akan memalingkan kamu ke Kiblat yang kamu sukai. Palingkanlah mukamu ke arah Masjid al-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 Masjid al-haram itu adalah benar dari Tuhannya; dan Allah sekali-kali tidak lengah dari apa yang mereka kerjakan.” (QS. al-Baqarah [2]: 144).*³⁸

b. Surah Al-Baqarah ayat 149

وَمِنْ حَيْثُ خَرَجْتَ فَوَلِّ وَجْهَكَ شَطْرَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ وَإِنَّهُ لَلْحَقُّ مِنْ رَبِّكَ وَمَا اللَّهُ بِغَفِيلٍ عَمَّا تَعْمَلُونَ ﴿١٤٩﴾

³⁸ Lajnah Pentashihah Mushaf Al-Qur'an Balitbang Diklat Kemenag RI, *Alqur'an...*, 28.

“Dan darimana saja kamu keluar, maka palingkanlah wajahmu ke arah Masjid al-haram , sesungguhnya ketentuan itu benar-benar sesuatu yang hak dari Tuhanmu. Dan Allah sekali-kali tidak akan lengah dari apa yang kamu kerjakan.” (QS. al-Baqarah [2]: 149).

c. Surah Al-Baqarah ayat 150

وَمِنْ حَيْثُ خَرَجْتَ فَوَلِّ وَجْهَكَ شَطْرَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ وَحَيْثُ مَا
كُنْتُمْ فَوَلُّوا وُجُوهَكُمْ شَطْرَهُ لِئَلَّا يَكُونَ لِلنَّاسِ عَلَيْكُمْ حُجَّةٌ
إِلَّا الَّذِينَ ظَلَمُوا مِنْهُمْ فَلَا تَخْشَوْهُمْ وَاخْشَوْنِي وَلَا تُمَنِّعْتَنِي
عَلَيْكُمْ وَلَعَلَّكُمْ تَهْتَدُونَ ﴿١٥٠﴾

“Dan darimana saja kamu keluar, maka palingkanlah wajahmu ke arah Masjid al-haram . Dan dimana saja kamu (sekalian) berada, maka palingkanlah wajahmu ke arahnya, agar tidak ada hujjah bagi manusia atas kamu, kecuali orang-orang yang alim di antara mereka. Maka janganlah kamu, takut kepada mereka dan takutlah kepada-Ku. Dan agar Kusempurnakan nikmat-Ku atasmu, dan supaya kamu mendapat petunjuk.” (QS. al-Baqarah [2]: 150).

2. Arah Kiblat dalam Hadist

a. Hadist Riwayat Imam Muslim:

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 فَلَتُوَلِينَاكَ

قِبْلَةً تَرْضَاهَا فَوَلَّ وَجْهَكَ شَطْرَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ " فَمَرَّ رَجُلٌ مِنْ بَنِي
سَلَمَةَ وَهُمْ رُكُوعٌ فِي صَلَاةِ الْفَجْرِ وَقَدْ صَلُّوا رُكْعَةً فَنَادَى أَلَا إِنَّ
الْقِبْلَةَ قَدْ حُوِّلَتْ فَقَالُوا كَمَا هُمْ نَحْوَ الْقِبْلَةِ. (رواه مسلم)³⁹

"Ber cerita Abu Bakar bin Abi Saibah, bercerita 'Affan, bercerita Hammad bin Salamah, dari Tsabit dari Anas: "Bahwa sesungguhnya Rasulullah SAW. (Pada suatu hari) sedang salat menghadap Baitul Maqdis, kemudian turunlah ayat, 'Sesungguhnya Aku melihat mukamu sering menengadahkan ke langit, maka sungguh kami palingkan mukamu ke Kiblat yang kamu kehendaki. Palingkanlah mukamu ke arah Masjid al-haram . 'Kemudian ada seseorang dari Bani Salamah bepergian, menjumpai sekelompok Sahabah sedang ruku' pada salat fajar. Lalu ia menyeru, 'Sesungguhnya Kiblat telah berubah.' Lalu mereka berpaling seperti kelompok nabi, yakni ke arah Kiblat." (HR. Muslim).

Hadis di atas berkaitan dengan respon turunya surat al-baqarah ayat 144 tentang perubahan Kiblat dari *Baitu al-Maqdis* di Palestina menuju Ka'bah di Mekah. Saat itu Nabi Muhammad SAW sedang melakukan dakwah di Madinah, selama di Madinah diperintahkan salat menghadap *Baitu al-Maqdis* selama 16 bulan. Suatu ketika Nabi Muhammad SAW berdo'a, kemudian turunlah ayat Q.S al-Baqarah ayat 144 dan memerintahkan Nabi Muhammad menghadap kiblat ke arah Masjidil Haram.

³⁹ Muslim bin al Hajjaj an Naisaburi, *Shahih Muslim*, (Beirut: Daru Al Kutub Al Ilmiyah, Juz 3, tt), 120.

b. Hadist Riwayat Imam Bukhari:

حَدَّثَنَا مُسْلِمٌ قَالَ: حَدَّثَنَا هِشَامٌ قَالَ: حَدَّثَنَا يَحْيَى بْنُ أَبِي كَثِيرٍ
عَنْ مُحَمَّدِ بْنِ عَبْدِ الرَّحْمَنِ عَنْ جَابِرٍ قَالَ: كَانَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ
عَلَيْهِ وَسَلَّمَ يُصَلِّي عَلَى رَاحِلَتِهِ حَيْثُ تَوَجَّهَتْ فَإِذَا أَرَادَ الْفَرِيضَةَ
نَزَلَ فَاسْتَقْبَلَ الْقِبْلَةَ. (رواه البخاري)٤٠

“Bercerita Muslim, bercerita Hisyam, bercerita Yahya bin
Abi Katsir dari Muhammad bin Abdurrahman dari Jabir
berkata: Ketika Rasulullah SAW salat di atas kendaraan
(tunggangannya) beliau menghadap ke arah sekehendak
tunggangannya, dan ketika beliau hendak melakukan salat
fardlu beliau turun kemudian menghadap Kiblat.” (HR.
Bukhari).

Hadis di atas menerangkan tentang tata cara salat
ketika sedang berkendera. Bahwa wajib hukumnya
menghadap Kiblat ketika sedang melaksanakan salat, akan
tetapi terdapat *rukhsah* (kemudahan atau keringanan sebab
adanya *uzur*) bagi orang yang sedang melakukan
perjalanan. Artinya salatnya orang yang sedang melakukan
perjalanan boleh menghadap arah kemana saja sesuai arah
tunggangannya (contoh dalam hadis yaitu tunggangan
hewan), dan ketika sudah sampai atau telah selesai masa
berkendara maka wajib ketika salat menghadap ke arah
Kiblat. Hal ini memberikan arti bahwa meski terdapat
rukhsah, namun tetap diwajibkan untuk menghadap Kiblat
ketika urusan yang menjadikannya *rukhsah* itu selesai.

⁴⁰ Muhammad Bin Ismail Bin Ibrahim Bin Mughirah Al-Bukhari, *Shahih
Bukhari*, Juz 1, (Beirut: Dar al- Fikr, tt), 82.

c. Hadist Riwayat Imam Bukhari:

قَالَ أَبُو هُرَيْرَةَ رَضِيَ اللَّهُ تَعَالَى عَنْهُ قَالَ: قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: اسْتَقْبِلِ الْقِبْلَةَ وَكَبِّرْ (رواه البخاري)

“Dari *Abi Hurairah r.a* berkata: *Rasulullah SAW* bersabda: “menghadaplah Kiblat lalu takbir.” (HR. Bukhari).

Berdasarkan dalil-dalil di atas dapat diketahui bahwa menghadap Kiblat merupakan suatu kewajiban bagi Muslim yang melaksanakan salat. Ahli fiqih sepakat mengatakan bahwa menghadap Kiblat merupakan syarat sah salat. Oleh sebab itu tidaklah sah salat seseorang ketika tidak menghadap Kiblat. Ka’bah merupakan Kiblat bagi orang yang melaksanakan salat di *Masjid al-ḥaram* (masjid disekeliling Ka’bah di Mekah). *Masjid al-ḥaram* menjadi Kiblat bagi orang yang salatnya di Mekah dan sekitarnya, dan Kota Mekah menjadi Kiblat bagi orang yang melaksanakan salat di luar atau jauh dari kota Mekah.⁴¹ Apabila seseorang dalam keadaan bingung sehingga tidak mengetahui arah Kiblat, maka cukup menghadap kemana saja arah yang diyakini bahwa arah tersebut adalah arah Kiblat.

C. Pendapat Ulama Terkait Arah Kiblat.

Secara garis besar ulama fiqih berpendapat bahwa Kiblat terdiri dari; *‘Ainul Qiblat* dan *Jihatul Qiblat*. *‘Ainul Kiblat* yaitu menghadap Baitullah atau Ka’bah diperuntukkan bagi umat Islam yang ketika salat dapat secara langsung menghadap Ka’bah. Contohnya seperti umat Islam yang berada di *Masjid al-ḥaram*.

⁴¹ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak..*, 52.

Sedangkan *Jihatul Qiblat* yaitu Kiblat bagi umat Islam yang tidak dapat menghadap Ka'bah secara langsung dan hanya menghadap *Masjid al-haram*. Contohnya adalah umat Islam yang berada di luar *Masjid al-haram* atau berada jauh di luar Mekah. Maka pada bagian inilah dibutuhkan alat bantu ilmu *hisab* untuk dapat menentukan arah Kiblatnya.

Imam Syafi'i secara rinci membagi Kiblat ke dalam 3 (tiga) klasifikasi⁴²:

a. Kiblat *Yaqin*

Orang yang salat harus benar-benar memastikan diri menghadap Ka'bah ('*ainul Ka'bah*) dan tidak diperkenankan melenceng sedikitpun darinya. Kiblat *yaqin* berlaku bagi umat Muslim yang berada di dalam lingkungan *Masjid al-haram*.

b. Kiblat *Zan*

Pada Kiblat *Zan* orang yang salat harus memastikan diri bahwa telah menghadap *Masjid al-haram* ('*ainul Masjid al-haram*). Patokan yang digunakan bukan lagi Ka'bah melainkan *Masjid al-haram*. Kiblat ini berlaku bagi umat Islam yang berada di luar *Masjid al-haram* namun masih dalam lingkungan kota Mekah atau masih dalam batas-batas tanah haram.

c. Kiblat *Ijtihad*

orang yang salat harus memastikan telah menghadap ke Mekah ('*ainul Makah*) yang dijadikan patokan ialah kota Mekah hingga batas-batas tanah haram bukan lagi Ka'bah ataupun *Masjid al-haram*. Kiblat ini biasa diepruntukkan untuk umat Islam yang berada jauh diluar kota Mekah termasuk sebagai contoh adalah umat Islam yang ada di Indonesia.

Para ahli falak berbeda pendapat mengenai batasan *Ijtihad al-Ka'bah* atau *Ihtiyat al-Qiblat* (batas toleransi arah Kiblat), yakni

⁴² Abu Sabda, *Ilmu Falak Rumusan Syar'i dan Astronomi Waktu salat dan Arah Kiblat*, (Bandung: Persis pers, 2020), 110.

berapa batasan yang diperkenankan bagi sebuah tempat atau seseorang masih dinyatakan menghadap Kiblat, diantaranya sebagai berikut:

1. Thomas Djamaluddin dalam tulisannya menyatakan definisi akurasi memang relative tergantung rujukannya. Akurasi matematis adalah 0,5 skala terkecil alat ukurnya. Akurasi praktis adalah sepanjang penyimpangannya tidak tampak pada barisan *ṣaf* jamaah dan sikap tubuh. Mengenai masjid baru yang sedang dibangun, sangat disarankan untuk menggunakan definisi akurasi matematis. Sedangkan untuk mengevaluasi Masjid lama dan memutuskan toleransi penyimpangan, Thomas menyarankan menggunakan definisi akurasi praktis agar tidak menyulitkan ummat.⁴³
2. Slamet Hambali membagi tingkat akurasi arah Kiblat menjadi 4 (empat) tingkatan⁴⁴:
 - a. Sangat akurat, yaitu jika hasil pengukuran arah Kiblat berhasil memperoleh arah Kiblat yang benar-benar tepat ke arah Ka'bah (*Masjid al-ḥaram*)
 - b. Akurat, yaitu jika arah Kiblat masih masuk dalam kategori kemelencengan tidak lebih dari $0^{\circ} 42'46,43''$
 - c. Kurang akurat, yaitu jika hasil pengukuran arah Kiblat terjadi kemelencengan antara $0^{\circ}42'46,43''$ sampai $22^{\circ} 30'$
 - d. Tidak akurat, yaitu jika hasil pengukuran arah Kiblat terjadi kemelencengan di atas $22^{\circ} 30'$
3. Marufin Sudibyo (2011) berdasarkan studi terhadap arah hadap Masjid Quba (masjid pertama umat Islam) yang melenceng sejauh $7^{\circ} 38'$ dari azimuth Kiblat yang diperoleh melalui

⁴³ <https://tdjamiluddin.wordpress.com/2010/07/17/tidak-ada-perubahan-arah-Kiblat/>, diakses pada Kamis 11 Januari 2024 pukul 15:37 WIB.

⁴⁴ Slamet Hambali, *Menguji Keakuratan Hasil Pengukuran Arah Kiblat Menggunakan Istiwa'aini Karya Slamet Hambali*, (Semarang: Fakultas Syariah IAIN Walisongo, 2014), 49.

perhitungan trigonometri bola menyarankan nilai yang sedikit lebih besar, yaitu $45 \text{ km} = 0,405405$ derajat.⁴⁵ Menurut Sudibyo arah hadap Masjid Quba justru menunjuk ke sisi batas Kiblat mengingat kedudukan hadits (meliputi perkataan, perbuatan dan persetujuan Rasulullah SAW) sebagai sumber hukum Islam kedua setelah al-Qur'an.

4. Aria dan Turmudi (2012) menyatakan bahwa toleransi arah kiblat disesuaikan dengan batas-batas tanah suci. Diantara batas-batas tanah suci tersebut adalah Tan'im (7,5 km dari Ka'bah), Nakhlah (13 km), Adlat Laban (16 km), Ji'ranah (22 km), Hudaibiyh (22 km), dan bukit Arafah (22 km). Definisi baru kriteria batas toleransi arah Kiblat ini hadir sebagai koreksi atas penggunaan batas lingkaran toleransi sebelumnya yaitu Sudibyo. Menurut Aria dan Turmudi meskipun radius lingkaran sebesar 45 km telah mencakup seluruh batas wilayah kota suci Mekah, namun penggunaan lingkaran ini juga telah memperluas wilayah kota suci menjadi 10 kali. Alhasil batas toleransi arah Kiblat menjadi meliputi pula wilayah wilayah yang sebenarnya sudah bukan lagi termasuk kota suci Mekah.

D. Metode Penentuan Arah Kiblat.

Metode penentuan arah Kiblat dapat dilakukan dengan melihat tanda-tanda alam seperti Matahari, Bulan, dan Bintang. Selain itu dapat juga dilakukan dengan penggunaan ilmu pengetahuan dan perkembangan teknologi seperti kompas, peta, *Software*, dan perhitungan matematis lainnya dalam penentuan arah Kiblat. Metode yang sering digunakan dalam penentuan arah kiblat ada dua macam yaitu *Azimuth Kiblat* dan *Raṣd al-Qiblah*, atau disebut juga dengan teori sudut dan teori bayangan.⁴⁶

⁴⁵ Marufin Sudibyo, *Sang Nabi Pun Berputar: Arah Kiblat dan Tata Cara Pengukurannya*, (Solo: Tinta Medina, 2011), 85.

⁴⁶ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak...*, 29.

Penentuan arah Kiblat dengan memanfaatkan bayang-bayang Matahari dilakukan untuk memperoleh arah utara sejati. Arah utara sejati sebagai patokan awal (titik 0) dari perhitungan arah Kiblat atau azimuth Kiblat yang telah dihasilkan dalam perhitungan sebelumnya.⁴⁷

Seiring dengan kemajuan ilmu dan kualitas intelektual yang dimiliki masyarakat penentuan arah Kiblat selalu mengalami perkembangan. Perkembangan penentuan arah Kiblat ini dapat dilihat dengan munculnya koreksi-koreksi perhitungan mulai dari tingkat akurasi yang rendah hingga tingkat akurasi tinggi dalam penentuan arah Kiblat. Berbagai instrumen hasil inovasi dan kreatifitas para pegiat ilmu falak juga turut mewarnai khazanah keilmuan dalam pengukuran Kiblat, seperti *Mizwala Qibla Finder*, *Istiwaaini*, *Theodolite*, dan masih banyak yang lainnya. Dari sekian banyaknya metode penentuan arah Kiblat. Secara umum penulis mengelompokkan menjadi tiga macam cara penentuan arah Kiblat berdasarkan instrumen yang digunakan yaitu; rumus arah Kiblat, penentuan arah Kiblat dengan matahari, dan penentuan arah Kiblat menggunakan alat bantu teknologi.

1. Rumus arah Kiblat

Dalam penentuan arah Kiblat yang paling krusial adalah menentukan arah atau azimuth. Azimuth Kiblat adalah arah atau garis yang menunjuk ke Kiblat (Ka'bah). Untuk menentukan azimuth diperlukan data-data sebagai berikut:

- a. Lintang Tempat/ *Arḍul Balad* yang akan diukur.

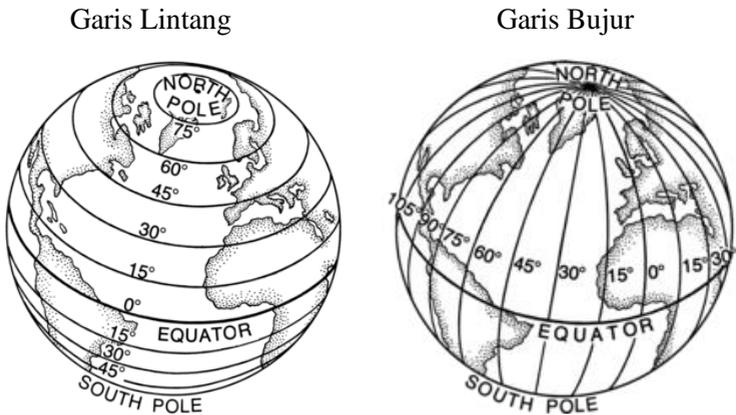
Lintang tempat merupakan jarak dari daerah yang kita kehendaki sampai dengan khatulistiwa diukur sepanjang garis bujur.⁴⁸ Khatulistiwa adalah lintang 0° dan titik kutub Bumi adalah lintang 90° . Sehingga nilai lintang berkisar 0°

⁴⁷ Abu Sabda, *Ilmu Falak...*, 129.

⁴⁸ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak...*, h. 30.

sampai dengan 90° . Wilayah yang berada di selatan khatulistiwa disebut Lintang Selatan (LS) dengan tanda negatif (-) dan sebaliknya wilayah yang berada disebelah utara khatulistiwa disebut Lintang Utara (LU) dengan diberi tanda positif (+). Berikut gambaran tentang Lintang dan Bujur.

Gambar 2. 1 Koordinat Bumi: Garis Lintang dan Garis Bujur
(Sumber: Ilmu Falak Rumusan Syar'I dan Astronomi⁴⁹).



b. Bujur Tempat/ *Tutul Balad* yang dikehendaki

Bujur tempa merupakan jarak dari tempat yang dikehendaki ke garis bujur yang melalui kota Greenwich dekat London, wilayah yang berada di sebelah barat kota Greenwich sampai 180° disebut Bujur Barat (BB) sedangkan wilayah yang berada di sebelah timur kota Greenwich sampai 180° disebut Bujur Timur (BT). Lintang dan Bujur kota Mekah (Ka'bah)

⁴⁹ Abu Sabda, *Ilmu Falak Rumusan...*, 20-21.

Terdapat beberapa versi mengenai lintang dan bujur Ka'bah. Diantaranya sebagai berikut:

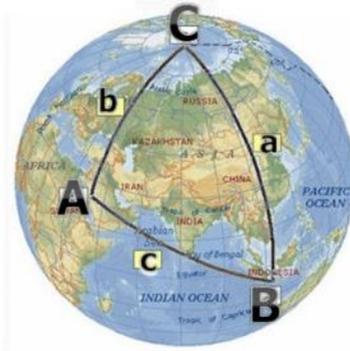
Tabel 2. 1 Data Lintang dan Bujur Ka'bah menurut Tokoh Falak.

Tokoh Falak	Lintang Ka'bah	Bujur Ka'bah
Slamet Hambali	21°25'21,04" LU	39°49'34,33" BT ⁵⁰
Ahmad Izzuddin	21°25'21,17" LU	39°49'34,56" BT ⁵¹
Muhyiddin Khazin	21°25'21" LU	39°49'39" BT ⁵²

c. Selisih antara Bujur tempat dan Bujur Ka'bah.

Selanjutnya, setelah semua data sudah disiapkan barulah menggunakan konsep trigonometri bola untuk mencari arahnya. Berikut gambaran konsep trigonometri bola untuk mencari arah Kiblat.

Gambar 2. 2 Trigonometri Ilustrasi penentuan arah Kiblat. (Sumber: Ilmu Falak Rumusan Syar'I dan Astronomi)⁵³



⁵⁰Slamet Hambali, *Ilmu Falak Arah Kiblat...*, 14.

⁵¹ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis...*, 30.

