

RANCANG BANGUN PENGEDALIAN JARAK JAUH TELESKOP ALTAZIMUTH BERBASIS ESP32

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi dan Melengkapi Syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Program Strata Satu (S1) Program
Studi Ilmu Falak



Oleh:

AHMAD FARHAN MAKMUR
NIM. 2102046076

**PROGRAM STUDI ILMU FALAK
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM
UIN WALISONGO SEMARANG
2025**

PERSETUJUAN PEMBIMBING



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM

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

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Lamp. : 4 (empat) eks.

Hal : Naskah Skripsi

An. Sdr. Ahmad Farhan Makmur
Kepada Yth.
Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum
UIN Walisongo

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

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

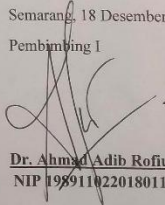
Nama : Ahmad Farhan Makmur
NIM : 2102046076
Jurusan/prodi : Ilmu Falak
Judul skripsi : RANCANG BANGUN PENGENDALIAN JARAK JAUH
TELESKOP ALTAZIMUTH BERBASIS ESP32

Dengan ini saya mohon kiranya skripsi Saudara tersebut dapat segera dimunaqasyahkan. Demikian harap menjadikan maklum.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, 18 Desember 2024

Pembimbing I


Dr. Ahmad Adib Rofiuddin M.S.I.
NIP 198911022018011001

PENGESAHAN



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

Jl. Prof. Dr. H. Harko Kumpun III Ngalayan Telp/Fax: 0241 7601291 Semarang 50185

PENGESAHAN

Naskah Skripsi dengan:

Judul : Rancang Bangun Pengendalian Jarak Jauh Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32
Penulis : Ahmad Farhan Makmur
NIM : 2102046076
Jurusan : Ilmu Falak

Telah di munaqasahkan oleh Dewan Penguji Fakultas Syaria'ah dan Hukum Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang, dan dinyatakan lulus dengan predikat Cumlaude/baik/cukup, pada tanggal 03 Februari 2025 dan dapat diterima sebagai syarat guna memperoleh gelar Sarjana Strata 1 tahun akademik 2024/2025.

Semarang, 27 Februari 2025

Ketua Sidang

Alfian Rodri Azizi, M.H.
NIP. 198811052019031006

Sekretaris Sidang

Dr. Ahmad Adib Rofluddin, M.S.I.
NIP. 198911022018011001

Penguji I

Dr. Ahmad Syffaul Anam, S.H.I., M.H.
NIP. 198001202003121001



Penguji II

Ahmad Zubaeri, M.H.
NIP. 199005072019031010

Pembimbing I

Dr. Ahmad Adib Rofluddin, M.S.I.
NIP. 198911022018011001

Pembimbing II

NIP.

MOTTO

إِنَّ فِي السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ لَآيَاتٍ لِّلْمُؤْمِنِينَ¹

*"Sesungguhnya pada langit dan bumi benar-benar terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang beriman."
(QS. Al-Jatsiyah [45] : 3)*

¹ Dewan Penterjemah, *Al Qur'an dan Terjemahnya* (Jakarta: Yayasan Penyelenggara dan Penterjemah / Pentafsir Al Qur'an, 1971), 499.

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Ayah dan Ibu Tercinta (Makmur dan Darmawati)

Kepada beliau yang telah menjadi guru penulis yang pertama kali mengajarkan arti kehidupan, serta sebagai alasan penulis untuk tetap semangat menjalani kehidupan sampai kapan pun. Kekuatan doa beliau yang dapat menembus langit, sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini dengan lancar.

Kedua kakak (Fikri dan Firda) dan kedua adik (Fadiah dan Fadil)

Penulis sangat bersyukur memiliki saudara-saudara yang luar biasa, selalu memberi semangat serta masukan yang membangun, sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.

Seluruh Orang Baik

Yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan bantuan dalam berbagai bentuk selama proses penyelesaian skripsi ini.

Kepada mereka yang hadir dengan keikhlasan, baik melalui nasihat, doa, maupun semangat yang diberikan, saya sampaikan rasa terima kasih yang mendalam. Setiap kebaikan yang kalian berikan, sekecil apa pun, telah menjadi penyemangat dan penguat di tengah perjalanan ini.

DEKLARASI

Dengan penuh kejujuran dan tanggung jawab, penulis menyatakan bahwa skripsi ini tidak berisi materi yang pernah ditulis oleh orang lain atau diterbitkan. Demikian juga skripsi ini tidak berisi satupun pemikiran orang lain, kecuali informasi yang terdapat dalam referensi yang dijadikan bahan rujukan dalam penelitian.

Semarang, 18 Desember 2024
Deklator,



Ahmad Farhan Makmur
NIM. 2102046076

PEDOMAN TRANSLITERASI HURUF ARAB-LATIN²

A. Konsonan Tunggal

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Keterangan
ا	Alif	-	Tidak dilambangkan
ب	Ba	B	Be
ت	Ta	T	Te
ث	Sa	Ṣ	Es (dengan titik di atas)
ج	Jim	J	Je
ح	Ha	ḥ	Ha (dengan titik di bawah)
خ	Kha	Kh	Ka dan Ha
د	Dal	D	De
ذ	Zal	Ẓ	Zet (dengan titik diatas)
ر	Ra	R	Er
ز	Zai	Z	Zet
س	Sin	S	Es
ش	Syin	Sy	Es dan Ye
ص	Sad	Ṣ	Es (dengan titik di bawah)
ض	Dad	Ḍ	De (dengan titik di bawah)
ط	Ta	Ṭ	Te (dengan titik di bawah)

² Tim Penyusun Fakultas Syariah IAIN Walisongo, Panduan Penelitian Skripsi (Semarang: Fakultas Syari'ah dan Hukum IAIN Walisongo, 2008), 61-62.

ظ	Za	Z̤	Zet (dengan titik di bawah)
ع	‘ain	‘	Koma terbalik (di atas)
غ	Gain	G	Ge
ف	Fa	F	Ef
ق	Qaf	Q	Ke
ك	Kaf	K	Ka
ل	Lam	L	El
م	Mim	M	Em
ن	Nun	N	En
و	Wawu	W	We
هـ	Ha	H	Ha
ء	Hamzah	'	Apostrof
ي	Ya	Y	Ye

B. Konsonan Rangkap

Konsonan rangkap (*tasydid*) ditulis rangkap

Contoh: مقدمة ditulis *Muqaddimah*

C. Vokal

1. Vokal Tunggal

Fathah ditulis “a”. Contoh: فتح ditulis *fataḥa*

Kasrah ditulis “i”. Contoh: علم ditulis ‘*alimun*

Dammah ditulis “u”. Contoh: كتب ditulis *kutub*

2. Vokal Rangkap

Vokal rangkap (fathah dan ya) ditulis “ai”

Contoh: اين ditulis *aina*

Vokal rangkap (fathah dan wawu) ditulis “au”

Contoh: حول ditulis *hau*

D. Vokal Panjang

Fathah ditulis “a”. Contoh: باع = *bā ‘a*

Kasrah ditulis “i”. Contoh: عليهم = ‘*alī mun*

Dammah ditulis “u”. Contoh: علوم = ‘*ulūmun*

E. Hamzah

Huruf Hamzah (ء) di awal kata tulis dengan vokal tanpa didahului oleh tanda apostrof (‘). Contoh: إيمان = *īmān*

F. Lafdzul Jalalah

Lafzul jalalah (kata اهللا) yang terbentuk frase nomina ditransliterasikan tanpa hamzah. Contoh: عبدالله ditulis ‘*Abdullah*.

G. Kata Sandang “al-...”

1. Kata sandang “al-” tetap ditulis “al-”, baik pada kata yang dimulai dengan huruf qamariyah maupun syamsiyah.
2. Huruf “a” pada kata sandang “al-” tetap ditulis dengan huruf kecil.
3. Kata sandang “al-” di awal kalimat dan pada kata “Al-Qur’an” ditulis dengan huruf kapital.

H. Ta marbutah (ة)

Bila terletak di akhir kalimat, ditulis h, misalnya: البقرة
ditulis *al-baqarah*. Bila ditengah kalimat ditulis t.

Contoh: زكاة لمال ditulis *zakāh al-māl* atau *zakātul māl*.

ABSTRAK

Di era modern, pengamatan astronomi, termasuk pengamatan benda-benda langit seperti Bulan dan Matahari, dapat dilakukan dengan menggunakan instrumen canggih seperti teleskop. Namun, teleskop tradisional memerlukan pengoperasian manual yang membatasi aksesibilitas dan kemudahan penggunaan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis sistem kendali jarak jauh pada teleskop altazimuth berbasis ESP32.

Metode yang digunakan adalah *Research and Development (R&D)* dengan model pengembangan ADDIE yang terdiri dari lima tahap: Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi. Sistem teleskop ini memungkinkan pengoperasian dari jarak jauh menggunakan koneksi *Wi-Fi*, dengan integrasi mikrokontroler ESP32, motor servo untuk penggerak *azimuth* dan ketinggian, serta aplikasi kontrol berbasis perangkat pintar. Uji akurasi dilakukan dengan pengamatan Bulan dan Matahari di Observatorium UIN Walisongo, menghasilkan rata-rata selisih koordinat sebesar ± 2 derajat pada *azimuth* dan ketinggian.

Analisis menunjukkan sistem memiliki keterbatasan dalam menempatkan benda langit tepat di tengah lensa teleskop akibat pembulatan data dan input berbasis satuan derajat. Koreksi data sebesar 1–2 derajat diperlukan untuk akurasi yang lebih baik.

Penelitian ini merekomendasikan pengembangan lebih lanjut, seperti penggunaan satuan yang lebih presisi, peningkatan kemampuan motor servo, penambahan kamera untuk meningkatkan pengamatan presisi, dan pembuatan manual book untuk mempermudah pengguna dalam mengoperasikan sistem.

Kata Kunci: Teleskop Altazimuth, ESP32, Kendali Jarak Jauh, Akurasi, Observasi Astronomi

ABSTRACT

In the modern era, astronomical observations, including observations of celestial bodies such as the Moon and the Sun, can be carried out using sophisticated instruments such as telescopes. However, traditional telescopes require manual operation which limits accessibility and ease of use. This research aims to design and analyze a remote control system for an ESP32-based altazimuth telescope.

The method used is Research and Development (R&D) with the ADDIE development model which consists of five stages: Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation. This telescope system allows remote operation using a Wi-Fi connection, with the integration of an ESP32 microcontroller, servo motors for azimuth and altitude drive, as well as a smart device-based control application. The accuracy test was carried out by observing the Moon and the Sun at the UIN Walisongo Observatory, resulting in an average coordinate difference of ± 2 degrees in azimuth and altitude.

Analysis shows that the system has limitations in placing celestial objects right in the middle of the telescope lens due to data rounding and degree-based input. Data correction of 1–2 degrees is required for better accuracy.

This research recommends further development, such as using more precise units, increasing servo motor capabilities, adding cameras to increase precision observations, and creating a manual book to make it easier for users to operate the system.

Keywords: Altazimuth Telescope, ESP32, Remote Control, Accuracy, Astronomical Observation

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur sedalam-dalamnya penulis haturkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir strata 1 dengan lancar yang berupa skripsi dengan judul : **“Rancang Bangun Pengendalian Jarak Jauh Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32”** tanpa hambatan yang berat. Shalawat dan salam tak lupa kita haturkan kepada Nabi junjungan kita Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan umatnya hingga akhir nanti.

Ucapan terima kasih penulis kepada semua pihak yang membantu penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis menyadari masih banyak kekurangan. Berkat arahan dan bimbingan serta motivasi dari semua pihak sehingga penulis menyelesaikan skripsi ini. Melalui pengantar ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ahmad Adib Rofiuddin, M.S.I., selaku pembimbing penulis, terima kasih atas bimbingan dan arahan yang diberikan selama penyusunan skripsi ini.
2. Kementerian Agama RI cq. Direktorat Jenderal Pendidikan Diniyah dan Pondok Pesantren atas beasiswa PBSB (Program Beasiswa Santri Berprestasi) yang diberikan penuh selama masa perkuliahan.
3. Prof. Dr. KH. Nizar Ali, M.Ag. selaku Rektor UIN Walisongo Semarang, atas terciptanya sistem akademik dan perkuliahan penulis.
4. Prof. Dr. H. Abdul Ghofur, M.Ag., selaku Dekan Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang, beserta Dr. Afif Noor, S.Ag., S.H., M.Hum., selaku wakil Dekan I, Supangat, M.Ag., selaku wakil Dekan II dan Rustam

Dahar Karnadi Apollo Harahap, M.Ag., selaku wakil Dekan III beserta para stafnya yang telah memberikan izin dan memberikan fasilitas selama masa perkuliahan.

5. Ahmad Munif, M.S.I., dan Alfian Qodri Azizi, M.H., selaku ketua jurusan dan sekretaris jurusan sekaligus menjadi pengelola PBSB UIN Walisongo Semarang, terimakasih atas segala pembelajaran, kesempatan belajar serta pengalaman yang luar biasa.
6. Seluruh Dosen Fakultas Syari'ah dan Hukum khususnya dan Dosen UIN Walisongo Semarang secara umum. Terimakasih atas ilmu dan pengetahuan yang penulis terima.
7. Dr. Moh. Hasan M.Ag., selaku dosen wali yang selalu membimbing penulis dalam hal akademik mulai dari awal semester hingga di penghujung semester.
8. Prof. Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag., Dr. Ahmad Syifaul Anam, S.H.I., M.H., Dr. H. M. Basthoni, S.H.I. M.H., selaku penguji ahli di bidang Ilmu Falak, terima kasih atas saran dan masukan yang diberikan untuk penelitian penulis.
9. Lawrence Adi Supriyo, S.Kom., M.T., Ahmad Minanur Rohim, M.Pd., Muhammad Syahril Sabirin, S.T., selaku penguji ahli di bidang Robotik, terima kasih atas saran dan masukan yang diberikan untuk penelitian penulis.
10. Drs. K.H. Ahmad Ali Munir, M.S.I., dan Prof. Dr. H. Musahadi, M.Ag., selaku pengasuh dan pimpinan Pondok YPMI Al-Firdaus, terima kasih atas ilmu, bimbingan dan motivasinya.
11. Kak Fajrul dan Mba Lauha, terima kasih atas bimbingan, arahan, nasehat, dan motivasinya setiap saat mulai dari awal penyusunan judul sampai selesainya penelitian ini.
12. Keluarga CSSMoRA terkhusus CSSMoRA UIN Walisongo yang menjadi rumah ternyaman selama merantau ditanah rantau, terima kasih kepada seluruh

anggota, baik alumni, kakak-kakak, adik-adik, dan teman-teman semua.

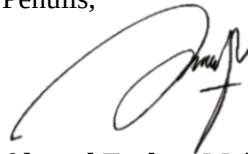
13. Teman-teman Ilmu Falak Angkatan 2021 (Zenith), yang menjadi teman seperjuangan selama masa perkuliahan.
14. Teman-teman KKN MIT Posko 103, yang menjadi teman pengabdian di Desa Jerukgiling.
15. Seluruh orang-orang baik yang pernah terlibat dalam proses penyusunan penelitian penulis, terima kasih tak terhingga dari penulis.

Ucapan terima kasih tidak akan cukup untuk membalas semua bantuan serta dukungan dari pihak yang telah penulis sebutkan diatas. Semoga Allah SWT yang akan memberikan balasan yang lebih baik dan layak.

Penulis menyadari skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan karena kekurangan dan keterbatasan penulis. Penulis sangat berharap kritik dan saran yang membangun sebagai bekal.

Akhirnya penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Semarang, 18 Desember 2024
Penulis,



Ahmad Farhan Makmur

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
PENGESAHAN	ii
MOTTO	iii
PERSEMBAHAN.....	iv
DEKLARASI.....	v
PEDOMAN TRANSLITERASI HURUF ARAB-LATIN	vi
ABSTRAK	x
ABSTRACT.....	xi
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
BAB I: PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian.....	6
D. Manfaat Penelitian.....	6
E. Tinjauan Pustaka	6
F. Metode Penelitian.....	9
G. Sistematika Penulisan.....	13
BAB II: TINJAUAN UMUM RUKYATUL HILAL DAN TEKNOLOGI PENGENDALIAN JARAK JAUH.....	15
A. Rukyatul Hilal	15
B. Teknologi Pengendalian Jarak Jauh.....	30

BAB III: PROSES PERANCANGAN TELESKOP ALTAZIMUTH BERBASIS ESP32	34
A. Problematika Instrumen Ilmu Falak	34
B. Komponen Teleskop Altazimuth berbasis ESP32	36
C. Persiapan dan Instalasi Sistem ESP32	48
D. Desain Teleskop Altazimuth berbasis ESP32	54
E. Perancangan dan Pemograman Teleskop Altazimuth berbasis ESP32.....	58
BAB IV: ANALISIS TINGKAT AKURASI TELESKOP ALTAZIMUTH BERBASIS ESP32	64
A. Penggunaan Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32	64
B. Analisis Uji Akurasi Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32.....	66
C. Kelebihan dan Kekurangan Teleskop Altazimuth berbasis ESP32.....	74
D. Uji Ahli Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32	75
E. Implikasi Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32 di Bidang Ilmu Falak	86
BAB V: PENUTUP.....	92
A. Kesimpulan	92
B. Saran.....	93
DAFTAR PUSTAKA	94
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	101
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	111

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.1 Langkah-langkah model pengembangan ADDIE, 10.
- Gambar 2.1 Periode sideris dan sinodis, 17.
- Gambar 2.2 *Lunar perigee* dan *Lunar apogee*, 18.
- Gambar 2.3 Fase utama Bulan, 19.
- Gambar 2.4 Fase-fase Bulan, 21.
- Gambar 3.1 ESP32 Dev Kit 1 30P, 36.
- Gambar 3.2 *Monocular Telescop*, 37.
- Gambar 3.3 *Baseboard* ESP32 30P, 38.
- Gambar 3.4 Servo MG996, 41.
- Gambar 3.5 *DC Jack Male Screw*, 45.
- Gambar 3.6 *Battery* 18650 3000mAh, 47.
- Gambar 3.7 Pilihan download *software* Arduino IDE untuk berbagai sistem operasi computer, 49.
- Gambar 3.8 Aplikasi Arduino IDE, 49.
- Gambar 3.9 Fitur tambahan ESP32 telah tersedia, 50.
- Gambar 3.10 Tampilan dan pengaturan nama proyek di *Firestore Console*, 52.
- Gambar 3.11 Struktur data di *Firestore*, 52.
- Gambar 3.12 Desain antarmuka aplikasi, 53.
- Gambar 3.13 Tampilan Aplikasi pada *Smartphone*, 54.
- Gambar 3.14 Rancangan elektronika teleskop altazimuth berbasis ESP32, 56.
- Gambar 3.15 Diagram Alir teleskop altazimuth berbasis ESP32, 58.
- Gambar 3.16 Tata koordinat horizon, 59.
- Gambar 3.17 Penampakan Instalasi Teleskop Altazimuth berbasis ESP32, 61.
- Gambar 3.18 Teleskop Altazimuth berbasis ESP32 tampak dari samping, 62.

- Gambar 3.19 Teleskop Altazimuth berbasis ESP32 tampak dari atas, 62.
- Gambar 4.1 Proses *levelling* teleskop, 64.
- Gambar 4.2 Teleskop menghadap ke utara sejati, 65.
- Gambar 4.3 Posisi tombol power dan lampu indikator sedang menyala, 65.
- Gambar 4.4 Penyesuaian utara sejati teleskop, 67.
- Gambar 4.5 Citra Bulan sebelum dan setelah dikoreksi pada pukul 22.15 WIB, 69.
- Gambar 4.6 Citra Bulan sebelum dan setelah dikoreksi pada pukul 23.05 WIB, 70.
- Gambar 4.7 Citra Matahari sebelum dan setelah dikoreksi pada pukul 15.40 WIB, 72.
- Gambar 4.8 Citra Matahari sebelum dan setelah dikoreksi pada pukul 16.05 WIB, 72.
- Gambar 4.9 Perbandingan harga teleskop robotik dengan ESP32, 74.
- Gambar 4.10 Diagram penilaian uji ahli Ilmu Falak, 78.
- Gambar 4.11 Diagram penilaian uji ahli Robotik, 80.

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Data Azimuth Pengamatan Bulan, 67 - 68.
Tabel 4.2	Data Altitude Pengamatan Bulan, 68 - 69.
Tabel 4.3	Data Azimuth Pengamatan Matahari, 79.
Tabel 4.4	Data Altitude Pengamatan Matahari, 83.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Teknologi telah menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk dalam bidang ilmu pengetahuan. Salah satu disiplin ilmu yang sangat terbantu oleh perkembangan teknologi adalah ilmu astronomi, ilmu yang mempelajari benda-benda langit seperti bintang, planet, dan galaksi, serta fenomena kosmik lainnya.³ Kemajuan teknologi tidak hanya memperluas pemahaman kita tentang alam semesta, tetapi juga memungkinkan metode pengamatan yang lebih akurat, efisien, dan mendalam. Teleskop, sebagai salah satu instrumen utama dalam astronomi, telah digunakan selama berabad-abad untuk memperbesar pandangan manusia terhadap objek-objek di luar angkasa.⁴

Sejak Galileo Galilei memperkenalkan teleskop pada abad ke-17, alat ini terus mengalami perkembangan pesat, baik dari segi desain optik, ukuran, maupun teknologi pendukungnya.⁵ Meski begitu, penggunaan teleskop secara manual masih memiliki sejumlah keterbatasan, terutama dalam hal fleksibilitas dan efisiensi. Pengoperasian teleskop manual membutuhkan kehadiran fisik pengamat untuk mengarahkan teleskop ke objek yang diinginkan,⁶ dan penyesuaian manual sering kali memakan waktu serta memengaruhi akurasi, terutama ketika objek yang diamati sedang bergerak, seperti bulan, planet atau satelit.

³ Tono Saksono, *Mengkompromikan Rukyah & Hisab* (Jakarta: PT. Amytas Publicita, 2007), 60-61.

⁴ Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, *Khazanah Astronomi Islam Abad Pertengahan: Deskripsi-Historis Tentang Tradisi, Inovasi, Dan Kontribusi Peradaban Islam Di Bidang Astronomi* (Jakarta: PT Elex Media Komputindo, 2016), 312.

⁵ Ahmad Junaidi, *Astrofotografi: Adopsi Dan Implementasinya Dalam Rukyatulhilar Di Indonesia* (Yogyakarta: Q-Media, 2021), 10.

⁶ Ahmad Adib Rofiuddin, *"Kalender Islam Global: Studi Penentuan Awal Bulan Hijriah Di Indonesia, Turki, Dan Maroko,"* (Semarang: CV Rafi Sarana Perkasa, 2021), 22.

Beberapa dekade terakhir, teknologi mikrokontroler telah berkembang pesat, membuka banyak peluang baru untuk mengendalikan perangkat secara lebih efisien dan fleksibel, terutama berkat dukungan komunikasi nirkabel.⁷ Mikrokontroler seperti Arduino⁸, ESP32⁹, *Raspberry Pi Pico*¹⁰, STM32¹¹, dan lainnya semakin banyak digunakan dalam berbagai proyek elektronik dan otomatisasi.

⁷ Hari Arief Dharmawan, “*Mikrokontroler: Konsep Dasar Dan Praktis*,” xi (Malang: UB Press, 2017), 171.

⁸ Arduino adalah mikrokontroler *single-board* yang bersifat *open-source*. Dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware*-nya memiliki prosesor *Atmel AVR* dan *software*-nya memiliki bahasa pemrograman sendiri yang memiliki kemiripan *syntax* dengan bahasa pemrograman C. Karena sifatnya yang terbuka maka siapa saja dapat mengunduh skema *hardware* Arduino dan membangunnya. Arduino sering digunakan dalam Robtika, CNC, sistem otomasi dan lain-lainnya. Lihat dalam Deni Kurnia, “*BELAJAR SENDIRI ARDUINO*,” accessed October 18, 2024, https://www.academia.edu/33141220/BELAJAR_SENDIRI_ARDUINO, 4.

⁹ ESP32 adalah mikrokontroler *dual-core* yang dilengkapi dengan modul *Wi-Fi* dan *Bluetooth*, dirancang oleh *Espressif Systems*. Mikrokontroler ini memiliki kemampuan yang tinggi, efisiensi energi, dan berbagai fitur seperti GPIO, ADC, dan PWM. Dengan kemampuannya untuk terhubung dengan jaringan, ESP32 sangat cocok untuk aplikasi *Internet of Things (IoT)* dan pengembangan proyek elektronik yang memerlukan komunikasi nirkabel. Lihat dalam Taufik Akbar, *Mikrokontroler ESP32: Panduan Praktis Penggunaan Dan Pemrograman* (Yogyakarta: Andi Offset, 2021), 5.

¹⁰ *Raspberry Pi Pico* adalah mikrokontroler berbasis *chip* RP2040 yang dirancang oleh *Raspberry Pi Foundation*. Mikrokontroler ini memiliki prosesor *dual-core* ARM Cortex-M0+, serta dilengkapi dengan berbagai fitur seperti GPIO, ADC, dan PWM, yang membuatnya ideal untuk berbagai aplikasi elektronik dan otomasi. *Raspberry Pi Pico* menawarkan performa tinggi dengan konsumsi daya yang rendah, dan mendukung bahasa pemrograman seperti C, C++, dan *MicroPython*. Mikrokontroler ini sangat cocok untuk proyek-proyek yang membutuhkan kontrol perangkat keras yang presisi dan efisiensi daya. Lihat dalam Bayu Indrawan, *Raspberry Pi Pico: Panduan Lengkap Pemrograman Dan Aplikasi* (Jakarta: Graha Ilmu, 2022), 15.