⁵² Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak...*, 54

⁵³ Abu Sabda, *Ilmu Falak Rumusan Syar'I dan Astronomi Waktu Shalat dan Arah Kiblat*, (Bandung: Persis Pers, 2020), 112.

Adapun perhitungan arah Kiblat dapat menggunakan rumus:

$$\tan Q = \tan \Phi^m \times \cos \Phi^x \times \operatorname{Cosec} SBMD - \sin \Phi^x \times \operatorname{Cotan} SBMD$$

Keterangan:

Φ^m = Lintang Mekah (Ka'bah)

Φ^x = Lintang Tempat

SBMD = Selisih Bujur Mekah Daerah

Selain rumus di atas, untuk mendapatkan nilai arah Kiblat dapat menggunakan rumus lain seperti :

$$\operatorname{Cotan} B = \tan \Phi^m \times \cos \Phi^x : \sin C - \sin \Phi^x : \tan C$$

Keterangan:

B merupakan arah Kiblat.

Jika hasil bernilai positif = arah Kiblat dihitung dari titik utara

Jika hasil bernilai negatif = arah Kiblat dihitung dari titik selatan

C adalah jarak bujur. yaitu jarak bujur antara bujur Ka'bah dan bujur tempat kota yang diukur arah Kiblatnya.

Ketentuan untuk mendapatkan nilai jarak bujur 'C' sebagai berikut:

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| 1. $BT^x > BT^m$ | : $C = BT^x - BT^m$ |
| 2. $BT^x < BT^m$ | : $C = BT^x - BT^m$ |
| 3. $BB^x > BB 140^\circ 10' 20''$ | : $C = BB^x + BT^m$ |
| 4. $BB^x < BB 140^\circ 10' 20''$ | : $C = 360 - BB^x - BT^m$ |

Jika ketentuan yang dipakai untuk mendapatkan nilai C menggunakan ketentuan 1 atau 2 atau 4 maka arah Kiblat adalah arah barat, sedangkan jika ketentuan yang digunakan adalah menggunakan ketentuan nomor 3 Mekah arah Kiblat adalah arah timur.⁵⁴

⁵⁴ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak...*, 40.

Dalam perhitungan internasional, penentuan azimuth Kiblat dihitung dari titik utara searah jarum jam. Sehingga arahnya adalah utara-timur-selatan-dan barat (UTSB). Untuk dapat menentukan nilai Azimut Kiblat maka terdapat ketentuan sebagai berikut:

- jika $B = UT (+)$, Azimut Kiblatnya = B (tetap)
- jika $B = UB (+)$, Azimut Kiblatnya = $360^\circ - B$
- jika $B = ST (-)$, Azimut Kiblatnya = $180^\circ + B$ (B diubah positif)
- jika $B = SB (-)$, Azimut Kiblatnya = $180^\circ - B$ (B diubah positif)

Selanjutnya untuk dapat mengfungsikan hasil hisab tersebut langkah yang dilakukan adalah; *pertama*, mengetahui arah utara sejati (*True North*) terlebih dahulu. Penentuan utara sejati dapat dilakukan menggunakan alat kompas atau tongkat *Istiwa'* dengan bantuan posisi Matahari. *Kedua*, setelah mendapatkan arah utara selatan yang akurat maka dapat dilanjutkan dengan mengukur arah Kiblat.

2. Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Matahari

Metode penentuan arah Kiblat menggunakan bayang-bayang Matahari dapat dilakukan dengan menggunakan tongkat *Istiwa'*. Penggunaan Matahari dalam penentuan arah Kiblat juga dapat dilakukan dengan cara metode *Raṣd al-Qiblah*. Menurut istilah *Raṣd al-Qiblah* adalah posisi tempat gerakan planet ditentukan untuk menuju Kiblat (Ka'bah). *rasdul qiblat* merupakan salah satu metode penentuan arah Kiblat sederhana namun memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Menurut Slamet Hambali terdapat dua jenis *Raṣd al-Qiblah*.

a. *Raṣd al-Qiblah Global*

Raṣd al-Qiblah global adalah petunjuk arah Kiblat yang diambil dari posisi Matahari ketika sedang berkulminasi di titik zenith Ka'bah, yang biasa terjadi antara tanggal 27 Mei atau 28 Mei pukul 16:18 WIB (pukul 09:18 GMT) dan 15 Juli atau 16 Juli pukul 16:27 WIB (pukul 09:27 GMT). Terdapat beberapa langkah untuk dapat menggunakan metode *Raṣd al-Qiblah global* dengan tepat dan akurat, sebagai berikut:⁵⁵

- 1) Siapkan data lintang dan bujur tempat. Yaitu data lintang bujur Ka'bah dan tempat yang akan diukur arah Kiblatnya. Serta garis bujur daerah atau garis bujur *local mean time* keduanya.
- 2) Hitung *time zone* tempat atau lokasi yang akan diukur arah kiblatnya
- 3) Perhatikan dan hitung kapan terjadinya *zawal* Matahari (*Mer pass*) berimpit dengan titik zenith Ka'bah). Ketika *zawal*, Matahari berada di atas Ka'bah maka nilai Deklinasi Matahari (δ^m) sama dengan nilai Lintang Ka'bah (Φ^k) yaitu $+21^\circ 25' 21,04''$. Pada saat itu terjadi maka wilayah separuh Bumi yang dapat menyaksikan Matahari mengalami *Raṣd al-Qiblah global*.
- 4) Hitung terjadinya *Raṣd al-Qiblah global* di tempat yang diukur arah Kiblatnya. Dilakukan dengan mengubah waktu waktu *zawal* di atas Ka'bah ke waktu daerah setempat dengan cara, waktu *mer pass* di atas Ka'bah ditambah atau dikurangi *time zonenya* antara Ka'bah dengan tempat yang diukur Kiblatnya.
- 5) waktu *zawal* Ka'bah dapat dihitung dengan rumus:
 $Zawal = pk. 12 - e + (45^\circ - 39^\circ 49' 34,33'') : 15$ Atau dapat langsung dihitung berdasarkan waktu

⁵⁵ Slamet Hambali, *Ilmu Falak...*, 39.

pertengahan setempat atau *local mean time* (LMT) yang akan diukur Kiblatnya, dengan menggunakan rumus:

$$\mathbf{WB = WH - e + (BT^d - BT^x) : 15}$$

- 6) Siapkan tongkat atau benda yang dapat berdiri tegak lurus di tempat yang datar. Pada saat datang waktu *Raṣd al-Qiblah global* bayangan dari benda tersebut secara otomatis akan mengarah ke arah Kiblat.
- 7) Siapkan jam (waktu) yang tepat dan akurat. Untuk mendapatkan waktu yang akurat dapat menggunakan *global positioning system* (GPS) atau dapat menggunakan www.Greenwichmeantime.com.

b. *Raṣd al-Qiblah* Lokal

Raṣd al-Qiblah lokal merupakan metode pengukuran arah Kiblat dengan memanfaatkan posisi Matahari saat memotong lingkaran Kiblatnya suatu tempat, sehingga setiap benda yang berdiri tegak lurus pada saat itu bayangannya mengarah ke arah Kiblat tempat tersebut.

Arah Kiblat *Raṣdul* lokal ini bersifat lokal sehingga setiap satu tempat dengan tempat yang perlu diperhitungkan masing-masing. *Raṣd al-Qiblah* lokal dapat terjadi jika azimuth Matahari sama dengan azimuth Kiblat atau azimuth Kiblat dikurangi 180° atau aziuth Kiblat ditambah 180° , yang berarti bisa pagi hari bisa juga sore hari.

3. Penentuan Arah Kiblat Menggunakan Alat Teknologi.

Penentuan arah Kiblat melalui kemajuan teknologi pada dasarnya merupakan evolusi dari metode tradisional dalam menentukan arah Kiblat yang sama, namun memberikan hasil yang lebih rinci dibandingkan dengan metode sebelumnya.

Perkembangan pesat dalam teknologi telah mengakibatkan kemajuan dalam pengembangan berbagai perangkat dan alat

untuk melakukan survei dan perhitungan dengan cepat, termasuk dalam menentukan arah, terutama yang berkaitan dengan arah Kiblat. Kemajuan dalam teknologi komputer dan bahasa pemrograman telah mengakibatkan digitalisasi instrumen arah Kiblat, seperti aplikasi kompas untuk Android. Demikian pula, perkembangan peta dunia telah berubah menjadi format 3D yang menggunakan perhitungan berbasis satelit, seperti *Google Earth*. Ada juga perangkat lunak dan aplikasi Astronomi yang menyediakan data astronomis lengkap, seperti posisi bintang dan jaraknya, seperti *Starry Night* dan *Stellarium*. Selain itu, terdapat perangkat lunak yang dirancang khusus untuk menentukan arah Kiblat, seperti *Qibla Locator*, Program *Mawaqit 2001*, *Accurate Time*, dan sebagainya.⁵⁶

Seiring dengan kemajuan digitalisasi di dunia komputer, teknologi penentuan arah Kiblat juga telah hadir dalam bentuk mikrokontroler arduino, aplikasi *smartphone* seperti GPS Test, *Qiblah Finder*, *Compass Android*, dan lain sebagainya. Digitalisasi ini merupakan hasil dari perkembangan dalam komputerisasi bahasa, di mana komputer memiliki bahasa dan sistem yang memungkinkan pengembangan berbagai perangkat lunak atau aplikasi digital. Ini termasuk penggunaan perangkat lunak umum seperti Microsoft Excel untuk pengolahan dan transformasi data, serta bahasa pemrograman seperti HTML, Bahasa C, C++, Visual Basic, Java, dan lainnya. Selain itu, digitalisasi ini juga mencakup sistem operasi seperti Windows, Macintosh, Linux, dan sebagainya.⁵⁷

⁵⁶ Muhammad Thoyfur, "Formulasi Raşdul Qiblat Lokal Dalam Qibla Diagram", (Skripsi, UIN Walisongo Semarang, 2019), 51.

⁵⁷ Muhammad Thoyfur, "Formulasi Raşdul Qiblat, 51.

Berdasarkan hal diatas, maka penulis akan menjelaskan tentang konsep pengembangan instrumen arah Kiblat yang akan diaplikasikan ke dalam mikrokontroler arduino.

E. Penentuan Posisi Matahari.

Rotasi Bumi dari barat ke timur dalam rentang waktu 24 jam menyebabkan semua objek langit, termasuk matahari, terlihat bergerak seolah-olah naik dari timur dan turun di barat. Posisi matahari senantiasa berubah, baik dalam ketinggian maupun azimutnya. Untuk menentukan arah Kiblat berdasarkan posisi matahari, diperlukan perhitungan nilai azimutnya. Dalam hal menentukan posisi Matahari penulis menggunakan Algoritma Jean Meeus. Adapun langkah-langkah perhitungannya penulis cantumkan dalam lampiran 2 .

BAB III

RANCANG BANGUN INSTRUMEN INOVASI PENENTU ARAH KIBLAT

A. Potensi dan Masalah Arah Kiblat.

Kebutuhan menghadap Kiblat bagi umat Islam yang berada jauh dari kota Makkah menjadikan hal yang perlu diperhatikan. Oleh karenanya, Ilmu falak hadir menawarkan berbagai macam metode penentuan arah Kiblat, mulai dari *Hisab at-Taqrabi* hingga Kontemporer. Berbagai macam metode penentuan arah Kiblat baik dalam perhitungan maupun saat pengukuran membutuhkan waktu yang tidak sebentar sekalipun itu metode yang paling sederhana seperti *Raṣd al-Qiblah*. Dalam *Raṣd al-Qiblah* orang yang akan melakukan pengukuran harus sudah menyiapkan data perhitungan sebelumnya, sebagaimana dijelaskan pada bab II seperti berapa nilai Lintang dan Bujur tempat pengukuran, kapan waktu/jam terjadinya *Raṣd al-Qiblah*, dan yang lainnya. Hal tersebut tentu tidak mudah dilakukan oleh semua orang terlebih orang yang masih awam pengetahuan dalam Ilmu Falak.

Alih-alih melakukan perhitungan panjang dan pengukuran arah kiblat yang ribet dikarenakan ukuran dan pengaturan instrument seperti teodolit. Saat ini pengukuran arah kiblat dengan menggunakan kompas banyak dilakukan oleh masyarakat. Hal ini menuai beberapa masalah. *Pertama*, arah pada kompas yang ditunjukkan bukan arah utara yang sebenarnya melainkan arah utara magnet. Sedangkan nilai deklinasi magnetik berbeda antara tempat satu dengan yang lain dan berubah sepanjang tahun.⁵⁸ *Kedua*, tarikan gravitasi setempat pada penggunaan kompas. Jarum kompas terpengaruh oleh benda-benda logam atau arus listrik di

⁵⁸ Posisi kutub utara selatan magnet bumi tidak berimpit dengan kutub utara selatan bumi. Sehingga terdapat sudut antara arah utara sejati dengan arah utara magnetic, sudut ini disebut Deklinasi Magentik.

sekitar kompas. Sehingga dalam penggunaan kompas harus dipastikan bahwa telah menyingkirkan atau menjauh dari ruangan atau benda yang mengandung logam.⁵⁹

Hasil pengukuran menggunakan kompas banyak menunjukkan penyimpangan beberapa derajat dari angka yang ditunjukkan jarumnya. Sebagaimana telah disebutkan penulis data eksperimen penggunaan Kompas Digital dan Kompas Analog pada Bab 1. Oleh karena itu dalam penggunaan kompas masih perlu dikalibrasi menggunakan peralatan yang lebih tinggi tingkat akurasi seperti menggunakan rumus *spherical trigonometri* atau penggunaan teodolit.

Berdasarkan permasalahan di atas maka tidak mudah untuk melakukan pengukuran arah kiblat bagi semua orang. Sedangkan kebutuhan menghadap kiblat wajib bagi tiap-tiap muslim. Penelitian ini hadir untuk memberikan solusi bagi orang awam bagaimana cara mendapatkan atau mengetahui arah Kiblat secara instan tanpa melalui proses rumit dan lama tanpa melewatkan nilai akurasi. Penulis menawarkan sebuah instrument inovasi berdasarkan instrumen yang telah ada sebelumnya yaitu *Istiwai 'ain* dalam bentuk *robotic* yang sekaligus dapat menampilkan nilai data pergerakan Azimuth Matahari *real time*. Instrumen inovasi ini memiliki nilai akurasi yang lebih tinggi dibanding instrument-instrument *robotic* arah kiblat sebelumnya karna basik penentuan arahnya menggunakan data pergerakan Azimuth Matahari tidak lagi memanfaatkan penggunaan kompas.

B. Pengertian Arduino

Sebelum memahami Arduino, perlu untuk mengerti terlebih dahulu yang dimaksud *physical computing*. ***Physical computing***

⁵⁹ Arino Bemis Sado, "Pengaruh Deklinasi Magnetik Pada Kompas dan Koordinat Geografis Bumi Terhadap Akurasi Arah Kiblat", *Al-Afaq: Jurnal Ilmu Falak dan Astronomi*, (2019), 2-3.

merupakan sistem atau perangkat fisik dengan menggunakan software dan hardware yang bersifat interaktif yaitu dapat menerima rangsangan dari lingkungan dan merespon balik. Konsep ini diaplikasikan dalam desain alat atau projek-projek yang menggunakan sensor dan mikrokontroler untuk menerjemahkan input analog ke dalam sistem software untuk mengontrol gerakan alat-alat elektro-mekanik seperti lampu, motor dan sebagainya.⁶⁰

Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (*Integrated circuit*) yang bisa diprogram menggunakan computer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output sesuai yang diinginkan. Singkatnya dalam hal ini, mikrokontroler adalah otak dari Arduino.⁶¹ Terdapat beberapa alat pengembangan prototype berbasis *microcontroller* yang cukup populer lainnya seperti; I-CubeX, Arie Robotics Project Junior, Dwengo, GP3, dan yang lainnya. Diantara sekian banyak alat pengembang prototype, Arduino lah yang paling banyak digunakan karena mudah dipelajari, lebih murah jika dibandingkan platform lain, dan cocok untuk pemula.

Arduino dalam situs resminya didefinisikan sebagai:

“Arduino is an open-source electronics platform based on easy-to-use hardware and software. Arduino boards are able to read inputs - light on a sensor, a finger on a button, or a Twitter message - and turn it into an output - activating a motor, turning on an LED, publishing something online. You can tell your board what to do by sending a set of instructions to the microcontroller on the board. To do so

⁶⁰ Feri Djuanji, *Pengenalan Arduino*, (Tobuku, 2011), 1.

⁶¹ Ryan Miftahul Ilmi, “Rancang Bangun Automatic Voltage Regulator (AVR) Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Arduino, *Tugas Akhir*, (Institut Teknologi Nasional Malang, 2023), 20.

you use the Arduino programming language (based on Wiring), and the Arduino Software (IDE), based on Processing."⁶²

Menurut Robby Yuli Endra dkk, Arduino adalah papan computer kecil namun kuat yang menggunakan teknik komputasi fisik dengan mikrokontroler *Atmel* dan bahasa pemrograman C.⁶³ Sedangkan menurut Dani Sasmoko arduino adalah Pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open source*, diturunkan dari *Wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Arduino merupakan *platform hardware* terbuka yang ditujukan kepada siapa saja yang ingin membuat purwarupa peralatan elektronik interaktif berdasarkan *hardware* dan *software* yang fleksibel dan mudah digunakan.⁶⁴

Secara sederhana Arduino adalah sistem komputer kecil yang dapat diprogram dengan instruksi Anda untuk berinteraksi dengan berbagai bentuk input dan output.⁶⁵ Terdapat banyak proyek dan alat-alat dikembangkan oleh akademisi menggunakan Arduino, selain itu juga banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat pihak lain untuk dapat disambungkan dengan Arduino.

1. Sejarah Singkat Arduino

Berawal dari sebuah *Thesis* karya Hermando Barragan, di Institute Ivera Italia tahun 2005. Dikembangkan oleh Massimo Banzi dan David Cuartelle yang kemudian diberi

⁶² "What is Arduino?" | Arduino. diakses pada 22 Maret 2024 Pukul 12:32 WIB <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>.

⁶³ Robby Yuli Endra dkk, "Model Smart Room dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino untuk Efisiensi Sumber Daya", *Jurnal Sistem Informasi dan Telematika*, (Vol. 10 No. 1, 2019), 3.

⁶⁴ Dani Sasmoko, *Arduino dan Sensor Pada Project Arduino DIY*, (Semarang: Yayasan Prima Agus Teknik, tt), 1.

⁶⁵ John Boxall, *Arduino Workshop a Hands on Introduction with 65 Projects*, (San Fransisco: No Starch Press, 1975), 20.

nama *Arduin of Ivrea*. Nama ini selanjutnya diganti menjadi Arduino yang dalam bahasa Italia berarti teman yang berani. Tujuan awal dibuat Arduino adalah untuk membuat perangkat mudah dan murah yang ditujukan untuk para siswa dalam membuat perangkat desain dan interaksi.

Diantara pada pengembang Arduino adalah Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino, David Mellis, Nicholas Zambetti, dan yang lainnya. Para pengembang mengupayakan 4 hal dalam Arduino. yaitu:

- a. Harga terjangkau
- b. Dapat dijalankan diberbagai sistem operasi Windows, Linux, Mac, dan sebagainya.
- c. Sederhana, menggunakan bahasa pemograman yang mudah bisa dipelajari orang awam, bukan hanya untuk orang teknik saja.
- d. Open Source, hardware maupun software.

Sampai saat ini terdapat ratusan ribu Arduino yang digunakan di dunia sejak tahun 2011. Arduino juga sudah dipakai oleh perusahaan-perusahaan besar, contohnya Google menggunakan Arduino untuk *Accessory Development Kit*, NASA menggunakan Arduino untuk prototypin, dan lagi Large Hadron Colider memakai Arduino dalam pengumpulan data.⁶⁶

Sifat Arduino yang Open Source membuat Arduino berkembang sangat cepat. Sehingga banyak lahir perangkat-perangkat sejenis Arduino seperti DFRduino, CipaDuino, MurmerDuino, AViShaDuino.

2. Jenis-Jenis Arduino

Arduino lahir dan berkembang seiring berkembangnya ilmu pengetahuan, sehingga memunculkan berbagai jenis

⁶⁶ Dani Sasmoko, *Arduino dan Sensor...*, 3.

Arduino. Diantara banyaknya jenis Arduino penulis cantumkan beberapa diantaranya sebagai berikut:

a. Arduino Uno

Jenis Arduino yang paling sering digunakan oleh pemula atau sebagai media pembelajaran. Banyak referensi yang membahas jenis Arduino Uno ini karena chip mikrokontroler yang digunakan memakai jenis DIL/ DIP (Dual In Line Package). Sangat memudahkan pengguna mengganti chip mikrokontroler jika terjadi kerusakan dan juga compatible dengan banyak shield tambahan seperti SD-CARD, GSM, dll.

Gambar 3. 1 Arduino UNO. Sumber: [www. Arduino.cc](http://www.Arduino.cc)⁶⁷



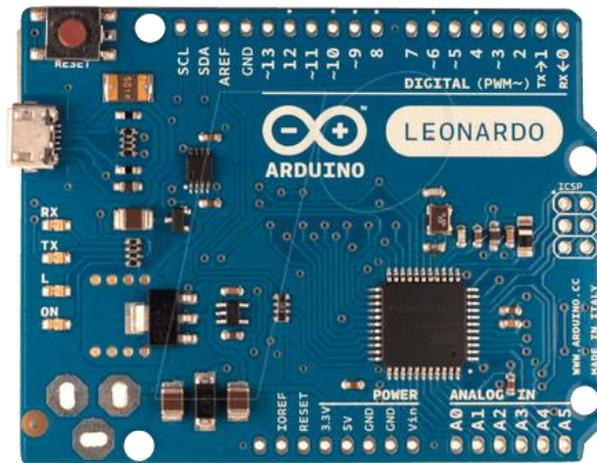
b. Arduino Leonardo

Arduino Leonardo sering disebut kembaran Arduino Uno karena memiliki bentuk yang mirip. Perbedaan yang menonjol terdapat pada konektor USB dimana Arduino Leonardo menggunakan konektor mikro USB, serta chip

⁶⁷ <https://www.arduino.cc/> diakses pada 12 Maret 2024 Pukul 11:18 WIB

mikrokontroler yang digunakan adalah ATMEGA32u4. Menurut Dani Sasmoko Arduino jenis ini kurang cocok digunakan untuk pemula. Hal itu disebabkan chip mikrokontroler yang digunakan apabila terjadi kerusakan chip, akan sulit untuk menggantinya karena dibutuhkan keahlian khusus untuk melepas dan memasang kembali chip SMD (Surface- Mount Device).

Gambar 3. 2 Arduino Leonardo. Sumber: [www. Arduino.cc](http://www.Arduino.cc)⁶⁸



c. Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah mikrokontroler ATmega2560 berdasarkan (datasheet) memiliki 54 digital pin I/O (dimana 15 dapat digunakan sebagai output PWM), 16 analog input, 4 UART (hardware port serial), osilator Kristal 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP, dan tombol reset.

⁶⁸ <https://www.arduino.cc/> diakses pada 12 Maret 2024 Pukul 12:29 WIB.

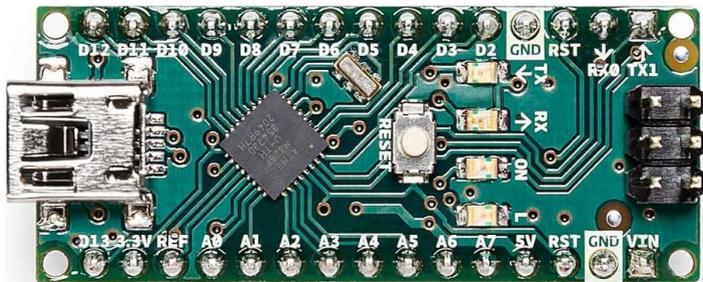
Gambar 3. 3 Arduino DUE. Sumber: [www. Arduino.cc](http://www.Arduino.cc)⁶⁹



d. Arduino Nano

Arduino Nano adalah jenis board mikrokontroler yang berbasis chip ATmega328P dengan bentuk yang sangat kecil. Secara fungsi tidak ada bedanya dengan Arduino Uno. Perbedaan utama terletak pada ketiadaan *jack power DC* dan penggunaan konektor Mini-B USB.

Gambar 3. 4 Arduino Nano. Sumber: Arduino Store⁷⁰



⁶⁹ <https://www.arduino.cc/> diakses pada 13 Maret 2024 Pukul 08:23 WIB.

⁷⁰ <https://store.arduino.cc/products/arduino-nano> diakses pada 21 Maret 2024 Pukul 21:10 WIB.

C. Komponen Instrumen Inovasi Penentu Arah Kiblat

Instrumen Inovasi arah Kiblat terdiri dari beberapa komponen sebagai berikut:

1. Arduino

Jenis Arduino yang digunakan dalam instrument inovasi arah kiblat ini adalah jenis Arduino UNO. Arduino UNO merupakan sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328 dengan spesifikasi produk sebagaimana dijelaskan pada sub bab poin sebelumnya. Arduino UNO memuat semua yang diperlukan untuk menunjang mikrokontroler. Untuk dapat menghubungkannya ke sebuah computer maka dapat memanfaatkan kabel USB.⁷¹Selain itu bisa juga menggunakan baterai atau power bank untuk mengaktifkannya. Dalam penggunaanya modul Arduino UNO disandingkan dengan sebuah bahasa pemrograman C yang dituliskan menggunakan IDE (*Integrated Development Environment*).

2. GPS NEO6MV2

GPS NEO6MV2 berfungsi sebagai penerima data GPS⁷² yang menangkap sinyal dari satelit navigasi dan memproses data lokasi. GPS NEO6MV2 dapat mendeteksi data lintang (*latitude*) dan bujur (*longitude*) suatu titik lokasi. Karena cara kerja GPS berdasarkan sinyal satelit maka penggunaannya disarankan di tempat terbuka, Jika dilakukan di dalam ruangan maka GPS tidak dapat bekerja secara optimal dan akurat.

⁷¹ Prio Handoko, "Sistem Kendali Perangkat Elektronika Monolitik Berbasis Arduino Uno R3", *Jurnal. umj.ac.id*, Seminar Nasional Sains dan Teknologi, (Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, 2017), 4.

⁷² Gps (*Global Positioning System*) adalah sistem yang digunakan untuk menentukan lokasi di permukaan Bumi dengan bantuan penyalarsan sinyal satelit. El-Rabbany Ahmed, *Introduction to GPS* (Buston: Artech House, 2002)

Modul GPS NEO6MV2 mencakup sistem navigasi, *location tracking*, sistem keamanan pada perangkat bergerak, dan yang lainnya. Modul GPS jenis ini terdiri dari 4 pin, yaitu pin VCC atau power (5 volt), pin TX (penerima data), pin RX (pengirim data), dan pin GND.

Gambar 3. 5 GPS NEO6MV2. Sumber: labelektronika.com



3. LCD

LCD atau Liquid crystal display merupakan suatu jenis media tampilan yang berfungsi untuk menampilkan gambar ataupun tulisan. Seperti layar computer ataupun televisi. Dalam modul LCD terdapat mikrokontroler dilengkapi dengan memori dan registser yang berfungsi sebagai pengendali visual karakter LCD.⁷³ Penulis menggunakan LCD Type 20x4. Yaitu memiliki 20 karakter ke arah kanan dan 4 karakter ke bawah. LCD menampilkan cahaya yang berasal dari lampu neon yang terletak di belakang susunan LCD.

⁷³ Tri Widodo dkk, “Sistem Sirkulasi Air pada Teknik Budidaya Bioflok Menggunakan Mikrokontroler Arduino UNO R3”, *Jurnal Teknik dan Sistem Komputer 1* no. 2 (2020), 35.

Gambar 3. 6 LCD 20x4. Sumber: Sinau Programming⁷⁴



4. I2C

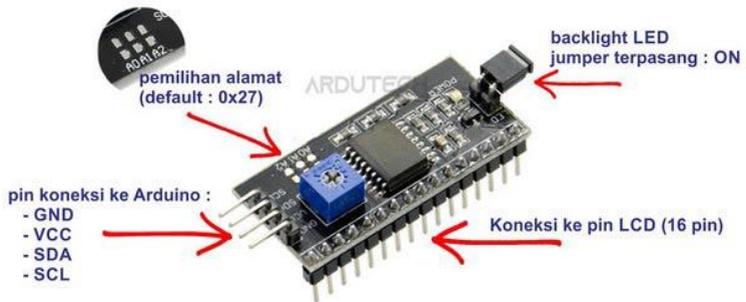
Inter Integrated Circuit atau sering disebut I2C adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didesain khusus untuk mengirim maupun menerima data. I2C dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan kabel dari LCD ke Arduino. I2C digunakan untuk kombinasi antar perangkat yang lebih cepat tanpa kehilangan data-datanya. ⁷⁵Contoh awalnya terdapat 16 kabel dapat diringkas menjadi 4 kabel. Sistem I2C terdiri dari 4 pin yaitu VCC, GND, SDA dan SCL. VCC (*Volt Common Collector*) adalah pin yang disambung dalam tegangan positif, sedangkan GND (*Ground*) adalah pin yang disambung dalam tegangan negative. Pin SDA (*Serial Data*) dan SCL (*Serial*

⁷⁴“Sinau Programming” | LCD 20x4
<https://www.sinauprogramming.com/2020/10/simulasi-menampilkan-text-lcd-20x4.html> diakses pada 14 Maret 2024 Pukul 13:40 WIB.

⁷⁵ Shivani Mehrotra and Nisha Charaya, “Design and Implementation Single Master on Fpga Using Verilog” vol 3 No. 1 (2015), 001-005

Clock) berfungsi membawa informasi data antara I2C dengan pengontrolnya.

Gambar 3. 7 LCD I2C (Inter-integrated Circuit) beserta bagian-bagiannya. Sumber: Ardutech.com⁷⁶



5. Busur Drajat Digital.

Busur derajat (*protractor*) merupakan sebuah alat yang bisa digunakan untuk mengukur dan membentuk sudut. Busur derajat digital adalah busur yang memiliki tampilan lebih modern dan terdapat sensor elektronik. Sensor elektronik ini berfungsi untuk menunjukkan hasil pengukuran sudut sehingga memiliki nilai akurasi lebih tinggi dan pasti.

⁷⁶ “LCD I2C dengan Arduino” Arduino, <https://www.ardutech.com/lcd-i2c-dengan-arduino/> di akses 14 Maret 2024 Pukul 13:49 WIB.

Gambar 3. 8 Busur drajat digital. Sumber: alatproyek.id⁷⁷



6. *Gnomon* (Tongkat).

Gnomon atau tongkat merupakan salah satu komponen yang penting dalam instrument Ilmu Falak untuk menghasilkan bayangan Matahari yang lurus dan akurat.⁷⁸ *Gnomon* adalah suatu benda yang panjang bayangannya berfungsi sebagai penunjuk jam atau waktu. Pada sekitar tahun 1450 SM *gnomon* berbentuk tugu digunakan di Mesir untuk menghitung waktu dan diatur berdasarkan penanggalan. Tahun 1000 SM di Cina *gnomon* telah digunakan sebagai alat observasi astronomi. Bahkan telah berhasil mengetahui

⁷⁷ <https://alatproyek.id/busur-derajat-digital-level-and-protractor-0-36090x4-insize-2175-360.html/> diakses pada 25 Maret 2024 Pukul 09:25 WIB

⁷⁸ Sakirman, “Spirit Budaya Islam Nusantara dalam Konstruks ‘Rubu’ Mujayyab”, *Jurnal Ilmiah Kajian Antropologi*, UNDIP,tt, 118.

solstice (titik balik Matahari) sebesar $23^{\circ} 54'$ dengan menggunakan *gnomon*. Sedikit berbeda dengan *solstice* pada zaman sekarang, yaitu $23^{\circ} 27'$.⁷⁹

7. Laser.

Laser atau *Light amplification by stimulating Emission of Radiation* merupakan mekanisme suatu alat yang memancarkan radiasi elektromagnetik, biasanya dalam bentuk cahaya yang dapat dilihat dengan mata normal melalui proses terstimulasi. Pancaran laser dikatakan baik jika frekuensi atau panjang gelombang yang dipancarkannya bersifat tunggal.⁸⁰

8. Kabel Jumper Male-Female

kabel jumper jenis ini memiliki ujung konektor yang berbeda pada tiap ujungnya, yaitu *male* dan *female*. Konektor untuk menusuk disebut *male connector* atau kabel jantan dan sebaliknya konektor yang ditusuk disebut *female connector* atau kabel betina.⁸¹ Umumnya kabel jumper male to female digunakan untuk menghubungkan komponen elektronika selain arduino ke *breadboard*.

⁷⁹ Rohr, Rene R.J., *Sundial: History, Theory and Practice*, (Toronto: University of Toronto Press, 1970), 5-6.

⁸⁰ Puji Hariati Winingsih, "Rancang Bangun Laser untuk Pembelajaran Fisika Optik dalam Menentukan Indeks Bias dan Difraksi Kisi", *Seminar Nasional Fisika dan Pembelajarannya*, (UNM Malang, 2015), 1.

⁸¹ Sherwin R.U.A Sompie Theodorus S Kalengkongan, Dringhuzen J. Mamahit, "Rancang Bangun Alat Deteksi Kebisingan Berbasis Arduino Uno", *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer* Vol.7 no. 2 (2018), 185.

Gambar 3. 9 Kabel Jumper type Male to Female. Sumber: Arduino Indonesia⁸²



Kabel Jumper yang baik yaitu kabel yang lumayan lentur dengan konektor yang cukup keras dan sulit dilepaskan dari ujung kabel. Kabel Jumper menghantarkan arus listrik dari satu komponen ke komponen lainnya yang dihubungkan. Terdapat konduktor listrik kecil pada ujung dan dalam kabel yang mempunyai fungsi penghantar listrik.

⁸² Elga Aris Prastyo, “Pengertian Jenis dan Cara Kerja Kabel Jumper Arduino”, *Arduino Indonesia Member TeknoLab* <https://www.arduinoindonesia.id/2022/11/pengertian-jenis-dan-cara-kerja-kabel-jumper-arduino.html> diakses pada 17 Maret 2024 Pukul 09:06 WIB.

D. Desain Produk Instrumen Inovasi Arah Kiblat

Pada tahap pembuatan *prototype* atau *prototyping*, seorang perancang melakukan eksperimen dan uji coba dari berbagai jenis komponen, ukuran, parameter, program komputer dan sebagainya berulang-ulang kali sehingga diperoleh kombinasi yang tepat. Perhitungan angka-angka dan rumus yang akurat bukanlah satu-satunya faktor yang menjadi kunci sukses di dalam mendesain sebuah alat. Terdapat banyak faktor eksternal yang turut berperan, sehingga proses mencoba dan menemukan/mengoreksi kesalahan perlu melibatkan hal-hal yang sifatnya non-eksakta. *Prototyping* merupakan gabungan antara akurasi perhitungan dan seni.⁸³

1. Rancangan Elektronika

Rancangan Elektronika adalah pembahasan berupa gambar yang menunjukkan alur hubungan antara beberapa modul elektronika maupun mekanika yang digunakan.⁸⁴ Pembuatan rangkaian elektronika dalam hal ini penulis menggunakan software Fritzing, yaitu salah satu perangkat lunak atau aplikasi yang bersifat *open source* pendukung terbaik untuk Arduino dalam pembuatan rangkain elektronika.⁸⁵ Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan komponen adalah kualitas bahan, tingkat kecepatan dan efektif komponen tersebut, serta bentuk dan ukuran komponen. Pemilihan rangkaian elektronika komponen-komponen dalam pembuatan sistem mengacu pada diagram blok yang sudah dibuat. Dengan memperhatikan pemilihan komponen elektronika yang sesuai dengan apa yang

⁸³ Feri Djuanji, *Pengenalan Arduino*, 2.

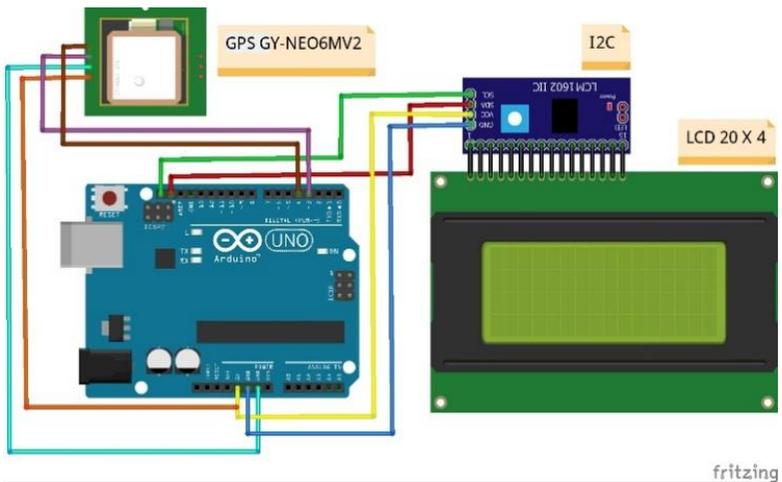
⁸⁴ Elin Gusbriana Rut Dias Valentin dkk, "Alat Uji Kadar Air Pada Buah Kakao Kering Berbasis Mikrokontroler Arduino," *Jurnal JTIKOM* 1 (2020), 29.

⁸⁵ Ping-Sung Liao, Chein-Hua Lee, "Applying Open Source Softwares Fritzing and Arduino to Course Design of Embedded Systems," *International Journal of Automation and Control Engineering* 4 (2015), 41.

dirancang diharapkan akan mendapatkan hasil yang maksimal dari segi keefektifan kinerja rangkaian elektronika.⁸⁶

Rancangan elektronika penulis buat menghubungkan beberapa modul sensor tambahan yaitu: *Pertama*, I2C yang menjadi penghubung antara Arduino uno dengan LCD 20x4, I2C memiliki 4 PIN yaitu GND, VCC, SCL dan SDA yang masing-masing PIN terkoneksi dengan Arduino Uno. *Kedua*, GPS yang memiliki 4 juga yaitu VCC, GND dan RX (PIN 4) dan TX (PIN 3). Adapun Rancangan eletronika Instrumen Inovasi Arah Kiblat penulis sebagai berikut:

Gambar 3. 10 Rancangan elektronika Instrumen Inovasi Arah Kiblat
(Sumber: Dokumen Pribadi)

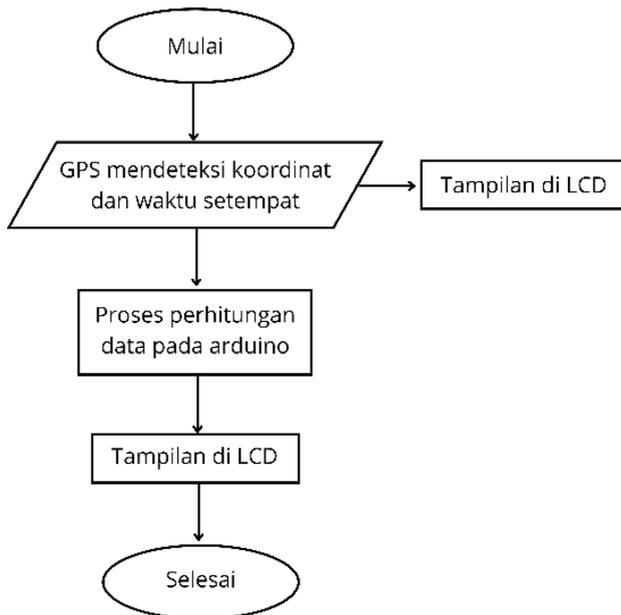


⁸⁶ M.Taufik Winata, Wahyu Tri Suweno, “Penerapan Ds3231 Untuk Pakan Ternak Otomatis Berbasis Arduino”, *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali Dan Listrik* 3 (2022), 96.

2. Diagram Alir

Diagram alir adalah jenis diagram yang mewakili algoritme, alir kerja atau proses, yang menampilkan langkah-langkah dalam bentuk simbol-simbol grafis dan biasanya disebut dengan *flowchart*. Diagram alir ini biasa digunakan untuk mendesain proses atau program sederhana. Seperti jenis diagram lainnya, diagram ini membantu menjelaskan apa yang sedang terjadi dan dengan demikian membantu mengerti sebuah proses. Dan mungkin saja menentukan kekurangan fitur, atau bagian yang kurang jelas didalam sebuah proses.⁸⁷

Gambar 3. 11 Diagram Alir Instrumen Inovasi Arah Kibalat
(Sumber: Dokumen Pribadi)



⁸⁷Ahmad Fauzan, Reza Fahlefie, "Sistem Monitoring Hidroponik Berbasis Arduino Uno", *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali dan Listrik 3* (2022), 87.

Diagram alir berfungsi sebagai deskripsi cara kerja dari Instrumen Inovasi Arah Kiblat. Ketika Arduino aktif, maka GPS akan secara otomatis aktif dan mendeteksi data koordinat dan waktu setempat. Selanjutnya Arduino akan memproses data-data tersebut dalam pemograman azimuth Kiblat dan azimuth Matahari yang telah penulis *upload* ke dalam Arduino. Selanjutnya, LCD akan menampilkan data azimuth Kiblat, azimuth Matahari dan Beda Azimuth.

E. Pemograman dan Perancangan Instrumen Inovasi Kiblat

1. Instalasi *Software* Arduino

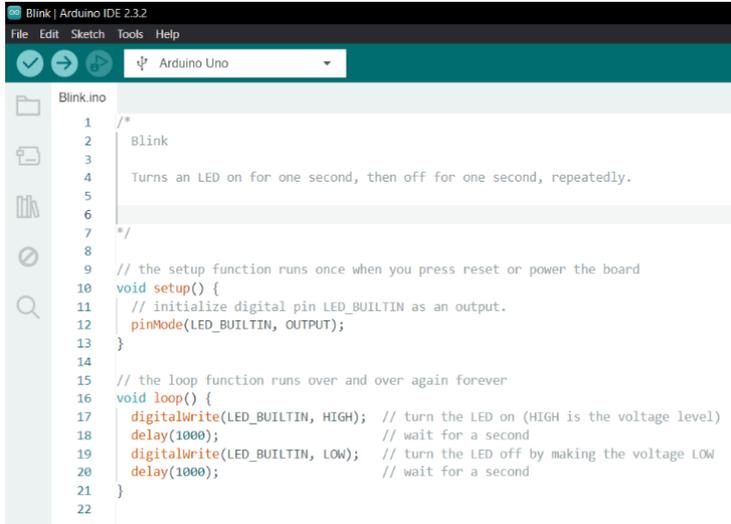
Sebelum melakukan perancangan dan pemograman Instrumen Inovasi Kiblat hal terlebih dahulu yang dilakukan adalah melakukan instalasi software arduino yaitu IDE (*Intergrated Development Environment*). *Software* IDE berisi editor teks untuk menulis kode, area pesan, konsol teks, toolbar dengan tombol untuk fungsi-fungsi umum dan serangkaian menu.⁸⁸ Program yang ditulis menggunakan Arduino Software (IDE) disebut *sketches*. *Sketches* ini ditulis dalam editor teks dan disimpan dengan ekstensi file *.ino*. Editor ini memiliki fitur untuk memotong (*cut*), menempelkan (*paste*), dan pencarian atau mengganti teks.