¹¹ STM32 adalah keluarga mikrokontroler berbasis ARM Cortex-M yang dikembangkan oleh *STMicroelectronics*. Mikrokontroler ini dikenal karena kinerjanya yang tinggi, efisiensi daya, dan fleksibilitasnya dalam berbagai aplikasi industri maupun komersial. STM32 menawarkan berbagai varian dengan fitur-fitur seperti GPIO, ADC, PWM, dan kemampuan komunikasi serial yang canggih. Mikrokontroler ini cocok untuk aplikasi yang membutuhkan kontrol

Arduino mungkin yang paling dikenal dan banyak digunakan oleh pengembang. Salah satu daya tarik utamanya adalah kesederhanaannya, mudah diprogram, didukung oleh komunitas besar, dan tersedia banyak referensi serta tutorial. Namun, untuk fitur seperti *Wi-Fi* atau *Bluetooth*, Arduino sering membutuhkan modul tambahan, yang bisa menambah biaya dan ukuran proyek.¹²

Salah satu alat yang memanfaatkan Arduino dan dapat membantu pengamat dalam menemukan posisi benda langit tanpa perlu mencari secara manual, yakni *Moon Verification*¹³ yang dikembangkan oleh Fajrullah. Alat ini menggunakan Arduino untuk menggerakkan teleskop, sehingga pengamat cukup memasukkan data *azimuth* dan *altitude* sesuai dengan waktu pengamatan.¹⁴ Teleskop kemudian akan bergerak otomatis menuju posisi benda langit yang telah diinput.

Alat ini sangat membantu, tetapi masih memiliki beberapa kelemahan. Salah satu kelemahan utama *Moon Verificator* adalah keterbatasannya dalam pengendalian dan otomatisasi. Alat ini masih bergantung pada kontrol manual, yang berarti setiap perintah harus diberikan langsung di perangkat.¹⁵ Akibatnya, pengguna harus selalu berada di dekat alat untuk

presisi, pemrosesan cepat, dan penghematan energi. STM32 mendukung berbagai bahasa pemrograman seperti C dan C++, serta memiliki ekosistem perangkat lunak yang luas. Lihat dalam Ahmad Fadli, *Mikrokontroler STM32: Pemrograman Dan Implementasi Praktis* (Bandung: Informatika, 2020), 10.

¹² Maik G Schmidt, *Arduino: A Quick-Start Guide* (Sebastopol: O'Reilly Media, 2013), 100-102.

¹³ *Moon Verification* adalah sistem yang dirancang untuk membantu pengamatan bulan, khususnya dalam konteks rukyatul hilal. Alat ini menggabungkan perangkat keras dan perangkat lunak untuk secara otomatis menentukan posisi bulan dengan memasukkan data *azimuth* dan *altitude*, sehingga mengurangi kebutuhan untuk pengamatan manual. Pengembangan alat ini memanfaatkan mikrokontroler Arduino dan bertujuan untuk meningkatkan akurasi dalam pengamatan bulan. Lihat dalam Fajrullah, "*Konstruksi Alat Moon Verificator Dan Tingkat Akurasinya Dalam Rukyatulhilal*" Skripsi UIN Walisongo (Semarang: UIN Walisongo, 2020), 45-48.

¹⁴ Fajrullah, *Konstruksi*, 35.

¹⁵ Fajrullah, *Konstruksi*, 54.

mengatur posisi teleskop. Hal ini jelas mengurangi fleksibilitas dan membuat otomatisasi hampir tidak mungkin dilakukan.

Teleskop yang menggunakan ESP32 membawa perubahan besar dalam aspek ini. Dengan konektivitas *Wi-Fi* atau *Bluetooth*, pengguna bisa mengoperasikan dan mengarahkan teleskop dari jarak jauh, tanpa perlu berada di dekat perangkat. Selain itu, ESP32 mendukung otomatisasi yang lebih canggih, seperti kemampuan untuk mencari objek langit secara otomatis berdasarkan koordinat yang diinput melalui aplikasi atau perangkat yang terhubung.¹⁶ Ini membuat teleskop berbasis ESP32 jauh lebih fleksibel dan praktis, terutama ketika pengamatan langit dilakukan dari lokasi yang tidak memungkinkan pengguna untuk selalu berada di dekat alat.

ESP32 memiliki prosesor *dual-core*, yang memungkinkan multitasking dan pemrosesan lebih cepat. Ini membuat ESP32 lebih efisien dan unggul, terutama dalam proyek yang memerlukan konektivitas nirkabel atau pemrosesan data secara bersamaan, serta lebih ekonomis dari segi biaya dan ruang.¹⁷

Penggunaan ESP32 dalam penelitian ini diharapkan memberikan keunggulan signifikan dibandingkan dengan mikrokontroler lain seperti Arduino, berkat performa yang lebih cepat, konektivitas nirkabel yang terintegrasi, dan dukungan penuh untuk *Internet of Things (IoT)*.¹⁸ Solusi ini juga menawarkan akses lebih mudah bagi pengamat pemula, berkat antarmuka yang *user-friendly*, sehingga mereka dapat mengoperasikan teleskop dengan lebih mudah tanpa harus menguasai teknik yang rumit.

Implementasi pengendalian jarak jauh berbasis ESP32 pada teleskop masih menghadapi beberapa tantangan teknis, seperti menjaga koneksi nirkabel tetap stabil dan memastikan

¹⁶ Rinaldi Suhendra, *ESP32: Panduan Lengkap Untuk Pemrograman Dan Pengembangan Proyek IoT* (Jakarta: Graha Ilmu, 2020), 75-78.

¹⁷ Rinaldi Suhendra, *ESP32: Panduan*, 10.

¹⁸ Kurniawan, Andi, "Perancangan Sistem Pencahayaan Otomatis Berbasis IoT Dengan ESP32," *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 2023, 30-35.

integrasi sistem kontrol motor yang presisi.¹⁹ Namun, dengan kemajuan perangkat lunak dan perangkat keras yang terus berkembang, tantangan-tantangan ini dapat diatasi melalui penelitian dan pengembangan lebih lanjut. Pengendalian jarak jauh yang efisien dan andal tidak hanya akan menguntungkan astronomi, tetapi juga bidang observasi lain yang memerlukan presisi dan kontrol dari jarak jauh.²⁰

Berdasarkan latar belakang diatas peneliti sangat tertarik membahasnya dalam bentuk penelitian skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Pengendalian Jarak Jauh Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32”. Dengan memanfaatkan kemampuan mikrokontroler ESP32, diharapkan sistem ini dapat memberikan solusi praktis dan inovatif dalam pengoperasian teleskop, baik untuk keperluan profesional maupun amatir. Penelitian ini akan mengkaji lebih dalam bagaimana ESP32 dapat digunakan untuk mengoptimalkan pengendalian teleskop, mulai dari desain sistem, pengujian fungsi, hingga evaluasi kinerja dalam berbagai kondisi pengamatan. Pada akhirnya, pengembangan teknologi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam kemajuan ilmu astronomi, sekaligus memudahkan lebih banyak orang untuk terlibat dan berpartisipasi dalam pengamatan benda-benda langit.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang tersebut, terdapat pokok-pokok permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana rancang bangun sistem kendali jarak jauh teleskop altazimuth berbasis ESP32?
2. Bagaimana tingkat akurasi sistem kendali jarak jauh teleskop berbasis ESP32?

¹⁹ Rinaldi Suhendra, *ESP32: Panduan*, 50-60.

²⁰ T.S.R.S. Sidiq, *Sistem Kontrol Otomatis* (Jakarta: Salemba Empat, 2018), 150.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem pengendalian jarak jauh teleskop altazimuth berbasis mikrokontroler ESP32 yang efektif dan efisien.
2. Mengetahui akurasi sistem pengendalian jarak jauh berbasis ESP32.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian penulis adalah sebagai berikut:

1. Memberikan solusi untuk pengendalian teleskop yang lebih efisien dan fleksibel, memungkinkan pengamat mengontrol teleskop dari jarak jauh tanpa harus hadir di lokasi.
2. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi pengembangan lebih lanjut dalam teknologi astronomi, serta digunakan sebagai panduan bagi mahasiswa atau peneliti yang ingin mempelajari atau mengembangkan sistem serupa.

E. Tinjauan Pustaka

Telaah pustaka merupakan alat bantu seseorang dalam penelitian dan memuat uraian sistematis tentang penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Bermanfaat dalam memperdalam bidang yang diteliti, mengetahui hubungan dan perbedaan tentang penelitian yang dibuat karya oleh orang lain dan memperjelas masalah penelitian.²¹

Peneliti melakukan beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini. Namun, belum pernah ada tulisan atau penelitian secara spesifik membahas tentang Rancang Bangun Pengendalian Jarak Jauh Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32, sebab instrumen ini merupakan tawaran baru dari peneliti, sehingga belum ada yang pernah mengkaji

²¹ Tim Fakultas Syariah, *Pedoman Penulisan Skripsi*, I (Semarang: Basscom Multimedia Grafika, 2012), 12-13.

sebelumnya. Peneliti hanya menemukan beberapa pembahasan penelitian berhubungan dengan metode metode yang sama digunakan oleh peneliti sendiri. Adapun penelitian-penelitian tersebut adalah:

1. Penelitian Fajrullah mengenai *Moon Verificator* berfokus pada konsep *physical computing*, menggabungkan perangkat keras dan perangkat lunak untuk menciptakan sistem interaktif. Ia menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroler dengan pemrograman berbasis IDE dan bahasa C++. Keunggulan Arduino yang *open-source* memungkinkan modifikasi fleksibel. Sistem ini dilengkapi Mounting Altizimuth yang dapat berputar 180°, tetapi akurasinya terbatas akibat spesifikasi motor servo dan pembulatan data dari kompas digital. Dalam konteks pengendalian jarak jauh berbasis ESP32, kemampuan *Wi-Fi* dan *Bluetooth* pada ESP32 menawarkan solusi untuk meningkatkan presisi pengendalian dan efisiensi sensor.²²
2. Penelitian Ikhsan Mahaendra tentang *Focusing Hilal* menerapkan teknologi kendali jarak jauh berbasis mikrokontroler dengan tambahan fitur pengendalian *Bluetooth*. Alat ini mengarahkan motor servo menggunakan input data koordinat melalui aplikasi yang dirancang dengan Arduino dan Kodular. Meskipun akurasinya baik, Mahendra mencatat keterbatasan pada daya baterai dan kebutuhan kalibrasi kompas secara berkala. Dalam konteks pengendalian jarak jauh berbasis ESP32, sistem dapat dioptimalkan dengan konektivitas *Wi-Fi* untuk akses data lebih luas dan penggunaan daya yang lebih efisien.²³
3. Penelitian Fahmi Fardiyan Arief, Muchlas, dan Tole Sutikno dari Universitas Ahmad Dahlan berjudul “Kompas Digital Dengan Output Suara Berbasis Mikrokontroler AT89S52” merancang kompas digital yang membantu penyandang tuna

²² Fajrullah, *Konstruksi*, 112.

²³ Ikhsan Mahaendra, “*Focusing Hilal Pada Aplikasi Stellarium Menggunakan Teleskop*” Tesis UIN Walisongo (Semarang: UIN Walisongo, 2024), 6.

netra dengan memberikan output suara. Sistem ini menggunakan mikrokontroler AT89S52 untuk membaca sensor dan menghasilkan suara sesuai arah. Meskipun hasilnya memuaskan, akurasi tergantung pada kualitas komponen. Penelitian ini sejalan dengan penelitian penulis yang juga menggunakan mikrokontroler, tetapi penulis fokus pada pengendalian jarak jauh teleskop altazimuth berbasis ESP32 dengan konektivitas *Wi-Fi* dan aplikasi *mobile*. Dengan integrasi sensor astronomi yang lebih kompleks, penelitian penulis bertujuan meningkatkan akurasi dan pengalaman pengamatan dibandingkan kompas digital Arief dkk.²⁴

4. Gg Penelitian Mada Sanjaya, Dyah Anggaraini, dan Fikri Ibrahim Nurrahman dari UIN Sunan Gunung Djati Bandung berjudul “Algoritma Arah Kiblat Al-Biruni” mengintegrasikan algoritma klasik Al-Biruni dengan mikrokontroler untuk menciptakan instrumen Q-BOT Ver. 3, yang secara otomatis menunjukkan arah Kiblat. Alat ini menggunakan Arduino 319, GPS GY-NEOM Ver. 2, dan kompas HMC5883L, menampilkan arah di LCD dan mengeluarkan suara untuk membantu penyandang tuna netra beribadah. Penelitian ini sejalan dengan penelitian penulis, “Rancang Bangun Pengendalian Jarak Jauh Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32,” yang juga menggunakan mikrokontroler, tetapi fokus pada kontrol teleskop jarak jauh dengan konektivitas *Wi-Fi*, memudahkan pengamat amatir. Kedua penelitian menunjukkan adaptasi teknologi untuk memenuhi kebutuhan spesifik dalam ibadah dan pengamatan astronomi.²⁵

²⁴ Fahmi Fardiyan Arief, Muchlas, Tole Sutikno, “*Kompas Digital Dengan Output Suara Berbasis Mikrokontroler AT89S52*,” *Jurnal Telkomnika*, Vol 6 (2008): 1.

²⁵ Mada Sajaya, Dyah Anggraini, Fikri Ibrahim Nurrahman, *Algortima Arah Kiblat Al Biruni Dalam Kitab Tahdid Nihayat Al-Amakin Listashih Masafat Al-Masakin*, III (Bandung: Bolabot, 2019), 4.

5. Penelitian Aziz Zainuddin, Akhmad Hendriawan, dan Hary Oktavianto dari ITS berjudul “Kompas Digital Penunjuk Arah Kiblat dengan Output Visual” mengembangkan kompas digital berbasis Arduino Mega 1280 dan GPS. Namun, akurasi rendahnya karena komponen seperti kompas digital dan GPS EG-T10 kurang tepat. Sebagai perbandingan, penelitian penulis, “Rancang Bangun Pengendalian Jarak Jauh Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32,” menggunakan GPS NEO6MV2 yang lebih akurat dan data pergerakan Matahari secara *real-time*. Pendekatan ini meningkatkan akurasi pengamatan dan memfasilitasi kontrol teleskop jarak jauh melalui ESP32, menunjukkan pentingnya pemilihan teknologi yang tepat dalam ibadah dan pengamatan astronomi.²⁶

Berdasarkan penelusuran peneliti dari beberapa referensi di atas, belum ada penelitian atau tulisan yang membahas secara spesifik tentang Rancang Bangun Pengendalian Jarak Jauh Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32, sehingga peneliti menilai bahwa penelitian tentang metode ini layak untuk diteliti dan didalami lebih lanjut.

F. Metode Penelitian

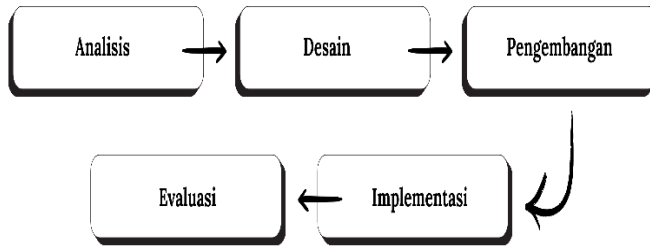
1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang penulis ambil adalah penelitian pengembangan atau *Research and Development*.²⁷ Penelitian ini mengacu pada model pengembangan ADDIE, yang terdiri dari lima tahap utama yaitu, Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi. Model ini

²⁶ Aziz Zainuddin, Akhmad Hendriawan, Hary Oktavianto, “Kompas Digital” I (n.d.), 7.

²⁷ 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 dalam Tim Perumus, *Panduan Penelitian Karya Tulis Ilmiah Pascasarjana UIN Walisongo* (Semarang: Pascasarjana UIN Walisongo, 2018), 24.

diterapkan untuk merancang dan mengembangkan teleskop altazimuth berbasis ESP32 dengan pendekatan sistematis.²⁸



Gambar 1.1: Langkah-langkah model pengembangan ADDIE (Sumber: Dokumen Pribadi)

- a. Tahap pertama yaitu analisis, pada tahap ini, dilakukan identifikasi masalah dan kebutuhan utama. Permasalahan yang ditemukan adalah keterbatasan teleskop tradisional dalam hal otomatisasi, kemudahan akses, kontrol jarak jauh, dan keterjangkauan Lembaga dalam pengadaan instrument untuk Pendidikan. Untuk mengatasi hal tersebut, ESP32 dipilih karena potensinya sebagai perangkat yang mendukung kontrol berbasis *Wi-Fi* dan sangat terjangkau.
- b. Tahap kedua yaitu desain, merancang teleskop altazimuth yang mampu beroperasi secara nirkabel. Desain ini meliputi pemilihan komponen utama seperti motor servo untuk penggerak *azimuth* dan *altitude*, modul ESP32 untuk kontrol, serta pengembangan perangkat lunak yang memungkinkan integrasi seluruh sistem.
- c. Tahap ketiga yaitu pengembangan, pada tahap ini, desain yang telah dibuat kemudian diwujudkan menjadi *prototipe*. Pada tahap ini, seluruh komponen seperti

²⁸ Prof. DR. Sugiyono, “*Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D*,” (Bandung: Alfabeta, 2013), 297.

motor penggerak, sensor, modul komunikasi, di integrasikan ke ESP32. Selain itu, perangkat lunak untuk kontrol nirkabel juga dikembangkan agar sesuai dengan kebutuhan operasional teleskop.

- d. Tahap keempat yaitu implementasi. Setelah *prototipe* selesai, dilakukan pengujian dalam skala kecil. Uji coba ini meliputi pengoperasian motor penggerak, penerimaan sinyal *Wi-Fi*, dan simulasi pengamatan benda langit sederhana. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem bekerja dengan baik dan sesuai dengan desain awal.
- e. Tahap terakhir adalah evaluasi terhadap sistem yang telah dikembangkan. Pada tahap ini penulis melakukan uji ahli dan sosialisasi agar mendapatkan saran dan masukan yang akan menjadi evaluasi untuk menyempurnakan sistem instrumen.²⁹

2. Sumber Data Penelitian

a. Data Primer

Sumber primer dalam penelitian ini adalah data-data eksperimen hasil pengamatan Bulan dan Matahari oleh teleskop berbasis ESP32, yang selanjutnya penulis analisis dengan data pembandingan lainnya.

b. Data Sekunder

Penulis menggunakan data sekunder dengan mengambil referensi meliputi kitab-kitab, buku-buku, jurnal-jurnal, artikel-artikel, karya tulis dan seluruh dokumen yang berkaitan dengan objek penelitian.

3. Metode Pengumpulan Data

Peneliti menggunakan beberapa metode pengumpulan data untuk memastikan data yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan. Beberapa metode pengumpulan data yang digunakan adalah:

a. Eksperimen

²⁹ Prof. DR. Sugiyono, “*Metode*”, 297-300

Pada tahap eksperimen, penulis melakukan uji verifikasi untuk memastikan seberapa baik mikrokontroler ESP32 dapat mengontrol teleskop secara jarak jauh, selain itu penulis juga melakukan observasi dengan mengamati langsung peristiwa yang sedang terjadi untuk mendapatkan data-data valid dari kemungkinan hal-hal, perilaku dan sebagainya saat kejadian tersebut berlangsung.³⁰ Pengamatan ini dilakukan peneliti dengan mempraktekkan instrument teleskop berbasis ESP32 dan teleskop robotik dalam pengamatan benda langit.

b. Wawancara

Penulis berencana melakukan wawancara dengan beberapa ahli di bidangnya. Dalam bidang ilmu falak, wawancara akan dilakukan dengan Prof. Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag., guru besar Ilmu Falak pertama di UIN Walisongo, Dr. Ahmad Syifaul Anam, S.H.I., M.H., Kepala Observatorium UIN Walisongo, serta Dr. H. M. Basthoni, S.H.I., M.H., Ketua Lembaga Falakiyah PWNU Jawa Tengah. Sementara itu, dalam bidang elektro dan robotik, penulis akan mewawancarai Lawrence Adi Supriyo, S.Kom., M.T., founder komunitas robotik “*Twobee Bot*”, Ahmad Minanur Rohim, M.Pd., staf Laboratorium Fisika UIN Walisongo yang berkompeten di bidang robotik, serta Muhammad Syahril Sabirin, S.T., founder “*Cyber Shop Telkom University*.”

c. Dokumentasi

Metode dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan dan menelaah dokumen-dokumen tertulis berupa buku maupun artikel penelitian yang memiliki relevansi dengan tema penelitian ini. Dalam hal ini, dokumen yang berkaitan dengan pengendalian jarak jauh berbasis ESP32.

³⁰ Saifuddin Azwar, *Metode Penelitian* (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2001), 36.

4. Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan penulis adalah *deskriptif analitis*. Yaitu suatu teknik analisis data dengan menggambarkan suatu peristiwa suatu hal yang berkenaan dengan data yang didapatkan.³¹ Dalam hal ini, peneliti akan menggambarkan sebuah metode secara deskriptif mengenai perancangan dan pengaplikasian teleskop berbasis ESP32.

Peneliti juga menggunakan metode komparatif atau perbandingan yang dilakukan dengan cara membandingkan teleskop berbasis ESP32 dan teleskop yang menggunakan mounting robotik. Dengan metode komparatif ini peneliti akan dapat mengetahui keakurasian pengendalian jarak jauh teleskop berbasis ESP32.

G. Sistematika Penulisan

Penulis akan menyampaikan sistematika penulisan skripsi ini secara global untuk mempermudah pembahasan dan memberikan gambaran keseluruhan yang sesuai dengan petunjuk penulisan skripsi Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang. Adapun sistematika penulisan skripsi tersebut adalah sebagai berikut:

BAB I adalah bab pendahuluan yang memaparkan segala hal yang menjadi dasar dilakukannya penelitian, meliputi, latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, tinjauan pustaka, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II adalah tinjauan umum rukyatul hilal dan teknologi pengendalian jarak jauh. Dalam bab ini mulai dijelaskan secara umum terkait definisi, dasar hukum, dan perkembangan pemanfaatan teknologi dalam rukyatul hilal. Kemudian dijelaskan juga terkait teknologi pengendalian jarak jauh.

BAB III adalah proses perancangan teleskop berbasis ESP32. Bab ini membahas beberapa sub pembahasan meliputi, problematika instrumen, komponen-komponen, proses instalasi

³¹ Saifuddin Azwar, *Metode*, 35.

ESP32 ke laptop, desain produk (perancangan *flowchart*), dan pemrograman.

BAB IV adalah akurasi pengendalian jarak jauh teleskop berbasis ESP32. Bab ini berisi tentang pokok pembahasan dari penelitian, adapun pembahasannya ialah bagaimana cara penggunaan, analisis uji akurasi teleskop berbasis ESP32, kelebihan dan kurang serta pengujian Teleskop Altazimuth berbasis ESP32 kepada ahli falak dan ahli elektronika/robotik.

BAB V adalah bab penutup skripsi yang meliputi kesimpulan dan saran-saran dari skripsi penulis. Sehingga diharapkan dapat bermanfaat pada penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN UMUM RUKYATUL HILAL DAN TEKNOLOGI PENGENDALIAN JARAK JAUH

A. Rukyatul Hilal

1. Pengertian Rukyatul Hilal

Gerakan rotasi Bumi, Bulan, dan Matahari memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan kalender Hijriah, terutama ketika ketiganya berada dalam posisi sejajar, yang dalam ilmu falak disebut sebagai ijtimak atau konjungsi.³² Setelah terjadinya ijtimak, muncul hilal, yaitu bulan sabit muda yang menandai awal bulan baru dalam kalender Hijriah.³³ Hilal ini kemudian diamati melalui metode rukyatul hilal, yang merupakan pengamatan langsung terhadap hilal saat matahari terbenam. Pengamatan ini bisa dilakukan dengan mata telanjang atau menggunakan teleskop sebagai alat bantu.³⁴

Kata rukyat sendiri berasal dari bahasa Arab "*ra'a*," yang pada awalnya hanya berarti melihat atau mengamati.³⁵ Namun, dalam konteks agama Islam, terutama melalui hadis-hadis Rasulullah SAW, istilah ini berkembang menjadi metode yang penting untuk menentukan awal bulan Kamariyah.³⁶ Selain metode rukyat, terdapat juga metode hisab, yaitu perhitungan astronomis, namun rukyat lebih diutamakan sebagai cara praktis untuk menyaksikan hilal secara langsung. Dengan demikian, rukyatul hilal bukan sekadar pengamatan visual,

³² H. Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis : Metode Hisab-Rukyat Praktis Dan Solusi Permasalahannya* (Semarang: Pustaka al-Hilal, 2012), 75.

³³ Ahmad Adib Rofiuddin, "*Dinamika Sosial Penentuan Awal Bulan Hijriah Di Indonesia [Social Dynamics of Determining the Beginning of the Hijri Month in Indonesia]*," *Jurnal Hukum Dan Ekonomi Islam* 18, no. 2 (2019): 225.

³⁴ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik* (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004), 95.

³⁵ Adib Bisri dan Munawwir AF, *Al-Bisri Kamus Arab – Indonesia* (Surabaya: Pustaka Progressif, 1999), 229.

³⁶ Susiknan Azhari, *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam Dan Sains Modern* (Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2011), Cet. III, 113.