Bagian pesan berisikan umpan balik saat menyimpan dan mengekspor dan juga menampilkan kesalahan. Konsol menampilkan output teks dengan Arduino Software (IDE), termasuk pesan kesalahan yang lengkap dan informasi lainnya. Sudut kanan bawah jendela menampilkan papan konfigurasi dan port serial. Tombol *toolbar* memungkinkan untuk

⁸⁸ Program Studi Informatika, *Modul Praktikum Mikrokontroler*, (Tangerang, Universitas Pembangunan Jaya, tt), 4.

memverifikasi dan mengunggah program, membuat, membuka, dan menyimpan *sketches*, serta membuka monitor serial.⁸⁹

Gambar 3. 12 Contoh Sketches Arduino program basic blink(Sumber: Dokumen Pribadi)



```
1 /*
2   Blink
3
4   Turns an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.
5
6
7 */
8
9 // the setup function runs once when you press reset or power the board
10 void setup() {
11   // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
12   pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
13 }
14
15 // the loop function runs over and over again forever
16 void loop() {
17   digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
18   delay(1000); // wait for a second
19   digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
20   delay(1000); // wait for a second
21 }
22
```

Pembuatan program yang dilakukan pada Arduino IDE atau *sketch* pada umumnya akan dituliskan pada dua bagian utama Arduino IDE, yaitu pada bagian:

a. Void Setup

Bagian utama pertama adalah bagian yang biasanya digunakan oleh pemrogram untuk melakukan penulisan perintah proses inisialisasi program, seperti `pinMode()`, `Serial.begin()`, `LCD.begin()`, `LCD.clear` dan perintah lainnya.

b. Void Loop

⁸⁹ Program Studi Informatika, *Modul Praktikum*, 4.

Bagian utama kedua adalah bagian yang berisikan program utama yang nantinya akan dieksekusi secara berulang oleh pemroses yang terdapat dalam papan sirkuiti Arduino UNO, yaitu mikrokontroler Atmega328P. Bagian yang tak kalah penting dari proses pemrograman *sketches* adalah bagaimana menampilkan hasil operasi/proses pengolahan yang dilakukan oleh mikrokontroler Atmega328P yang terdapat dalam modul Arduino UNO. Terkait hal ini maka Arduino IDE menyertakan sebuah fitur yang dinamakan dengan *serial monitor* yang berfungsi untuk menunjukkan hasil pengolahan mikrokontroler Atmega328P yang pada umumnya digunakan sebagai alat bantu pengujian validitas hasil pengolahan.

Adapun langkah-langkah instalasi IDE adalah sebagai berikut;

- a. *Board* Arduino uno terlebih dahulu dihubungkan dengan laptop atau komputer. Lampu LED berwarna merah pada *board* Arduino akan menyala secara otomatis ketika disambungkan dengan komputer atau laptop.
- b. Install Software Arduino yaitu IDE (*Intergrated Development Environment*) dapat didownload di website resmi Arduino secara gratis. (<https://www.arduino.cc/en/software>). Hal yang perlu diperhatikan ketika mendownload IDE, sesuaikan dengan sistem operasi komputer yang digunakan. Misalnya, seperti yang digunakan oleh penulis yaitu *Windows Win 10*. Setelah selesai terdownload aplikasi Arduino, buka file IDE dan lakukan proses instalisasi serta ikuti setiap langkah yang muncul pada proses instalisasi.

Gambar 3. 13 Pilihan download IDE untuk beberapa sistem operasi komputer (Sumber: <https://www.arduino.cc/en/software>)



Arduino IDE 2.3.2

The new major release of the Arduino IDE is faster and even more powerful! In addition to a more modern editor and a more responsive interface it features autocompletion, code navigation, and even a live debugger.

For more details, please refer to the [Arduino IDE 2.0 documentation](#).

Nightly builds with the latest bugfixes are available through the section below.

SOURCE CODE
The Arduino IDE 2.0 is open source and its source code is hosted on [GitHub](#).

DOWNLOAD OPTIONS

- Windows** Win 10 and newer, 64 bits
- Windows** MSI installer
- Windows** ZIP file
- Linux** AppImage 64 bits (x86_64)
- Linux** ZIP file 64 bits (x86_64)
- macOS** Intel, 10.15 "Catalina" or newer, 64 bits
- macOS** Apple Silicon, 11 "Big Sur" or newer, 64 bits

Release Notes

2. Instalasi Library Tambahan

Library adalah kumpulan kode yang memudahkan pengguna Arduino terhubung ke sensor, layar, modul, dll. Misalnya, perpustakaan Liquid Crystal memudahkan untuk berkomunikasi dengan layar LCD karakter.⁹⁰ Ada beberapa kasus pemrograman Arduino membutuhkan *library* tambahan ketika sebelum di-*upload* ke IDE. *Library* tambahan dapat di-*install* melalui aplikasi Arduino yang terhubung dengan internet. Aplikasi IDE sudah menyediakan *library* tambahan pada *library Manager*. Namun, tidak semua *library* tambahan dapat ditemukan di *library Manager*. Sehingga beberapa *library* tambahan lainnya harus dicari melalui internet. Misalnya *library* tambahan yang digunakan penulis untuk modul GPS yaitu TinyGPS++.h. Adapun library tambahan penulis gunakan yaitu:

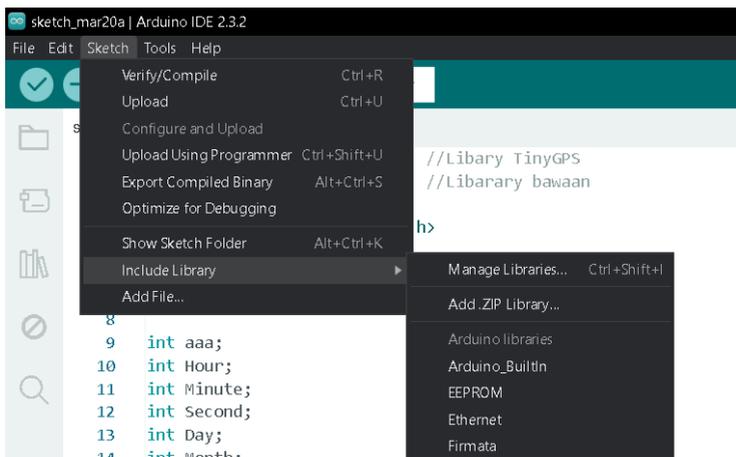
⁹⁰ Arduino, "Installing Libraries", diakses 29 Maret 2024, <https://docs.arduino.cc/software/ide-v1/tutorials/installing-libraries/>.

- a. TinyGPS++.h⁹¹
- b. LiquidCrystal_I2C.h⁹²

Kemudian langkah-langkah penambahan library pada IDE Arduino antara lain:

- a. Buka Aplikasi IDE lalu pilih menu *Sketch*.
- b. Pilih *Include Library* kemudian pilih *Add Zip Library* lalu klik *Select a Zip*
- c. Pilih *file zip* yang telah disiapkan lalu klik *Open*.
- d. Setelah proses *Install* selesai. Maka *file library* akan muncul tanda *INSTALLED*. Sehingga *library* tersebut dapat digunakan.

Gambar 3. 14 Instalasi Library Tambahan (Sumber: Dokumen Pribadi)



⁹¹ Dapat didownload di cristiansteib, "GPS-neo-6m" diakses 29 Maret 2024, <https://github.com/cristiansteib/GPS-neo-6m>.

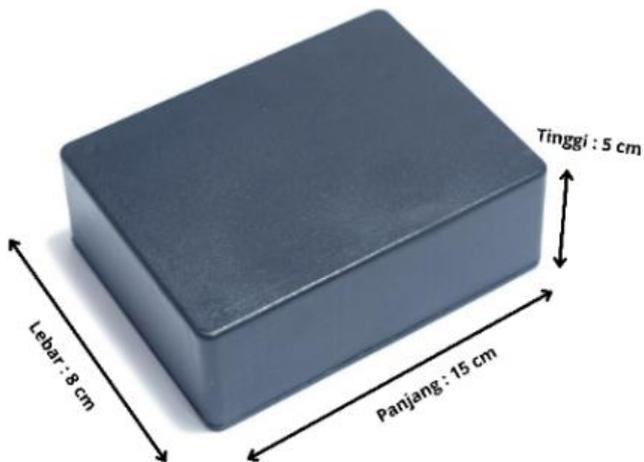
⁹² Dapat didownload di Frank De Brabander, "Arduino-LiquidCrystal-I2C-library", diakses 29 Maret 2024, <https://github.com/fdebrabander/Arduino-LiquidCrystal-I2C-library>.

3. Perancangan dan Pemograman Instrumen Inovasi Arah Kiblat

Adapun langkah-Langkah perancangan dan pemograman instrument inovasi arah Kiblat antara lain:

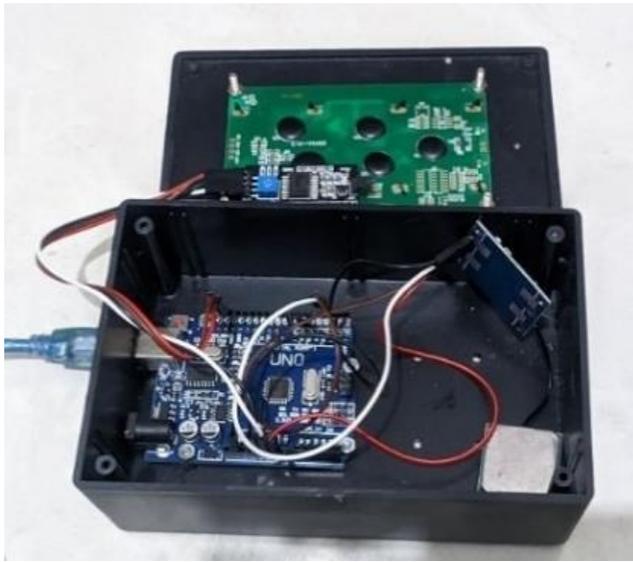
- a. Penulis menggunakan kotak proyek sebagai wadah tempat Arduino dan komponen-komponen tambahan yang ditempelkan menggunakan baut dan mur.

Gambar 3. 15 Kotak proyek (Sumber: Dokumen Pribadi)



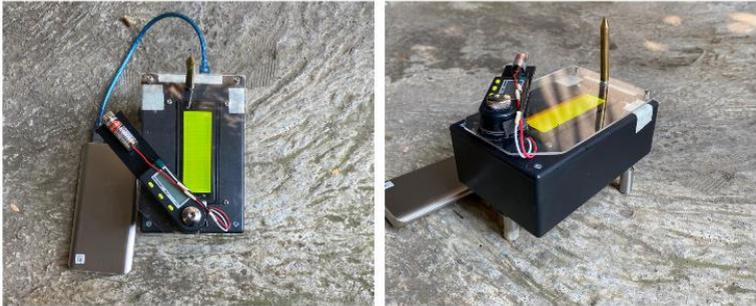
- b. Merakit Instrumen Inovasi Arah Kiblat dengan cara menghubungkan semua komponen tambahan yaitu LCD, I2C dan GPS ke board Arduino uno sesuai dengan rancangan elektronika yang telah penulis buat menggunakan metode fritzing.

Gambar 3. 16 Penampakan Instalasi Instrumen Inovasi Arah Kiblat (Sumber: Dokumen Pribadi)



- c. Pada bagian LCD+I2C dan GPS diberikan tegangan masing-masing 5 volt / VCC.
- d. Setelah semua tersambung, *upload* program Instrumen Inovasi arah Kiblat (Tertera di Lampiran) pada IDE agar GPS dapat berjalan dan mendeteksi koordinat dan waktu setempat. Waktu yang disediakan modul GPS adalah *Universal Time*, sehingga untuk menyesuaikan waktu setempat perlu ditambahkan dengan zona waktu tempat alat akan digunakan. Dalam hal ini peneliti menggunakan zona waktu Indonesia barat (UT+7). Waktu dan koordinat inilah yang nantinya menjadi inputan untuk menghitung azimuth Kiblat dan azimuth Matahari secara *real time*.

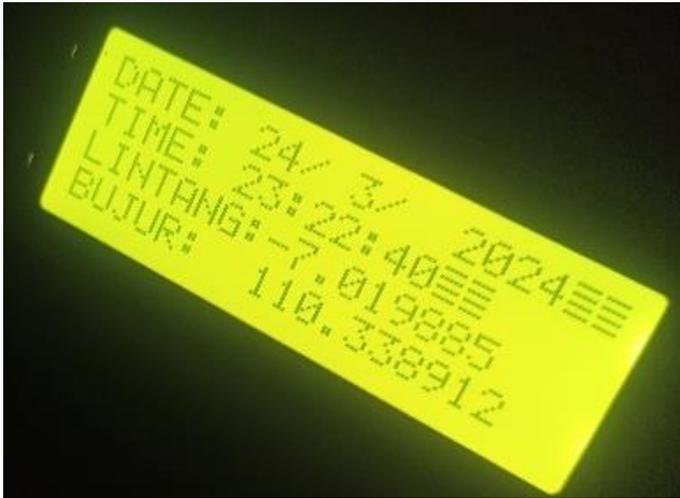
Gambar 3. 17 Foto produk Instrumen Inovasi (Sumber: Dokumen pribadi)



4. Uji Coba Pemakaian produk pertama

Berdasarkan pengujian ini ditemukan beberapa temuan. *Pertama*, pada awalnya waktu yang digunakan dalam instrumen inovasi masih menggunakan waktu GMT, oleh karena itu, penulis memberikan koreksi waktu yaitu +7 jam (WIB). *Kedua*, di beberapa kesempatan masih terdapat selisih waktu yang cukup signifikan pada layar LCD yang ditampilkan ketika dicocokkan dengan data waktu pada jam BMKG. Hal ini terjadi terutama ketika alat baru saja dihidupkan, seiring berjalannya waktu yang ada pada instrumen akan menyesuaikan dengan berjalan atau berjalan lebih cepat. Sehingga meski pada akhirnya nilai waktu akan bertemu sama dititik tertentu namun di beberapa kesempatan akan didapati waktu memiliki selisih.

Gambar 3. 18 Uji Coba pengecekan data waktu dan data koordinat tempat. (Sumber: Dokumentasi Pribadi)



Ketiga, Oleh karena data waktu jam dan menit pada beberapa kesempatan terdapat selisih maka hal ini mempengaruhi nilai azimuth Matahari. Selisih nilai azimuth bervariasi. Lompatan data pertama dan kedua tidak selalu sama dengan data selanjutnya. Selain itu arduino tidak dapat menampilkan data bit angka yang banyak sehingga pada beberapa kesempatan terdapat pembulatan secara otomatis. Menurut Lawrence hal ini dapat disebabkan oleh kalibrasi selain itu mungkin juga dipengaruhi oleh bias tegangan sensor.⁹³

Berdasarkan hasil diskusi dan wawancara dengan beberapa ahli penulis mendapati banyak masukan perbaikan mengenai instrument inovasi penentu arah kiblat ini. Penulis melakukan kalibrasi ulang dan pengecekan kembali program

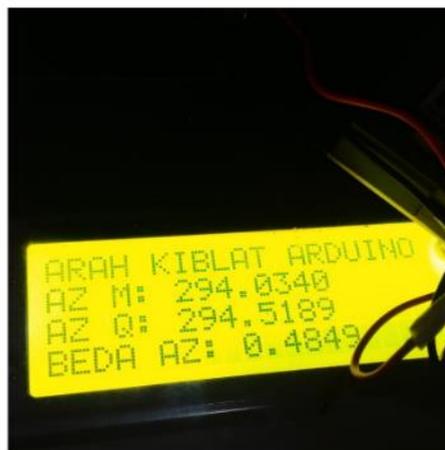
⁹³ Hasil wawancara dan diskusi dengan Lawrence Adi Supriyono melalui Whatsapp pada 25 Maret 2024 Pukul 17:00 WIB.

perhitungan pada arduino. Masukan dan perbaikan dari pada ahli ini sangat membantu penulis dalam perancangan instrument inovasi menjadi lebih baik dari sebelumnya.

Gambar 3. 19 Uji Coba pengecekan data azimuth matahari, data azimuth kiblat dan beda azimuth (Sumber: Dokumentasi Pribadi).



tampilan sebelum revisi



tampilan setelah revisi

BAB IV

ANALISIS AKURASI INSTRUMEN INOVASI ARAH PENENTU KIBLAT

Data Analisis yang penulis gunakan pada bab ini merupakan data hasil uji pemakaian produk final. Setelah uji coba pertama masih ditemukan beberapa temuan error. Penulis mendapatkan solusi berdasarkan diskusi-diskusi dengan beberapa teman ahli, sehingga dapat dilakukan perbaikan terhadap koreksi-koreksi sebelumnya.

A. Uji Ahli Instrumen Inovasi Penentu Arah Kiblat

1. Uji Ahli Bidang Elektro dan Robotik

Sebagaimana penelitian R&D lainnya Penulis melakukan uji ahli oleh beberapa ahli sesuai bidangnya. Pada bidang robotik ahli yang melakukan pengujian adalah Lawrence Adi Supriyo, S.Kom., M.T. Lawrence Merupakan founder dari salah satu komunitas robotik yang bernama **“Twobee Bot”**. Lawrence juga merupakan seorang dosen computer software maupun hardware dan *conten creator*. Lebih dari 4 tahun aktif mengajar Ilmu Digital, Jaringan, Mikrokontroller, Pemograman dan Robotik. Saat ini Lawrence tengah mengajar di Universitas Jakarta Internasional

Penulis melakukan pengujian ahli melalui zoom meeting pada tanggal 17 Mei 2024, pukul 20.00 WIB. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, Lawrence sangat mengapresiasi trobosan penelitian ini berupa rancang bangun sebuah instrument inovasi arah kiblat khususnya bagi pemula seperti penulis, penguji juga menyarankan sebaiknya menggunakan aplikasi text editor yang bertipe Arduino IDE 2.3.2. IDE ini merupakan versi terbaru dari Arduino IDE yang lebih cepat dan bahkan lebih bertenaga, Arduino IDE 2.3.2. juga memiliki

tampilan antarmuka yang lebih modern dan responsif, ia memiliki fitur koreksi otomatis, navigasi kode, dan bahkan *debugger* langsung.

Terkait hasil data pengujian yang bervariasi, Lawrence menjelaskan bahwa ada keterbatasan bit angka di Arduino, Jadi misalkan ada angka yg harusnya 123,98764321 tapi di arduino itu bacanya bisa 124..., Sehingga banyak angka yang dibulatkan secara otomatis.

Oleh karena itu, untuk mengatasi hal tersebut penulis melakukan kalibrasi pada instrument arah kiblat agar hasil data yang didapatkan memiliki tingkat akurat yang baik dan tepat.

2. Uji Ahli Bidang Ilmu Falak dan Astronomi

Pada pengujian ahli bidang Astronomi dan Ilmu Falak Instrumen Inovasi diuji oleh Dr. Eng. Rinto Anugraha, NQZ, S.Si, M.Si. Saat ini, Rinto Anugraha merupakan dosen Astrofisika di UIN Walisongo Semarang. Fokus pengujian ini adalah data data perhitungan Instrumen Inovasi. Seperti data waktu, data koordinat tempat, data azimuth kiblat, data azimuth matahari dan data beda azimuth.

Penulis telah melakukan pengujian bertempat di gedung ISDB Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang ruang 103 pada 11 Mei 2024 pukul 10:35 WIB sampai dengan pukul 11:00 WIB. Berdasarkan hasil pengujian ahli terdapat beberapa data hasil yang perlu di cek kembali rumus perhitungannya, contoh pada data azimuth matahari yang masih terdapat selisih pada satuan menit. Selain daripada itu pengujian juga melakukan cek ulang rumus pemograman yang dimasukkan ke dalam Arduino. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat kesalahan input rumus.

Menurut Rinto Anugraha terkait pemograman dan data perhitungan yang penulis lakukan sudah sama ketika

disandingkan dengan rumus perhitungan yang ada pada buku Mekanika Benda Langit. Namun ditemukan masih terdapat selisih pada hasil perhitungan kemungkinan disebabkan oleh keterbatasan arduino dalam menampilkan data. Sehingga perlu adanya kalibrasi untuk meminimalisir nilai selisih data. Foto dokumentasi uji ahli *terlampir*.

B. Uji Instrumen Inovasi Penentu Arah Kiblat

1. Akurasi Waktu

Pada proses uji data waktu, penulis membutuhkan sumber referensi sebagai pembanding. Penulis menggunakan jam BKMKG online sebagai pembanding data waktu pada instrument inovasi. Jam BMKG online dikatakan sebagai server NTP (*Network Time Protocol*) yang digunakan untuk memantau waktu secara akurat dan synchronisasi dengan waktu global. Karena itu, akurasi jam BMKG online dipastikan akurat karena berbasis teknologi NTP yang dipantau secara global dan dijamin oleh BMKG sebagai badan meteorologi resmi Indonesia.⁹⁴

Gambar 4. 1 Tampilan Jam BKMKG Online (Sumber : <https://jam.bmkg.go.id/Jam.BMKG>)



⁹⁴ Hendra Suwarta Suprihatin, *Standar Waktu Indonesia*, (Jakarta: BMKG, 2017), 1.

Penulis telah melakukan pengujian data waktu Pada 15 April 2024 bertempat di Masjid Agung Jawa Tengah. Adapun data hasil pengujian waktu Instrumen Inovasi yang penulis lakukan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Perbandingan data waktu Jam BMKG dan Instrumen Inovasi

NO	JAM BMKG	INSTRUMEN INOVASI	SELISIH
1	14:40:47	14:40:45	0:00:02
2	14:42:12	14:42:06	0:00:06
3	14:43:37	14:43:30	0:00:07
4	14:45:02	14:44:58	0:00:04
5	14:46:27	14:46:20	0:00:07
6	15:29:18	15:29:14	0:00:04
7	15:30:47	15:30:40	0:00:07
8	15:31:50	15:31:42	0:00:08
9	15:32:24	15:32:15	0:00:09
10	15:33:43	15:33:35	0:00:08
NILAI RATA-RATA			0:00:06

Penulis menemukan bahwa waktu yang berjalan pada sistem arduino tidak selalu tepat. Ditemukan ketika program sedang berjalan, waktu yang ditampilkan pada satuan detik kurang stabil. Hal tersebut dikarenakan sistem arduino memiliki keterbatasan dalam menampilkan waktu setiap detik. Pada hasil pengujian diperoleh selisih paling banyak adalah 9 detik lebih lambat pada pukul 15:32:15 WIB. Perbedaan 9 detik ini tidak terlalu mempengaruhi perhitungan posisi Matahari.

Berdasarkan tabel di atas dapat disimpulkan bahwa tingkat akurasi data waktu pada instrument inovasi dapat dikatakan akurat dengan nilai rata-rata selisih hanya mengalami perbedaan bagian detik saja yaitu 00:00:06.

2. Akurasi Data Koordinat Tempat

Salah satu teknologi program komputer yang bisa digunakan untuk mendeteksi lintang tempat dan bujur tempat di seluruh penjuru dunia adalah teknologi *Google Earth*. Lintang tempat dan bujur tempat merupakan data-data yang harus dipakai untuk perhitungan arah kiblat. *Google Earth* adalah perangkat lunak gratis (*freeware*) yang disediakan perusahaan *Google Inc* sejak tahun 2004 sebagai bagian sosialisasi pemahaman geografis bagi penggunaanya secara langsung, dengan memanfaatkan citra-citra dari satelit penginderaan jauh pada spektrum cahaya visual. *Google Earth* bisa diunduh langsung lewat <http://earth.google.com>, setelah proses instalasi bisa langsung digunakan, sepanjang komputer yang dipakai terhubung dengan jaringan internet.⁹⁵

Gambar 4. 2 Tampilan Google Earth (Sumber: Google Earth Pro)



⁹⁵ Zainul Arifin, "Akurasi Google Earth Dalam Pengukuran Arah Kiblat", Ulumuddin: Jurnal Ilmu-ilmu 7 No. 2017: 140.

Aplikasi *Google Earth* cukup bervariasi, mulai dari penggunaan sederhana, seperti menentukan koordinat dan elevasi tempat, mengukur jarak antara dua tempat, memahami jaringan jalan raya dan kepadatan lalu lintas perkotaan, memahami elevasi pada satu tempat tertentu, mengenali lokasi-lokasi yang lebih gelap dan relatif terbebas dari polusi cahaya, hingga penggunaan yang lebih kompleks.⁹⁶

Bahwa informasi titik koordinat pada *Google Earth*, bukan informasi dari citra satelit yang sebenarnya. Akan tetapi hanya program yang sudah dibuat oleh perusahaan *Google*.⁹⁷ Aplikasi *Google Earth* inilah yang penulis gunakan sebagai data parameter perbandingan dengan data koordinat tempat Instrumen Inovasi. Untuk lokasi pengujian data koordinat tempat penulis menggunakan beberapa lokasi tempat yang berbeda agar data yang dihasilkan bisa bervariasi.

Penulis telah melakukan pengujian data waktu Pada 15 April 2024. Adapun data-data hasil pengukuran penulis lakukan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Perbandingan data koordinat tempat *Google Earth* dan Instrumen Inovasi

NO	NAMA TEMPAT	GOOGLE EARTH		INSTRUMEN INOVASI		SELISIH LINTANG	SELISIH BUJUR
		LINTANG	BUJUR	LINTANG	BUJUR		
1	Masjid Agung Jawa Tengah	-6° 59' 01,14" LS	110° 26' 44,63 BT	-6° 59' 00,56" LS	110° 26' 44,11" BT	0° 00' 0,58"	0° 0' 0,52"
2	Masjid Baiturrahman	-6° 59' 20,07" LS	110° 25' 19,44" BT	-6° 59' 21,24" LS	110° 25' 19,85" BT	0° 00' 1,17"	0° 0' 0,41"
3	Masjid Kampus 3 UIN Walisongo	-6° 59' 01,54" LS	110° 21' 29,04" BT	-6° 59' 01,15" LS	110° 21' 30,7" BT	0° 00' 0,39"	0° 0' 1,66"
4	Mushollatorium at-Ta'iqy Pongpes Life Skill Daarun Najaah	-6° 59' 29,15" LS	110° 19' 34,49" BT	-6° 59' 30" LS	110° 19' 36,43" BT	0° 00' 0,85"	0° 0' 1,94"
NILAI RATA-RATA						0° 00' 0,75"	0° 0' 1,13"

⁹⁶ Muh. Ma'rufin Sudibyo, *Sang Nabi Pun Berputar Arah Kiblat Dan Tata Cara Pengukurannya*, (Solo: Tinta Medina, 2011), 131.

⁹⁷ Zainul Arifin, "Akurasi *Google Earth* Dalam, 141.

Berdasarkan data perbandingan koordinat tempat diatas ditemukan data bahwa selisish rata-rata nilai lintang tempat sebesar 0,75” dengan selisih terbanyak ditemukan di Masjid Baiturrahman sebesar 1,17”. Kemudian selisih rata-rata nilai bujur tempat sebesar 1,13” dengan selisih terbesar ditemukan di Mushollatorium at-Taqiy Ponpes Life Skill Daarun Najaah Semarang sebesar 1,94”.

Jika diasumsikan nilai keliling bumi adalah 40.075 km, maka setiap selisih 1” sama dengan 308,7 meter. Perbedaan rata-rata koorndinat lintang setara dengan selisih 231 meter dan rata-rata selisih koordinat garis bujur 348 meter.

3. Akurasi Data Hasil Perhitungan

a. Perhitungan Azimuth Kiblat

Selama ini, penentuan arah kiblat suatu tempat didasarkan pada asumsi bahwa Bumi berbentuk bola dengan jari-jari bumi bernilai tetap. Jarak antara pusat bumi ke ekuator sama dengan dengan jarak antara pusat bumi ke kutub. yaitu sebesar nilai rata-rata 6371 km. Rumus untuk menentukan arah kiblat dihasilkan dari beberapa rumus trigonometri bola.⁹⁸

Selain asumsi Bumi berbentuk bola, pada tahun 1975, Vincenty memperkenalkan pendekatan yang lebih akurat tentang Bumi yang diasumsikan berbentuk ellipsoid. Bumi dengan bentuk ellipsoid memiliki jarak yang tidak sama antara jarak dari pusat Bumi ke ekuator dengan jarak dari pusat Bumi ke kutub. Jarak pusat Bumi ke ekuator sedikit lebih besar daripada jarak pusat bumi ke kutub. Untuk melakukan perhitungan arah kiblat berdasarkan referensi

⁹⁸ Rahman Helmi dkk, "Akurasi Setting Out Arah Kiblat Metode Bidang Bola Dan Ellipsoid Dengan Metode Rasyd Al-Qiblah", *Interdisciplinary Explorations in Research Journal (IERJ)* 2 No. 1 2024: 284.

Bumi bidang ellipsoid ini. diperkenalkan rumus Vincenty^{99, 100}.

Jika pada rumus Vincenty tersebut diisikan nilai f tepat sama dengan nol (atau bumi diasumsikan bola sempurna), azimuth arah kiblat akan sama seperti yang dihitung dengan metode bumi sebagai bola. Jadi yang membedakan rumus arah kiblat antara Vincenty dengan rumus arah kiblat selama ini hanya nilai f saja. Rumus arah kiblat selama ini seolah-olah menggunakan rumus Vincenty tetapi diisi nilai $f = 0$. Sedangkan untuk rumus Vincenty pada kasus bumi kita, nilai f diisi = 0,00335. Menariknya juga, jika nilai f divariasikan, maka selisih azimuth arah kiblat antara metode biasa dengan metode Vincenty juga bervariasi. Jika f semakin besar, selisih nilainya juga akan semakin besar secara linear atau proporsional.¹⁰¹

Adapun perbandingan hasil perhitungan azimuth kiblat Instrumen Inovasi dengan metode rumus segitiga bola dan vincy dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 3 Hasil Perbandingan azimuth kiblat inovasi instrumen arah kiblat

NO	NAMA TEMPAT	SPHERICAL TRIGONOMETRY	VINCENY	INSTRUMEN INOVASI	SELISIH SPHERICAL TRIGONOMETRY	SELISIH VICENY
1	Masjid Agung Jawa Tengah	294° 29' 38.68"	294° 22' 11.63"	294° 29' 34"	0° 0' 4,68"	0° 7' 12,37"
2	Masjid Baiturrahman Simpang Lima	294° 30' 03.26"	294° 22' 36.00"	294° 30' 5"	0° 0' 1,74"	0° 7' 29"

⁹⁹ Rumus lengkap vincy dapat dilihat di Lampiran .

¹⁰⁰ T. Vincenty, "Direct and Inverse Solution of Geodesics on the Ellipsoid with Application u Nested Equations", Survey Review, XXII, 176, Apai 19/5, 1. 88-90.

¹⁰¹ Rinto Anugraha, "Arah kiblat dengan metode Vincenty" di akses 13 Mei 2024, <https://rintoanugraha.staff.ugm.ac.id/arah-kiblat-dengan-metode-vincy/>

3	Masjid Walisongo Kampus 3 Uin Walisongo	294° 31' 06.18"	294° 23' 38.48"	294° 31' 11"	0° 0' 4,82"	0° 7' 32,52"
4	Mushollatorium at- Taqiy Ponpes Life Skill Daarun Najaah	294° 31' 26.11"	294° 23' 58.30"	294° 30' 30"	0° 0' 3,89"	0° 6' 41,7"
NILAI RATA-RATA					0° 0' 3,78"	0° 7' 13,9"

Perhitungan azimuth kiblat yang penulis gunakan adalah rumus trigonometri bola. Pada tampilan layar LCD Instrument Inovasi angka azimuth kiblat menggunakan 4 angka desimal dengan pertimbangan detail akurasi perhitungan. Sehingga untuk mengetahui selisih angka dengan data pembanding seperti pada tabel di atas penulis perlu mengubah ke satuan derajat.

Berdasarkan data pengujian di atas ditemukan bahwa selisih nilai azimuth kiblat antara instrument inovasi dengan rumus spherical trigonometry hanya dikisaran detik. Selisih terbanyak pada data azimuth kiblat Masjid Kampus 3 UIN Walisongo sebesar 4,82". Sedangkan selisih azimuth kiblat instrument inovasi dengan rumus vincenty terhitung mulai dari satuan menit. Selisih terbanyak ditemukan pada azimuth kiblat Masjid Kampus 3 UIN Walisongo sebesar 7' 32,52".

b. Perhitungan Azimuth Matahari

Penulis melakukan perbandingan data Matahari pada instrumenn inovasi dengan algortima VSOP87. Dikarenakan alogritma merupakan perhitungan astronomi dengan tingkat akurasi sangat tinggi ($< \pm 0.001^\circ$) dengan periode lebih panjang. Tabel-tabel data yang diperlukan tidaklah ditampilkan sepenuhnya dalam tulisan, tapi dapat merujuk Meeus (1998). Pada awalnya ilmuwan yang Bernama Bretagnon (1982) telah menyusun *Variations Seculaires des Orbites Planetaires Theory* (VSOP) dan disempurnakan

oleh Bretagnon dan Francou tahun 1987 atau sering disebut VSOP87.¹⁰²

Penulis melakukan pengujian data Matahari Instrumen Inovasi pada tanggal 07 Mei 2024 di Masjid Walisongo Kampus 3 UIN Walisongo Semarang dengan lintang tempat: $-6^{\circ} 59' 01,15''$ LS dan bujur tempat: $110^{\circ} 21' 30,7''$ BT Adapun perbandingan hasil perhitungan azimuth Matahari Instrumen Inovasi dan algoritma VSOP87 dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 4 Perbandingan data azimuth Matahari Instrumen Inovasi dan algoritma VSOP87.

NO	JAM	VSOP87	INSTRUMEN INOVASI	SELISIH
1	10:00	44° 17' 45.1"	44° 16' 07.56"	0° 1' 37.54"
2	10:01	43° 59' 44.4"	43° 57' 11.4"	0° 2' 33"
3	10:02	43° 41' 32.4"	43° 34' 24.48"	0° 7' 7.92"
4	10:03	43° 23' 08.9"	43° 20' 00.72"	0° 3' 8.18"
5	10:04	43° 04' 33.8"	42° 57' 48.48"	0° 6' 45.32"
6	10:05	42° 45' 47.1"	42° 37' 59.4"	0° 7' 47.7"
7	10:06	42° 26' 48.5"	42° 15' 31.56"	0° 11' 16.94"
8	10:07	42° 7' 38.1"	41° 56' 46.56"	0° 10' 51.54"
9	10:08	41° 48' 15.6"	41° 34' 18.72"	0° 13' 56.88"
10	10:09	41° 28' 41"	41° 17' 3.72"	0° 11' 37.28"
11	10:10	41° 8' 54.1"	40° 56' 41.88"	0° 12' 12.22"
12	10:11	40° 48' 54.9"	40° 38' 56.4"	0° 9' 58.5"
13	10:12	40° 28' 43.3"	40° 21' 5.76"	0° 7' 37.54"
14	10:13	40° 8' 19.1"	39° 58' 6.36"	0° 10' 12.74"
15	10:14	39° 47' 42.2"	39° 35' 19.2"	0° 12' 23"

¹⁰² Dhani Herdiwijaya, "Igoritma Perhitungan Posisi Matahari dan Bulan", diakses 13 Mei 2024, <https://www.nu.or.id/opini/algorithm-perhitungan-posisi-matahari-dan-bulan-YnjPf>

NO	JAM	VSOP87	INSTRUMEN INOVASI	SELISIH
16	10:15	39° 26' 52.5"	39° 23' 35.64"	0° 3' 16.86"
17	10:16	39° 5' 50"	38° 57' 19.08"	0° 8' 30.92"
18	10:17	38° 44' 34.5"	38° 41' 13.68"	0° 3' 20.82"
19	10:18	38° 23' 6"	38° 18' 24.6"	0° 4' 41.4"
20	10:19	38° 1' 24.3"	37° 57' 32.52"	0° 3' 51.78"
21	10:20	37° 39' 29.3"	37° 34' 10.02"	0° 5' 19.28"
NILAI RATA-RATA				0° 7' 31.78"

Program perhitungan yang penulis gunakan dalam mencari nilai azimuth Matahari yaitu menggunakan algoritma Jean Meeus yang terdapat dalam buku Mekanika Benda Langit karya Rinto Anugraha. Sama halnya dalam data azimuth kiblat, nilai azimuth Matahari yang ditampilkan dalam Layar LCD Instrumen Inovasi berupa angka decimal. Sehingga untuk mempermudah melakukan analisis penulis perlu mengubah data ke dalam satuan derajat.

Berdasarkan data perbandingan nilai Azimuth Matahari antara Instrumen Inovai dengan VSOP87 diperoleh data selisih terbesar ditemukan pada pukul 10:08 WIB dengan nilai sebesar 0° 13' 56.88". Sebagaimana data keseluruhan pengujian Azimuth Matahari pada tanggal 7 Mei 2024 di atas ditemukan hasil selisih rata-rata sebesar 0° 7' 31.78".

Selain itu, pada pengujian ini penulis juga mendapati bahwa sistem arduino memiliki keterbatasan penulisan tipe data. Pada waktu-waktu tertentu pada proses perhitungan sistem terpaksa membulatkan nilai data, sehingga nilai yang muncul bisa jadi lebih besar atau lebih kecil dari nilai yang sebenarnya. Sebagaimana selisih rata-rata di atas angka 7' 31,78" tidak terlalu berpengaruh untuk melakukan pengukuran pada instrument inovasi.

4. Akurasi Hasil Pengukuran Arah Kiblat Instrumen Inovasi

Pengujian terakhir adalah pengujian pengukuran arah kiblat Instrumen Inovasi penulis dengan membandingkan hasil pengukurannya dengan *Theodolite*. dikarenakan *Theodolite* dianggap sebagai alat yang paling akurat diantara metode-metode yang sudah ada dalam penentuan arah kiblat. Dengan bantuan gerakan benda langit yaitu Matahari, *Theodolite* dapat menunjukkan sudut hingga satuan detik busur. Mengetahui posisi Matahari yaitu dengan mempertimbangkan Azimuth Matahari, maka utara sejati dan Azimuth kiblat dapat dikethui secara akurat.¹⁰³

Theodolite merupakan sebuah alat yng dilengkapi teropong yang mempunyai pembesaran lensa yang bervariasi juga ada sebagiannya yang sudah menggunakan laser untuk mempermudah dalam penunjukan garis kiblat.¹⁰⁴

Uji pengukuran arah kiblat dilakukan di Masjid Kampus 3 UIN Walisongo Semarang. Adapun data perbandingan pengukuran arah kiblat Instrumen Inovasi dengan *Theodolite* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Perbandingan data pengukuran arah kiblat Instrumen Inovasi dan theodolite berdasarkan data beda azimuth

NO	JAM PENGUJIAN	THEODOLITE	INOVASI INSTRUMEN	SELISIH
1	9:35	243° 41' 38.2"	243° 44' 22.56"	0° 2' 44.36"
2	9:40	244° 50' 31.5"	244° 50' 56.04"	0° 0' 24.54"
3	9:45	246° 05' 10.5"	246° 04' 15.45"	0° 0' 55.05"
4	9:50	247° 23' 48.5"	247° 21' 27.05"	0° 2' 21"

¹⁰³ A. Kadir. *Formula Baru Ilmu Falak Panduan Lengkap & Praktis Hisab Arah Kiblat, Waktu- Waki Shalat, Awal Bulan Dan Gerhana*, (Jakarta, AMZA, 2012), 91.

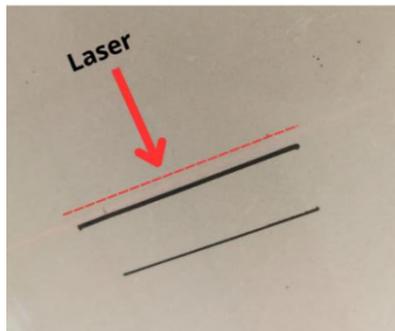
¹⁰⁴ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak...*, 55.

5	9:55	248° 46' 39.2"	248° 46' 22.31"	0° 0' 16.89"
NILAI RATA-RATA				0° 1'20.37"

Berdasarkan data pengujian yang penulis lakukan hasil perbandingan data beda azimuth *theodolite* dan Instrumen Inovasi memiliki selisih yang bervariasi. Hal ini disebabkan oleh beberapa alasan. *Pertama*, keterbatasan arduino pada penulisan tipe data. Nilai angka yang ditampilkan arduino cenderung hasil pembulatan angka, bisa jadi lebih besar bisa juga lebih kecil. *Kedua*, Pada waktu-waktu tertentu penulis menemukan waktu pada arduino tertunda. Sebagai contoh setelah 16:15:16 langsung 16:15:21 setelah terjeda 5 detik. Meskipun sempat ada jeda tetapi angka yang ditampilkan tetap berjalan semestinya. Jika sebelumnya waktu terjeda 5 detik maka waktu atau angka yang ditampilkan adalah waktu 5 detik kemudian. Proses seperti ini, pada beberapa kesempatan menghasilkan perbedaan waktu.

Berikut gambar hasil pengukuran arah kiblat pada Masjid Kampus 3 UIN Walisongo Semarang yang dilakukan pada 7 Mei 2024.

Gambar 4. 3 Perbandingan pengukuran Instrumen Inovasi dengan theodolite di Mesjid Walisongo Kampus 3 UIN Walisongo Kota Semarang (Sumber: Dokumen Pribadi)



Gambar garis spidol kiri merupakan hasil pengukuran arah kiblat menggunakan teodolit sedangkan gambar garis hitam sebelah kanan merupakan hasil pengukuran arah kiblat menggunakan Instrument Inovasi.