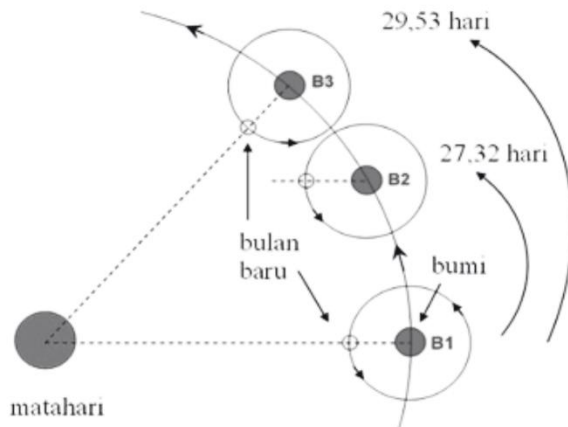
tetapi juga bagian penting dari metodologi penentuan kalender Islam yang didasarkan pada observasi fenomena alam secara langsung.³⁷

Bulan, sebagai objek utama dalam proses rukyat untuk menentukan awal Bulan Kamariah, merupakan satelit alami Bumi dengan diameter sekitar 3.476 km, atau sekitar seperempat ukuran Bumi. Meskipun ukuran Bulan jauh lebih kecil dibandingkan Matahari, sekitar 400 kali lipat, keduanya tampak memiliki ukuran yang hampir sama ketika diamati dari Bumi. Hal ini terjadi karena jarak Matahari yang sangat jauh, sekitar 150 juta km dari Bumi.³⁸ Bulan sendiri memiliki periode orbit mengelilingi Bumi yang disebut periode sideris, yang berlangsung selama 27 hari, 7 jam, 43 menit, dan 11 detik. Namun, untuk bergerak dari satu fase Bulan baru ke fase Bulan baru berikutnya, Bulan membutuhkan waktu sekitar 29 hari, 12 jam, 44 menit, dan 2 detik, yang dikenal sebagai periode sinodis. Periode sinodis ini dijadikan dasar dalam penentuan awal Bulan Kamariah, yang menyebabkan umur bulan dalam kalender Hijriah bervariasi antara 29 atau 30 hari.³⁹

³⁷ Shofiyullah Mukhlas, *Hisab Dan Rukyat: Metode Penentuan Awal Bulan Hijriah* (Jakarta: Lembaga Dakwah Islam Indonesia, 2015), 45-50.

³⁸ Robert H. Baker, *Astronomy A Textbook For University And College Student* (New York: D. Van Nostrand Company, 1955), 113.

³⁹ Robert H. Baker, *Astronomy*, 119-120.

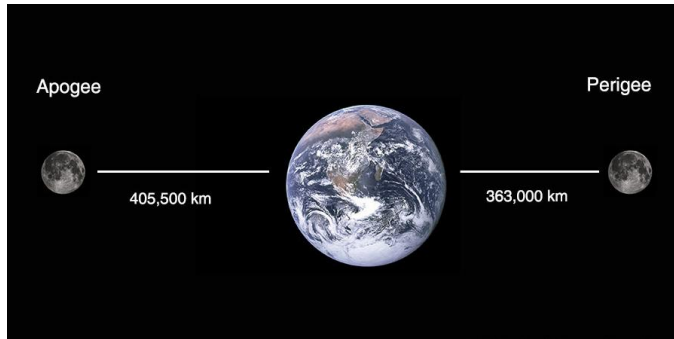


Gambar 2.1: Periode sideris dan sinodis. (Sumber: aliboron.wordpress.com)⁴⁰

Selain berotasi mengelilingi Bumi, Bulan juga berotasi pada porosnya dengan durasi yang hampir sama dengan periode siderisnya, sehingga wajah Bulan yang terlihat dari Bumi selalu sama. Orbit Bulan juga tidak berbentuk bulat sempurna, melainkan elips, yang menyebabkan Bulan memiliki titik terdekat dengan Bumi yang disebut *Lunar perigee*, dan titik terjauh yang dikenal sebagai *Lunar apogee*. Ketika Bulan berada di titik terdekat, jaraknya dapat mencapai sekitar 360.000 km, sedangkan di titik terjauh bisa mencapai 405.000 km.⁴¹

⁴⁰ Ali Boron, "Tentang Bulan Sideris dan Sinodis," *Blog Ali Boron*, diakses 15 Desember 2024, <https://aliboron.wordpress.com/2011/02/06/tentang-bulan-sideris-dan-sinodis/>

⁴¹ Hadi Bashori, *Penanggalan Islam Peradaban Tanpa Penanggalan, Inilah Pilihan Kita?* (Jakarta: Elex Media Komputindo, 2013), 27.



Gambar 2.2: *Lunar perigee* dan *Lunar apogee* (Sumber: dogonews .com)⁴²

Bulan tampak lebih kecil saat berada di titik *apogee* dibandingkan saat berada di *perigee*, yang dapat dibuktikan melalui pengamatan dan pemotretan dengan teleskop.⁴³ Fenomena ini menambah kompleksitas dalam pengamatan hilal, tetapi menjadi salah satu aspek penting dalam kajian ilmu falak.

Bulan, sebagai satelit alami Bumi, tidak memancarkan cahaya sendiri melainkan memantulkan cahaya dari Matahari.⁴⁴ Cahaya dan bentuk yang kita lihat dari Bulan berubah-ubah secara teratur, fenomena ini dikenal sebagai fase-fase Bulan dan terjadi dalam siklus sekitar 29,5 hari, yaitu waktu yang dibutuhkan Bulan untuk menyelesaikan satu orbit penuh mengelilingi Bumi. Siklus ini terdiri dari empat fase utama: Bulan Baru (*new moon*) yang juga disebut Ijtima' atau konjungsi, Seperempat Pertama (*first quarter*), Bulan Purnama

⁴² DOGONews , "Bulan Super Pink April Akan Menjadi Bulan Purnama Terbesar dan Tercerah, diakses pada 15 Desember 2024 , <https://www.dogonews.com/2020/4/1/aprils-super-pink-moon-will-be-this-years-biggest-and-brightest-year-full-moon>

⁴³ Ahmad Adib Rofiuddin, "*Dinamika*", 225.

⁴⁴ H. Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak*, 60.

(full moon), dan Seperempat Terakhir (*last quarter*).⁴⁵ Setiap fase ini menandai perubahan tampilan Bulan seperti yang tampak dari Bumi, dan menjadi salah satu indikator penting dalam kalender Hijriah.



Gambar 2.3: Fase utama Bulan (Sumber: republika .co .id)⁴⁶

Bulan tidak hanya memiliki empat fase utama, tetapi juga mengalami delapan fase yang lebih spesifik. Fase-fase ini dapat dibedakan dari momen munculnya Hilal (Bulan baru) hingga saat Bulan tidak tampak. Pada dasarnya, delapan fase ini menggambarkan tahap-tahap di mana berbagai bagian permukaan Bulan terpapar sinar Matahari dan bagaimana tampilan geosentris bagian yang terang tersebut dapat dilihat dari Bumi.⁴⁷ Penulis menjelaskan delapan fase detail yang berlaku di seluruh permukaan Bumi sebagai berikut:

- 1) Fase pertama yaitu ketika Bulan berada tepat di antara Bumi dan Matahari pada saat ijtimak, seluruh permukaan Bulan tidak menerima sinar Matahari yang menghadap langsung

⁴⁵ Jean Meus, *Astronomical Algorithms* (Virginia: Willmann Bell. Inc, 1991), 319.

⁴⁶ Antarksa Republika, "Fase Bulan Malam Ini, 5 April 2023: Menuju Bulan Purnama," *Antarksa Republika*, diakses 15 Desember 2024, <https://antarksa.republika.co.id/posts/209576/fase-bulan-malam-ini-5-april-2023-menuju-bulan-purnama>

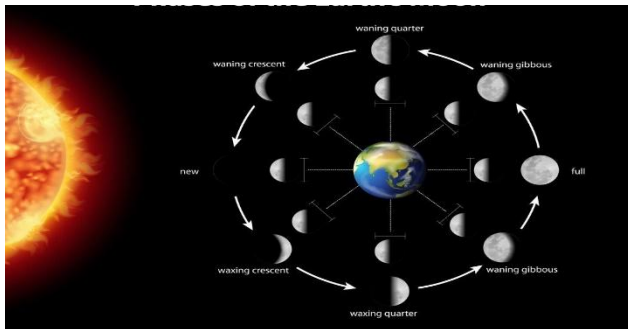
⁴⁷ Tono Saksono, *Astronomi Dan Ilmu Falak* (Yogyakarta: Multi Presindo, 2007), 33-37.

ke Bumi. Peristiwa ini dikenal sebagai muhak atau Bulan mati. Seiring dengan pergerakan Bulan, bagian tertentu mulai menerima cahaya Matahari dan terlihat sangat kecil berbentuk sabit. Ini disebut Hilal awal Bulan. Dalam fase ini, saat Bulan mengorbit Bumi, bagian yang terkena sinar Matahari mulai tampak kecil dan berbentuk sabit (*crescent*), dan ukurannya bertambah setiap hari.

- 2) Fase kedua yaitu saat Bulan bergerak menjauh dari titik ijtimak, cahaya yang terlihat dari Bumi semakin besar. Bagian Bulan yang menerima cahaya Matahari terus meningkat hingga tampak separuh. Sekitar tujuh hari setelah fase Bulan mati, Bulan muncul di langit dengan bentuk lingkaran, yang disebut kwartir I atau *tarbi' awwal* (kuartal pertama).
- 3) Fase ketiga yaitu beberapa hari setelah kwartir pertama, Bulan akan semakin terlihat membesar. Dalam istilah astronomi, fase ini dinamakan *waxing gibbous Moon* atau *waxing humped Moon*.
- 4) Fase keempat yaitu memasuki pertengahan bulan (sekitar tanggal 15 Bulan Kamariah), Bulan berada pada posisi oposisinya dengan Matahari (*istiqbal*). Pada saat ini, Bumi berada di antara Bulan dan Matahari, sehingga hampir seluruh permukaan Bulan terlihat dari Bumi. Akibatnya, Bulan tampak seperti bulatan penuh, yang disebut *badr* atau Bulan purnama.
- 5) Fase kelima yaitu setelah purnama hingga Bulan tidak terlihat, bagian permukaan Bulan yang terkena sinar Matahari mulai mengecil kembali. Proses ini dikenal sebagai *waning*, sehingga Bulan dalam fase ini disebut *waning gibbous Moon* atau *waning humped Moon*.
- 6) Fase keenam yaitu sekitar tiga hari setelah Hilal, permukaan Bulan kembali terlihat separuh (setengah lingkaran). Namun, arah tampilan dari Bumi berlawanan dengan kwartir pertama. Fase ini disebut kwartal terakhir atau kwartal ketiga.
- 7) Fase ketujuh yaitu memasuki minggu terakhir bulan sejak Hilal, bagian permukaan Bulan yang terkena sinar Matahari

semakin kecil, membentuk Bulan sabit tua (*waning crescent*).

- 8) Fase kedelapan yaitu dalam posisi ini, Bulan dan Matahari berada dalam garis lurus. Bagian Bulan yang terpapar sinar Matahari menghadap jauh dari Bumi, sehingga sisi yang terlihat dari Bumi sepenuhnya gelap. Ini adalah kondisi di mana Bulan tidak tampak sama sekali.⁴⁸



Gambar 2.4: Fase-fase Bulan (Sumber: bobo .grid .id)⁴⁹

Secara astronomis, penampakan Hilal terjadi melalui rangkaian fase-fase Bulan, yang dimulai ketika Bulan berada dalam fase *wane* (*al-mahāq*) pada proses ijtimak atau konjungsi. Pada fase ini, Hilal dianggap sudah ada meskipun mungkin tidak terlihat dengan mata telanjang.⁵⁰ Saat memasuki fase Bulan Baru (*new Moon* atau hilal), yang dimulai sejak terjadinya ijtimak, Bulan tidak tampak dari permukaan Bumi karena seluruh permukaannya yang disinari Matahari

⁴⁸ Hadi Bashori, *Penanggalan*, 29-34.

⁴⁹ Bobo, "Ada 8 Fase Bulan yang Terjadi Setiap Tahun, Ini Sebutan dan Penjelasannya," *Bobo*, 11 Juli 2023, diakses 15 Desember 2024, <https://bobo.grid.id/read/083533155/ada-8-fase-bulan-yang-terjadi-setiap-tahun-ini-sebutan-dan-penjelasan?page=all>

⁵⁰ Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, *Problematika Penentuan Awal Bulan, Diskursus Antara Hisab Dan Rukyat*, (Malang: Madani, 2014), 48.

menghadap ke arah yang tidak terlihat oleh Bumi.⁵¹ Seiring waktu, bagian permukaan Bulan yang mulai mendapatkan cahaya Matahari akan mulai terlihat sebagai Hilal. Ini menunjukkan bahwa dua parameter utama yang memengaruhi visibilitas Hilal adalah terjadinya ijtima' dan sudut elongasi, yaitu sudut pemisahan antara Bulan, Bumi, dan Matahari.⁵²

Hilal, yang menjadi acuan penting untuk penentuan awal bulan Kamariah, memiliki beberapa karakteristik kunci:

- 1) Bulan terbenam lebih awal dari Matahari, dalam situasi ini, Hilal berada di bawah ufuk, sehingga dipastikan tidak terlihat, dan semua kesaksian yang menyatakan melihatnya akan ditolak.
- 2) Matahari terbenam lebih dulu dari Bulan, dalam keadaan ini, ada kemungkinan Hilal dapat terlihat, tetapi ini sangat tergantung pada ketinggian Hilal di atas ufuk.
- 3) Hilal muncul setelah terbenamnya Matahari tetapi sebelum konjungsi, walaupun ini jarang terjadi, fenomena ini tidak dianggap sebagai Hilal akhir bulan.
- 4) Konjungsi saat Matahari terbenam dalam keadaan tertutup (seperti gerhana), dalam situasi ini, Hilal tidak akan terlihat karena adanya kontras cahaya Matahari yang menghalangi.
- 5) Bulan terbenam setelah Matahari, dalam kondisi ini, hukum dapat berbeda berdasarkan wilayah tertentu.

Proses dan karakteristik Hilal sangat penting untuk penentuan waktu dalam kalender Bulan Kamariah dan memiliki implikasi dalam berbagai aspek kehidupan, terutama dalam konteks agama dan budaya.⁵³

2. Dasar Hukum Rukyatul Hilal

⁵¹ Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, *Problematika*, 49.

⁵² Hadi Bashori, *Astronomi Dan Ilmu Falak* (Yogyakarta: LKiS, 2011), 78.

⁵³ Muhammad Rasyid Rida, *Hisab Bulan Kamariah: Tinjauan Syar'i Tentang Penetapan Awal Ramadhan, Syawal, Dan Zulhijah* (Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2009), 45-60.

a. Alquran

1) Q.S Al-Baqarah ayat 185:

شَهْرُ رَمَضَانَ الَّذِي أُنْزِلَ فِيهِ الْقُرْآنُ هُدًى لِّلنَّاسِ وَبَيِّنَاتٍ مِّنَ الْهُدَى
وَالْفُرْقَانِ ۚ فَمَن شَهِدَ مِنْكُمُ الشَّهْرَ فَلْيَصُمْهُ ۖ وَمَن كَانَ مَرِيضًا أَوْ
عَلَى سَفَرٍ فَعِدَّةٌ مِّنْ أَيَّامٍ أُخَرَ ۗ يُرِيدُ اللَّهُ بِكُمُ الْيُسْرَ وَلَا يُرِيدُ بِكُمُ
الْعُسْرَ وَلِتُكْمِلُوا الْعِدَّةَ وَلِتُكَبِّرُوا اللَّهَ عَلَىٰ مَا هَدٰكُم وَلَعَلَّكُمْ
تَشْكُرُونَ

Artinya: (beberapa hari yang ditentukan itu ialah) bulan Ramadhan, bulan yang di dalamnya diturunkan (permulaan) Al Quran sebagai petunjuk bagi manusia dan penjelasan-penjelasan mengenai petunjuk itu dan pembeda (antara yang hak dan yang bathil). Karena itu, barangsiapa di antara kamu hadir (di negeri tempat tinggalnya) di bulan itu, Maka hendaklah ia berpuasa pada bulan itu, dan barangsiapa sakit atau dalam perjalanan (lalu ia berbuka), Maka (wajiblah baginya berpuasa), sebanyak hari yang ditinggalkannya itu, pada hari-hari yang lain. Allah menghendaki kemudahan bagimu, dan tidak menghendaki kesukaran bagimu. dan hendaklah kamu mencukupkan bilangannya dan hendaklah kamu mengagungkan Allah atas petunjuk-Nya yang diberikan kepadamu, supaya kamu bersyukur.⁵⁴ (Q.S. 2 [al-Baqarah] : 185).

Muhammad Ali as-Shobuni menjelaskan dua makna dari ayat (*fa man syahida minkumul syahra fal yasumhuh*). Pertama, ayat ini merujuk kepada seorang muslim yang menyaksikan munculnya Hilal di awal Ramadhan. Kedua, ayat ini juga dapat diartikan

⁵⁴ Departemen Agama Republik Indonesia, *Al-Quran Dan Terjemahnya* (Bandung: CV Penerbit Jamanatul Ali-ART, 2005), 28.

sebagai seseorang yang masih hidup ketika bulan Ramadhan tiba, sehingga mereka diwajibkan untuk menjalankan ibadah puasa.⁵⁵

2) Q.S Al-Baqarah ayat 189:

يَسْأَلُونَكَ عَنِ الْأَهِلَّةِ ۚ قُلْ هِيَ مَوَاقِيتُ لِلنَّاسِ وَالْحَجِّ ۚ وَلَيْسَ الْبِرُّ بِأَنْ
تَأْتُوا الْبُيُوتَ مِنْ ظُهُورِهَا وَلَكِنَّ الْبِرَّ مَنِ اتَّقَى ۚ وَأْتُوا الْبُيُوتَ مِنْ
أَبْوَابِهَا ۚ وَأَتِمُّوا اللَّهَ لَعَلَّكُمْ تَفْلِحُونَ

Artinya: Mereka bertanya kepadamu tentang bulan sabit. Katakanlah: "Bulan sabit itu adalah tanda-tanda waktu bagi manusia dan (bagi ibadat) haji; dan bukanlah kebajikan memasuki rumah-rumah dari belakangnya, akan tetapi kebajikan itu ialah kebajikan orang yang bertakwa. dan masuklah ke rumah-rumah itu dari pintu-pintunya; dan bertakwalah kepada Allah agar kamu beruntung.⁵⁶ (Q.S. 2 [al-Baqarah] : 189).

Muhammad Ali as-Shobuni berpendapat bahwa kata "*mawaqitu*" dalam ayat tersebut mengacu pada penanda waktu yang digunakan untuk menentukan kapan melaksanakan ibadah-ibadah penting seperti puasa, zakat, dan haji. Menurutnya, penggunaan bulan sebagai penanda waktu lebih tepat dibandingkan matahari karena peredaran bulan dalam sistem penanggalan kamariah lebih teratur. Ini menjelaskan mengapa bulan Ramadhan bisa jatuh pada berbagai musim, terkadang di musim panas, dan di

⁵⁵ Muhammad Ali As-Shobuniy, *Durraṭ At-Tafaasir* (Beirut: al-Maktabah al-‘Ashriyyah, 2008), 28.

⁵⁶ Departemen Agama Republik Indonesia, *Al-Quran*, 91.

waktu lain di musim dingin. Begitu pula dengan bulan Zulhijah, yang menjadi waktu pelaksanaan haji.⁵⁷

Imam Jalaluddin As-Suyuthi juga mencatat beberapa riwayat tentang sebab turunnya ayat ini. Salah satunya berasal dari Ibnu Abi Hatim, yang menceritakan bahwa para sahabat bertanya kepada Rasulullah tentang fungsi bulan sabit, dan turunlah ayat ini sebagai jawaban. Ada juga riwayat lain dari Abu Na'im dan Abu 'Asir, yang menceritakan bahwa Mu'adz bin Jabal dan Tsa'labah bin Ghanimah bertanya kepada Rasulullah mengapa bulan sabit berubah-ubah bentuk, mulai dari tipis seperti benang, membesar hingga penuh, kemudian mengecil kembali. Ayat ini kemudian diturunkan sebagai penjelasan atas pertanyaan mereka.⁵⁸

b. Hadis

1) Hadis tentang perintah berpuasa apabila melihat Hilal

حَدَّثَنَا عَبْدُ اللَّهِ بْنُ مَسْلَمَةَ، عَنْ مَالِكٍ عَنْ نَافِعٍ، عَنْ عَبْدِ اللَّهِ بْنِ عُمَرَ
رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُمَا: أَنَّ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ ذَكَرَ رَمَضَانَ،
وَلَا تُفْطِرُوا حَتَّى تَرَوْهُ، فَإِنْ غُمَّ فَقَالَ: (لَا تَصُومُوا حَتَّى تَرَوْا الْهِلَالَ،
عَلَيْكُمْ فَأَقْدُرُوا لَهُ)⁵⁹

Artinya: “Abdullah bin Musallamah telah bercerita kepada kami, dari Malik dari Nafi’: dari Abdullah bin Umar R.A: sesungguhnya Rasulullah SAW telah mengingatkan terkait bulan Ramadhan lalu bersabda: (Janganlah berpuasa sampai kalian

⁵⁷ Muhammad Ali As-Shobuniy, *Durrat At-Tafaasir*, 29.

⁵⁸ Jalaluddin As-Suyuthi, *Lubab Al-Nuqul Fi Asbab Al-Nuzul* (Riyadh: Al-Riyadh Al Haditsah, 1997), 27.

⁵⁹ Al-Bukhari Abi Abdillah Muhammad bin Isma'il, *Sahih Al-Bukhari* (Riyadh: Dar al Salam, 1997).

melihat hilal, dan janganlah berbuka sampai kalian melihatnya pula, dan jika hilal terhalangi awan di atasmu, maka perkirakanlah).” (HR. al-Bukhārī).⁶⁰

2) Hadis tentang mengaplikasikan bulan yang sedang berjalan

حَدَّثَنَا يَحْيَى بْنُ يَحْيَى، أَخْبَرَنَا إِبْرَاهِيمُ بْنُ سَعْدٍ، عَنْ ابْنِ شِهَابٍ، عَنْ سَعِيدِ بْنِ الْمُسَيَّبِ، عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ، قَالَ: قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: (إِذَا رَأَيْتُمْ أَهْلَالَ فَصُومُوا، وَإِذَا رَأَيْتُمُوهُ فَأَفْطِرُوا، فَإِنْ غُمَّ عَلَيْكُمْ فَصُومُوا ثَلَاثِينَ يَوْمًا). (رواهُ مُسْلِمٌ)⁶⁰

Artinya: “Yahya bin Yahya bercerita kepada kami: Ibrahim bin Sa’d memberi kabar kepada kami: dari Ibnu Syihab, dari Sa’id bin Musayyab, dari Abi Hurairah ra., ia berkata: Rasulullah SAW bersabda: “Apabila kalian melihat hilal, maka berpuasalah. Apabila kalian melihatnya (hilal) maka berbukalah. Namun apabila kalian terhalangi (oleh mendung), maka berpuasalah selama 30 hari.” (HR. Muslim)

3. Perkembangan Pemanfaatan Teknologi dalam Rukyatul Hilal

Perkembangan pemanfaatan teknologi dalam rukyatul hilal telah membawa perubahan signifikan dalam praktik observasi yang sebelumnya hanya mengandalkan pengamatan dengan mata telanjang. Metode ini, yang telah digunakan selama berabad-abad, kini ditunjang oleh berbagai perangkat canggih yang mampu meningkatkan akurasi dan efisiensi pengamatan. Seiring dengan kemajuan di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi, pengamatan hilal yang dulunya terpengaruh oleh faktor cuaca, keterbatasan

⁶⁰ Muslim bin Hajjaj, *Shahih Muslim, Juz II* (Beirut: Dar Al-Kotob Al-Ilmiyah, 1992), 762.

jarak pandang, dan polusi cahaya, kini menjadi lebih mudah dan tepat dengan bantuan teknologi modern.

Salah satu inovasi paling signifikan dalam rukyatul hilal adalah penggunaan alat optik seperti teleskop. Teleskop memungkinkan pengamatan lebih detail terhadap hilal yang sering kali sulit terlihat dengan mata telanjang, terutama ketika bulan sabit masih sangat tipis dan berada dekat dengan ufuk.⁶¹ Teknologi teleskop ini berkembang seiring dengan kemajuan astronomi dalam peradaban Islam dan dunia modern, membantu memperbesar tampilan objek sehingga pengamatan bisa dilakukan dengan lebih jelas.

Kamera *CCD (Charge-Coupled Device)* juga memberikan kontribusi besar dalam pengamatan hilal, selain teleskop. Kamera ini memiliki kemampuan menangkap citra dengan sensitivitas tinggi terhadap cahaya, sehingga bisa mendeteksi hilal yang sangat redup, bahkan ketika posisi hilal berada di ketinggian ufuk yang sangat rendah.⁶² Alat ini sangat berguna dalam kondisi pengamatan yang menantang, seperti saat langit masih cukup terang karena dekat dengan matahari terbenam. Dengan alat ini, pengamatan hilal menjadi lebih akurat dan memungkinkan deteksi bulan sabit dalam kondisi yang sebelumnya sulit terjangkau oleh mata manusia.

Perangkat lunak astronomi dan aplikasi digital kini berperan besar dalam memprediksi posisi hilal dan membantu perencanaan pengamatan, selain alat optik. Salah satu perangkat lunak populer yang digunakan adalah *Stellarium*, yang memungkinkan simulasi langit malam berdasarkan data astronomis yang akurat. Dengan

⁶¹ Ahmad Nizamul Ikhwani, "*Efektivitas Teleskop Handmade Dalam Rukyatul Hilal*" (Semarang: UIN Walisongo, 2019), 38.