C. Analisis Kelebihan dan Kekurangan Instrumen Inovasi Arah Kiblat

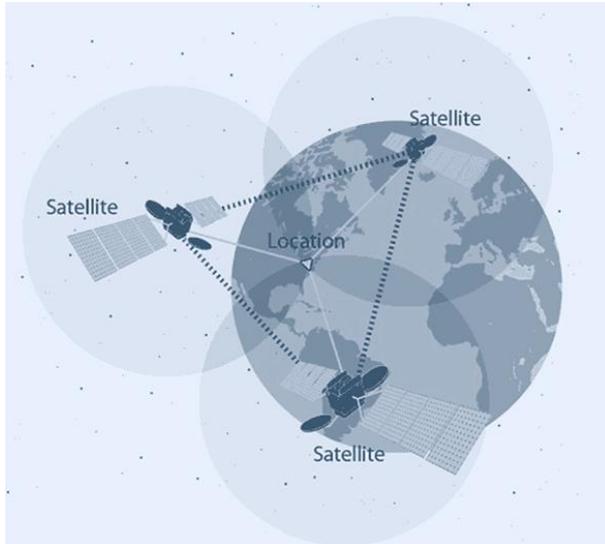
1. Kelebihan

Di dunia yang terus berkembang ini, teknologi elektronika telah memberikan berbagai kemudahan dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu inovasi terbaru melalui penelitian ini yang menghasilkan instrumen penentu arah kiblat berbasis elektronika yang tidak hanya dapat menunjukkan arah kiblat dengan akurat, tetapi juga memberikan data waktu, koordinat tempat, azimuth kiblat, dan azimuth Matahari secara *real-time*. Instrumen ini merupakan gabungan antara teknologi sensor, pemrosesan data, dan tampilan visual yang canggih. Dengan menggunakan sensor GPS, instrumen ini mampu menampilkan waktu lokal secara digital dan menentukan lokasi tempat secara tepat dan akurat. Salah satu fitur yang paling berguna dari instrumen ini adalah kemampuannya untuk menampilkan azimuth Matahari secara *real-time*. Hal ini memungkinkan pengguna untuk mengetahui posisi Matahari pada waktu tertentu, yang sangat berguna dalam menentukan arah kiblat.

Sensor GPS pada instrument inovasi ini bekerja dengan mencari tahu seberapa jauh mereka dari sejumlah satelit. Mereka diprogram untuk mengetahui di mana satelit GPS berada pada waktu tertentu. Satelit mengirimkan informasi tentang posisi mereka dan waktu saat ini dalam bentuk sinyal radio menuju Bumi. Sinyal-sinyal ini mengidentifikasi satelit dan memberitahu penerima di mana mereka berada. Penerima kemudian menghitung seberapa jauh setiap satelit dengan mencari tahu berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk sinyal tiba. Setelah memiliki informasi tentang seberapa jauh

setidaknya tiga satelit dan di mana mereka berada di luar angkasa, ia dapat menentukan lokasi setempat di Bumi. Proses ini dikenal sebagai Trilaterasi.¹⁰⁵

Gambar 4. 4 cara kerja sensor GPS pada instrument inovasi (Sumber: Taryana Suryana, "Antarmuka ublox NEO-6M GPS Module dengan NodeMCU ESP8266" Jurnal Komputa Unikom Teknik Informatika Universitas Komputer Indonesia, 2021: 2.)



Modul GPS ini dapat melacak hingga 22 satelit pada 50 saluran dan mencapai tingkat sensitivitas tertinggi di industri yaitu pelacakan -161 dB, sementara hanya menggunakan arus suplai 45mA. Tidak seperti modul GPS lainnya, ia dapat melakukan pembaruan lokasi hingga 5 detik dengan akurasi posisi Horizontal 2.5m. Mesin pemosisian u-blox 6 juga menawarkan *Time-To-First-Fix* (TTFF) di bawah 1 detik. Salah

¹⁰⁵ Taryana Suryana, "Antarmuka ublox NEO-6M GPS Module dengan NodeMCU ESP8266", Teknik Informatika Universitas Komputer Indonesia: 2

satu fitur terbaik yang disediakan chip ini adalah Power Save Mode (PSM). Hal ini memungkinkan pengurangan konsumsi daya sistem dengan secara selektif mengalihkan bagian penerima ON dan OFF. Ini secara dramatis mengurangi konsumsi daya modul menjadi hanya 11mA sehingga cocok untuk aplikasi sensitif daya seperti jam tangan GPS.¹⁰⁶

Gambar 4. 5 Chip sensor GPS pada Instrument Inovasi (Sumber: Dokumen Pribadi)



Di tengah kebutuhan sekarang, penelitian ini menghasilkan alat yang praktis dan multifungsi, lahirlah sebuah inovasi yang menggabungkan dua fungsi penting dalam satu perangkat yang sederhana namun sangat berguna yaitu alat hitung dan alat pengukuran arah kiblat. instrumen ini dirancang dengan fungsionalitas yang memadai. Di bagian atasnya terdapat layar LCD yang jelas dan intuitif, yang mampu menampilkan data-data yang dibutuhkan dalam penentuan arah kiblat secara otomatis. Instrumen ini sudah dilengkapi dengan program arah kiblat menggunakan metode segitiga bola dan pemrograman

¹⁰⁶ Taryana Suryana, "Antarmuka ublox NEO-6M GPS Module, 3.

Jean Meeus untuk penentuan azimuth Matahari secara *real time*.

Gambar 4. 6 Tampilan LCD Inovasi Instrumen Arah Kiblat (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

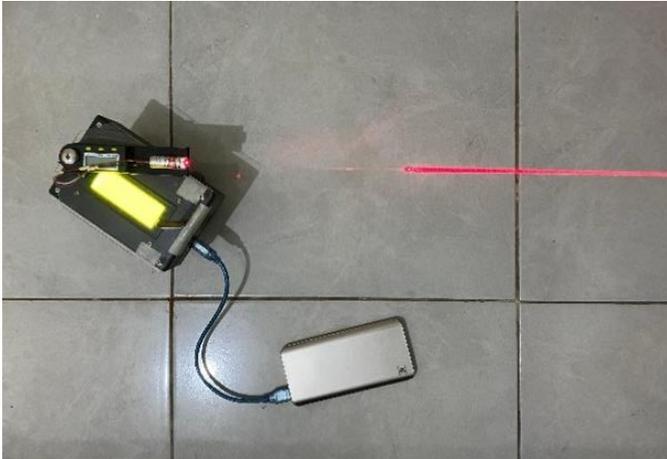


Arduino Uno sebagai pusat kendali instrument memiliki harga yang lebih murah dibandingkan dengan mikrokontroler lainnya, harga dari Arduino Uno berkisar sekita puluhan ribu di pasaran dan Arduino Uno juga mempunyai sifat *open source* baik dari sisi *hardware* maupun *softwarena* yang mana dapat digunakan oleh siapa saja secara gratis. Adapun modul-modul yang penulis dalam perancangan dan perakitan instrument inovasi arah kiblat ini juga memiliki harga yang cukup. Dengan harga-harga yang murah tersebut instrument inovasi arah kiblat ini memiliki harga ekonomis dibandingkan dengan instrument-instrumen arah kiblat lainnya.

Instrumen Inovasi arah kiblat ini juga memiliki fitur laser yang tidak hanya mempermudah pengguna dalam menentukan arah kiblat, tetapi juga mengurangi kemungkinan human error yang mungkin terjadi saat menggunakan benang. Garis laser yang terang dan jelas memberikan petunjuk yang akurat dan mudah diikuti, bahkan dalam kondisi pencahayaan yang rendah

atau cuaca buruk. Jenis laser yang penulis gunakan adalah jenis Cross / plus yang berfungsi sebagai dasar penentuan garis shof untuk salat.

Gambar 4. 7 Fitur Laser Instrumen Inovasi (Sumber: Dokumen Pribadi)



2. Kekurangan

Oleh karena Instrumen Inovasi ini tergolong baru, tentunya masih terdapat kekurangan diantaranya Tipe data pada arduino sangat terbatas untuk melakukan perhitungan matematika yang memiliki digit besar yaitu melebihi karakter *float* sehingga dibebberapa bagian perhitungan akan terjadi pembulatan otomatis. Hal ini terbukti pada hasil perhitungan di waktu-waktu tertentu hasilnya lebih cepat dari referensi. Pada jam gps terkadang tidak sama dengan jam digital bergantung pada penerimaan sinyal dan kecepatan *running* pada Arduino. Untuk mengatasi tersebut maka penulis melakukan kalibrasi data agar mendapatkan data Matahari secara *real time*.

Untuk sementara alat hanya dapat digunakan di wilayah zona waktu (UT+7). Jika alat ini digunakan misalnya di wilayah Indonesia tengah maka perlu mengubah zona waktu pada program terlebih dahulu.

D. Analisis Tingkat Akurasi Inovasi Instrumen Arah Kiblat

Berdasarkan beberapa pengujian di atas, dapat dikatakan bahwa hasil tingkat akurasi yang didapatkan dari inovasi instrumen arah kiblat selalu memiliki selisih dengan hasil perhitungan dan pengukuran. Nilai rata-rata pengujian tersebut sangat bervariasi. Berikut ini rangkuman nilai rata-rata dari pengujian di atas:

Tabel 4.6 Rangkuman nilai rata-rata pengujian inovasi instrument arah kiblat

No.	Variabel Data	Nilai Rata-rata
1	Waktu	0:00:06
2.	Lintang Tempat	0° 00' 0,75"
3	Bujur Tempat	0° 0' 1,13"
4.	Spherical Trigonometry	0° 0' 3,78"
5.	Vincenty	0° 7' 13,9"
6.	Azimuth Matahari	0° 7' 31.78"
7.	Theodolite	0° 1'20.37"

Berdasarkan tabel rekapitulasi di atas, dapat disimpulkan bahwa tingkat keakurasian Inovasi Instrumen dalam menentukan arah kiblat cukup akurat dan baik. Hal ini dapat diketahui dari nilai rata-rata selisih pengujian Inovasi Instrumen Arah Kiblat yang bisa mencapai satuan menit. Adapun nilai rata-rata yang tertinggi pada pengujian azimuth Matahari 0° 7' 31.78" dan nilai rata-rata terendah pada pengujian data lintang tempat yaitu 0° 00' 0,75".

E. Inovasi Instrumen Arah Kiblat Prespektif Fikih

Toleransi arah kiblat menurut sebagian ulama fikih disampaikan hanya dengan sebuah isyarat, dan sebagian lainnya menyebutkan dengan nilai yang pasti. Salah satunya adalah Syekh Muhammd Yasin dalam kitabnya yang berjudul ”*Syarah Šamarāt al-Wasīlah*”, menyebutkan bahwa toleransi arah kiblat untuk daerah yang berada jauh dari kota Mekah, menurut mazhab Hanafi dibagi menjadi dua yaitu *al-Jihah al-Kubro* dan *al-Jihah al-Sugro*. Definisi dari *Jihah kubro* adalah arah menghadap kiblat antara arah Timur dan Barat atau Selatan dan Utara sebesar 180° . Sedangkan yang dimaksud dengan *jihah sugro* merupakan arah menghadap kiblat sebesar busur 90° , artinya adalah kita diperbolehkan menghadap kiblat dengan maksimal penyimpangan ke kiri 45° atau ke kanan 45° .¹⁰⁷

Pendapat lain datang dari Ma’rufin Sudiby, yang menawarkan sebuah gagasan toleransi arah kiblat yang disebut dengan *ihtiyāthul qiblat*. Nilai toleransi dalam konsep tersebut adalah setara jarak penyimpangan 45 km sebagai jarak antara Ka’bah dengan koordinat simpang Masjid Quba. Masjid Quba terletak pada koordinat $24^\circ 26' \text{ LU } 39^\circ 37' \text{ BT}$ serta berbentuk persegi panjang berdasarkan gambar yang diambil dari satelit. Hasil pengamatan menggunakan *software Google Earth Pro* menunjukkan bahwa, Masjid Quba memiliki nilai azimuth kiblat sebesar $176^\circ 28'$, tetapi arah kiblat dari masjid tersebut tidak menghadap ke nilai azimuth $176^\circ 28'$ tetapi mengarah ke azimuth $184^\circ 06'$ sehingga terdapat sudut penyimpangan sebesar $7^\circ 38'$. Masjid Quba terletak sejauh 45 km di sebelah Barat kota Mekah.¹⁰⁸

¹⁰⁷ Akhmad Husein dkk, “The Effect Of Magnetic Declination Correction On Smartphone Compass Sensors In Determining Qibla Direction”, *Al-Hilal: Journal Of Islamic Astronomy* 3, no. 2 (2021): 48.

¹⁰⁸ Muh. Ma’rufin Sudiby, *Sang Nabi pun Berputar: Arah Kiblat dan Tata cara Pengukurannya*, (Solo: Tinta Media, 2011), 7.

Gambar 4. 8 Masjid Quba berdasarkan Citra satelit. Garis putih merupakan garis arah masjid Quba sementara garis hitam adalah garis arah ke Ka'bah. Sudut di antara kedua garis tersebut besarnya $7^{\circ} 38'$. (Sumber: Muh. Ma'rufin Sudibyo, 2011 dengan Citra satelit dari Google Earth Pro).



Perlu diketahui bahwa *Ihtiyāth al-Qiblah* nilainya tidak tetap besaran angka derajatnya untuk semua daerah, dalam artian bahwa *Ihtiyāth al-Qiblah* satu daerah tidak sama persis dengan daerah lainnya, karena sangat bergantung pada jarak (jauh dekatnya) setiap daerah dengan kota Makkah.¹⁰⁹ Secara *hisābiyyah* (ilmu falak) arah kiblat dapat diperhitungkan secara pasti dan akurat baik ke arah Ka'bah langsung. Namun demikian, yang pasti dalam ranah prakteknya, pengukuran kiblat dengan benar-benar mengacu pada nilai derajat hasil pengukuran tanpa ada melenceng sedikitpun tentu hal ini sangatlah mustahil dilakukan. !

Adapun hasil pengujian inovasi instrumen arah kiblat dengan mengambil citra satelit pada aplikasi *Google Earth Pro* yang

¹⁰⁹ Syafrudinn Katili dan Asna Usman Dilo, "Standar Sudut Kemiringan Minimal Arah Kiblat Masjid di Kota Gorontalo", *Jurnal Asy-syir'ah* 46, no. 1 (2012): 248.

penulis lakukan di Masjid Walisongo kampus 3 UIN Walisongo, nilai kemelencengan azimuth kiblat pada inovasi instrumen arah kiblat yaitu $0^{\circ} 0' 4,82''$ dan apabila ditarik garis gurus di *Google Earth Pro* nilai toleransi yang dihasilkan yaitu sekitar 0,45 km berdasarkan citra satelit *Google Earth Pro*. Nilai toleransi tersebut sudah masuk ke *ihtiyāthul qiblat* gagasan Muh. Ma'rufin Sudibyo yaitu 45 km. untuk lebih detailnya dapat dilihat gambar berikut ini. Lingkaran putih adalah radius arah kiblat inovasi instrumen arah kiblat, garis merah adalah arah kiblat Masjid Walisongo kampus 3 UIN Walisongo berdasar *Google Earth Pro* dan garis merah adalah arah kiblat Masjid Walisongo kampus 3 UIN Walisongo yang dihasilkan inovasi instrumen arah kiblat.

Gambar 4. 9 Nilai toleransi arah kiblat nilai kemelecengan arah kiblat Instrumen Inovasi. (Sumber Dokumen Pribadi Penulis)



F. Implikasi Instrumen Inovasi Penentu Arah Kiblat dalam Perkembangan Kajian Ilmu Falak

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi telah mengantarkan manusia untuk selalu melakukan inovasi dan terobosan baru. Sama seperti halnya dengan Metode penentuan arah kiblat, pada masa awal Islam; dinyatakan sejak zaman Nabi dan para sahabat dikembangkan teori penentuan arah kiblat menggunakan benda langit sebagai pedoman. Ketika Nabi berada di Madinah, beliau berijtihad salat menghadap ke selatan. Posisi Madinah yang berada di utara Mekah menjadikan posisi arah ke Ka'bah menghadap ke selatan. Nabi menyatakan bahwa antara timur dan barat adalah kiblat.¹¹⁰ Dalam perkembangannya, pada abad pertengahan penentuan arah kiblat menggunakan bintang *Conopus (Najm Suhail)* yang kebanyakan terbit di bagian belahan bumi selatan, sedang di tempat lain menggunakan arah terbit Matahari pada solstice musim panas (*Inqilab asy- Syaity*).¹¹¹ !

Sedangkan metode yang bersifat modern, diantaranya dengan menggunakan: kompas, ilmu ukur segitiga bola (*spherical trigonometri*), theodolit, *Global Positioning System (GPS)*, google earth, dan lain-lain. Adapun Instrumen Inovasi masuk ke dalam kategori modern. Instrumen Inovasi merupakan salah satu instrument inovasi yang berasal penggabungan ilmu falak dan ilmu komputasi yang menghasilkan alat penentuan arah kiblat yang bersifat elektronika dan komputer. Arduino Uno sebagai pusat kendali Instrumen Inovasi masih kurang adanya riset pengembangan pada mikrokontroler tersebut. Padahal, masih banyak yang dapat digali dan dimanfaatkan pada Arduino untuk bidang-bidang falak lainnya.

¹¹⁰ David A King, *Astronomy in The Serice of Islam*, (USA: Variorum Reprint King, 1993), 253.

¹¹¹ David A King, *Astronomy in The Serice*, 254.

Karena sifatnya *open source*, Arduino dapat digunakan secara leluasa oleh para pegiat falak secara gratis. Serta yang tidak kalah pentingnya adalah harga dari Arduino dan komponen-komponen tambahannya sangat terjangkau dibandingkan dengan harga instrumen-instrumen ilmu falak yang cukup mahal.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Rancang bangun Inovasi instrumen penentu Arah kiblat adalah menggunakan *Software IDE (Integrated Development Environment) Text Editor*, Mikrokontroler Arduino uno, modul LCD dan sensor GPS. Untuk skema eletronika instrument inovasi penulis menggunakan metode *fritzing*. Penulis menggunakan metode *Physical computing* yaitu sebuah metode membuat sistem atau perangkat fisik dengan menggunakan *software* dan *hardware* bersifat interaktif dapat menerima rangsangan dan merespon balik. Pada prakteknya konsep ini diaplikasikan dalam desain-desain alat atau proyek-proyek yang menggunakan sensor dan mikrokontroler untuk menerjemahkan input analog ke dalam sistem *software* untuk mengontrol alat-alat elektromekanik seperti lampu, motor dan sebagainya.
2. Akurasi Inovasi Instrumen penentu arah kiblat adalah akurat hal ini didasarkan pengujian hasil data, perhitungan, dan pengukuran arah kiblat yang penulis lakukan, Instrumen Inovasi arah kiblat memiliki selisih tingkat akurasi yang hanya bisa mencapai satuan menit. Hasil rekapitulasi yang penulis lakukan nilai rata-rata tertinggi pada pengujian instrument inovasi adalah terdapat pada azimuth Matahari yaitu $0^{\circ} 7' 30.92''$ dan nilai rata-rata terendah pada pengujian data lintang tempat yaitu $0^{\circ} 00' 0,75''$. Adapun Faktor yang mempengaruhi hal tersebut adalah tipe data pada arduino sangat terbatas untuk melakukan perhitungan matematika yang memiliki digit besar yaitu melebihi karakter *float* sehingga dibeberapa bagian perhitungan akan terjadi pembulatan otomatis. Sehingga

diperlukan kalibrasi data khususnya pada pemograman azimuth Matahari.

B. Saran

1. Para peneliti berikutnya disarankan untuk melakukan penelitian yang lebih komprehensif dan mendalam, penulis memberi saran agar alat ini dikembangkan lebih lanjut dengan perbaikan-perbaikan seperti menggunakan algoritma perhitungan yang lebih kompleks misalnya VSOP87 atau pengembangan berikutnya bisa mencoba untuk menggunakan mikrokontroler raspberry ataupun ESP32, dikarenakan arduino memiliki type data yang terbatas.
2. Para pegiat ilmu falak dan astronomi penulis juga menyarankan agar sebaiknya terus-menerus melakukan inovasi baru dalam bidang falak, terutama dengan memanfaatkan teknologi. Masih terdapat banyak sekali peluang untuk pengembangan dan penerapan terobosan-terobosan baru pada instrumen-instrumen falak. Dengan demikian, pemanfaatan teknologi terkini dalam penelitian dan aplikasi falak dapat lebih dioptimalkan, membuka jalan bagi penemuan-penemuan yang lebih canggih dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

Sumber Jurnal Ilmiah

- Adiwijaya, Wahyu. "Penunjuk Arah Kiblat Berbasis Arduino Nano Dengan Menggunakan Sensor Kompas Hmc5883". *Skripsi*, Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang, 2016.
- Arifin, Zainul. "Akurasi Google Earth Dalam Pengukuran Arah Kiblat", *Ulumuddin: Jurnal Ilmu-ilmu* 7 No. 2017: 140.
- Effendy, Mochtar. *Ensiklopedia Agama dan Filsafat* Vol. 5. Palembang: Univesitas Sriwijaya, 2001.
- Endra, Robby Yuli dkk, "Model Smart Room Dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino untuk Efisiensi Sumber Daya", *Expoler: Jurnal Sistem Informasi Dan Telematika* 10 (2019), 3.
- Endra, Robby Yuli dkk, "Model Smart Room dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino untuk Efisiensi Sumber Daya", *Jurnal Sistem Informasi dan Telematika*. Vol. 10 No. 1, 2019.
- Fahlefie, Ahmad Fauzan, Reza. "Sistem Monitoring Hidroponik Berbasis Arduino Uno", *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali dan Listrik* 3 (2022), 87.
- Fajrullah, "Qibla Box dalam Penentuan Arah Kiblat", *Tesis*. Semarang: UIN Walisongo, 2022.
- Handoko, Prio "Sistem Kendali Perangkat Elektronika Monolitik Berbasis Arduino Uno R3", *Jurnal UMJ* 5 (2017), 4.
- Handoko, Prio "Sistem Kendali Perangkat Elektronika Monolitik Berbasis Arduino Uno R3", *Jurnal. umj.ac.id*, Seminar

Nasional Sains dan Teknologi. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, 2017.