⁶² A. Garcia and J. Almaraz, "Performance of CCD Cameras for the Detection of Faint Objects in Astronomy," *Journal of Astronomy and Astrophysics* 15 (2020), 123-134.

menggunakan simulasi ini, pengamat dapat mengetahui kapan dan di mana hilal akan muncul, sehingga mereka bisa mempersiapkan waktu dan posisi pengamatan dengan lebih baik.

Aplikasi berbasis *smartphone* seperti *MoonCalc* dan *Aladin Sky Atlas* juga banyak digunakan oleh pengamat hilal. Aplikasi ini menyediakan data rinci seperti waktu ijtima (konjungsi bulan), elongasi bulan, ketinggian hilal, dan visibilitas hilal di berbagai lokasi. Dengan teknologi ini, proses observasi hilal menjadi lebih terukur dan memungkinkan perencanaan yang lebih matang sebelum pengamatan dilakukan. Prediksi yang dihasilkan oleh aplikasi ini juga sangat membantu dalam memilih lokasi pengamatan yang ideal, memaksimalkan kemungkinan hilal bisa terlihat.⁶³

Teknologi digital juga berperan dalam menciptakan sistem pemantauan hilal yang lebih terintegrasi. Di beberapa negara, pemantauan hilal dilakukan secara terorganisir melalui jaringan kamera yang terhubung ke pusat data. Kamera-kamera ini dipasang di berbagai titik strategis untuk memantau hilal dan mengirimkan gambar secara *real-time* ke pusat pemantauan. Dengan sistem ini, laporan rukyatul hilal bisa diterima lebih cepat, dan verifikasi dari berbagai wilayah bisa dilakukan secara bersamaan. Salah satu contoh penerapan teknologi ini bisa dilihat di Arab Saudi, di mana jaringan kamera digunakan untuk memantau hilal selama bulan Ramadan.

Teknologi ini memungkinkan otoritas agama atau pemerintah untuk menerima laporan dari berbagai lokasi secara instan, memudahkan dalam pengambilan keputusan terkait penetapan awal bulan. Dengan bantuan jaringan digital, pengamatan hilal tidak lagi terbatas oleh satu titik

⁶³ Lukman Hakim, *Aplikasi Teknologi Dalam Ilmu Falak Dan Astronomi* (Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2021), 120-125.

lokasi saja, melainkan bisa dilakukan di banyak tempat secara simultan, yang memperkuat validitas hasil pengamatan.

Di samping penggunaan alat optik dan perangkat lunak, data satelit mulai dilirik sebagai cara baru dalam pengamatan hilal. Meskipun teknik ini masih dalam tahap pengembangan, satelit astronomi mampu memberikan pandangan yang lebih baik terhadap objek langit tanpa terpengaruh oleh kondisi atmosfer bumi. Satelit dapat memantau posisi bulan dan matahari dengan lebih presisi, memberikan data yang sangat akurat untuk memprediksi waktu dan lokasi munculnya hilal.

Penggunaan data satelit membuka peluang untuk pemantauan hilal secara global, di mana kondisi hilal di berbagai belahan dunia bisa dipantau secara bersamaan. Meskipun penggunaannya belum sepenuhnya diterapkan dalam skala luas, teknologi satelit menawarkan solusi untuk pengamatan hilal di masa depan, terutama dalam situasi di mana kondisi atmosfer bumi menjadi penghalang bagi pengamatan langsung.⁶⁴

Penggunaan teknologi dalam rukyatul hilal menawarkan banyak keuntungan. Pertama, akurasi pengamatan meningkat secara signifikan. Dengan bantuan alat optik dan perangkat lunak, hilal dapat diidentifikasi dengan lebih tepat, bahkan dalam kondisi visibilitas yang rendah. Kedua, teknologi memungkinkan pemantauan simultan di berbagai lokasi, yang mempercepat proses verifikasi laporan hilal. Hal ini sangat penting dalam menentukan awal bulan hijriah, seperti Ramadhan dan

⁶⁴ Thomas Djamaluddin, *Astronomi Dan Astrofisika: Pengantar Untuk Mahasiswa Dan Umum* (Jakarta: Penerbit Rineka Cipta, 2018), 102.

Zulhijjah, yang memiliki implikasi ibadah penting bagi umat Islam.⁶⁵

Namun, di sisi lain, ada beberapa tantangan yang muncul dalam penggunaan teknologi ini. Biaya pengadaan alat-alat optik canggih, seperti teleskop dan kamera CCD, tidak murah. Penggunaan teknologi ini mungkin terbatas di negara-negara dengan sumber daya yang besar, sementara negara-negara dengan keterbatasan anggaran bisa mengalami kesulitan. Selain itu, terdapat perdebatan di kalangan ulama tentang validitas rukyat yang dibantu oleh alat. Beberapa ulama berpendapat bahwa rukyat harus dilakukan dengan mata telanjang, sebagaimana yang diajarkan pada masa Nabi Muhammad SAW, sementara yang lain berpendapat bahwa penggunaan teknologi tidak bertentangan dengan prinsip rukyat.⁶⁶

Selain itu, meskipun teknologi bisa mengatasi banyak kendala, ada kondisi alamiah yang tetap sulit diatasi, seperti polusi cahaya dan cuaca buruk. Pengamatan hilal dengan alat canggih tetap memerlukan kondisi lingkungan yang mendukung untuk hasil yang optimal.⁶⁷ Oleh karena itu, teknologi dalam rukyatul hilal harus dipadukan dengan pemahaman yang mendalam tentang kondisi alam dan praktik tradisional.

B. Teknologi Pengendalian Jarak Jauh

Pengendalian jarak jauh merupakan salah satu inovasi yang memberikan kemudahan bagi manusia dalam mengoperasikan perangkat tanpa harus berada di dekatnya.⁶⁸ Teknologi ini didasarkan pada kemampuan untuk mengirimkan

⁶⁵ N. Rizqi, *Astronomi Dan Teknologi Observasi Bulan: Teori Dan Praktik* (Yogyakarta: Pustaka Ilmu, 2021), 45.

⁶⁶ Hadi Bashori, *Ilmu Falak: Teori Dan Aplikasi* (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2015), 83.

⁶⁷ Hadi, *Ilmu Falak*, 74.

⁶⁸ Sidiq, *Sistem Kontrol Otomatis*, 45.

perintah dari satu tempat ke perangkat yang berada di lokasi berbeda, menggunakan berbagai media komunikasi seperti sinyal radio, *inframerah (IR)*, *Wi-Fi*, *Bluetooth*, atau bahkan jaringan internet.⁶⁹ Keberadaan teknologi ini sangat penting dalam mendukung perkembangan berbagai bidang, seperti industri, astronomi, otomasi rumah, dan kedokteran.

Sejarah teknologi pengendalian jarak jauh dimulai sejak awal abad ke-20 ketika sinyal radio digunakan untuk mengendalikan perangkat, terutama dalam konteks militer.⁷⁰ Salah satu contoh penerapannya adalah pengendalian torpedo menggunakan sinyal radio. Dengan berkembangnya teknologi, sistem pengendalian semakin canggih, dengan diperkenalkannya teknologi inframerah yang digunakan dalam perangkat rumah tangga seperti televisi dan AC. Namun, karena teknologi *inframerah* terbatas pada jarak pandang langsung, diperlukan inovasi baru untuk memungkinkan pengendalian yang lebih fleksibel dan andal.⁷¹ Oleh karena itu, teknologi berbasis jaringan internet dan *Bluetooth* mulai banyak diterapkan dalam pengendalian perangkat modern.

Prinsipnya, sistem pengendalian jarak jauh terdiri dari beberapa komponen penting. Pertama, terdapat perangkat pengendali, yang bisa berupa *remote control*, aplikasi pada *smartphone*, atau *platform web*. Perangkat ini berfungsi sebagai sumber perintah yang akan dikirimkan ke perangkat yang dikendalikan. Kedua, media transmisi sinyal, yaitu jalur komunikasi yang digunakan untuk menghubungkan pengendali dengan perangkat yang dikendalikan. Jalur ini bisa berupa sinyal radio, *inframerah*, *Wi-Fi*, atau jaringan seluler seperti 4G dan 5G. Ketiga, perangkat yang dikendalikan, yang bertugas

⁶⁹ Ali Rachman, *Telekomunikasi Dan Jaringan Komputer* (Yogyakarta: Andi, 2018), 87.

⁷⁰ Ridwan Sutrisno, *Sejarah Teknologi: Dari Prasejarah Hingga Era Digital* (Yogyakarta: Pustaka Media, 2017), 23.

⁷¹ Budi Santoso, *Teknologi Inframerah: Prinsip Dan Aplikasi* (Yogyakarta: Andi, 2013), 28.

menerima sinyal dan menjalankan perintah melalui aktuator, komponen mekanis yang menggerakkan perangkat sesuai perintah.⁷²

Penerapan teknologi pengendalian jarak jauh semakin meluas, terutama di bidang astronomi. Teleskop yang ditempatkan di lokasi-lokasi terpencil seperti puncak gunung atau hutan dapat dikendalikan dari jarak jauh, memudahkan para pengamat untuk melakukan observasi tanpa harus berada di lokasi tersebut. Salah satu teknologi yang mendukung hal ini adalah mikrokontroler ESP32, yang memungkinkan teleskop dikendalikan melalui jaringan *Wi-Fi*.⁷³ Selain itu, teknologi pengendalian jarak jauh juga telah merambah ke rumah pintar (*smart home*), di mana perangkat seperti lampu, kunci pintu, sistem keamanan, dan termostat dapat dikendalikan dari jarak jauh menggunakan aplikasi pada *smartphone*. Di bidang medis, teknologi ini memfasilitasi *telemedicine*, termasuk pengendalian robot bedah oleh dokter yang berada di lokasi berbeda.⁷⁴

Keuntungan dari teknologi pengendalian jarak jauh sangat jelas, terutama dalam hal efisiensi waktu dan tenaga. Pengguna tidak perlu berada di tempat untuk mengontrol perangkat, yang sangat bermanfaat dalam situasi darurat atau kondisi yang tidak aman. Selain itu, dengan adanya akses global melalui internet, pengendalian perangkat bisa dilakukan dari mana saja, yang mendukung mobilitas dan fleksibilitas yang lebih tinggi.⁷⁵

Namun, teknologi ini juga menghadapi tantangan, khususnya terkait keamanan siber. Karena sistem-sistem ini

⁷² T.S.R.S. Sidiq, *Dasar-Dasar Sistem Kontrol Jarak Jauh* (Jakarta: Graha Ilmu, 2018), 50.

⁷³ Rinaldi Munir, *Pemrograman Mikrokontroler ESP32 Dengan Arduino IDE* (Bandung: Informatika, 2020), 60.

⁷⁴ Haris S. Adnan, *Telemedicine: Konsep Dan Aplikasi* (Jakarta: Salemba Empat, n.d.), 35.

⁷⁵ Dede S. Rahmat, *Sistem Kontrol Jarak Jauh: Teori Dan Aplikasi* (Yogyakarta: Andi Offset, 2018), 55.

terhubung ke internet, mereka rentan terhadap ancaman seperti peretasan, yang dapat berakibat fatal jika perangkat yang dikendalikan adalah perangkat kritis, seperti dalam sistem keamanan atau infrastruktur vital. Di samping itu, masalah latensi atau keterlambatan dalam transmisi sinyal juga menjadi tantangan, terutama dalam aplikasi yang membutuhkan respons cepat seperti pengendalian kendaraan otonom atau peralatan medis.⁷⁶

Melihat ke depan, teknologi pengendalian jarak jauh memiliki potensi untuk berkembang lebih jauh dengan kehadiran jaringan 5G yang menawarkan kecepatan transmisi data yang jauh lebih cepat dan latensi yang lebih rendah. Teknologi ini sangat penting untuk aplikasi-aplikasi yang memerlukan kecepatan tinggi dan stabilitas yang andal.⁷⁷ Selain itu, integrasi kecerdasan buatan (*AI*) dalam sistem pengendalian jarak jauh diperkirakan akan membuat teknologi ini semakin otonom, sehingga perangkat dapat membuat keputusan secara mandiri berdasarkan data yang diterima. Dengan semakin banyaknya perangkat yang terhubung melalui *Internet of Things (IoT)*, teknologi pengendalian jarak jauh akan menjadi bagian integral dari kehidupan modern.⁷⁸

Teknologi pengendalian jarak jauh tidak hanya mengubah cara manusia berinteraksi dengan perangkat, tetapi juga memungkinkan peningkatan efisiensi di berbagai sektor. Masa depan teknologi ini menjanjikan kemajuan yang lebih besar, seiring dengan peningkatan infrastruktur komunikasi dan integrasi teknologi cerdas ke dalam sistem kendali.

⁷⁶ M. Ali Hasan, *Keamanan Jaringan Dan Sistem Informasi* (Bandung: Informatika, 2021), 75.

⁷⁷ Ahmad F. Zain, *Pengembangan Teknologi Dan Aplikasi 5G* (Yogyakarta: Graha Ilmu, 2023), 65.

⁷⁸ R. W. Purnama, *Internet of Things: Konsep, Teknologi, Dan Aplikasi* (Jakarta: Salemba Empat, 2020), 54.

BAB III

PROSES PERANCANGAN TELESKOP ALTAZIMUTH BERBASIS ESP32

A. Problematika Instrumen Ilmu Falak

Ilmu falak sebagai cabang ilmu yang mempelajari benda langit sangat bergantung pada instrumen yang akurat dan efisien, salah satunya adalah teleskop. Teleskop adalah salah satu perangkat utama dalam astronomi,⁷⁹ namun instrumen ini masih menghadapi berbagai tantangan yang menghambat efisiensi pengamatan, seperti masalah pengoperasian jarak jauh, kesulitan dalam pengoperasian yang efisien, harga yang tinggi, serta kebutuhan untuk terus mengembangkan instrumen dengan teknologi yang lebih maju. Dalam konteks ini, teleskop altazimuth berbasis ESP32 hadir sebagai alternatif yang menawarkan solusi untuk mengatasi masalah-masalah tersebut.

Salah satu kendala utama yang dihadapi dalam pengamatan benda langit adalah keterbatasan jarak. Teleskop manual membutuhkan pengamat untuk selalu berada di dekat alat untuk melakukan penyesuaian, yang bisa menjadi masalah terutama di lokasi pengamatan yang jauh atau ketika kondisi lingkungan kurang mendukung. Dengan adanya teleskop berbasis ESP32 yang dilengkapi dengan konektivitas *Wi-Fi* dan *Bluetooth*, pengamatan dapat dilakukan dari jarak jauh melalui perangkat pintar. Hal ini memberikan keuntungan besar karena pengamat tidak perlu lagi berada di dekat teleskop, sehingga memungkinkan pengamatan di tempat-tempat yang sulit dijangkau atau jauh dari lokasi pengamat.

Efisiensi operasional juga menjadi tantangan besar dalam penggunaan teleskop. Pengoperasian manual teleskop memerlukan keahlian khusus dalam mengarahkan dan melacak benda langit, yang memakan waktu dan dapat mengurangi akurasi, terutama untuk objek yang bergerak cepat seperti bulan

⁷⁹ Arwin, *Khazanah*, 312.

dan planet. Dengan teknologi ESP32, teleskop altazimuth mampu melacak objek secara otomatis berdasarkan koordinat *azimuth* dan *altitude* yang dimasukkan. Pengguna hanya perlu memberikan data posisi objek, dan teleskop akan secara otomatis mengarahkan ke lokasi tersebut. Antarmuka berbasis aplikasi juga membuatnya lebih mudah dioperasikan, bahkan oleh pengamat pemula.

Tantangan berikutnya adalah harga teleskop otomatis yang seringkali tinggi, sehingga sulit dijangkau oleh amatir atau lembaga pendidikan dengan anggaran terbatas. ESP32, sebagai mikrokontroler berbiaya rendah namun dengan fitur yang lengkap, memungkinkan pengembangan teleskop otomatis dengan biaya yang lebih terjangkau. Dengan dukungan prosesor *dual-core* dan konektivitas nirkabel, ESP32 membuka peluang bagi lebih banyak kalangan untuk memanfaatkan teknologi teleskop modern.

Teleskop berbasis ESP32 dalam hal pengembangan juga memiliki potensi besar untuk terus berkembang. Dengan kemampuan yang dimilikinya, teleskop ini memungkinkan integrasi berbagai teknologi canggih, seperti modul GPS untuk meningkatkan akurasi penentuan posisi dan kamera CCD untuk memperbaiki sensitivitas pengukuran. Seiring kemajuan teknologi, teleskop ini terus diperbarui dan disempurnakan, menjadikannya alat yang semakin efisien untuk mengamati benda langit. Perkembangan dalam perangkat keras dan perangkat lunak membuka peluang bagi teleskop ESP32 untuk beradaptasi dengan kebutuhan baru dan mendorong inovasi yang lebih baik.

Teleskop altazimuth berbasis ESP32 tidak hanya menyelesaikan masalah-masalah teknis yang ada, tetapi juga membuka peluang baru dalam pengamatan astronomi. Sistem ini mendukung otomatisasi penuh dalam pengoperasian teleskop, meningkatkan portabilitas, dan memberi ruang untuk pengembangan perangkat lunak *open-source* yang dapat memperluas fungsionalitasnya. Dengan demikian, teleskop

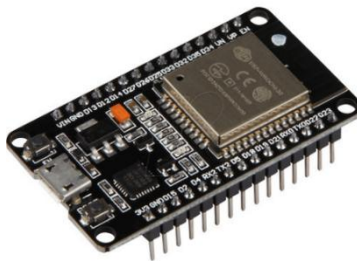
berbasis ESP32 dapat memberikan solusi yang praktis, terjangkau, dan canggih, memajukan pengamatan astronomi baik oleh profesional maupun amatir, dan mendukung perkembangan ilmu falak di masa depan.

B. Komponen Teleskop Altazimuth berbasis ESP32

Teleskop Altazimuth berbasis ESP32 terdiri dari beberapa komponen sebagai berikut:

1. ESP32 Dev Kit 1 30P

ESP32 Dev Kit 1 30P adalah inti dari sistem Pengendalian Jarak Jauh Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32. Modul ini memanfaatkan konektivitas *Wi-Fi* untuk memungkinkan komunikasi nirkabel antara teleskop dan perangkat kontrol seperti *smartphone* atau komputer. Dengan dukungan prosesor *dual-core* hingga 240 MHz, ESP32 mampu menangani proses pengolahan data secara efisien, termasuk perintah untuk menggerakkan teleskop secara presisi sesuai koordinat yang diinginkan.⁸⁰



Gambar 3.1: ESP32 Dev Kit 1 30P (Sumber: Dokumen Pribadi)

Selain itu, ESP32 dapat berinteraksi dengan berbagai sensor dan aktuator, seperti motor servo untuk mengontrol

⁸⁰ I Made Adrian Pramuditya, I Gusti Agung Pt Raka Agung, and Pratolo Rahardjo, "Rancang Bangun Alat Uji Periferal Esp32 Devkit V1 - Doit 30 Pin," Jurnal SPEKTRUM 10, no. 4 (2023): 340, <https://doi.org/10.24843/spektrum.2023.v10.i04.p39>.

sumbu *azimuth* dan ketinggian teleskop. Kemampuan ini memungkinkan pengendalian jarak jauh yang fleksibel dan akurat. ESP32 juga mendukung protokol komunikasi seperti MQTT,⁸¹ yang dapat digunakan untuk mengirim data secara *real-time*, seperti teleskop posisi atau kondisi sistem, langsung ke perangkat pengguna. Hal ini menjadikan komponen kunci ESP32 dalam menciptakan sistem teleskop altazimuth yang modern, efisien, dan mudah diakses dari jarak jauh.

2. *Monocular Telescope*

Monocular Telescope berfungsi sebagai perangkat optik utama untuk pengamatan, memperbesar dan memperjelas tampilan objek langit, seperti bintang atau planet, yang diarahkan melalui sistem kendali jarak jauh.



Gambar 3.2: *Monocular Telescope* (Sumber: Dokumen Pribadi)

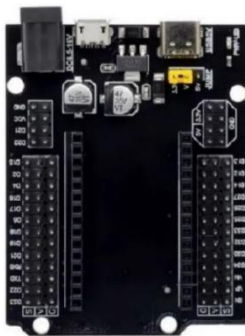
Monocular Telescope yang digunakan memiliki desain yang sederhana, ringan, dan mudah dipasang, sehingga mendukung mobilitas dan kemudahan penggunaannya. Dengan bantuan pengendalian berbasis ESP32, teleskop

⁸¹ MQTT adalah singkatan dari *Message Queuing Telemetry Transport*, merupakan protokol komunikasi yang dirancang untuk pengiriman pesan yang efisien antara perangkat, terutama dalam konteks *Internet of Things* (IoT). Lihat dalam Keminatan Teknik Komputer et al., “IMPLEMENTASI PROTOKOL MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) UNTUK MONITORING INFUS PASIEN SECARA TERPUSAT Memperoleh Gelar Sarjana Komputer Disusun Oleh :,” 2018.

monokuler memungkinkan pengguna untuk mengarahkan teleskop secara akurat tanpa perlu berada di lokasi langsung, memberikan pengalaman observasi yang praktis dan modern.

3. *Baseboard* ESP32 30P

Baseboard ESP32 30P adalah modul pendukung yang dirancang untuk mempermudah integrasi ESP32 dalam proyek elektronik,⁸² seperti sistem Pengendalian Jarak Jauh Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32. *Baseboard* ini menyediakan konektor 30 pin yang sesuai dengan ESP32 Dev Kit 1 30P, lengkap dengan *port* USB untuk koneksi daya dan pemrograman, serta pengatur tegangan untuk memastikan stabilitas daya selama pengoperasian.⁸³



Gambar 3.3: *Baseboard* ESP32 30P (Sumber: kanbkam .com)⁸⁴

⁸² Mischianti, Renzo. *DOIT ESP32 DevKit V1: Pinout Resolusi Tinggi dan Spesifikasi*. Mischianti.org. Diakses pada 6 Desember 2024, 33.

⁸³ Neil Cameron, *Praktik ESP32 dengan Arduino IDE* (Packt Publishing, 2020), 85.

⁸⁴ Kanbkam, "Papan Breakout GPIO ESP32 30Pin Tipe-C Micro USB Antarmuka Ganda ESP32 Shield 30P Daya Ultra Rendah Inti Ganda ESP32 - DevKitC - 32 ESP - WROOM - 32 ESP32 ESP32 ESP32 - S Papan Ekspansi , " *Kanbkam*, diakses pada 15 Desember 2024, <https://www.kanbkam.com/eg/en/esp32-gpio-breakout-board-30pin-typec->

Dalam sistem ini, *baseboard* berperan sebagai antarmuka fisik antara ESP32 dan komponen lain seperti penggerak motor, sensor, dan modul komunikasi. *Baseboard* juga mempermudah akses ke pin I/O ESP32 untuk mengontrol sumbu gerak teleskop altazimuth dan menerima data dari perangkat pendukung seperti GPS dan LCD. Dengan desain yang kompatibel dan sederhana, *baseboard* ESP32 30P mendukung pengoperasian sistem yang stabil dan efisien, menjadikannya elemen penting dalam pengendalian teleskop berbasis IoT.

4. *Bracket Servo MG996 Dual Axis*

Bracket Servo MG996 Dual Axis adalah komponen penting dalam Rancang Bangun Pengendalian Jarak Jauh Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32. *Bracket* ini digunakan untuk menempatkan dua motor servo MG996 pada sumbu azimuth dan ketinggian teleskop altazimuth. Motor servo MG996 dikenal karena kekuatan dan presisinya, memungkinkan pergerakan teleskop yang halus dan akurat pada kedua sumbu.

Dalam sistem ini, *bracket* berfungsi sebagai penopang yang stabil untuk motor servo, memastikan posisi teleskop dapat diubah dengan presisi tinggi berdasarkan perintah dari ESP32. Sistem sumbu ganda memungkinkan teleskop untuk bergerak secara vertikal (*altitude*) dan horizontal (*azimuth*), memberikan kemampuan untuk mengarahkan teleskop ke objek langit dengan penuh. Dengan pengendalian jarak jauh berbasis ESP32, pergerakan motor servo dapat diatur dari perangkat seperti *smartphone* atau komputer, menjadikan pengamatan astronomi lebih praktis dan efisien.

5. *Holder Servo MG996 Horizontal*

[micro-usb-dual-interface-esp32-shield-30p-ultralow-power-dual-core-esp32devkitc32-espwroom32-esp32-esp32s-expansion-board-B0BMPPT3MR](#)

Holder Servo MG996 Horizontal adalah komponen yang digunakan untuk menahan dan mendukung motor servo MG996 pada sumbu horizontal (*azimuth*) dalam sistem Rancang Bangun Pengendalian Jarak Jauh Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32. Holder ini memastikan bahwa motor servo yang digunakan untuk pergerakan teleskop horizontal terpasang dengan kokoh dan dapat bergerak secara presisi sesuai perintah yang diterima dari ESP32.

Servo MG996, yang terkenal dengan torsi tinggi dan ketahanannya, digunakan untuk menggerakkan teleskop secara horizontal, memungkinkan teleskop bergerak ke arah kiri atau kanan (*azimuth*). Holder ini dirancang untuk memberikan kestabilan, mengurangi getaran, dan memastikan pergerakan teleskop yang halus dan akurat saat dikendalikan dari jarak jauh. Dengan holder servo MG996 horizontal, sistem pengendalian teleskop menjadi lebih efisien dan dapat dioperasikan dengan troll penuh, baik melalui *Wi-Fi* maupun *Bluetooth* menggunakan ESP32.