Helmi, Rahman dkk, "Akurasi Setting Out Arah Kiblat Metode Bidang Bola Dan Ellipsoid Dengan Metode Rasyd Al-Qiblah", *Interdisciplinary Explorations in Research Journal (IERJ)* 2 No. 1 2024: 284.

Husein Akhmad dkk. "The Effect Of Magnetic Declination Correction On Smartphone Compass Sensors In Determining Qibla Direction", *Al-Hilal: Journal Of Islamic Astronomy* 3, no. 2 (2021): 48.

Ilmi, Ryan Miftahul. "Rancang Bangun Automatic Voltage Regulator (AVR) Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Arduino, *Tugas Akhir*. Institut Teknologi Nasional Malang, 2023.

Kadir, A. *Formula Baru Ilmu Falak Panduan Lengkap & Praktis Hisab Arah Kiblat, Waktu- Waki Shalat, Awal Bulan Dan Gerhana*. Jakarta, AMZA, 2012.

Kalengkongan, Sherwin R.U.A Sompie Theodorus S Dringhuzen J. Mamahit, "Rancang Bangun Alat Deteksi Kebisingan Berbasis Arduino Uno", *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer* Vol.7 no. 2 (2018), 185.

Katili, Syafrudinn dan Asna Usman Dilo, "Standar Sudut Kemiringan Minimal Arah Kiblat Masjid di Kota Gorontalo", *Jurnal Asy-syir'ah* 46, no. 1 (2012): 248.

Laksana, Agung "Alat Ukur Arah Kiblat Dengan Metode Azimut Bayangan Matahari Otomatis", *Tesis* (Semarang: UIN Walisongo, 2022), 1.

Lee, Ping-Sung Liao, Chein-Hua. "Applying Open Source Softwares Fritzing and Arduino to Course Design of

Embedded Systems,” *International Journal of Automation and Control Engineering* 4 (2015), 41.

Mehrotra, Shivani and Nisha Charaya, “Design and Implementation Single Master on Fpga Using Verilog” vol 3 No. 1 (2015), 001-005

Puspadini, Ratih. “Perancangan Sistem Kontrol Penerangan Pendingin Ruangan dan Telepon Otomatis Terjadwal Berbasis Mikrokontroler” *Singuda Ensikom* 4 (2013), 4 1-46.

Rahmadayanti, Fitria. “Aplikasi Android Lampu Led Berbasis Arduino”, Betrik: *Jurnal Ilmiah Betrik* 7 (2016), 118.

Sado, Arino Bemi “Pengaruh Deklinasi Magnetik Pada Kompas dan Koordinat Geografis Bumi Terhadap Akurasi Arah Kiblat”, *Al-Afaq: Jurnal Ilmu Falak dan Astronomi*, (2019), 2-3.

Sado, Arino Bemi. “Pengaruh Deklinasi Magnetik Pada Kompas dan Koordinat Geografis Bumi Terhadap Akurasi Arah Kiblat”, *Al-Afaq: Jurnal Ilmu Falak dan Astronomi*, 2019.

Sakirman. “Spirit Budaya Islam Nusantara dalam Konstruks ‘Rubu’ Mujayyab”, *Jurnal Ilmiah Kajian Antropologi*, UNDIP,tt, 118.

Suryana, Taryana. "Antarmuka ublox NEO-6M GPS Module dengan NodeMCU ESP8266", *Teknik Informatika Universitas Komputer Indonesia*: 2.

Suweno, M.Taufik Winata, Wahyu Tri. “Penerapan Ds3231 Untuk Pakan Ternak Otomatis Berbasis Arduino”, *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali Dan Listrik* 3 (2022), 96.

Thoyfur, Muhammad “Formulasi Raşdul Qiblat Lokal Dalam Qibla Diagram”. Skripsi, UIN Walisongo Semarang, 2019.

Valentin, Elin Gusbriana Rut Dias dkk, “Alat Uji Kadar Air Pada Buah Kakao Kering Berbasis Mikrokontroler Arduino,” *Jurnal JTIKOM* 1 (2020), 29.

Vincenty, T. "Direct and Inverse Solution of Geodesics on the Ellipsoid with Application u Nested Equations", *Survey Review*, XXII, 176, Apai 19/5, 1. 88-90.

Widodo Tri dkk, “Sistem Sirkulasi Air pada Teknik Budidaya Bioflok Menggunakan Mikrokontroler Arduino UNO R3”, *Jurnal Teknik dan Sistem Komputer* 1 no. 2 2020.

Winingsih, Puji Hariati. “Rancang Bangun Laser untuk Pembelajaran Fisika Optik dalam Menentukan Indeks Bias dan Difraksi Kisi”, *Seminar Nasional Fisika dan Pembelajarannya*, (UNM Malang, 2015), 1.

Sumber Buku

Ahmed, El-Rabbany. *Introduction to GPS*. Buston: Artech House, 2002.

Al-Bukhari, Muhammad Bin Ismail Bin Ibrahim Bin Mughirah. *Shahih Bukhari*, Juz 1. Beirut: Dar al- Fikr, tt.

An-Naisaburi, Muslim bin al Hajjaj. *Shahih Muslim*. Beirut: Daru Al Kutub Al Ilmiyyah, Juz 3, tt.

Arikunto, Suharsimi. *Manajemen Penelitian*, (Jakarta: Rineka Cipta, 1990), 76.

Borg W.R. and Gall, M.D. *Educational Reseachr: An Introduction*. New York: Longman, 1983.

Boxall, John. *Arduino Workshop (A Hands on Introduction with 65 Project)*. San Francisco: No Starch Press, 2013.

Djuanji, Feri. *Pengenalan Arduino*. Tobuku, 2011.

Hambali, Slamet. *Ilmu Falak I (Penentuan Awal Waktu Sholat dan Arah Kiblat Seluruh Dunia)*. Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo, 2011.

------. *Ilmu Falak, Arah Kiblat Setiap Saat*. Yogyakarta: Pustaka Ilmu, 2013.

------. *Menguji Keakuratan Hasil Pengukuran Arah Kiblat Menggunakan Istiwa'aini Karya Slamet Hambali*. Semarang: Fakultas Syariah IAIN Walisongo, 2014.

Informatika, Program Studi. *Modul Praktikum Mikrokontroler*. Tangerang, Universitas Pembangunan Jaya, tt.

Izzuddin, Ahmad. *Ilmu Falak Praktis*. Semarang: Pustaka Rizki Putra, 2012.

------. *Akurasi Metode-Metode Penentuan Arah Kiblat*. Jakarta: Kementrian Agama RI, 2012.

Khazin, Muhyiddin *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktek, Perhitungan Arah Kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan dan Gerhana, Cetakan III*. Yogyakarta, Buana Pustaka, 2008.

King, David A. *Astronomy in The Serice of Islam*. USA: Variorum Reprint King, 1993.

Muhammadiyah, Majelis Tarjih dan Tajdid Pimpinan Pusat. *Pedoman Hisab Muhammadiyah, Cet II*. Yogyakarta: Majelis Tarjih dan Tajdid PP Muhammadiyah, 2009.

- Munawwir, Ahmad Warson. *Al Munawwir Kamus Arab-Indonesia*. Surabaya: Pustaka Progresif, 1997.
- Nasution, Harun. *Ensiklopedia Hukum Islam*. Jakarta: Djambatan, 1992.
- Perumus, Tim. *Panduan Penelitian Karya Tulis Ilmiah Pascasarjana UIN Walisongo*. Semarang: Pascasarjana UIN Walisongo, 2018.
- RI, Lajnah Pentashihah Mushaf Al-Qur'an Balitbang Diklat Kemenag. *Alqur'an dan Terjemahannya Edisi Penyempurnaan*. Jakarta: Balitbang Diklat Kemenag RI, 2019.
- Rohr, Rene R.J., *Sundial: History, Theory and Practice*. Toronto: University of Toronto Press, 1970.
- Sabda, Abu. *Ilmu Falak Rumusan Syar'I dan Astronomi Waktu Shalat dan Arah Kiblat*. Bandung: Persis Pers, 2020.
- Sajaya, Mada. Dyah Anggraini, Fikri Ibrahim Nurrahman, *Algortima Arah Kiblat Al-Biruni Dalam Tahdūd Nihāyāt Al-Amākin Li Tashīh Masāfāt Al-Masākin*. Bandung: Bolabot, 2019.
- Sasmoko, Dani. *Arduino dan Sensor Pada Project Arduino DIY*. Semarang: Yayasan Prima Agus Teknik, tt.
- Setiawan, Ebta. *Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Offline versi 1.2*,.Pusat Bahasa, 2011.
- Sudibyoy, Marufin. *Sang Nabi Pun Berputar: Arah Kiblat dan Tata Cara Pengukurannya*. Solo: Tinta Medina, 2011.
- Suryabrata, Sumadi. *Metodologi Penelitian*. Jakarta: RajaGrafindo Persada, 2004

Suprihatin, Hendra Suwarta. *Standar Waktu Indonesia*. Jakarta: BMKG, 2017.

Sumber Lain

“LCD I2C dengan Arduino” | Arduino, <https://www.ardutech.com/lcd-i2c-dengan-arduino/> di akses 14 Maret 2024 Pukul 13:49 WIB.

“Sinai Programming” | LCD 20x4 <https://www.sinauprogramming.com/2020/10/simulasi-menampilkan-text-lcd-20x4.html> diakses pada 14 Maret 2024 Pukul 13:40 WIB.

“What is Arduino?” | Arduino. diakses pada 22 Maret 2024 Pukul 12:32 WIB <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>

Anugraha, Rinto “Arah kiblat dengan metode Vincenty” di akses 13 Mei 2024, <https://rintoanugraha.staff.ugm.ac.id/arah-kiblat-dengan-metode-vincenty/>

Arduino, “Installing Libraries”, diakses 29 Maret 2024, <https://docs.arduino.cc/software/ide-v1/tutorials/installing-libraries/>.

cristiansteib, "GPS-neo-6m" diakses 29 Maret 2024, <https://github.com/cristiansteib/GPS-neo-6m>.

Fatwa MUI No. 5 Tahun 2010 tentang arah Kiblat. Lihat diakses 5 November 2023 <https://mui-jateng.or.id/wp-content/uploads/2018/03/5.-Arah-Kiblat.pdf>

Frank De Brabander, “ Arduino-LiquidCrystal-I2C-library, diakses 29 Maret 2024, <https://github.com/fdebrabander/Arduino-LiquidCrystal-I2C-library>.

Fritzing, diakses 5 November 2023, <https://fritzing.org/>

Herdiwijaya, Dhani "Igoritma Perhitungan Posisi Matahari dan Bulan", diakses 13 Mei 2024, <https://www.nu.or.id/opini/algorithm-perhitungan-posisi-matahari-dan-bulan-YnjPf>

<https://alatproyek.id/busur-derajat-digital-level-and-protractor-0-36090x4-insize-2175-360.html/> diakses pada 25 Maret 2024 Pukul 09:25 WIB

<https://store.arduino.cc/products/arduino-nano> diakses pada 21 Maret 2024 Pukul 21:10 WIB

<https://tdjamaluddin.wordpress.com/2010/07/17/tidak-ada-perubahan-arah-Kiblat/> diakses pada Kamis 11 Januari 2024 pukul 15:37 WIB.

<https://www.arduino.cc/> diakses pada 12 Januari 2024 Pukul 09:25 WIB.

<https://www.britannica.com/topic/qiblah> diakses pada 21 Februari

Prastyo, Elga Aris. "Pengertian Jenis dan Cara Kerja Kabel Jumper Arduino", *Arduino Indonesia Member TeknoLab* <https://www.arduinoindonesia.id/2022/11/pengertian-jenis-dan-cara-kerja-kabel-jumper-arduino.html> diakses pada 17 Maret 2024 Pukul 09:06 WIB.

Setiawan, Rony. "Flowchart adalah: Fungsi, Jenis, Simbol dan Contohnya", di akses 04 November 2023, <https://www.dicodin g.com/blog/flowchart-adalah/>.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1: Program code Arduino instrument inovasi arah kiblat

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#include <TinyGPS++.h>      //Library TinyGPS
#include <SoftwareSerial.h> //Library bawaan
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// number of decimal digits to print
const uint8_t digits = 3;

int aaa;
int Hour;
int Minute;
int Second;
int Day;
int Month;
int Year;
float lintang_K = 21.42250833;
float bujur_K = 39.82616111;
int Zona = 7;
float lintang_T;
float bujur_T;

//Detil Perhitungan
float KIB;
float NNN = 294.7;
float CIB;
float Arah_Kiblat;
```

```

//Variabel Bantuan
float pembilang;
float penyebut;
float p1, p2, p3, p4, x;

//Detil Perhitungan
int M;
int Y;
int A;
int B;

//Variabel Bantuan
int b2;

float JDE, T, JD_0_UT;
long JD;
float DAYS_PER_JULIAN_CENTURY = 36525.0;
long Y2K_JULIAN_DAY = 2451545;
long JD_whole;
long JDx;
float JD_frac;
float T_U_JD;
//Variabel Bantuan
long v2;
int v3;
float v4;
float v5;

//Menghitung Delta T
float Delta_T;
float Delta_Tahun;
float Tahun;

```

```

//Variabel Posisi Matahari
float L0, atas, M0, atas2, C, e, Ma, L, atas8;
float Omega, atas3, atas4, atas5, atas6, atas7,
Epsilon_0, Delta_Epsilon, Epsilon;
float GST_0_UT, GST_Lokal, LST, Lambda, Alpha,
Delta, HA;
float Azimuth, Azimuth2, Azimuth_Bayangan;

// Choose two Arduino pins to use for software
serial
int RXPin = 4; //Connect ke TX GPS
int TXPin = 3; //Connect ke RX GPS

int GPSBaud = 9600; //Biarin default

// Membuat objek TinyGPS++
TinyGPSPlus gps;
LiquidCrystal_I2C lcd1(0x27, 20, 4); // set the
LCD address to 0x27 for a 20 chars and 4 line
display
LiquidCrystal_I2C lcd2(0x23, 16, 2); // set the
LCD address to 0x27 for a 16 chars and 2 line
display
LiquidCrystal_I2C lcd3(0x26, 16, 2); // set the
LCD address to 0x27 for a 16 chars and 2 line
display

float CC;
float Mundur_Shof;
float tigadua;

int relay = 13;

```

```

int red = 12;

int counter = 0;
int attempts = 0;
int max_attempts = 3;

String mymints;
float minutes = 0;
String mytiga;
float tiga = 0;

String mysecs;
float seconds = 0;
float total_seconds = 0;
int secflag = 0;
int secflag2 = 0;
int timer_started_flag = 0;
float BedaAZ, NBedaAZ;

// Tracks the time since last event fired
unsigned long previousMillis = 0;
unsigned long int previoussecs = 0;
unsigned long int currentsecs = 0;
unsigned long currentMillis = 0;
int interval = 1; // updated every 1 second
int tsecs = 0;

// Membuat koneksi serial dengan nama "gpsSerial"
SoftwareSerial gpsSerial(RXPin, TXPin);
void setup() {
  //Memulai koneksi serial pada baudrate 9600
  Serial.begin(9600);
}

```

```

//Memulai koneksi serial dengan sensor
gpsSerial.begin(GPSBaud);

lcd1.init(); // initialize the lcd
lcd1.init();
// Print a message to the LCD.
lcd1.backlight();

lcd2.init(); // initialize the lcd
lcd2.init();
// Print a message to the LCD.
lcd2.backlight();
lcd3.init(); //Init the LCD
lcd3.backlight(); //Activate backlight
// pinMode(relay, OUTPUT);
// digitalWrite(relay, LOW);
// digitalWrite(red, HIGH);
// Serial.println("enter password");

    lcd1.clear();
    lcd1.setCursor(0, 0);
    lcd1.print("Connecting GPS...");
    lcd1.setCursor(0, 2);
    lcd1.print("Sedang Mencari");
    lcd1.setCursor(0, 3);
    lcd1.print("Kordinat Tempat");
    delay(3000);
    lcd1.clear();
}

void loop() {

    //Membuat tampilan data ketika terdapat koneksi

```

```

while (gpsSerial.available() > 0)
  if (gps.encode(gpsSerial.read()))

  displayInfo();

  // Jika dalam 5 detik tidak ada koneksi, maka
  akan muncul error "No GPS detected"
  // Periksa sambungan dan reset arduino
  if (millis() > 5000 && gps.charsProcessed() <
10) {
  Serial.println("No GPS detected");
  while (true)
    ;
  }
}
void displayInfo() {
  if (gps.location.isValid()) {
    Serial.println("=*ARAH KIBLAT ARDUINO*=");

    Serial.print("DATE: ");
    Serial.print(gps.date.day());
    Serial.print("/");
    Serial.print(gps.date.month());
    Serial.print("/");
    Serial.println(gps.date.year());

    Serial.print("TIME: ");
    Serial.print(gps.time.hour()+7);
    Serial.print(":");
    Serial.print(gps.time.minute());
    Serial.print(":");
    Serial.println(gps.time.second());
  }
}

```

```

Serial.print("LINTANG: ");
Serial.println(gps.location.lat(), 6);

Serial.print("BUJUR: ");
Serial.println(gps.location.lng(), 6);

Serial.print("AZIMUTH KIBLAT: ");
Serial.println(KIB);

Serial.print("AZIMUTH MATAHARI: ");
Serial.println(Azimuth2);

Serial.print("BEDA AZIMUTH: ");
Serial.println(NBedaAZ);

Serial.println();
Serial.println();
Serial.println();

// Rumus Jam: -----
-----
aaa = ((gps.time.hour()) + Zona);
if (aaa < 24) {
    Hour = aaa;
}

else if (aaa > 23)
    ;
{
    int Hour = aaa - 24;
}

// Serial.print("nilai x = ");

```

```

// Serial.println(Hour);

//LAYER 1
lcd1.setCursor(0, 0);
lcd1.print("ARAH KIBLAT ARDUINO");
// LAYER 2
lcd1.setCursor(0, 1);
lcd1.print("AZ M: ");
lcd1.setCursor(6, 1);
lcd1.print(Azimuth2,4);

//LAYAR 3
lcd1.setCursor(0, 2);
lcd1.print("AZ Q: ");
lcd1.setCursor(6, 2);
lcd1.print(KIB,4);

//LAYAR 3
lcd1.setCursor(0, 3);
lcd1.print("BEDA AZ: ");
lcd1.setCursor(9, 3);
lcd1.print(NBedaAZ,4);

//-----Arah
Kiblat LCD-----
-----
lcd2.setCursor(0, 0);
lcd2.print("Az.Kiblat: ");
lcd2.setCursor(11, 0);

// Rumus pembilang: -----
-----
lintang_T = (gps.location.lat());

```

```

bujur_T = (gps.location.lng());
CIB = bujur_K - bujur_T;
pembilang = sin(CIB * DEG_TO_RAD);

// Rumus penyebut: -----
-----

p1 = cos(lintang_T * DEG_TO_RAD);
p2 = tan(lintang_K * DEG_TO_RAD);
p3 = sin(lintang_T * DEG_TO_RAD);
p4 = cos(CIB * DEG_TO_RAD);
pembilang = sin(CIB * DEG_TO_RAD);
penyebut = (p1 * p2) - (p3 * p4);
x = pembilang / penyebut;
KIB = (atan2(pembilang, penyebut) *
RAD_TO_DEG);
if (KIB < 0) {
    KIB = KIB + 360;
} else if (KIB > 0)
;
{
    KIB = KIB;
}
lcd2.print(KIB, 1);

//----- Azimuth
Matahari LCD-----
----

lcd2.setCursor(0, 1);
lcd2.print("Az.Bay.Mat: ");
lcd2.setCursor(11, 1);
Minute = (gps.time.minute());
Second = (gps.time.second());
Day = (gps.date.day());

```

```
// Rumus M: -----
```

```
-----
```

```
if ((gps.date.month()) < 3) {  
    Month = (gps.date.month()) + 12;  
} else if ((gps.date.month()) > 2)  
    ;  
{  
    Month = (gps.date.month());  
}
```

```
// Rumus Y: -----
```

```
-----
```

```
if ((gps.date.month()) < 3) {  
    Year = (gps.date.year()) - 1;  
} else if ((gps.date.month()) > 2)  
    ;  
{  
    Year = (gps.date.year());  
}
```