6. *Steering Gear* MG996

Steering Gear MG996 adalah komponen yang digunakan untuk menghubungkan motor servo MG996 dengan mekanisme penggerak teleskop dalam sistem Rancang Bangun Pengendalian Jarak Jauh Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32. *Steering gear* ini berfungsi untuk mengubah putaran gerakan servo motor menjadi linear atau sudut yang diperlukan untuk menggerakkan teleskop pada sumbu *azimuth* (horizontal) dan *altitude* (vertikal).

MG996 adalah motor servo dengan torsi tinggi dan kemampuan presisi yang sangat baik, sehingga cocok digunakan untuk aplikasi yang memerlukan pergerakan yang stabil dan akurat. Perangkat kemudi ini memastikan bahwa pergerakan teleskop dapat diatur dengan tepat, baik untuk mengarahkan teleskop ke objek langit maupun untuk

melakukan penyesuaian posisi secara halus. Dengan menggunakan *steering gear*, sistem kontrol teleskop menjadi lebih responsif dan efisien, memberikan pengalaman pengamatan astronomi yang lebih baik melalui kendali jarak jauh berbasis ESP32.

7. Servo MG996

Servo MG996 adalah motor servo dengan torsi tinggi yang sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan pergerakan presisi, seperti dalam Rancang Bangun Pengendalian Jarak Jauh Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32. Servo ini mampu menghasilkan torsi yang cukup besar, sehingga ideal untuk menggerakkan teleskop pada sumbu *azimuth* (horizontal) dan *altitude* (vertikal).



Gambar 3.4: Servo MG996 (Sumber: tokopedia .com)⁸⁵

Servo MG996 memiliki kemampuan untuk bergerak dengan akurat dalam jarak sudut 0 hingga 180 derajat, dan dapat dikendalikan sinyal melalui PWM (*Pulse Wide*

⁸⁵ Tokopedia, "MG996R Micro Servo MG996 Metal Torque Arduino Gear Tower Pro HI Servo," *Tokopedia* , diakses pada 15 Desember 2024, https://www.tokopedia.com/reogwholesale/mg996r-micro-servo-mg996-metal-torque-arduino-gear-tower-pro-hi-servo?utm_source=google&utm_medium=organic&utm_campaign=pdp

Modulation)⁸⁶ yang dikirim dari ESP32. Dengan kekuatan torsi yang tinggi, servo ini memungkinkan teleskop untuk bergerak dengan stabil, meskipun terpasang pada beban yang relatif besar seperti teleskop altazimuth. Penggunaan servo MG996 dalam sistem ini memungkinkan kontrol teleskop secara presisi melalui perangkat nirkabel seperti *smartphone* atau komputer, memberi kemudahan dalam pengamatan langit dari jarak jauh.

8. Kabel Jumper

Kabel Jumper adalah kabel penghubung fleksibel yang digunakan untuk menghubungkan berbagai komponen dalam rangkaian elektronik, termasuk dalam sistem Rancang Bangun Pengendalian Jarak Jauh Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32. Kabel jumper sangat berguna untuk menghubungkan pin pada mikrokontroler (seperti ESP32) dengan komponen lain, seperti motor servo, sensor, dan modul tambahan lainnya, tanpa memerlukan penyalolderan.

Dalam proyek ini, kabel jumper digunakan untuk menghubungkan ESP32 dengan motor servo MG996, dan komponen lainnya yang diperlukan untuk mengoperasikan teleskop altazimuth. Kabel jumper memudahkan pengaturan dan modifikasi rangkaian karena mudah dipasang dan dicabut, serta memungkinkan penghubungan antar komponen dengan cepat dan efisien. Penggunaan kabel jumper juga memungkinkan pengujian *prototipe* sebelum merancang rangkaian yang lebih permanen.

9. Black Box X5 15cm x 9.5cm x 5cm

⁸⁶ PWM (*Pulse Wide Modulation*) adalah teknik sinyal digital yang digunakan untuk mengontrol daya yang diberikan ke perangkat. PWM bekerja dengan cara mengubah durasi "on" (aktif) dalam satu siklus sinyal terhadap durasi "off" (tidak aktif), sehingga menghasilkan variasi daya yang efisien. Lihat dalam Neil, *Praktik*, 85.

Black Box X5 15cm x 9.5cm x 5cm adalah kotak pelindung atau wadah yang digunakan untuk menyimpan dan melindungi komponen elektronik dalam sistem Rancang Bangun Pengendalian Jarak Jauh Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32. Dengan ukuran 15cm x 9.5cm x 5cm, *Black Box X5* dirancang untuk menampung berbagai modul elektronik seperti ESP32, motor servo, kabel jumper, dan komponen lainnya, menjaga agar komponen-komponen tersebut terlindungi dari kerusakan fisik, debu, atau gangguan eksternal.

Wadah ini juga berfungsi sebagai tempat penyusunan komponen secara terorganisir, mempermudah akses dan pemeliharaan. Dalam proyek pengendalian teleskop, *Black Box X5* memastikan bahwa seluruh rangkaian elektronik bekerja dengan baik dan terlindungi dari gangguan luar yang dapat mempengaruhi kinerja sistem. Dengan desain kompak dan kokoh, *Black Box X5* menjadi solusi ideal untuk menjaga kestabilan dan kehandalan sistem elektronik yang digunakan dalam pengendalian teleskop.

10. *Led* 5mm

LED 5mm adalah jenis *LED* dengan ukuran 5mm yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi elektronik, termasuk dalam sistem Rancang Bangun Pengendalian Jarak Jauh Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32. Dengan ukurannya yang kecil namun efisien, *LED* 5mm cocok untuk digunakan sebagai indikator visual dalam rangkaian, memberikan umpan balik tentang status sistem atau perangkat.

Dalam proyek teleskop, *LED* 5mm dapat digunakan untuk menunjukkan status operasi, misalnya menyalakan *LED* menandakan bahwa teleskop telah tersambung dengan

koneksi jaringan atau tidak. Karena ukurannya yang kecil, *LED* 5mm mudah dipasang di berbagai bagian rangkaian, bahkan di ruang terbatas dalam kotak pelindung, seperti *Black Box X5*. *LED* ini memiliki konsumsi daya yang rendah dan umur panjang, menjadikannya pilihan yang efisien dan efektif untuk aplikasi seperti pengendalian teleskop secara jarak jauh.

11. Mini *Rocker Switch*

Mini *Rocker Switch* adalah saklar kecil yang digunakan untuk menghidupkan atau mematikan aliran listrik dalam rangkaian elektronik, seperti yang digunakan dalam Rancang Bangun Pengendalian Jarak Jauh Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32. Saklar ini memiliki desain yang sederhana dan mudah dioperasikan, cukup dengan menggoyangkan saklar ke posisi ON atau OFF, sehingga memudahkan pengguna untuk mengaktifkan atau mematikan sistem pengendalian teleskop.

Dalam sistem teleskop, Mini *Rocker Switch* digunakan sebagai saklar utama untuk mengaktifkan atau menonaktifkan perangkat, seperti ESP32, motor servo, atau komponen lainnya. Saklar ini membantu mengontrol daya yang masuk ke sistem, memungkinkan pengguna untuk menghemat energi ketika perangkat tidak digunakan. Dengan ukurannya yang kompak, Mini *Rocker Switch* cocok untuk digunakan dalam perangkat dengan ruang terbatas dan memberikan kontrol yang mudah dan cepat bagi pengguna.

12. DC *Jack Male Screw*

DC *Jack Male Screw* adalah komponen konektor yang digunakan untuk menghubungkan sumber daya eksternal, seperti adaptor AC-DC atau baterai, ke rangkaian elektronik, termasuk dalam sistem Rancang Bangun Pengendalian Jarak

Jauh Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32. Dengan desain sekrup pria, konektor ini memungkinkan pengguna untuk menghubungkan kabel daya secara stabil dan aman menggunakan skrup pengunci untuk memastikan sambungan yang kuat dan mencegah kabel terlepas.



Gambar 3.5: DC Jack Male Screw (Sumber: Dokumen Pribadi)

Pada proyek teleskop, DC Jack Male Screw digunakan untuk menyediakan sumber daya listrik yang stabil ke ESP32, motor servo, dan komponen lainnya. Keuntungan dari konektor ini adalah kemampuannya untuk menangani aliran daya yang lebih tinggi dibandingkan dengan konektor standar, menjadikannya pilihan yang baik untuk sistem yang membutuhkan daya yang lebih besar. Pengguna dapat dengan mudah menghubungkan dan mengunci kabel daya ke sistem, sehingga memastikan kestabilan dan kerahasiaan dalam pengoperasian teleskop.

13. Battery Holder 18650 2C

Battery Holder 18650 2C adalah komponen yang dirancang untuk menampung dua baterai tipe 18650, yang umum digunakan dalam aplikasi elektronik yang memerlukan daya tinggi dan kapasitas besar. Baterai tipe 18650 adalah baterai *lithium-ion* dengan ukuran 18mm x 65mm yang banyak digunakan dalam berbagai perangkat portabel, termasuk dalam Rancang Bangun Pengendalian Jarak Jauh Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32. Holder ini

memungkinkan pengguna dengan mudah menempatkan dua baterai 18650 secara paralel atau seri, tergantung pada kebutuhan daya sistem.

Pada proyek teleskop, *Battery Holder 18650 2C* digunakan untuk menyediakan sumber daya portabel yang dapat mendukung ESP32, motor servo, dan komponen lain yang memerlukan pasokan listrik stabil untuk pengoperasian teleskop. Dengan kapasitas daya yang cukup besar, holder ini memungkinkan sistem beroperasi lebih lama tanpa perlu terhubung langsung ke sumber daya eksternal. Selain itu, *Battery Holder 18650 2C* dilengkapi dengan terminal yang aman dan mudah dihubungkan, memastikan baterai dapat terpasang dengan kuat dan mengurangi risiko hubungan pendek atau kehilangan kontak.

14. *Battery 18650 3000mAh*

Battery 18650 3000mAh adalah jenis baterai *lithium-ion* berukuran 18mm x 65mm dengan kapasitas 3000mAh (*miliampere-hour*), yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi elektronik yang membutuhkan daya tinggi dan kapasitas besar. Baterai ini memiliki kemampuan untuk menyimpan energi yang cukup untuk mendukung perangkat berdaya tinggi, termasuk dalam Rancang Bangun Pengendalian Jarak Jauh Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32.



Gambar 3.6: *Battery 18650 3000mAh* (Sumber: readymaderc .com)⁸⁷

Dalam proyek teleskop, Baterai 18650 3000mAh digunakan untuk memberikan sumber daya portabel yang dapat mendukung operasional sistem secara mandiri tanpa harus bergantung pada sumber daya eksternal. Dengan kapasitas 3000mAh, baterai ini menawarkan waktu penggunaan yang cukup lama, memungkinkan ESP32, motor servo, dan komponen lainnya berfungsi dengan baik selama pengamatan tanpa perlu sering mengisi daya. Baterai ini juga memiliki keuntungan seperti efisiensi energi, daya tahan yang lama, dan kemampuan pengisian ulang yang menjadikannya pilihan ideal untuk sistem teleskop yang membutuhkan mobilitas dan efisiensi dalam jangka panjang.

15. Tripod

Tripod adalah alat penopang tiga kaki yang digunakan untuk menstabilkan dan mendukung teleskop atau perangkat lainnya, terutama dalam Rancang Bangun Pengendalian

⁸⁷ ReadyMadeRC , "Sony VTC6 18650 3000mAh 30A 10C (2pcs) , " ReadyMadeRC, diakses 15 Desember 2024 , <https://www.readymaderc.com/products/details/sony-vtc6-18650-3000mah-30a-10c-2pcs>

optik Jarak Jauh Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32. Tripod memberikan kestabilan yang diperlukan untuk memastikan teleskop dapat bergerak dengan lancar dan akurat selama pengamatan langit.

Pada proyek ini, tripod berfungsi untuk menopang teleskop altazimuth, menjaga agar teleskop tetap pada posisi yang diinginkan meskipun ada pergerakan motor servo atau intervensi dari sistem pengendalian jarak jauh. Tripod yang kokoh dan dapat disesuaikan memungkinkan pengguna untuk mengatur ketinggian dan sudut pandang teleskop sesuai dengan kebutuhan, memastikan pengamatan objek langit dapat dilakukan dengan mudah dan nyaman. Selain itu, tripod juga memungkinkan teleskop untuk dipindahkan dengan mudah saat diperlukan, sambil tetap menjaga kestabilan dalam berbagai kondisi pengoperasian.

C. Persiapan dan Instalasi Sistem ESP32

Agar sistem pengendalian teleskop altazimuth berbasis ESP32 dapat berfungsi dengan optimal, diperlukan beberapa langkah persiapan dan instalasi perangkat lunak serta pendukung platform. Tahapan ini meliputi instalasi Arduino IDE, pembuatan *Firebase* untuk pengelolaan data, dan pembuatan aplikasi kontrol menggunakan *MIT App Inventor*. Berikut langkah-langkah dari setiap tahap:

1. Instalasi Arduino IDE

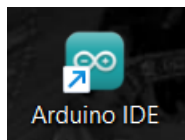
Arduino IDE merupakan perangkat lunak utama yang digunakan untuk memprogram ESP32. Proses instalasi mencakup pengunduhan perangkat lunak dari situs resmi Arduino, pemasangan perpustakaan ESP32, dan konfigurasi *board* ESP32 pada IDE. Tahapan ini memastikan perangkat dapat diprogram dengan lancar sesuai kebutuhan sistem. Berikut langkah-langkah instalasi Arduino IDE ke laptop:

- a. Donwload *software* Arduino IDE pada website resmi Arduino di <https://www.arduino.cc/en/software>. Kemudian download IDE sesuai dengan sistem operasi komputer yang digunakan. Misalnya, Windows 10 dan yang lebih baru, 64 bit, yang digunakan oleh penulis.



Gambar 3.7: Pilihan download *software* Arduino IDE untuk berbagai sistem operasi computer (Sumber: Dokumen Pribadi)

- b. Instal Arduino IDE dan ikuti proses instalasi dengan memilih opsi *default*. Klik *Next* hingga selesai.
c. Setelah instalasi selesai, buka aplikasi Arduino IDE.

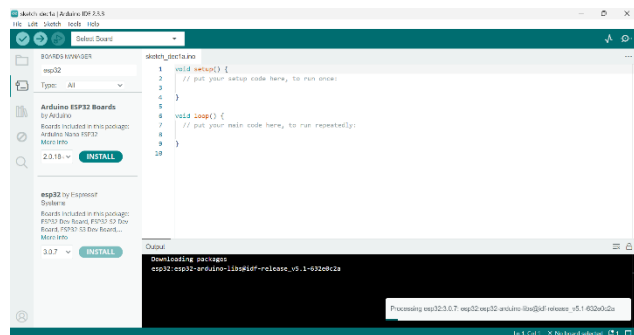


Gambar 3.8: Aplikasi Arduino IDE (Sumber: Dokumen Pribadi)

- d. Kemudian tambahkan fitur tambahan ESP32 ke Arduino IDE dengan membuka menu *File > Preferences* di Arduino IDE. Pada jendela Preferensi, cari kolom URL Pengelola Papan Tambahan dan tambahkan URL

berikut: https://espressif.github.io/arduino-esp32/package_esp32_index.json. Setelah memasukkan URL, klik tombol OK untuk menyimpan pengaturan.

- e. Langkah selanjutnya adalah membuka *Board Manager* dengan masuk ke menu *Tools > Board > Board Manager*. Di kolom pencarian, ketik "ESP32", lalu cari paket ESP32 by Espressif Systems. Pilih paket tersebut dan klik tombol Install. Tunggu hingga proses instalasi selesai, dan setelah itu, daftar *board* ESP32 akan tersedia di Arduino IDE, siap untuk digunakan dalam proyek Anda.



Gambar 3.9: Fitur tambahan ESP32 telah tersedia (Sumber: Dokumen Pribadi)

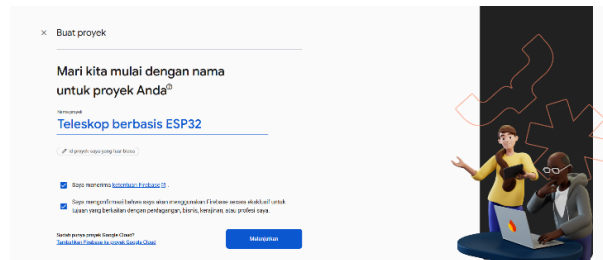
- f. Selanjutnya, pilih papan ESP32 di Arduino IDE, dengan cara masuk ke menu *Tools > Board* dan pilih jenis *board* ESP32 yang sesuai dengan perangkat yang Anda gunakan, misalnya *ESP32 Dev Module*. Selanjutnya sambungkan board ESP32 ke laptop menggunakan kabel USB. Setelah itu, masuk ke menu *Tools > Port* dan pilih *port* yang sesuai dengan *board* ESP32 Anda. Dengan langkah ini, *board* ESP32 sudah siap untuk digunakan.

- g. Selanjutnya, menulis program teleskop di editor Arduino IDE, kemudian berikutnya melakukan verifikasi dan *upload* program. Klik tombol Verifikasi (ikon centang) untuk memeriksa apakah terdapat kesalahan dalam program. Jika tidak ada kesalahan, lanjutkan dengan mengklik tombol *Upload* (ikon panah kanan) untuk mengunggah program ke *board* ESP32. Proses ini memastikan program berhasil ditanamkan pada perangkat dan siap dijalankan.

2. Pembuatan *Firebase*

Firebase adalah platform berbasis *cloud* yang dikembangkan oleh Google untuk mendukung pengembangan aplikasi, termasuk pengelolaan data dasar secara *real-time*. Dalam penelitian ini, *Firebase* digunakan untuk menyimpan data *azimuth* dan *altitude* yang diperlukan untuk menggerakkan teleskop berbasis ESP32. Berikut langkah-langkah pembuatan *Firebase*:

- a. Membuat proyek di *Firebase Consule*, buka *Firebase Consule* dan login dengan akun Google
- b. Klik tombol "*Add Project*" dan masukkan nama proyek sesuai kebutuhan, misalnya Teleskop berbasis ESP32. Pilih pengaturan *default* untuk *Analytics* atau aktifkan jika tidak diperlukan, lalu klik Buat Proyek.



Gambar 3.10: Tampilan dan pengaturan nama proyek di *Firebase Console* (Sumber: Dokumen Pribadi)

- c. Tambahkan *platform* web ke proyek Firebase, salin konfigurasi Web API Key yang akan digunakan untuk menghubungkan Firebase ke aplikasi MIT *App Inventor*.
- d. Masuk ke menu *Build > Realtime Database*, lalu klik *Create Database*, pilih lokasi server (misalnya Amerika Serikat) dan gunakan Test Mode untuk pengembangan awal.
- e. Buat struktur data di *Firebase* untuk menyimpan koordinat teleskop

```

TelezoomController
├── azimuth: ""0""
└── elevation: ""0""
  
```

Gambar 3.11: Struktur data di *Firebase* (Sumber: Dokumen Pribadi)

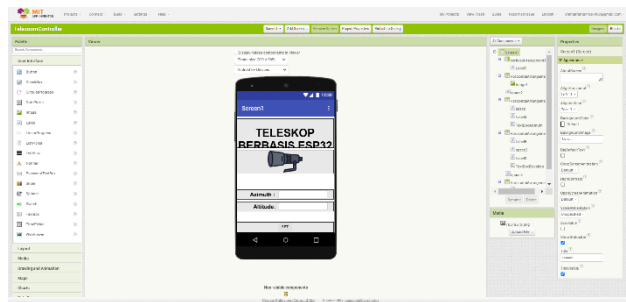
- f. ESP32 akan membaca data secara *real-time* dari *Firebase* untuk mengontrol motor servo sesuai koordinat.

3. Pembuatan Aplikasi di MIT *App Inventor*

MIT *App Inventor* adalah *platform* pengembangan aplikasi berbasis web yang memudahkan pembuatan

aplikasi Android tanpa memerlukan kemampuan coding tingkat lanjut. Dalam penelitian ini, MIT App Inventor digunakan untuk membuat antarmuka pengguna yang memungkinkan input data *azimuth* dan *altitude*. Langkah-langkahnya meliputi:

- a. Pertama, buka MIT App Inventor dan login menggunakan akun Google. Setelah itu, buat proyek baru dengan mengklik "Start New Project" dan beri nama proyek, misalnya TelezoomController.
- b. Berikutnya, desain antarmuka aplikasi dengan menambahkan komponen-komponen seperti *TextBox* untuk memasukkan data *azimuth* dan *altitude*, *Button* untuk mengirim data, dan label untuk menampilkan informasi. Tambahkan tombol kirim/set yang akan digunakan untuk mengirimkan data ke *Firestore*.



Gambar 3.12: Desain antarmuka aplikasi (Sumber: Dokumen Pribadi)

- c. Selanjutnya, integrasikan *Firestore* ke dalam aplikasi. Setelah aplikasi selesai diprogram, lakukan uji coba dengan menghubungkan *smartphone* Android menggunakan *App Inventor Companion*. Jika aplikasi berjalan dengan baik, unduh file APK dan instal di *smartphone* untuk digunakan secara langsung.



Gambar 3.13: Tampilan Aplikasi pada *Smartphone*
(Sumber: Dokumen Pribadi)

D. Desain Teleskop Altazimuth berbasis ESP32

Pada tahap pembuatan *prototipe* atau *prototyping* dalam Rancang Bangun Pengendalian Jarak Jauh Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32, seorang desainer melakukan eksperimen dan menguji berbagai komponen, ukuran, parameter, dan program komputer secara berulang-ulang untuk menemukan kombinasi yang tepat. Meskipun perhitungan angka dan perhitungan yang akurat penting, faktor lain seperti kompatibilitas antar komponen, kestabilan sistem, dan pengaturan perangkat keras dan perangkat lunak juga memegang peranan penting. Proses ini tidak hanya bergantung pada perhitungan eksakta, tetapi juga melibatkan pengujian terhadap faktor-faktor eksternal seperti interferensi sinyal, gangguan mekanis pada motor servo, serta faktor lingkungan lainnya. Oleh karena itu, *prototyping* menjadi sebuah proses yang menggabungkan akurasi teknis dengan seni dalam merancang dan mengoptimalkan sistem,

memastikan bahwa setiap elemen bekerja dengan baik dan sistem teleskop berfungsi sesuai harapan.⁸⁸

1. Rancangan Elektronika

Desain elektronika adalah proses yang bertujuan untuk menggambarkan hubungan antara berbagai modul elektronika dan mekanika melalui sebuah diagram.⁸⁹ Dalam penelitian ini, penulis menggunakan *software Fritzing*, sebuah aplikasi *open source* yang sangat mendukung perancangan rangkaian elektronika,⁹⁰ terutama yang berbasis Arduino maupun ESP32. Pemilihan komponen menjadi tahap yang penting, di mana aspek seperti kualitas material, efisiensi, kecepatan, serta ukuran dan bentuk komponen harus diperhatikan. Semua ini disesuaikan dengan diagram blok yang telah dirancang sebelumnya. Dengan memilih komponen yang sesuai, rangkaian elektronika yang diharapkan dapat berfungsi dengan optimal dan memberikan hasil yang maksimal.⁹¹

Rancangan elektronika penulis buat menghubungkan beberapa komponen, yaitu terdapat 2 buah *battery* 18650 yang berfungsi untuk menyuplai seluruh rangkaian yang dipasang ke *baseboard* ESP32nya melalui saklar ON/OFF. Kemudian ada LED 5mm berwarna hijau yang terhubung pada pin 15 pada ESP32 sebagai indikator bahwa alat sudah terhubung ke akses *point* dan *firebase*. Selanjutnya terdapat

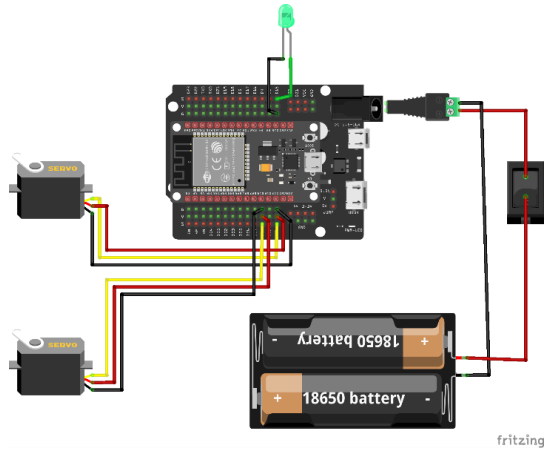
⁸⁸ Feri Djuangi, *Pengenalan Arduino*, (Tobuku, 2011), 2.

⁸⁹ Elin Gusbriana Rut Dias Valentin dkk, “Alat Uji Kadar Air Pada Buah Kakao Kering Berbasis Mikrokontroler Arduino,” *Jurnal JTIKOM* 1 (2020), 29.

⁹⁰ 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.

⁹¹ M.Taufik Winata, Wahyu Tri Suweno, “Penerapan Ds3231 Untuk Pakan Ternak Otomatis Berbasis Arduino”, *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali Dan Listrik* 3 (2022), 96.

2 buah servo yang dimana servo yang berputar secara horizontal terhubung pada pin 13 dan servo yang bergerak secara vertical terhubung pada pin 14.



Gambar 3.14: Rancangan eletronika teleskop altazimuth berbasis ESP32 (Sumber: Dokumen Pribadi)

2. Diagram Alir

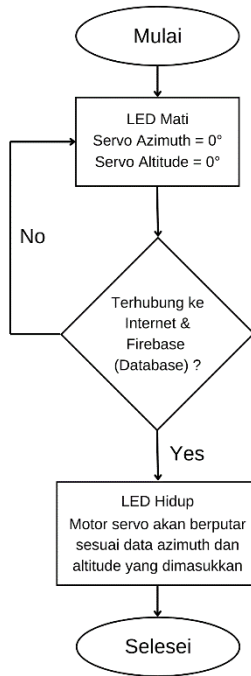
Diagram alir, atau yang dikenal sebagai *flowchart*, adalah alat visual yang digunakan untuk menggambarkan algoritma, alur kerja, atau proses melalui simbol-simbol grafis. Umumnya, diagram ini digunakan untuk merancang proses atau program sederhana. Dengan memberikan gambaran yang jelas tentang langkah-langkah yang terjadi, diagram alir membantu memahami proses secara keseluruhan. Selain itu, diagram ini juga bermanfaat dalam

menemukan kekurangan atau bagian yang belum jelas dalam suatu proses.⁹²

Diagram alir sistem pengendalian teleskop altazimuth berbasis ESP32 dirancang untuk menggambarkan proses kerja secara sederhana. Sistem dimulai dengan keadaan awal di mana indikator LED mati, servo *azimuth* berada pada posisi 0°, dan servo *altitude* juga pada posisi 0°. Selanjutnya, ESP32 akan mencoba terhubung ke internet dan *Firestore*. Jika koneksi gagal, proses ini akan terus diulang hingga koneksi berhasil.

Setelah terhubung, indikator LED akan menyala, menandakan sistem siap beroperasi. Motor servo kemudian akan bergerak mengikuti data *azimuth* dan *altitude* yang dimasukkan melalui aplikasi kontrol. Proses ini berakhir setelah motor servo mencapai posisi yang sesuai dengan data yang diterima.

⁹² Ahmad Fauzan, Reza Fahlefie, “Sistem Monitoring Hidroponik Berbasis Arduino Uno”, Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali dan Listrik 3 (2022), 87.

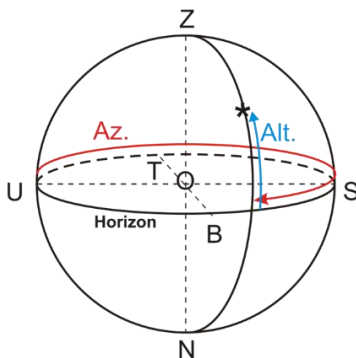


Gambar 3.15: Diagram Alir teleskop altazimuth berbasis ESP32 (Sumber: Dokumen Pribadi)

E. Perancangan dan Pemrograman Teleskop Altazimuth berbasis ESP32

Perancangan dan pemrograman teleskop altazimuth berbasis ESP32 menggunakan konsep sistem koordinat horizon. Sistem koordinat horizon adalah salah satu sistem yang digunakan untuk menentukan posisi benda langit berdasarkan sudut pandang pengamat di permukaan bumi. Sistem ini mengandalkan dua parameter utama, yaitu *azimuth* dan *altitude*, yang diukur relatif terhadap pemandangan lokal.⁹³

⁹³ OIF UMSU, *Mengenal Berbagai Sistem Koordinat dalam Astronomi*, diakses pada 6 Desember 2024, dari <https://oif.umsu.ac.id>.



Gambar 3.16: Tata koordinat horizon (Sumber: dhoniblog .wordpress .com)⁹⁴

Azimuth adalah sudut yang diukur dari arah utara ke posisi benda langit sepanjang horizon melewati arah timur. *Azimuth* diukur dalam satuan derajat searah jarum jam dari utara dan dapat berkisar dari 0° sampai dengan 360° . Sedangkan *altitude* adalah sudut vertikal yang mengukur ketinggian benda langit dari *chakrawala* ke arah *zenit* (titik langsung di atas kepala pengamat). Nilainya berkisar antara 0° di *Chakrawala* hingga 90° di *zenit*. Kombinasi kedua parameter ini memungkinkan pengamat atau sistem otomatis, seperti teleskop, untuk menentukan lokasi benda langit dengan cepat dan akurat.

Dalam pengamatan astronomi, teleskop memerlukan sistem pemasangan (*mounting*) untuk menopang dan mengarahkan alat ke benda langit pada posisi yang diinginkan. *Mounting* teleskop adalah sistem penyangga yang memungkinkan teleskop diarahkan ke koordinat tertentu di langit. Ada beberapa jenis pemasangan, tetapi yang paling umum digunakan adalah:

⁹⁴ Dhoni Blog, "Sistem Koordinat Horizontal (SKH)," *Dhoni Blog*, diakses 15 Desember 2024, <https://dhoniblog.wordpress.com/2011/04/12/sistem-koordinat-horizontal-skh/>

1. Mounting Equatorial

Mounting equatorial adalah jenisudukan teleskop yang dirancang untuk memudahkan pengamatan objek langit dengan mengikuti pergerakan benda langit. Sistem ini menggunakan dua sumbu utama, yaitu sumbu RA (*Right Ascension*) untuk gerakan timur-barat dan sumbu Deklinasi untuk gerakan utara-selatan.⁹⁵ Salah satu kelebihan utama dari mounting equatorial adalah kemampuannya untuk melacak objek langit secara akurat, karena sumbu RA (*Right Ascension*) dapat diselaraskan dengan rotasi Bumi.⁹⁶ Meski begitu, bagi pemula, penyelarasan awal bisa cukup rumit, karena teleskop perlu seimbang pada kedua sumbu, dan sumbu RA (*Right Ascension*) harus diarahkan ke utara dengan tepat.

2. Mounting Altazimuth

Mounting altazimuth adalah jenisudukan teleskop yang memungkinkan pergerakan horizontal (*azimuth*) dan vertikal (*altitude*), memudahkan pengamat untuk mengarahkan teleskop ke objek yang diinginkan tanpa penyelarasan rumit.⁹⁷ Keuntungannya adalah kemudahan penggunaan, memungkinkan pengamatan segera dengan persiapan waktu yang singkat. Namun kekurangannya terletak pada sulitnya pelacakan objek langit dalam jangka panjang, karena pergerakan bumi membuat teleskop perlu disesuaikan secara terus-menerus.

⁹⁵ AstroBackyard, *Cara Kerja Dudukan Teleskop Ekuatorial*, diakses pada 6 Desember 2024, dari <https://astrobackyard.com/equatorial-telescope-mount/>.

⁹⁶ TelescopeGuides, "Equatorial Mount vs Alt-Azimuth Mount", diakses 6 Desember 2024, <https://telescopeguides.com>.

⁹⁷ High Point Scientific, "Altazimuth Mounts", diakses pada 6 Desember 2024, dari <https://www.highpointscientific.com>.

Penelitian teleskop berbasis ESP32 ini memanfaatkan mounting altazimuth yang memungkinkan pergerakan horizontal (*azimuth*) dan vertikal (*altitude*). Sistem ini dioperasikan secara otomatis dengan bantuan ESP32 yang memproses data *azimuth* dan *altitude* yang diinput melalui aplikasi *smartphone* atau komputer. Data tersebut digunakan untuk menggerakkan motor servo, sehingga teleskop dapat secara akurat mengarahkan ke koordinat yang diinginkan.

Adapun langkah-langkah perancangan dan pemrograman Teleskop Altazimuth berbasis ESP32 antara lain:

1. Penulis menggunakan *Black Box* X5 15cm x 9.5cm x 5cm (kotak proyek) sebagai wadah tempat ESP32, *Baseboard* dan komponen-komponen lainnya yang ditempelkan menggunakan kabel ties ke tripod.
2. Merakit Teleskop Altazimuth berbasis ESP32 dengan cara menghubungkan semua komponen yang ada ke *Baseboard* ESP32 sesuai dengan rancangan elektronika yang telah penulis buat menggunakan metode *fritzing*. Kemudian rakit teleskop pada mounting altazimuth (servo MG996) yang telah terpasang di tripod



Gambar 3.17: Penampakan Instalasi Teleskop Altazimuth berbasis ESP32 (Sumber: Dokumen Pribadi)



Gambar 3.18: Teleskop Altazimuth berbasis ESP32 tampak dari samping (Sumber: Dokumen Pribadi)



Gambar 3.19: Teleskop Altazimuth berbasis ESP32 tampak dari atas (Sumber: Dokumen Pribadi)

3. Setelah semua tersambung upload program teleskop altazimuth berbasis ESP32 (tertera di lampiran) pada Arduino IDE ke ESP32, agar teleskop bisa bergerak sesuai data yang kita kirimkan.

Sistem ini dirancang untuk memberikan kenyamanan dan kemudahan, terutama bagi pengamat benda langit yang masih pemula. Pengguna hanya perlu memasukkan koordinat benda langit, dan teleskop akan mengarahkan dirinya secara otomatis tanpa perlu penyetelan manual yang rumit.

BAB IV

ANALISIS TINGKAT AKURASI TELESKOP ALTAZIMUTH BERBASIS ESP32

A. Penggunaan Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32

Adapun langkah-langkah penggunaan Teleskop Altazimuth berbasis ESP32 sebagai berikut:

1. Pastikan permukaan tanah atau lantai yang akan dijadikan tempat berdirinya Teleskop datar dan tidak miring.
2. Kemudian posisikan teleskop dan pastikan berdiri dengan rata sempurna, dengan dibantu menggunakan *waterpass*.



Gambar 4.1: Proses *levelling* teleskop (Sumber: Dokumen Pribadi)

3. Selanjutnya, posisikan teleskop menghadap ke utara sejati, pastikan sebelum pengoperasian, posisi utara sejati sudah ada.



Gambar 4.2: Teleskop menghadap ke utara sejati (Sumber: Dokumen Pribadi)

4. Nyalakan teleskop dengan menekan tombol *power* yang ada disamping.
5. Pastikan lampu indikator menyala menandakan teleskop telah tersambung dengan jaringan, dan siap untuk di operasikan.



Gambar 4.3: Posisi tombol *power* dan lampu indikator sedang menyala (Sumber: Dokumen Pribadi)

6. Selanjutnya, nyalakan aplikasi yang ada di *smartphone* untuk memasukkan data *azimuth* dan *altitude*.
7. Kemudian menginput data *azimuth* dan *altitude* benda langit yang ingin diamati. Setelah itu, motor servo horizontal dan vertikal akan bergerak berputar sesuai dengan data yang telah diinput. Namun, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan terkait sistem yang digunakan. Motor servo yang penulis gunakan memiliki keterbatasan karena hanya dapat berputar hingga 180° , dan data yang dapat diinput hanya dalam satuan derajat. Selain itu, arah putaran motor servo yang digunakan penulis bergerak berlawanan dengan arah jarum jam, berbeda dengan arah rotasi azimuth yang seharusnya searah jarum jam (Utara-Timur-Selatan-Barat). Untuk mengatasi kendala tersebut, penulis menerapkan beberapa ketentuan khusus yang telah dibuat pada penelitian skripsi “Konstruksi Alat *Moon Verificator* Dan Tingkat Akurasinya Dalam Rukyatulhلال” oleh Fajrullah sebagai berikut :
 - a. Apabila Azimuth benda langit berkisar 1° sampai 180° maka $180^\circ - Az$
 - b. Apabila Azimuth benda langit berkisar 181° sampai 360° maka $360^\circ - Az$
 - c. Apabila Azimuth benda langit berkisar 1° sampai 180° maka $180^\circ - Alt$
 - d. Apabila Azimuth benda langit berkisar 181° sampai 360° maka Alt tetap.⁹⁸

B. Analisis Uji Akurasi Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32

Pada proses uji akurasi instrument, penulis menggunakan Teleskop Robotik yang ada di Observatorium UIN Walisongo sebagai pembanding untuk menentukan utara sejati. Teleskop itu merupakan teleskop yang akurat dalam pengamatan rukyatulhلال, terbukti karena seringnya digunakan dalam

⁹⁸ Fajrullah, *Konstruksi*, 95

proses rukyatulhila yang kemudian datanya dikirim ke Kementerian Agama RI. Proses uji akurasi instrument, penulis mencoba dengan mengamati 2 benda langit yaitu Bulan dan Matahari.



Gambar 4.4: Penyesuaian utara sejati teleskop (Sumber: Dokumen Pribadi)

1. Data Pengamatan Bulan

Lokasi : Observatorium UIN Walisongo

Bujur Tempat : $110^{\circ} 20' 53''$ BT

Lintang Tempat : $6^{\circ} 59' 30''$ LS

Waktu : Kamis, 12 Desember 2024

Tabel 4.1: Data Azimuth Pengamatan Bulan

No	Jam Pengamatan	Azimuth	Data azimuth yang diinput	Koreksi azimuth	Selisih
1	22.05 WIB	$326^{\circ} 23' 47''$	$33^{\circ} 36' 13''$ (34°)	36°	$+2^{\circ}$
2	22.15 WIB	$323^{\circ} 03' 30''$	$36^{\circ} 56' 30''$ (37°)	38°	$+1^{\circ}$

3	22.25 WIB	320° 00' 14''	39° 59' 46'' (40°)	42°	+2°
4	22.55 WIB	312° 22' 15''	47° 37' 45'' (48°)	50°	+2°
5	23.05 WIB	310° 16' 37''	49° 43' 23'' (50°)	52°	+2°
6	23.15 WIB	308° 21' 33''	51° 38' 27'' (52°)	53°	+1°
Nilai rata-rata selisih					+2°

Berdasarkan data di atas, setelah penulis melakukan pengujian nilai azimuth Bulan pada teleskop altazimuth berbasis ESP32 di Observatorium UIN Walisongo, diketahui bahwa posisi Bulan yang ditampilkan oleh teleskop cenderung berada sedikit ke sebelah kiri pada lensa mata teleskop. Untuk memusatkan posisi Bulan pada posisi *center* di lensa teleskop, diperlukan penambahan koreksi data masukan sebesar 1–2 derajat.

Tabel 4.1: Data Altitude Pengamatan Bulan

No	Jam Pengamatan	Altitude	Data altitude yang diinput	Koreksi altitude	Selisih
1	22.05 WIB	57° 55' 25''	58°	56°	-2°
2	22.15 WIB	56° 29' 27''	56°	55°	-1°
3	22.25 WIB	54° 57' 13''	55°	53°	-2°
4	22.55 WIB	49° 50' 01''	50°	48°	-2°
5	23.05 WIB	47° 59' 33''	48°	46°	-2°

6	23.15 WIB	46° 06` 07``	46°	45°	-1°
Nilai rata-rata selisih					-2°

Berdasarkan data di atas, setelah penulis melakukan pengujian nilai altitude Bulan pada teleskop altazimuth berbasis ESP32 di Observatorium UIN Walisongo, diketahui bahwa posisi Bulan yang ditampilkan oleh teleskop cenderung berada sedikit ke sebelah atas pada lensa mata teleskop. Untuk memusatkan posisi Bulan pada posisi *center* di lensa teleskop, diperlukan pengurangan koreksi data input sebesar 1–2 derajat.



Sebelum di koreksi



Setelah di koreksi

Gambar 4.5: Citra Bulan sebelum dan setelah dikoreksi pada pukul 22.15 WIB (Sumber: Dokumen Pribadi)



Sebelum di koreksi



Setelah di koreksi

Gambar 4.6: Citra Bulan sebelum dan setelah dikoreksi pada pukul 23.05 WIB (Sumber: Dokumen Pribadi)

2. Data Pengamatan Matahari

Lokasi : Observatorium UIN Walisongo

Bujur Tempat : $110^{\circ} 20' 53''$ BT

Lintang Tempat : $6^{\circ} 59' 30''$ LS

Waktu : Jum'at, 13 Desember 2024

Tabel 4.3: Data Azimuth Pengamatan Matahari

No	Jam Pengamatan	Azimuth	Data azimuth yang diinput	Koreksi azimuth	Selisih
1	15.40 WIB	$247^{\circ} 21' 47''$	$112^{\circ} 38' 13''$ (113°)	114°	$+1^{\circ}$
2	15.50 WIB	$247^{\circ} 33' 10''$	$112^{\circ} 26' 50''$ (112°)	114°	$+2^{\circ}$
3	15.55 WIB	$247^{\circ} 37' 43''$	$112^{\circ} 22' 17''$ (112°)	114°	$+2^{\circ}$
4	16.00 WIB	$247^{\circ} 41' 33''$	$112^{\circ} 18' 27''$ (112°)	114°	$+2^{\circ}$

5	16.05 WIB	247° 44' 40``	112° 15' 20`` (112°)	114°	+2°
6	16.10 WIB	247° 47' 05``	112° 12' 55`` (112°)	114°	+2°
Nilai rata-rata selisih					+2°

Berdasarkan data di atas, setelah penulis melakukan pengujian nilai azimuth Matahari pada teleskop altazimuth berbasis ESP32 di Observatorium UIN Walisongo, diketahui bahwa posisi Matahari yang ditampilkan oleh teleskop cenderung berada sedikit ke sebelah kiri pada lensa mata teleskop. Untuk memusatkan posisi Matahari pada posisi *center* di lensa teleskop, diperlukan penambahan koreksi data masukan sebesar 1–2 derajat.

Tabel 4.4: Data Altitude Pengamatan Matahari

No	Jam Pengamatan	Altitude	Data altitude yang diinput	Koreksi altitude	Selisih
1	15.40 WIB	28° 39' 57``	28°	26°	-2°
2	15.50 WIB	26° 22' 29``	26°	25°	-1°
3	15.55 WIB	25° 13' 55``	25°	24°	-1°
4	16.00 WIB	24° 05' 05``	24°	22°	-2°
5	16.05 WIB	22° 56' 00``	23°	21°	-2°
6	16.10 WIB	21° 47' 20``	22°	20°	-2°
Nilai rata-rata selisih					-2°

Berdasarkan data di atas, setelah penulis melakukan pengujian nilai altitude Matahari pada teleskop altazimuth berbasis ESP32 di Observatorium UIN Walisongo, diketahui bahwa posisi Matahari yang ditampilkan oleh teleskop cenderung berada sedikit ke sebelah atas pada lensa mata teleskop. Untuk memusatkan posisi Matahari pada posisi *center* di lensa teleskop, diperlukan pengurangan koreksi data input sebesar 1–2 derajat.



Sebelum di koreksi



Setelah di koreksi

Gambar 4.7: Citra Matahari sebelum dan setelah dikoreksi pada pukul 15.40 WIB (Sumber: Dokumen Pribadi)



Sebelum di koreksi



Setelah di koreksi

Gambar 4.8: Citra Matahari sebelum dan setelah dikoreksi pada pukul 16.05 WIB (Sumber: Dokumen Pribadi)

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, penulis menyimpulkan bahwa teleskop altazimuth berbasis ESP32 cenderung tidak dapat menampilkan benda langit secara tepat di tengah (tengah) pada posisi lensa teleskop. Hal ini terjadi karena dua faktor utama yang mempengaruhi sekrup pengaturan teleskop.

Faktor pertama adalah pembulatan data yang terjadi selama proses pengaturan posisi teleskop. Dalam sistem ini, data yang digunakan untuk mengarahkan teleskop dihitung dalam satuan derajat. Namun karena keterbatasan pada sistem kontrol, proses pembulatan data yang terjadi pada pengaturan posisi teleskop membuatnya tidak dapat mengarah dengan presisi tinggi. Hal ini menyebabkan perbedaan kecil antara posisi yang diinginkan dengan posisi aktual objek langit di lensa teleskop.

Faktor kedua adalah penginputan data menggunakan satuan derajat. Sistem ini mengandalkan input data dalam satuan derajat untuk mengarahkan teleskop ke objek langit. Namun, motor servo yang digunakan pada teleskop hanya mampu bergerak dalam satuan derajat, yang membatasi kemampuan sistem untuk mencapai akurasi yang lebih tinggi. Akibatnya, meskipun teleskop sudah diarahkan sedemikian rupa, objek langit sering kali tidak tepat berada di tengah lensa teleskop, karena tidak ada pengaturan yang lebih detail dalam satuan menit atau detik busur, yang dapat meningkatkan akurasi.

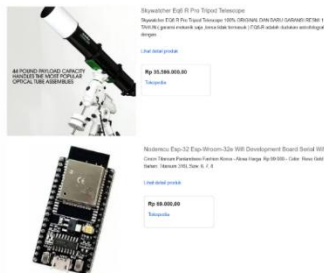
Kedua faktor tersebut menjadi penyebab utama ketidakakuratan posisi objek langit pada lensa teleskop. Untuk mencapai akurasi yang lebih tinggi, perlu adanya pengembangan pada sistem pengolahan data dan kontrol motor, seperti penggunaan satuan yang lebih presisi atau peningkatan kemampuan motor servo untuk bergerak dalam satuan yang lebih kecil.

C. Kelebihan dan Kekurangan Teleskop Altazimuth berbasis ESP32

1. Kelebihan Teleskop Altazimuth berbasis ESP32

Di era perkembangan teknologi yang semakin pesat, inovasi di bidang astronomi terus melahirkan perangkat-perangkat yang mempermudah pengamatan benda langit. Salah satu inovasi tersebut adalah teleskop altazimuth berbasis ESP32, yang mengintegrasikan teknologi modern dengan kepraktisan operasional. Teleskop ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan berbagai kalangan, baik untuk keperluan pendidikan maupun penelitian.

Keunggulan utama teleskop ini adalah kemampuannya untuk dikendalikan dari jarak jauh melalui koneksi *Wi-Fi*. Dengan fitur ini, pengguna dapat mengoperasikan teleskop tanpa harus berada di dekat perangkat. Efisiensi juga menjadi nilai tambah dari teleskop ini. Proses pelacakan dan penyelarasan objek langit dapat dilakukan dengan lebih cepat dibandingkan metode manual, sehingga menghemat waktu dan tenaga. Dari segi biaya, teleskop ini menggunakan ESP32 sebagai pengontrol utama, yang menjadikannya lebih ekonomis dibandingkan teleskop otomatis lainnya. Faktor ini membuatnya sangat terjangkau untuk digunakan oleh siswa, peneliti pemula, maupun komunitas astronomi.



Gambar 4.9: Perbandingan harga teleskop robotik dengan ESP32 (Sumber: Dokumen Pribadi)

Selain itu, teleskop ini dirancang dengan antarmuka yang sederhana, sehingga mudah digunakan bahkan oleh mereka yang tidak memiliki keahlian teknis. Dengan berbagai keunggulan tersebut, teleskop altazimuth berbasis ESP32 tidak hanya menawarkan kemudahan operasional, tetapi juga membuka peluang lebih luas untuk menjadikan ilmu falak dan astronomi lebih inklusif dan mudah diakses oleh semua kalangan.

2. Kekurangan Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32

Teleskop altazimuth berbasis ESP32 memang menawarkan banyak keunggulan, namun ada beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan. Salah satunya adalah keterbatasan dalam sistem rotasinya yang hanya menggunakan satuan derajat. Hal ini mengurangi tingkat presisi dalam pengaturan arah teleskop, karena tidak dapat mengatur lebih detail dalam satuan menit atau detik busur. Padahal, dalam mengamati benda langit dengan akurasi tinggi, pengaturan yang lebih bisa presisi sangatlah penting.

Selain itu, teleskop ini juga belum dilengkapi dengan kamera bawaan. Ketiadaan kamera membuat pengguna tidak bisa langsung merekam atau mendokumentasikan objek langit yang sedang diamati. Untuk keperluan pengamatan yang memerlukan pencitraan, pengguna harus menambahkan perangkat kamera eksternal, yang tentu saja bisa menjadi tantangan tambahan dalam penggunaannya.

Namun meskipun ada kekurangan ini, hal tersebut bisa menjadi bahan pertimbangan untuk pengembangan lebih lanjut. Misalnya, dengan penambahan perangkat keras atau fitur tambahan untuk pengembangan selanjutnya, teleskop ini bisa menjadi alat yang lebih lengkap dan fungsional.

D. Uji Ahli Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32

Sebagaimana penelitian R&D lainnya Penulis melakukan uji ahli oleh beberapa ahli sesuai bidangnya.

1. Ahli Ilmu Falak

a. Prof. Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag.

Pada bidang ilmu falak, salah satu ahli yang melakukan pengujian adalah Prof. Dr. H. Ahmad Izzuddin, salah satu guru besar ilmu falak pertama di UIN Walisongo. Prof. Ahmad Izzuddin merupakan seorang pakar di bidang astronomi dan ilmu falak yang telah berpengalaman selama bertahun-tahun. Beliau dikenal sebagai dosen dan peneliti yang aktif dalam pengembangan ilmu falak, khususnya dalam perhitungan kalender Islam dan penentuan arah kiblat. Dalam pengujian ini beliau didampingi oleh 6 orang timnya yaitu Fiya Faridatul Afidah, Robith Addian As-Shiddiqy, Shofa Ainun Huda, Inayah, Muhamad Firli Yanto, dan Muhamad Roihan Dliyaul Haq, mereka adalah mahasiswa Magister Ilmu Falak sekaligus santri beliau. Hasil pengujian yang diperoleh adalah sebagai berikut:⁹⁹

Fungsionalitas:

- Sistem bekerja sesuai fungsi yang diharapkan: 5
- Gerakan teleskop akurat sesuai koordinat: 5
- Data dikirim dan diterima tanpa kendala: 5
- Pengoperasian mudah dipahami dan dilakukan: 5

Kinerja:

- Sistem responsif selama pengoperasian: 5
- Konektivitas Wi-Fi stabil: 5
- Sistem berjalan tanpa error atau gangguan: 5
- Waktu pengaturan dan efisiensi penggunaan: 5

Desain dan Estetika:

⁹⁹ Penulis melakukan uji ahli dengan wawancara secara langsung pada tanggal 16 Desember 2024 pada pukul 16.30 WIB di Pondok Pesantren *Life Skill* Darun Najah.