```
// Rumus A: -----
```

```
-----
```

```
A = Year / 100;
```

```
// Rumus B: -----
```

```
-----
```

```
b2 = A / 4;  
B = 2 + b2 - A;
```

```
// Rumus JD: -----
```

```
-----
```

```
v2 = (365.25 * (Year + 4716));  
v3 = 30.6001 * (Month + 1);
```

```

v4 = ((Hour) + (float(Minute) / 60) +
(float(Second) / 3600)) / 24;
v5 = float(Zona) / 24;
//perlu dikoreksi:
JD_whole = v2 + v3 + Day + B - 1524;
JD_frac = v4 - v5 - 0.5;
//JD = 1720994.5 + v2 + v3 + B + Day + v4 -
v5;
// Rumus Delta T ( Tahun 2005-2150): -----
-----
Tahun = float(Year) + ((float(Month) - 1) /
12) + ((float(Day) / 365));
if ((Tahun <= 2050) && (Tahun > 2005)) {
    Delta_Tahun = 62.92 + (0.32217 * (Tahun -
2000)) + (0.005589 * (Tahun - 2000) * (Tahun -
2000));
} else if ((Tahun > 2050) && (Tahun <= 2150))
{
    Delta_Tahun = -20 + (32 * ((Tahun - 1820) /
100) * ((Tahun - 1820) / 100)) - (0.5628 * (2150 -
Tahun));
}
Delta_T = Delta_Tahun / 86400;
// Rumus JDE Waktu TD dan T: -----
-----
//JDE = JD + Delta_T;
T = JD_whole - Y2K_JULIAN_DAY;
T = (T + JD_frac + Delta_T) /
DAYS_PER_JULIAN_CENTURY;

//T=0.2351249378; // Note :----Yang muncul
0.2351249217----

```

```

// Rumus Bujur rata-rata (L0): -----
-----
atas = (280.46646) + (36000.76983 * T) +
(0.0003032 * T * T);
L0 = fmod(atas, 360);
//L0=105.14524;
// Rumus Anomali rata-rata (M0): -----
-----
atas2 = ((357.52911) + (35999.05029 * T) -
(0.0001537 * T * T));
M0 = fmod(atas2, 360);
//M0=181.80356; // Note :----Yang muncul
181.80355----
// Rumus Koreksi (C): -----
-----
C = (1.914602 - 0.004817 * T - 0.000014 * T *
T) * sin((M0)*DEG_TO_RAD) + (0.019993 - 0.000101 *
T) * sin(2 * (M0)*DEG_TO_RAD) + 0.000289 * sin(3 *
(M0)*DEG_TO_RAD);
// Rumus Eksentrisitas Orbit Bumi (e): -----
-----
--
e = (0.016708634) - (0.000042037 * T) -
(0.0000001267 * T * T);
// Rumus Bujur Ekliptika (L) dan Anomali
Sesungguhnya (M): -----
-----
L = L0 + C;
Ma = M0 + C;
// Rumus Omega: -----
-----
atas3 = (125.04) - (1934.136 * T);
Omega = fmod(atas3, 360);

```

```

if (Omega < 0) {
    Omega = Omega + 360;
} else {
    Omega = Omega;
}
// Rumus Epsilon Zero: -----
-----
Epsilon_0 = (23) + (float(26) / 60) + (21.448
/ 3600) - (46.815 * T / 3600) - (0.00059 * T * T /
3600) + (0.001813 * T * T * T / 3600);
// Rumus Delta Epsilon & Epsilon: -----
-----
Delta_Epsilon = 0.00256 * cos(Omega *
DEG_TO_RAD);
Epsilon = Epsilon_0 + Delta_Epsilon;
// Rumus JD pukul 0 UT: -----
-----
//JD_0_UT = 1720994.5 + long(365.25 * Y) +
int(30.6001 * (M + 1)) + B + Day;
// Rumus T Untuk JD: -----
-----
//T_U_JD = (JD_0_UT - 2451545) / 36525;
// Rumus GST Pukul 0 UT: -----
-----
//atas4 = (6.6973745583) + (2400.0513369072 *
T_U_JD) + (0.0000258622 * T_U_JD * T_U_JD);
//atas4 = (280.46061837) + (360.98564736629 *
(JD_0 - 2451545)) + (0.000387933 * T * T);
JD = JD_whole - Y2K_JULIAN_DAY;
atas5 = 280.46061837 + (360 * JD) % 360 +
.98564736629 * JD + (360.98564736629 * JD_frac);
//GST_0_UT = fmod(atas4/15, 24);
//if (GST_0_UT < 0) {

```

```

//GST_0_UT = GST_0_UT + 24;
//}
// Rumus GST Waktu Lokal: -----
-----

//atas5 = (GST_0_UT) + ((float(Hour)) +
(float(Minute) / 60) + (float(Second) / 3600 )) *
(1.00273775995399);
GST_Lokal = fmod(atas5/15, 24);
// Rumus LST: -----
-----

atas6 = (GST_Lokal) + (float(bujur_T) / 15);
LST = fmod(atas6, 24);
// Rumus Bujur Nampak (Lambda): -----
-----

Lambda = L - 0.00569 - 0.00478 * sin(Omega *
DEG_TO_RAD);
// Rumus Alpha: -----
-----

atas7 = (atan2((cos(Epsilon * DEG_TO_RAD) *
sin(Lambda * DEG_TO_RAD)), cos(Lambda *
DEG_TO_RAD)) * RAD_TO_DEG);
Alpha = fmod(atas7, 360);
// Rumus Delta: -----
-----

Delta = (asin(((sin(Epsilon * DEG_TO_RAD)) *
(sin(Lambda * DEG_TO_RAD)))) * RAD_TO_DEG);
// Rumus Hour Angle (HA): -----
-----

HA = (fmod((LST - (Alpha / 15)), 24)) * 15;
//Hasil : 86.77388 ----- Excel: 86.77424-
-----

// Rumus Azimuth (A): -----
-----

```

```

    atas8 = (cos(HA * DEG_TO_RAD) * sin(lintang_T
* DEG_TO_RAD)) - (tan(Delta * DEG_TO_RAD) *
cos(lintang_T * DEG_TO_RAD));
    Azimuth = atan2(sin(HA * DEG_TO_RAD), atas8) *
RAD_TO_DEG;
    Azimuth2 = fmod(Azimuth + 180, 360);

    //Rumus Logic Beda AZ
    BedaAZ = KIB - Azimuth2;
    if (BedaAZ < -0) {
        NBedaAZ = BedaAZ + 360;
    } else {
        NBedaAZ = BedaAZ;
    }

    if (Azimuth2 < 180) {
        Azimuth_Bayangan = Azimuth2 + 180;
    } else {
        Azimuth_Bayangan = Azimuth2 - 180;
    }
    lcd2.print(Azimuth_Bayangan, 1);
    // Serial.print("Arah Kiblat: ");
    // Serial.println(KIB);
    delayMicroseconds(1);
}
}

```

Lampiran 2: Algoritma Posisi Matahari Jean Meus

1. Menghitung nilai Julian Day waktu UT (*Universal Time*)

$$JD_{UT} = 1720994,5 + INT(365,25 \cdot Y) + INT(30,6001(M+1)) \\ + B + D + \left(\frac{\text{jam} + \text{menit} \cdot 60 + \text{detik} \cdot 3600}{24} \right) - Z$$

Ket: D = nomor hari/tanggal

Y = tahun

Z = zona waktu

M = nomor bulan berawal dari januari, jika $M > 2$ maka M dan Y tidak berubah. Jika $M = 1$ atau 2 , maka M menjadi $M+12$ dan Y menjadi $Y-1$. Sehingga bulan Januari dan Februari dianggap sebagai bulan ke-13 dan ke-14 di tahun sebelumnya.

$$A = INT(Y/100)$$

$$B = 2 + INT(A/4) - A$$

2. Menghitung nilai (ΔT) Tahun 2005-2050

$$\Delta T = 62,92 + 0,32217 \cdot (X-2000) + 0,005589 \cdot (X-2000) \cdot (X-2000)$$

$$\text{Ket : } X = Y + (M-1)/12 + D/365$$

3. Julian Day Ephemeris (*JDE*) waktu TD (*Dynamical Time*)

$$JDE = JD + \Delta T$$

4. Menghitung nilai (*T*)

$$T = (JDE - 2451545) / 36525$$

5. Menghitung nilai bujur rata-rata matahari (*Lo*)

$$L_0 = 280,46645 + (36000,76983 \cdot T)$$

6. Menghitung anomali rata-rata matahari (*M0*)

$$M_0 = 357,5291 + (35999,0503 \cdot T)$$

7. Menghitung nilai koreksi (C)

$$C = (1,9146 - 0,0048 \cdot T) \sin(M_0) + (0,02 - 0,0001 \cdot T) \sin(2 \cdot M_0) + 0,0003 \cdot \sin(3 \cdot M_0)$$

8. Menghitung nilai eksentrisitas orbit bumi (e)

$$e = 0,0167086 - (0,000042 \cdot T)$$

9. Menghitung bujur ekliptika sesungguhnya (L)

$$L = L_0 + C$$

10. Menghitung anomali sesungguhnya (M)

$$M = M_0 + C$$

11. Menghitung Omega (Ω)

$$\Omega = 125,04452 - 1934,13626 \cdot T$$

12. Menghitung kemiringan orbit rata-rata (ϵ_0)

$$\epsilon_0 = 23,43929111 - (0,01300417 \cdot T)$$

13. Menghitung ($\Delta\epsilon$)

$$\Delta\epsilon = 0,002555556 \cdot \cos(\Omega) + 0,00015833 \cdot \cos(2 \cdot L_0)$$

14. Menghitung kemiringan orbit (ϵ)

$$\epsilon = \epsilon_0 + \Delta\epsilon$$

15. Menghitung Julian Day pukul 0 UT

$$JD_{0,UT} = 1720994,5 + INT(365,25 \cdot Y) + INT(30,60001 \cdot (M + 1)) + B + D$$

16. Menghitung T untuk JD

$$T_{JD} = (JD_{0_UT} - 2451545) / 36525$$

17. Menghitung GST pukul 0 UT

$$GST_{0_UT} = MOD((6,6973745583 + 2400,0513369072 \cdot T_{JD} + 0,0000258622 \cdot T_{JD} \cdot T_{JD}) \div 24)$$

18. Menghitung GST waktu lokal

$$GST_{LT} = MOD(GST_{0_UT} + (jam + menit60 + detik3600 - Z) \cdot 1,00273790935 \div 24)$$

19. Menghitung LST

$$LST = ((GST_{LT} + \lambda) / 15) \div 24$$

Ket. : λ = koordinat bujur lokasi

20. Menghitung bujur ekliptika nampak (λ_ϵ)

$$\lambda_\epsilon = L - 0,00569 - 0,00478 \cdot \sin \Omega$$

21. Menghitung Aksensiorekta (α)

$$\tan \alpha = \cos \epsilon \cdot \sin \lambda_\epsilon \cos \lambda_\epsilon$$

22. Menghitung Hour Angle (HA)

$$HA = MOD(LST - \alpha 24) * 15$$

23. Menghitung deklinasi Matahari (δ)

$$\sin \delta = \sin \epsilon \cdot \sin \lambda_\epsilon$$

24. Azimuth Matahari arah selatan ke barat (Az)

$$\tan Az = \sin HA \cos HA \cdot \sin \varphi - \tan \delta \cdot \cos \varphi$$

25. Azimuth Matahari arah utara ke timur (Az_M)

$$Az_M = Az + 180$$

Lampiran 3: Dokumentasi Uji Akurasi Instrumen Inovasi di Masjid Baiturrahman Kota Semarang



Lampiran 4: Dokumentasi Uji Akurasi Instrumen Inovasi di Masjid Agung Jawa Tengah



Lampiran 5: Dokumentasi Uji Akurasi Pengukuran Instrumen Inovasi di Masjid Walisongo Kampus 3 UIN Walisongo Kota Semarang



Lampiran 6: Algoritma Vincety

Vincety's paper presents a set of formulæ rather than a single program; this shows those formulæ pulled together as they are used in the script:

a, b = major & minor semi-axes of the ellipsoid

f = flattening $(a-b)/a$

φ_1, φ_2 = geodetic latitude

L = difference in longitude

$\tan U_{1/2} = (1-f) \cdot \tan \varphi_{1/2}$ (U is 'reduced latitude')

$\cos U_{1/2} = 1 / \sqrt{1 + \tan^2 U_{1/2}}, \sin U_{1/2} = \tan U_{1/2} \cdot \cos U_{1/2}$ (trig identities; §6)

$\lambda = L$ (first approximation)

iterate 'until change in λ is negligible' (e.g. 10^{-12} radians ≈ 0.006 mm), §5 {

$$\sin \sigma = \sqrt{[(\cos U_2 \cdot \sin \lambda)^2 + (\cos U_1 \cdot \sin U_2 - \sin U_1 \cdot \cos U_2 \cdot \cos \lambda)^2]} \quad (14)$$

$$\cos \sigma = \sin U_1 \cdot \sin U_2 + \cos U_1 \cdot \cos U_2 \cdot \cos \lambda \quad (15)$$

$$\sigma = \text{atan}(\sin \sigma / \cos \sigma) \quad (16)$$

$$\sin \alpha = \cos U_1 \cdot \cos U_2 \cdot \sin \lambda / \sin \sigma \quad (17)$$

$$\cos^2 \alpha = 1 - \sin^2 \alpha \quad (18) \quad \text{(trig identity; §6)}$$

$$\cos 2\sigma_m = \cos \sigma - 2 \cdot \sin U_1 \cdot \sin U_2 / \cos^2 \alpha \quad (18)$$

$$C = f/16 \cdot \cos^2 \alpha \cdot [4 + f \cdot (4 - 3 \cdot \cos^2 \alpha)] \quad (10)$$

$$N = L + (1 - C) \cdot f \cdot \sin \alpha \cdot \{ \sigma + C \cdot \sin \sigma \cdot [\cos 2\sigma_m + C \cdot \cos \sigma \cdot (-1 + 2 \cdot \cos^2 2\sigma_m)] \} \quad (11)$$

}

$$u^2 = \cos^2 \alpha \cdot (a^2 - b^2) / b^2$$

$$A = 1 + u^2/16384 \cdot \{ 4096 + u^2 \cdot [-768 + u^2 \cdot (320 - 175 \cdot u^2)] \} \quad (3)$$

$$B = u^2/1024 \cdot \{ 256 + u^2 \cdot [-128 + u^2 \cdot (74 - 47 \cdot u^2)] \} \quad (4)$$

$$\Delta\sigma = B \cdot \sin \sigma \cdot \{ \cos 2\sigma_m + B/4 \cdot [\cos \sigma \cdot (-1 + 2 \cdot \cos^2 2\sigma_m) - B/6 \cdot \cos 2\sigma_m \cdot (-3 + 4 \cdot \sin^2 \sigma) \cdot (-3 + 4 \cdot \cos^2 2\sigma_m)] \} \quad (6)$$

$$s = b \cdot A \cdot (\sigma - \Delta\sigma) \quad (19)$$

$$\alpha_1 = \text{atan}(\cos U_2 \cdot \sin \lambda / \cos U_1 \cdot \sin U_2 - \sin U_1 \cdot \cos U_2 \cdot \cos \lambda) \quad (20)$$

$$\alpha_2 = \text{atan}(\cos U_1 \cdot \sin \lambda / -\sin U_1 \cdot \cos U_2 + \cos U_1 \cdot \sin U_2 \cdot \cos \lambda) \quad (21)$$

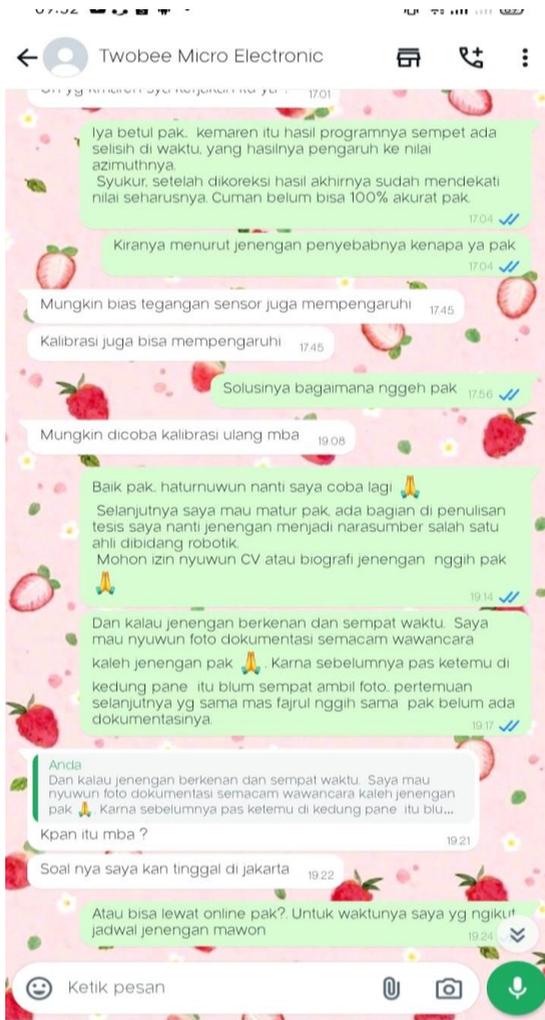
Where:

- ◆ s is the geodesic distance along the surface of the ellipsoid (in the same units as a & b)
- ◆ α_1 is the initial bearing, or forward azimuth
- ◆ α_2 is the final bearing (in direction $p_1 \rightarrow p_2$)

Lampiran 7: Pengujian data perhitungan dan pemrograman Instrumen Inovasi oleh Dr. Eng. Rinto Anugraha, NQZ, S.Si, M.Si



Lampiran 8 : Diskusi dan Wawancara dengan Lawrence Adi Supriyono, S.Kom. M.T.





Lawrence Adi Supriyono
S.Kom, M.T.

Dosen / Tendik
NIDN : 0631059601

Tentang saya

Saya merupakan seseorang dosen komputer software maupun hardware dan conten creator, sudah lebih dari 4 tahun saya mengajar dan meneliti mengenai ilmu yang saya miliki seperti : Ilmu Digital, Jaringan, Micro Controller, Pemrograman dan Robotik. ilmu yang saya dapat saya bagikan melalui youtube saya dengan nama: LawLaw ELC.

Kontak

- ☎ 085 8020 55 004
- ✉ adizlaw96@gmail.com
- ▶ LAWLAW ELC
- 📍 Singosari No. 8A Kediri Jawa Timur

Kemampuan

- 🧑‍💻 Bahasa Pemrograman C++, PHP, Assembly, dll.
- 🗣️ Kemampuan Berkomunikasi dan Pengajaran Interaktif.
- 🔧 Perakitan Robotika, IoT, Smart System, Micro Controller.
- 🗣️ Kemampuan Analisis, Organisasi, Team Teaching.

Pendidikan

- 🎓 Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA Semarang)
S2 Teknik Elektronika (Digital dan Robotika)
IPK : 4.00 (Cumlaude)

Pengalaman Kerja

- 👜 Dosen / Tenaga Pendidik (2019 - 2023)
Dosen Teknik Informatika
 - Pengajaran Jaringan (Linux, Windows Server (Cisco), MikroTik, Wireless).
 - Pengajaran Micro Controller (ESP, Arduino, Rasperry, IoT, Smart System, Artificial Intelligence AI).
 - Pengajaran Bahasa Pemrograman (PHP, Framework CI, C++, Wordpress, BlogSpot, Native HTML, Bootstrap, dll).
 - Pengajaran Data Science (Data Maining, Database, Oquery, Analisis Sistem, dll).
 - Pengajaran Elektronika (Digital, Analog, Mekatronika, Kelistrikan Pengukuran dan Analisis.
- 👜 Direktur Kemahasiswaan dan Magang 2021-2023
 - Kepengurusan Jabatan Struktural (Beasiswa Universitas, Magang Universitas dan Luaran Universitas).
 - Kinerja dan Kontrak Kerja Beasiswa Universitas.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Lauhatun Nashihah
Tempat/Tgl Lahir : Jepara, 13 Maret 1998
Jenis Kelamin : Perempuan
Alamat : Dk. Ndodol Ds. Damawulan RT/RW
07/03 Kec. Keling Kab. Jepara
No Telp/HP : 085726112721
Email : Lauchalaucha83@gmail.com

Riwayat Pendidikan Formal

1. Madrasah Ibtidaiyyah Matholiul Huda 02 Damarwulan, Keling-Jepara 2003 - 2010
2. Madrasah Tsanawiyah Darul Falah Sirahan, Cluwak- Pati 2010-2013
3. Madrasah Aliyah Darul Falah Sirahan, Cluwak- Pati 2013-2016
4. S1 Fakultas Syari'ah dan Hukum, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang 2016- 2020
5. S2 Fakultas Syari'ah dan Hukum, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang 2022- 2024

Riwayat Pendidikan Non Formal

1. PonPes Nurul Huda Sirahan Cluwak Pati 2013, 2016
2. Ponpes YPMI Al-Firdaus Silayur Semarang 2016- 2020
3. Language Center Pare 2018
4. Ponpes Life Skill Daarun Najaah Semarang 2022-2024

Pengalaman Bekerja

1. Sekretaris Himpunan Mahasiswa Jurusan 2017- 2018

2. Reporter Lembaga Pers Mahasiswa “Zenith” 2017 – 2019
3. Lembaga Pengajar TK, SD/MI, SMP/MTs (LPMA Gema Prestasi Semarang, Lembaga Bimbingan Belajar Rumah Pintar Semarang, Lembaga Bimbingan Belajar Atta Semarang)
4. Madrasah Tsanawiyah Darul Falah Sirahan, Cluwak- Pati 2020-2022
5. Planetarium dan Observatorium UIN Walisongo Semarang 2022-2023

Motto Hidup: Hidup Hanya Sekali, Hiduplah Yang Berarti

Semarang, 18 April 2024

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Lauhatun Nashihah', with a large, stylized flourish extending to the left.

Lauhatun Nashihah