- Antarmuka aplikasi dan alat jelas: 5
- Tata letak alat kontrol mudah dipahami: 5
- Tata letak dan penempatan komponen jelas/rapi: 5

Total Skor = 100%

b. Dr. Ahmad Syifaul Anam, S.H.I., M.H.

Penguji selanjutnya di bidang ilmu falak adalah Dr. Ahmad Syifaul Anam, S.H.I., M.H., yang saat ini menjabat sebagai Kepala Planetarium dan Observatorium di UIN Walisongo. Dengan keahlian mendalam dalam hukum Islam dan astronomi, beliau memiliki peran penting dalam mengembangkan riset serta edukasi ilmu falak di kampus ini. Dr. Ahmad Syifaul Anam juga aktif memimpin berbagai kegiatan pengamatan dan penelitian astronomi, serta berperan dalam memberikan pemahaman tentang ilmu falak kepada mahasiswa dan masyarakat. Hasil pengujian yang diperoleh adalah sebagai berikut:¹⁰⁰

Fungsionalitas:

- Sistem bekerja sesuai fungsi yang diharapkan: 5
- Gerakan teleskop akurat sesuai koordinat: 3
- Data dikirim dan diterima tanpa kendala: 4
- Pengoperasian mudah dipahami dan dilakukan: 5

Kinerja:

- Sistem responsif selama pengoperasian: 5
- Konektivitas Wi-Fi stabil: 4
- Sistem berjalan tanpa error atau gangguan: 4
- Waktu pengaturan dan efisiensi penggunaan: 5

¹⁰⁰ Penulis melakukan uji ahli dengan wawancara secara langsung pada tanggal 11 Desember 2024 pada pukul 10.00 WIB di Ruang *Office* Planetarium UIN Walisongo Semarang.

Desain dan Estetika:

- Antarmuka aplikasi dan alat jelas: 4
- Tata letak alat kontrol mudah dipahami: 5
- Tata letak dan penempatan komponen jelas/rapi: 4

Total Skor = 87%

c. Dr. H. M. Basthoni, S.H.I., M.H.

Dr. H. M. Basthoni, S.H.I., M.H., juga merupakan salah satu penguji ahli di bidang ilmu falak beliau merupakan Founder Kawakib Institute sebuah lembaga yang fokus pada pengembangan ilmu falak, beliau juga Ketua Lembaga Falakiyah Nahdlatul Ulama (LFNU) Jawa Tengah, beliau aktif memimpin penelitian, pelatihan, dan pengabdian dalam bidang hisab rukyat, bahkan sering menjadi pembicara dalam seminar-seminar falakiyah, serta memberikan kontribusi besar dalam pengembangan ilmu falak di era modern. Hasil pengujian yang diperoleh adalah sebagai berikut:¹⁰¹

Fungsionalitas:

- Sistem bekerja sesuai fungsi yang diharapkan: 4
- Gerakan teleskop akurat sesuai koordinat: 5
- Data dikirim dan diterima tanpa kendala: 5
- Pengoperasian mudah dipahami dan dilakukan: 3

Kinerja:

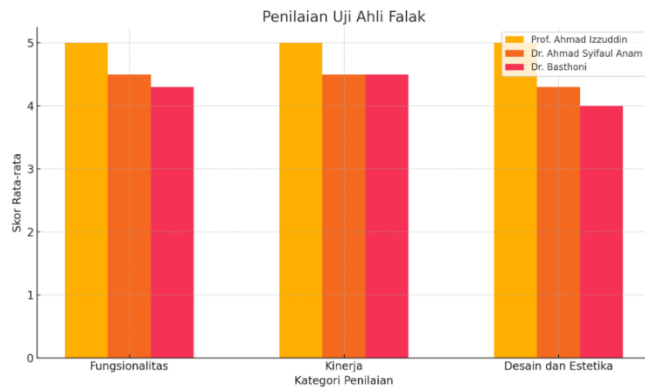
- Sistem responsif selama pengoperasian: 5
- Konektivitas Wi-Fi stabil: 5
- Sistem berjalan tanpa error atau gangguan: 4
- Waktu pengaturan dan efisiensi penggunaan: 4

¹⁰¹ Penulis melakukan uji ahli dengan wawancara secara langsung pada tanggal 16 Desember 2024 pada pukul 08.30 WIB di MA Nurul Huda, Mangkang, Semarang.

Desain dan Estetika:

- Antarmuka aplikasi dan alat jelas: 4
- Tata letak alat kontrol mudah dipahami: 4
- Tata letak dan penempatan komponen jelas/rapi: 4

Total Skor = 85 %



Gambar 4.10: Diagram penilaian uji ahli Ilmu Falak
(Sumber: Dokumen Pribadi)

Para penguji ahli di bidang ilmu falak memberikan beberapa saran dan masukan untuk instrumen pengembangan ini. Pertama, tindakan input oleh pengguna pada aplikasi perlu diatur agar mencegah kesalahan input yang tidak sesuai dengan spesifikasi alat. Algoritma data masukan juga sebaiknya disesuaikan dengan koordinat benda langit yang akan diamati, sehingga hasil pengamatan lebih akurat dan relevan. Selain itu, perlu dilakukan upaya untuk mempermudah penentuan arah utara sejati, baik melalui penambahan komponen pendukung maupun pengembangan algoritma pemrograman yang sesuai. Penguji juga menyarankan agar ditambahkan koneksi internet internal yang terintegrasi dengan modul ESP32, sehingga penggunaannya menjadi lebih praktis dan

fleksibel, khususnya untuk pengamatan di lokasi-lokasi yang membutuhkan akses data secara real-time.

2. Ahli Elektro dan Robotik

a. Lawrence Adi Supriyo, S.Kom., M.T.

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 konten creator. Lebih dari 4 tahun aktif mengajar Ilmu Digital, Jaringan, Mikrokontroler, Pemrograman dan Robotik. Saat ini Lawrence tengah mengajar di Universitas Jakarta Internasional. Hasil pengujian yang diperoleh adalah sebagai berikut:¹⁰²

Fungsionalitas:

- Sistem bekerja sesuai fungsi yang diharapkan: 5
- Gerakan teleskop akurat sesuai koordinat: 4
- Data dikirim dan diterima tanpa kendala: 4
- Pengoperasian mudah dipahami dan dilakukan: 5

Kinerja:

- Sistem responsif selama pengoperasian: 4
- Konektivitas Wi-Fi stabil: 4
- Sistem berjalan tanpa error atau gangguan: 4
- Waktu pengaturan dan efisiensi penggunaan: 5

Desain dan Estetika:

- Antarmuka aplikasi dan alat jelas: 5
- Tata letak alat kontrol mudah dipahami: 5
- Tata letak dan penempatan komponen jelas/rapi: 4

¹⁰² Penulis melakukan uji ahli dengan wawancara secara online pada tanggal 13 Desember 2024 pada pukul 21.30 WIB melalui *via google meet*.

Total Skor = 89%

b. Ahmad Minanur Rohim M.Pd.

Ahmad Minanur Rohim, M.Pd. adalah seorang dosen fisika sekaligus staf di Laboratorium Fisika UIN Walisongo. Beliau memiliki keahlian di bidang fisika eksperimental dan pengembangan teknologi, serta aktif dalam berbagai kegiatan akademik dan kompetisi. Ahmad Minanur Rohim sering dipercaya menjadi juri pada lomba robotik, termasuk lomba robotik yang diselenggarakan oleh Himpunan Mahasiswa Jurusan (HMJ) Fisika UIN Walisongo. Hasil pengujian yang diperoleh adalah sebagai berikut:¹⁰³

Fungsionalitas:

- Sistem bekerja sesuai fungsi yang diharapkan: 5
- Gerakan teleskop akurat sesuai koordinat: 5
- Data dikirim dan diterima tanpa kendala: 5
- Pengoperasian mudah dipahami dan dilakukan: 5

Kinerja:

- Sistem responsif selama pengoperasian: 5
- Konektivitas Wi-Fi stabil: 5
- Sistem berjalan tanpa error atau gangguan: 4
- Waktu pengaturan dan efisiensi penggunaan: 5

Desain dan Estetika:

- Antarmuka aplikasi dan alat jelas: 4
- Tata letak alat kontrol mudah dipahami: 5
- Tata letak dan penempatan komponen jelas/rapi: 5

Total Skor = 96%

¹⁰³ Penulis melakukan uji ahli dengan wawancara secara langsung pada tanggal 12 Desember 2024 pada pukul 10.00 WIB di Laboratorium FST UIN Walisongo Semarang.

c. Muhammad Syahril Sabirin, S.T.

Muhammad Syahril Sabirin, S.T. juga merupakan salah satu penguji ahli di bidang robotic, beliau adalah founder dari "Cyber Shop Telkom University," sebuah pusat yang menyediakan layanan penjualan komponen-komponen robotik sekaligus menjadi tempat konsultasi dan bimbingan bagi mahasiswa teknik di Telkom University. Cyber Shop menjadi wadah penting bagi mahasiswa Telkom untuk memperoleh kebutuhan komponen proyek robotik mereka, sekaligus mendapatkan arahan dan solusi dari Syahril dalam pengembangan inovasi dan teknologi. Hasil pengujian yang diperoleh adalah sebagai berikut:¹⁰⁴

Fungsionalitas:

- Sistem bekerja sesuai fungsi yang diharapkan: 5
- Gerakan teleskop akurat sesuai koordinat: 4
- Data dikirim dan diterima tanpa kendala: 5
- Pengoperasian mudah dipahami dan dilakukan: 5

Kinerja:

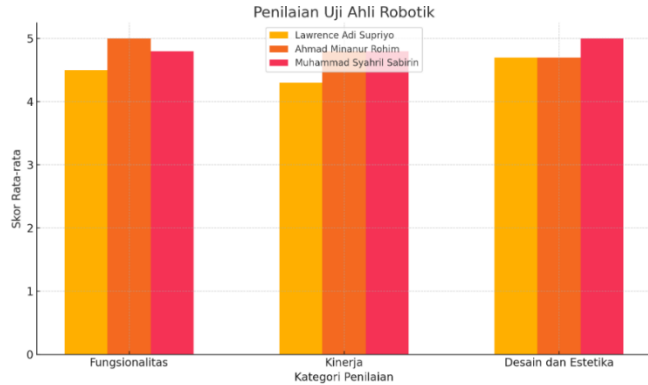
- Sistem responsif selama pengoperasian: 5
- Konektivitas Wi-Fi stabil: 4
- Sistem berjalan tanpa error atau gangguan: 5
- Waktu pengaturan dan efisiensi penggunaan: 5

Desain dan Estetika:

- Antarmuka aplikasi dan alat jelas: 5
- Tata letak alat kontrol mudah dipahami: 5
- Tata letak dan penempatan komponen jelas/rapi: 5

Total Skor = 96%

¹⁰⁴ Penulis melakukan uji ahli dengan wawancara secara langsung pada tanggal 1 Desember 2024 pada pukul 15.00 WIB di Bandung.



Gambar 4.11: Diagram penilaian uji ahli Robotik
(Dokumen Pribadi)

Para penguji ahli di bidang elektro dan robotik menyarankan agar instrumen teleskop altazimuth berbasis ESP32 ini dilengkapi dengan modul atau manual book yang sederhana dan mudah dipahami. Panduan ini diharapkan mencakup cara instalasi, penggunaan, serta solusi untuk kendala umum, seperti keterbatasan akurasi atau masalah konektivitas. Dengan adanya panduan ini, instrumen akan lebih mudah digunakan oleh berbagai kalangan, termasuk pemula, sekaligus meningkatkan efisiensi dan penggunaannya di berbagai situasi.

3. Kesimpulan dan Saran Penguji Ahli

a. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan oleh ahli falak dan ahli robotik, sistem kendali jarak jauh teleskop berbasis ESP32 dinilai memiliki kinerja yang sangat baik secara keseluruhan. Sistem ini berhasil memenuhi ekspektasi dalam aspek fungsionalitas, kinerja, serta desain dan estetika.

Dalam hal fungsionalitas, sistem telah bekerja sesuai dengan fungsi yang diharapkan, dengan skor rata-rata yang tinggi di kisaran 4,8 hingga 5. Para penguji sepakat bahwa sistem mampu menggerakkan teleskop secara akurat mendekati koordinat yang ditentukan, meskipun ada beberapa catatan dari beberapa ahli terkait potensi peningkatan akurasi gerakan. Selain itu, sistem dinilai dapat mengirim dan menerima data dengan baik tanpa kendala, serta pengoperasiannya mudah dipahami oleh pengguna.

Dari segi kinerja, sistem menunjukkan performa yang stabil dan responsif. Para ahli memberikan penilaian positif terkait konektivitas *Wi-Fi* yang stabil, kemampuan sistem berjalan tanpa adanya error, serta efisiensi waktu dalam pengaturan dan pengoperasian. Skor rata-rata dalam aspek ini berkisar antara 4,5 hingga 5, menunjukkan bahwa sistem mampu mendukung pengoperasian teleskop dengan lancar dan efisien.

Dalam aspek desain dan estetika, sistem dinilai memiliki antarmuka yang jelas dan rapi, dengan tata letak alat kontrol serta penempatan komponen yang mudah dipahami. Meskipun demikian, ada catatan kecil dari beberapa penguji mengenai potensi penyempurnaan antarmuka agar lebih menarik secara visual dan lebih intuitif bagi pengguna.

Secara umum, sistem kendali teleskop ini mendapatkan apresiasi positif dari kedua kelompok penguji. Dengan rata-rata skor di atas 4,5, sistem ini telah terbukti berfungsi dengan baik, stabil, dan mudah digunakan. Namun, untuk mencapai hasil yang lebih optimal, beberapa aspek masih perlu disempurnakan, seperti peningkatan akurasi gerakan teleskop,

penyempurnaan antarmuka, dan pengembangan fitur tambahan seperti integrasi kamera untuk mendukung observasi. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sistem kendali teleskop berbasis ESP32 memiliki potensi besar untuk mendukung pengamatan astronomi secara efektif, efisien, dan praktis di masa mendatang dengan adanya pengembangan-pengembangan yang lebih optimal.

b. Saran dan Masukan

Para penguji ahli di bidang ilmu falak dan robotik memberikan berbagai saran yang penting untuk pengembangan instrumen teleskop altazimuth berbasis ESP32 ini. Dari perspektif ahli falak, mereka menekankan pentingnya pengaturan input oleh pengguna agar menghindari kesalahan yang tidak sesuai dengan spesifikasi alat. Hal ini termasuk penyesuaian masukan data algoritma dengan koordinat benda langit yang akan diamati, guna memastikan hasil pengamatan yang lebih akurat dan relevan. Selain itu, para penguji juga menyarankan agar penentuan utara sejati lebih dipermudah, baik melalui penambahan komponen pendukung maupun pengembangan algoritma pemrograman yang lebih sesuai. Penguji ahli falak juga merekomendasikan penambahan koneksi internet internal yang terintegrasi dengan modul ESP32, sehingga instrumen ini dapat digunakan dengan lebih praktis dan fleksibel, khususnya di lokasi-lokasi yang membutuhkan akses data secara *real-time*.

Di sisi lain, para penguji ahli di bidang elektro dan robotik memberikan masukan agar instrumen teleskop ini dilengkapi dengan modul atau *manual book* yang sederhana dan mudah dipahami. Panduan ini diharapkan

mencakup cara instalasi, penggunaan, serta solusi untuk kendala umum seperti keterbatasan akurasi atau masalah konektivitas. Dengan adanya panduan tersebut, instrumen ini akan lebih mudah digunakan oleh berbagai kalangan, termasuk pemula, sehingga meningkatkan efisiensi dan kemudahan penggunaannya dalam berbagai situasi.

Berdasarkan saran dan masukan dari penguji ahli, penulis mencoba menyusun *manual book* sebagai sarana untuk mempermudah pengguna, terutama yang masih awam mengenai teleskop. Dengan adanya *manual book* ini, diharapkan siapa saja, baik yang memiliki keahlian maupun yang tidak, dapat dengan mudah mengoperasikan teleskop altazimuth berbasis ESP32 ini. Atas saran dan masukan dari penguji ahli terkait pengembangan alat yang lebih optimal dan akurat, penulis mencatatnya sebagai rekomendasi untuk penelitian selanjutnya, yang diharapkan dapat mengarahkan pada pengembangan lebih lanjut dari alat ini.

E. Sosialisasi dan Uji Publik Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32

Selain melakukan uji ahli, penulis juga melakukan sosialisasi dan uji publik terhadap teleskop altazimuth berbasis ESP32. Hal ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana instrumen tersebut dapat dianggap *user-friendly* atau mudah digunakan. Dalam proses ini, penulis melakukan sosialisasi sekaligus uji coba penggunaan teleskop dengan melibatkan beberapa mahasiswa UIN Walisongo, di antaranya:

1. M. Abdul Azzam

Fungsionalitas:

- Sistem bekerja sesuai fungsi yang diharapkan: 5
- Gerakan teleskop akurat sesuai koordinat: 4
- Data dikirim dan diterima tanpa kendala: 5
- Pengoperasian mudah dipahami dan dilakukan: 5

Kinerja:

- Sistem responsif selama pengoperasian: 5
- Konektivitas Wi-Fi stabil: 4
- Sistem berjalan tanpa error atau gangguan: 5
- Waktu pengaturan dan efisiensi penggunaan: 5

Desain dan Estetika:

- Antarmuka aplikasi dan alat jelas: 5
- Tata letak alat kontrol mudah dipahami: 5
- Tata letak dan penempatan komponen jelas/rapi: 5

Total Skor = 96%

2. Muhammad Muhaimin Thohri

Fungsionalitas:

- Sistem bekerja sesuai fungsi yang diharapkan: 5
- Gerakan teleskop akurat sesuai koordinat: 4
- Data dikirim dan diterima tanpa kendala: 5
- Pengoperasian mudah dipahami dan dilakukan: 5

Kinerja:

- Sistem responsif selama pengoperasian: 5
- Konektivitas Wi-Fi stabil: 5
- Sistem berjalan tanpa error atau gangguan: 5
- Waktu pengaturan dan efisiensi penggunaan: 4

Desain dan Estetika:

- Antarmuka aplikasi dan alat jelas: 5
- Tata letak alat kontrol mudah dipahami: 5
- Tata letak dan penempatan komponen jelas/rapi: 5

Total Skor = 96%

3. Inayah

Fungsionalitas:

- Sistem bekerja sesuai fungsi yang diharapkan: 5
- Gerakan teleskop akurat sesuai koordinat: 5
- Data dikirim dan diterima tanpa kendala: 5
- Pengoperasian mudah dipahami dan dilakukan: 5

Kinerja:

- Sistem responsif selama pengoperasian: 5
- Konektivitas Wi-Fi stabil: 5
- Sistem berjalan tanpa error atau gangguan: 5
- Waktu pengaturan dan efisiensi penggunaan: 5

Desain dan Estetika:

- Antarmuka aplikasi dan alat jelas: 5
- Tata letak alat kontrol mudah dipahami: 5
- Tata letak dan penempatan komponen jelas/rapi: 5

Total Skor = 100%

4. Muhammad Daviq Nuruzzuhail

Fungsionalitas:

- Sistem bekerja sesuai fungsi yang diharapkan: 5
- Gerakan teleskop akurat sesuai koordinat: 4
- Data dikirim dan diterima tanpa kendala: 5
- Pengoperasian mudah dipahami dan dilakukan: 4

Kinerja:

- Sistem responsif selama pengoperasian: 5
- Konektivitas Wi-Fi stabil: 5
- Sistem berjalan tanpa error atau gangguan: 5
- Waktu pengaturan dan efisiensi penggunaan: 5

Desain dan Estetika:

- Antarmuka aplikasi dan alat jelas: 5
- Tata letak alat kontrol mudah dipahami: 4
- Tata letak dan penempatan komponen jelas/rapi: 5

Total Skor = 95%

5. Asyraf Zofir Wafa

Fungsionalitas:

- Sistem bekerja sesuai fungsi yang diharapkan: 5
- Gerakan teleskop akurat sesuai koordinat: 4
- Data dikirim dan diterima tanpa kendala: 4
- Pengoperasian mudah dipahami dan dilakukan: 5

Kinerja:

- Sistem responsif selama pengoperasian: 4
- Konektivitas Wi-Fi stabil: 5
- Sistem berjalan tanpa error atau gangguan: 5
- Waktu pengaturan dan efisiensi penggunaan: 5

Desain dan Estetika:

- Antarmuka aplikasi dan alat jelas: 5
- Tata letak alat kontrol mudah dipahami: 4
- Tata letak dan penempatan komponen jelas/rapi: 5

Total Skor = 95%

Hasil sosialisasi dan uji publik teleskop altazimuth berbasis ESP32 memberikan gambaran yang sangat positif. Para peserta mengakui bahwa meskipun instrumen ini adalah teknologi baru yang pertama kali mereka gunakan, cara penggunaannya tetap dapat dipahami dengan baik. Hal ini didukung oleh *manual book* yang membantu menjelaskan langkah-langkah pengoperasian secara rinci. Secara

keseluruhan, berdasarkan penilaian dari lima peserta, teleskop ini mendapatkan skor rata-rata yang sangat baik, yaitu 96%.

Peserta mengapresiasi keandalan sistem, kemudahan pengoperasian, stabilitas konektivitas *Wi-Fi*, dan antarmuka aplikasi yang intuitif. Beberapa catatan diberikan sebagai masukan untuk pengembangan lebih lanjut, seperti penambahan fitur kamera untuk mempermudah pengamatan benda langit serta fitur yang memudahkan penentuan utara sejati (*true north*). Masukan ini menjadi bahan evaluasi penting untuk meningkatkan fleksibilitas dan kenyamanan penggunaan instrumen, sehingga teleskop altazimuth berbasis ESP32 dapat memenuhi kebutuhan pengguna dengan lebih baik, terutama dalam pengamatan astronomi.

F. Implikasi Teleskop Altazimuth Berbasis ESP32 di Bidang Ilmu Falak

Teleskop altazimuth berbasis ESP32 membawa dampak penting dalam pengembangan ilmu falak, khususnya dalam mempermudah proses observasi hilal untuk penentuan awal bulan hijriah. Dengan fitur otomatis yang mampu mengarahkan teleskop secara akurat berdasarkan koordinat azimuth dan ketinggian, perangkat ini mengurangi kebutuhan penyesuaian manual, sehingga lebih efisien, terutama saat menghadapi kendala cuaca. Akurasi yang dihasilkan dari teknologi ini juga mendukung perhitungan hisab yang lebih presisi, menjadikannya alat yang relevan dalam mendukung berbagai keputusan terkait waktu keagamaan.

Selain itu, teleskop ini memiliki potensi besar untuk digunakan dalam pendidikan dan penelitian. Dengan harga yang relatif terjangkau, siswa dan peneliti dapat memanfaatkannya sebagai media pembelajaran dan eksplorasi benda langit. Teleskop ini juga menjadi contoh nyata bagaimana tradisi ilmu falak dapat beradaptasi dengan perkembangan teknologi modern, menggabungkan metode

hisab dan rukyat untuk menghasilkan pendekatan yang lebih komprehensif.

Kemudahan akses yang ditawarkan, seperti pengendalian jarak jauh melalui smartphone atau komputer menggunakan koneksi *Wi-Fi*, menambah kegunaannya. Hal ini membuka peluang kolaborasi antar pengamat di lokasi berbeda, serta mempermudah penyimpanan data pengamatan secara digital di cloud. Dengan demikian, data dapat diakses dan dianalisis kapan saja, mendukung transparansi dan efisiensi dalam penyebaran hasil observasi.

Teleskop altazimuth berbasis ESP32 tidak hanya menghadirkan inovasi teknologi dalam observasi astronomi, tetapi juga memberikan dorongan bagi digitalisasi ilmu falak, menjadikannya lebih relevan dengan perkembangan zaman, sekaligus meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam berbagai aspek observasi dan penelitian astronomi.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Sistem kendali jarak jauh teleskop altazimuth berbasis ESP32 berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang memiliki konektivitas nirkabel melalui *Wi-Fi*. Sistem ini memungkinkan pengoperasian teleskop dari jarak jauh dengan input koordinat *azimuth* dan *altitude* melalui aplikasi atau perangkat yang terhubung. Perancangan sistem ini melibatkan pemilihan komponen seperti motor servo untuk penggerak *azimuth* dan *altitude*, serta ESP32 sebagai pusat kontrol yang mengintegrasikan komunikasi nirkabel. Dengan sistem ini, pengamat dapat mengarahkan teleskop tanpa harus berada di dekat alat, yang meningkatkan kualitas dan efisiensi dalam pengamatan langit.
2. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, teleskop altazimuth berbasis ESP32 menunjukkan tingkat akurasi yang cukup baik dalam menentukan koordinat *azimuth* dan ketinggian benda langit. Pengujian terhadap Bulan dan Matahari menunjukkan rata-rata selisih posisi *azimuth* sebesar ± 2 derajat, sementara rata-rata selisih pada ketinggian juga berada pada kisaran yang sama, yaitu ± 2 derajat. Namun, untuk memusatkan benda langit agar tepat berada di tengah lensa teleskop, diperlukan koreksi masukan data sebesar 1–2 derajat. Ketidakmampuan teleskop untuk langsung menampilkan benda langit pada posisi tengah disebabkan oleh beberapa faktor, terutama pembulatan data dan keterbatasan penggunaan satuan derajat dalam penginputan data. Hal kedua ini mempengaruhi tingkat presisi sistem, sehingga menyebabkan posisi benda langit sedikit bergeser dari pusat lensa.

B. Saran

1. Dalam rangka meningkatkan akurasi sistem kendali teleskop, perlu dilakukan pengembangan pada resolusi input koordinat. Dengan menggunakan satuan menit dan detik busur pada input data *azimuth* dan *altitude*, kesalahan posisi benda langit dapat diminimalkan. Selain itu, penambahan algoritma koreksi otomatis pada perangkat lunak dapat membantu mengurangi pengaruh pembulatan data, sehingga benda langit dapat ditampilkan lebih presisi di tengah lensa teleskop.
2. Pengembangan lebih lanjut juga dapat difokuskan pada penyempurnaan antarmuka aplikasi agar lebih interaktif dan mudah digunakan, sehingga pengguna dapat mengontrol teleskop secara lebih efektif. Selain itu, disarankan untuk menambahkan komponen pendukung seperti koneksi internet internal yang terintegrasi dengan modul ESP32, sehingga penggunaannya menjadi lebih praktis dan fleksibel, khususnya untuk pengamatan di lokasi-lokasi yang membutuhkan akses data secara *real-time*, begitu juga dengan sensor sudut dengan akurasi tinggi dan sistem pelacak otomatis (*auto-tracking*) untuk meningkatkan kinerja sistem. Penambahan kamera digital untuk pengamatan juga menjadi langkah penting. Kamera ini tidak hanya mempermudah proses pemusatan objek, tetapi juga memungkinkan dokumentasi citra benda langit secara langsung, yang dapat dimanfaatkan untuk analisis lanjutan atau sebagai bukti visual, terutama dalam pengamatan astronomi seperti rukyatul hilal.

DAFTAR PUSTAKA

Sumber Jurnal Ilmiah

- Adrian Pramuditya, I Made, I Gusti Agung Pt Raka Agung, and Pratolo Rahardjo. "Rancang Bangun Alat Uji Periferal Esp32 Devkit V1 - Doit 30 Pin." *Jurnal SPEKTRUM* 10, no. 4 (2023): 340.
<https://doi.org/10.24843/spektrum.2023.v10.i04.p39>.
- Ahmad Fauzan, Reza Fahlefie, "Sistem Monitoring Hidroponik Berbasis Arduino Uno", *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali dan Listrik* 3 (2022),
- Almarza, A. Garcia and J. "Performance of CCD Cameras for the Detection of Faint Objects in Astronomy." *Journal of Astronomy and Astrophysics* 15 (2020).
- Aziz Zainuddin dan Akhmad Hendriawan dan Hary Oktavianto. "Kompas Digital" I (n.d.).
- Elin Gusbriana Rut Dias Valentin dkk, "Alat Uji Kadar Air Pada Buah Kakao Kering Berbasis Mikrokontroler Arduino," *Jurnal JTIKOM* 1 (2020)
- Fahmi Fardiyan Arief dan Muchlas dan Tole Sutikno. "Kompas Digital Dengan Output Suara Berbasis Mikrokontroler AT89S52." *Telkomnika* 6 (2008): 35.
- Fajrullah. "Konstruksi Alat Moon Verificator Dan Tingkat Akurasinya Dalam Rukyatulhilar." UIN Walisongo, 2020.
- Ikhwan, Ahmad Nizamul. "Efektivitas Teleskop Handmade Dalam Rukyatul Hilal." UIN Walisongo, 2019.
- Komputer, Keminatan Teknik, Program Studi, Teknik Informatika, Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, and Universitas Brawijaya. "IMPLEMENTASI PROTOKOL MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) UNTUK

MONITORING INFUS PASIEN SECARA TERPUSAT
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer Disusun Oleh :,” 2018.

Kurnia, Deni. “BELAJAR SENDIRI ARDUINO.” Accessed October 18, 2024.
https://www.academia.edu/33141220/BELAJAR_SENDIRI_ARDUINO.

Kurniawan dan Andi. “Perancangan Sistem Pencahayaan Otomatis Berbasis IoT Dengan ESP32.” *Teknologi Dan Sistem Komputer*, 2023, 150.

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

Mada Sajaya dan Dyah Anggraini dan Fikri Ibrahim Nurrahman. *Algortima Arah Kiblat Al Biruni Dalam Kitab Tahdid Nihayat Al-Amakin Listashih Masafat Al-Masakin*. III. Bandung: Bolabot, 2019.

Mahaendra, Ikhsan. “Focusing Hilal Pada Aplikasi Stellarium Menggunakan Teleskop.” UIN Walisongo, 2024.

Meus, Jean. *Astronomical Algorithms*. Virginia: Willmann Bell. Inc, 1991.

Mukhlas, Shofiyullah. *Hisab Dan Rukyat: Metode Penentuan Awal Bulan Hijriah*. Jakarta: Lembaga Dakwah Islam Indonesia, 2015.

OIF UMSU, Mengenal Berbagai Sistem Koordinat dalam Astronomi , diakses pada 6 Desember 2024, dari [https ://oif .umsu .ac .id](https://oif.umsu.ac.id)

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),

Rida, Muhammad Rasyid. *Hisab Bulan Kamariah: Tinjauan Syar'i Tentang Penetapan Awal Ramadhan, Syawal, Dan Zulhijah*. Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2009.

Rofiuddin, Ahmad Adib. "Dinamika Sosial Penentuan Awal Bulan Hijriah Di Indonesia [Social Dynamics of Determining the Beginning of the Hijri Month in Indonesia]." *Jurnal Hukum Dan Ekonomi Islam* 18, no. 2 (2019): 233–54.

———. "Kalender Islam Global: Studi Penentuan Awal Bulan Hijriah Di Indonesia, Turki, Dan Maroko." *CV Rafi Sarana Perkasa*, 2021, 27.

Saksono, Tono. *Astronomi Dan Ilmu Falak*. Yogyakarta: Multi Presindo, 2007.

———. *Mengkompromikan Rukyah & Hisab*. Jakarta: PT. Amytas Publicita, 2007.

Sumber Buku

Adib Bisri dan Munawwir AF. *Al-Bisri Kamus Arab – Indonesia*. Surabaya: Pustaka Progressif, 1999.

Adnan, Haris S. *Telemedicine: Konsep Dan Aplikasi*. Jakarta: Salemba Empat, n.d.

Akbar, Taufik. *Mikrokontroler ESP32: Panduan Praktis Penggunaan Dan Pemrograman*. Yogyakarta: Andi Offset, 2021.

As-Shobuniy, Muhammad Ali. *Durrat At-Tafaasir*. Beirut: al-Maktabah al-‘Ashriyyah, 2008.

As-Suyuthi, Jalaluddin. *Lubab Al-Nuqul Fi Asbab Al-Nuzul*. Riyadh: Al-Riyadh Al Haditsah, 1997.

Azhari, Susiknan. *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam Dan Sains Modern*. Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2011.

Azwar, Saifuddin. *Metode Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka

- Pelajar, 2001.
- Baker, Robert H. *Astronomy A Textbook For University And College Student*. New York: D. Van Nostrand Company, 1955.
- Bashori, Hadi. *Astronomi Dan Ilmu Falak*. Yogyakarta: LKiS, 2011.
- . *Ilmu Falak: Teori Dan Aplikasi*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2015.
- . *Penanggalan Islam Peradaban Tanpa Penanggalan, Inilah Pilihan Kita?* Jakarta: Elex Media Komputindo, 2013.
- Butar-Butar, Arwin Juli Rakhmadi. *Problematika Penentuan Awal Bulan, Diskursus Antara Hisab Dan Rukyat*,. Malang: Madani, 2014.
- Departemen Agama Republik Indonesia. *Al-Quran Dan Terjemahnya*. Bandung: CV Penerbit Jamanatul Ali-ART, 2005.
- Dharmawan, Hari Arief. “Mikrokontroler: Konsep Dasar Dan Praktis,” xi., 171. Malang: UB Press, 2017.
- Djamaluddin, Thomas. *Astronomi Dan Astrofisika: Pengantar Untuk Mahasiswa Dan Umum*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta, 2018.
- Fadli, Ahmad. *Mikrokontroler STM32: Pemrograman Dan Implementasi Praktis*. Bandung: Informatika, 2020.
- Hajjaj, Muslim bin. *Shahih Muslim*. Beirut: Dar Al-Kotob Al-Ilmiyah, 1992.
- Hakim, Lukman. *Aplikasi Teknologi Dalam Ilmu Falak Dan Astronomi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2021.
- Hasan, M. Ali. *Keamanan Jaringan Dan Sistem Informasi*. Bandung: Informatika, 2021.

- Indrawan, Bayu. *Raspberry Pi Pico: Panduan Lengkap Pemrograman Dan Aplikasi*. Jakarta: Graha Ilmu, 2022.
- Isma'il, Al-Bukhari Abi Abdillah Muhammad bin. *Sahih Al-Bukhari*. Riyadh: Dar al Salam, 1997.
- Izzuddin, H. Ahmad. *Ilmu Falak Praktis : Metode Hisab-Rukyat Praktis Dan Solusi Permasalahannya*. Semarang: Pustaka al-Hilal, 2012.
- Juli Rakhmadi Butar-Butar, Arwin. *Khazanah Astronomi Islam Abad Pertengahan: Deskripsi-Historis Tentang Tradisi, Inovasi, Dan Kontribusi Peradaban Islam Di Bidang Astronomi*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo, 2016.
- Junaidi, Ahmad. *Astrofotografi: Adopsi Dan Implementasinya Dalam Rukyatulhلال Di Indonesia*. Q Media, 2021.
- Khazin, Muhyiddin. *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik*. Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004.
- Munir, Rinaldi. *Pemrograman Mikrokontroler ESP32 Dengan Arduino IDE*. Bandung: Informatika, 2020.
- Purnama, R. W. *Internet of Things: Konsep, Teknologi, Dan Aplikasi*. Jakarta: Salemba Empat, 2020.
- Rachman, Ali. *Telekomunikasi Dan Jaringan Komputer*. Yogyakarta: Andi, 2018.
- Rahmat, Dede S. *Sistem Kontrol Jarak Jauh: Teori Dan Aplikasi*. Yogyakarta: Andi Offset, 2018.
- Santoso, Budi. *Teknologi Inframerah: Prinsip Dan Aplikasi*. Yogyakarta: Andi, 2013.
- Schmidt, Maik G. *Arduino: A Quick-Start Guide*. Sebastopol: O'Reilly Media, 2013.
- Sidiq, T.S.R.S. *Dasar-Dasar Sistem Kontrol Jarak Jauh*. Jakarta: Graha Ilmu, 2018.

———. *Sistem Kontrol Otomatis*. Jakarta: Salemba Empat, 2018.

Sugiyono;, Prof.DR. “Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D,” 2013.

Suhendra, Rinaldi. *ESP32: Panduan Lengkap Untuk Pemrograman Dan Pengembangan Proyek IoT*. Jakarta: Graha Ilmu, 2020.

Sutrisno, Ridwan. *Sejarah Teknologi: Dari Prasejarah Hingga Era Digital*. Yogyakarta: Pustaka Media, 2017.

Tim Fakultas Syariah. *Pedoman Penulisan Skripsi*. I. Semarang: Basscom Multimedia Grafika, 2012.

Tim Perumus. *Panduan Penelitian Karya Tulis Ilmiah Pascasarjana UIN Walisongo*. Semarang: Pascasarjana UIN Walisongo, 2018.

Zain, Ahmad F. *Pengembangan Teknologi Dan Aplikasi 5G*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2023.

Sumber Lain

Mischianti, Renzo. *DOIT ESP32 DevKit V1: Pinout Resolusi Tinggi dan Spesifikasi*. Mischianti.org. Diakses pada 6 Desember 2024

Kanbkam, "Papan Breakout GPIO ESP32 30Pin Tipe-C Micro USB Antarmuka Ganda ESP32 Shield 30P Daya Ultra Rendah Inti Ganda ESP32 - DevKitC - 32 ESP - WROOM - 32 ESP32 ESP32 ESP32 - S Papan Ekspansi , " *Kanbkam*, diakses pada 15 Desember 2024, <https://www.kanbkam.com/eg/en/esp32-gpio-breakout-board-30pin-typec-micro-usb-dual-interface-esp32-shield-30p-ultralow-power-dual-core-esp32devkitc32-espwroom32-esp32-esp32-esp32s-expansion-board-B0BMPPT3MR>

Arduino Indonesia, "Pengertian, Jenis, dan Cara Kerja Kabel Jumper Arduino," *Arduino Indonesia* , 3 November 2022,

diakses 15 Desember 2024, <https://www.arduinoindonesia.id/2022/11/pengertian-jenis-dan-cara-kerja-kabel-jumper-arduino.html>

Fritzing, diakses 1 Desember 2024, <https://fritzing.org/>

QBM India, "6A 250V AC 2-Pin SPST Warna Merah Sakelar Rocker Plastik Kecil dengan Penutup," *QBM India*, diakses 15 Desember 2024, <https://qbmindia.com/shop/switches-sockets-connectors/switches/rocker-switch/6a-250v-ac-2-pin-spst-red-color-small-plastic-rocker-switch-with-cover/>

ReadyMadeRC, "Sony VTC6 18650 3000mAh 30A 10C (2pcs), " ReadyMadeRC, diakses 15 Desember 2024, <https://www.readymaderc.com/products/details/sony-vtc6-18650-3000mah-30a-10c-2pcs>

Dhoni Blog, "Sistem Koordinat Horizontal (SKH)," *Dhoni Blog*, diakses 15 Desember 2024, <https://dhoniblog.wordpress.com/2011/04/12/sistem-koordinat-horizontal-skh/>

AstroBackyard, *Cara Kerja Dudukan Teleskop Ekuatorial*, diakses pada 6 Desember 2024, dari <https://astrobackyard.com/equatorial-telescope-mount/>

TelescopeGuides, "Equatorial Mount vs Alt-Azimuth Mount", diakses 6 Desember 2024, <https://telescopeguides.com>

Shutterstock, "Altitude Azimuth Mount," Shutterstock, diakses 15 Desember 2024, <https://www.shutterstock.com/id/search/altitude-azimuth-mount>

High Point Scientific, "Altazimuth Mounts", diakses pada 6 Desember 2024, dari <https://www.highpointscientific.com>

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1: Program code Teleskop Altazimuth bebrbasis ESP32

```
#include <WiFi.h>
#include <FirebaseESP32.h>
#include <ESP32Servo.h>

#define indikator 15
#define PAN_PIN 13
#define TILT_PIN 14

#define API_KEY
"hrJsh6J71oYq2NgbHeosaXNhuc8c2a8yuS5MVf1f" //
API Key Firebase
#define DATABASE_URL "https://teleskop-berbasis-
esp32-default-rtdb.firebaseio.com/" // URL
Firebase Realtime Database

const char *WIFI_SSID = "Telezoom"; //
Nama WiFi yang akan digunakan
const char *WIFI_PASSWORD = "1122334455"; //
Password WiFi

Servo panServo;
Servo tiltServo;

String azimuth = "";
String elevation = "";

// Define Firebase Data object
FirebaseData firebaseData;
FirebaseAuth auth;
```

```

FirebaseConfig config;

int currentPanAngle = 0;
int currentTiltAngle = 0;
const int stepDelay = 15; // Delay in ms
                             between each step for smoother movement

void smoothMoveServo(Servo &servo, int
&currentAngle, int targetAngle) {
    while (currentAngle != targetAngle) {
        if (currentAngle < targetAngle) {
            currentAngle++;
        } else if (currentAngle > targetAngle) {
            currentAngle--;
        }
        servo.write(currentAngle);
        delay(stepDelay); // Beri jeda untuk
                             membuat pergerakan lebih mulus
    }
}

void setup() {
    Serial.begin(115200);

    panServo.attach(PAN_PIN);
    tiltServo.attach(TILT_PIN);

    panServo.write(currentPanAngle); // Default
    posisi tengah
    tiltServo.write(currentTiltAngle); // Default
    posisi tengah

```

```

pinMode(indikator, OUTPUT);
digitalWrite(indikator, LOW);
WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.println("Connecting to WiFi...");
}
Serial.println("Connected to WiFi");

config.database_url = DATABASE_URL;
config.signer.tokens.legacy_token = API_KEY;

Firebase.begin(&config, &auth);
Firebase.reconnectWiFi(true);

Serial.println("Firebase setup completed");

digitalWrite(indikator, HIGH);
}

void loop() {
    // Get azimuth data from Firebase
    if (Firebase.getString(firebaseData,
        "TelezoomController/azimuth")) {
        if (firebaseData.dataType() == "string") {
            azimuth = firebaseData.stringData();
            azimuth.trim();
            azimuth.replace("\\", "");
            azimuth.replace("\\", "");
            Serial.println("Azimuth data from
Firebase: " + azimuth);

```

```

        int targetPanAngle = map(azimuth.toInt(),
0, 180, 0, 180);
        smoothMoveServo(panServo, currentPanAngle,
targetPanAngle); // Gerakkan servo pan secara
halus
    }
} else {
    Serial.println("Failed to get azimuth data
from Firebase");
}

// Get elevation data from Firebase setelah
azimuth selesai bergerak
if (Firebase.getString(firebaseData,
"TelezoomController/elevation")) {
    if (firebaseData.dataType() == "string") {
        elevation = firebaseData.stringData();
        elevation.trim();
        elevation.replace("\\\"", "");
        elevation.replace("\\\\", "");
        Serial.println("Elevation data from
Firebase: " + elevation);

        int targetTiltAngle =
map(elevation.toInt(), 0, 180, 0, 180);
        smoothMoveServo(tiltServo,
currentTiltAngle, targetTiltAngle); // Gerakkan
servo tilt secara halus
    }
} else {
    Serial.println("Failed to get elevation data
from Firebase");
}

```

```
}  
  
  delay(1000); // Delay to avoid excessive  
  Firebase requests  
}
```

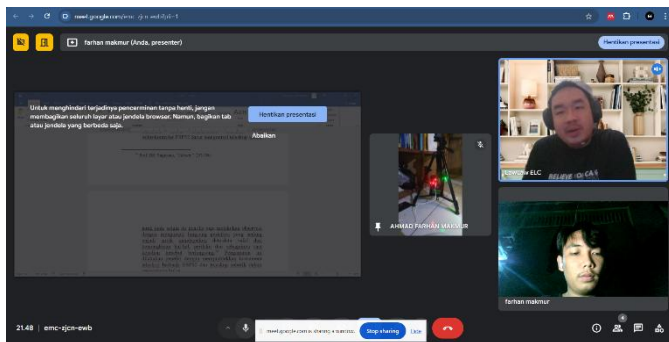
Lampiran 2: Dokumentasi pengamatan Bulan di Observatorium UIN Walisongo



Lampiran 3: Dokumentasi pengamatan Matahari di Observatorium UIN Walisongo



Lampiran 4: Pengujian Instrumen oleh ahli di Bidang Elektronika dan Robotik



Lawrence Adi Supriyo, S.Kom., M.T.



Ahmad Minanur Rohim M.Pd.



Muh. Syahril Sabirin, S.T.

Lampiran 5: Pengujian Instrumen oleh ahli di Bidang Astronomi dan Ilmu Falak



Prof. Dr. H. Ahmad Izzuddin, M.Ag., bersama timnya



Dr. Ahmad Syifaul Anam, M.H.



Dr. H. M. Basthoni, M.H.

Lampiran 6: Data kuesioner penguji ahli falak

FORMULIR KUESIONER PENELITIAN
DOKUMEN PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN INOVASI

1. Nama : Dr. Ahmad Syifaul Anam, M.H.
2. Judul : Pengaruh Penerapan Teknologi Terhadap Kualitas Hasil Belajar Siswa
3. Lokasi : Universitas Islam Sumatera Utara

4. RUMAH KUNYU
5. Jenis : Rumah
6. Jumlah : 10
7. Lokasi : 10
8. Jumlah : 10
9. Lokasi : 10
10. Jumlah : 10

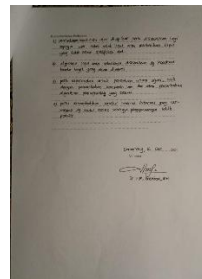
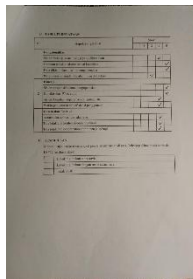
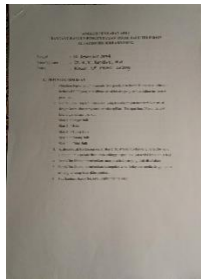
11. Jenis : Rumah
12. Jumlah : 10
13. Lokasi : 10
14. Jumlah : 10
15. Lokasi : 10
16. Jumlah : 10
17. Lokasi : 10
18. Jumlah : 10
19. Lokasi : 10
20. Jumlah : 10

21. Jenis : Rumah
22. Jumlah : 10
23. Lokasi : 10
24. Jumlah : 10
25. Lokasi : 10
26. Jumlah : 10
27. Lokasi : 10
28. Jumlah : 10
29. Lokasi : 10
30. Jumlah : 10

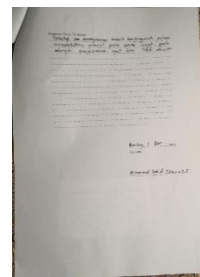
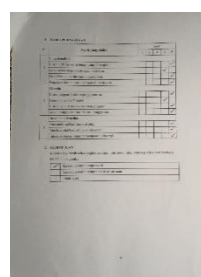
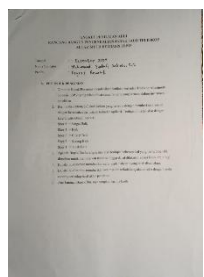
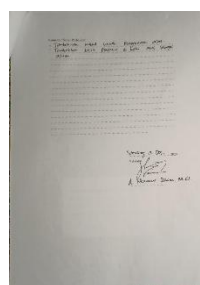
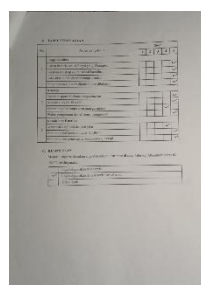
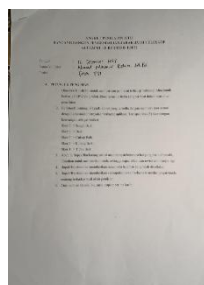
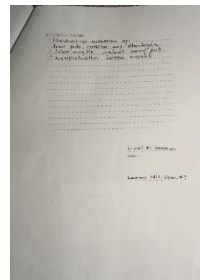
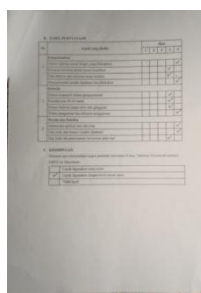
31. Jenis : Rumah
32. Jumlah : 10
33. Lokasi : 10
34. Jumlah : 10
35. Lokasi : 10
36. Jumlah : 10
37. Lokasi : 10
38. Jumlah : 10
39. Lokasi : 10
40. Jumlah : 10

41. Jenis : Rumah
42. Jumlah : 10
43. Lokasi : 10
44. Jumlah : 10
45. Lokasi : 10
46. Jumlah : 10
47. Lokasi : 10
48. Jumlah : 10
49. Lokasi : 10
50. Jumlah : 10

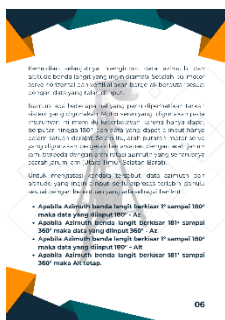
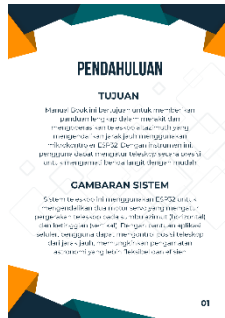
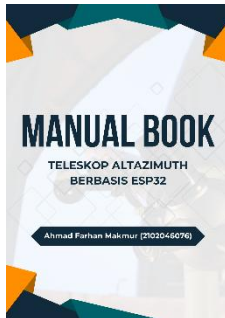
51. Jenis : Rumah
52. Jumlah : 10
53. Lokasi : 10
54. Jumlah : 10
55. Lokasi : 10
56. Jumlah : 10
57. Lokasi : 10
58. Jumlah : 10
59. Lokasi : 10
60. Jumlah : 10



Lampiran 7: Data kuesioner penguji ahli robotik



Lampiran 8: Manual Book Teleskop Altazimuth berbasis ESP32



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Ahmad Farhan Makmur
Tempat/Tgl Lahir : Sengkang, 16 Juli 2003
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Sengkang, Sulawesi Selatan
No. Telp/HP : 085343675464
Email : ahmadfarhanmakmur@gmail.com

Riwayat Pendidikan Formal

6. TK Dharmawanita 2008 – 2009
7. SDN 258 Teddaopu 2009 – 2015
8. MTs. As'adiyah Putera 2 Sengkang 2015 – 2018
9. PDF Ulya' As'adiyah Putera Sengkang 2018 – 2021
10. S1 Fakultas Syari'ah dan Hukum, UIN Walisongo Semarang

Riwayat Pendidikan Non Formal

1. MDA As'adiyah Callaccu 2013 -2015
2. Ponpes YPMI Al-Firdaus Semarang

Pengalaman Organisasi

1. Ketua Umum CSSMoRA UIN Walisongo 2022 - 2023
2. Kadep Kominfo CSSMoRA UIN Walisongo 2023 - 2024
3. Kadep P3M CSSMoRA Nasional 2024 -2025

Motto Hidup : Terus terang sajalah, buat apa terus gelap

Semarang, 16 Desember 2024



Ahmad Farhan Makmur