

**TONGKAT CERDAS DENGAN SISTEM DETEKSI HAMBATAN  
BERBASIS LOGIKA FUZZY UNTUK PENGGUNA TUNANETRA**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**ESHA SUCI PASTIKA**

**NPM 2115031110**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

## **ABSTRAK**

### **TONGKAT CERDAS DENGAN SISTEM DETEKSI HAMBATAN BERBASIS LOGIKA FUZZY UNTUK PENGGUNA TUNANETRA**

**Oleh**

**ESHA SUCI PASTIKA**

Tunanetra memiliki tantangan dalam mobilitas karena keterbatasan penglihatan, sehingga penelitian ini berfokus pada pengembangan tongkat cerdas berbasis logika *fuzzy*. Tongkat ini dilengkapi dengan tiga sensor ultrasonik untuk mendeteksi hambatan di depan, kanan, dan kiri, serta menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai pengontrol utama. Keluaran berupa getaran dari motor DC dan suara dari modul MP3 diatur berdasarkan jarak hambatan melalui sistem *fuzzy*. Selain itu, perangkat ini terintegrasi dengan modul GPS Ublox NEO-M8N dan NodeMCU ESP8266 untuk mengirimkan pesan darurat berisi koordinat lokasi melalui Telegram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik mampu mendeteksi jarak objek dengan akurasi rata-rata 97,1% dan *error* terkecil 0,5 cm pada jarak 50 cm, GPS Ublox NEO-M8N menghasilkan koordinat dengan ketelitian rata-rata 4,54 meter, serta pengiriman pesan darurat berbasis IoT berhasil 100% dengan rata-rata waktu pengiriman 7 detik. Pengujian menunjukkan bahwa sistem ini berhasil mendeteksi hambatan dengan akurasi tinggi dan memberikan respons yang sesuai, sehingga dapat meningkatkan keselamatan dan kemandirian tunanetra dalam bennavigasi.

Kunci : Tongkat Cerdas, Tunanetra, Logika Fuzzy, Sensor Ultrasonik, Telegram, GPS

## ABSTRACT

### SMART CANE WITH OBSTACLE DETECTION SYSTEM BASED ON FUZZY LOGIC FOR VISUALLY IMPAIRED USERS

Oleh

ESHA SUCI PASTIKA

*Visually impaired individuals face mobility challenges due to limited vision, thus this research focuses on the development of a smart cane based on fuzzy logic. The cane is equipped with three ultrasonic sensors to detect obstacles in the front, right, and left, and uses an Arduino Mega 2560 as the main controller. The outputs, consisting of vibrations from a DC motor and sound from an MP3 module, are regulated according to obstacle distance through a fuzzy system. In addition, the device is integrated with a Ublox NEO-M8N GPS module and a NodeMCU ESP8266 to send emergency messages containing location coordinates via Telegram. The test results show that the ultrasonic sensors were able to detect object distances with an average accuracy of 97.1% and a minimum error of 0.5 cm at a distance of 50 cm, the Ublox NEO-M8N GPS produced coordinates with an average precision of 4,54 meters, and the IoT-based emergency message transmission was successful 100% with an average sending time of 7 seconds. The evaluation indicates that the system successfully detected obstacles with high accuracy and provided appropriate responses, thereby improving the safety and independence of visually impaired individuals in navigation.*

*Keyword : Smart Cane, Visually Impaired, Fuzzy Logic, Ultrasonic Sensor, Telegram, GPS*

**TONGKAT CERDAS DENGAN SISTEM DETEKSI HAMBATAN  
BERBASIS LOGIKA FUZZY UNTUK PENGGUNA TUNANETRA**

**Oleh**  
**ESHA SUCI PASTIKA**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK ELEKTRO**

**Pada**  
**Jurusan Teknik Elektro**  
**Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

**Judul Skripsi**

**: TONGKAT CERDAS DENGAN SISTEM  
DETEKSI HAMBATAN BERBASIS LOGIKA  
FUZZY UNTUK PENGGUNA TUNANETRA**

**Nama Mahasiswa**

**: Esha Suci Pastika**

**Nomor Pokok Mahasiswa**

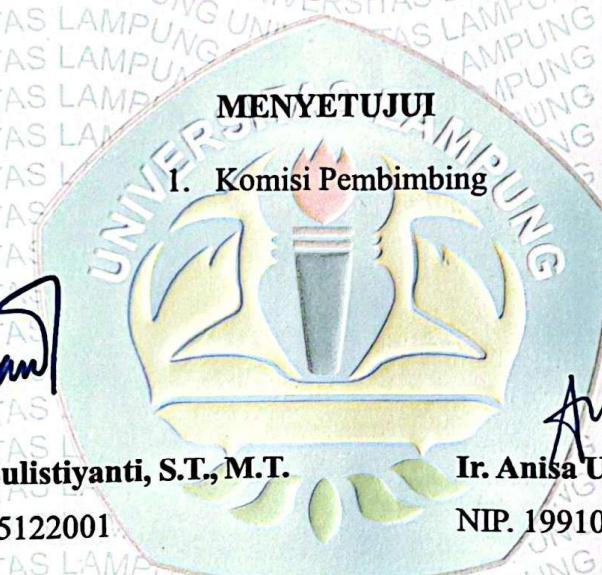
**: 2115031110**

**Program Studi**

**: Teknik Elektro**

**Fakultas**

**: Teknik**



**Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, S.T., M.T.**

**NIP. 196510211995122001**

**Ir. Anisa Ulya Darajat S.T., M.T.**

**NIP. 199106102019032024**

**Ketua Jurusan**

**Teknik Elektro**

**Herlinawati, S.T., M.T.**

**NIP. 197103141999032001**

**Koordinator Program Studi**

**Teknik Elektro**

**Sumadi, S.T., M.T.**

**NIP. 197311042000031001**

## **MENGE SAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**KETUA**

: **Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyantri, S.T., M.T.**

**SEKRETARIS**

: **Ir. Anisa Ulya Darajat S.T., M.T.**

**PENGUJI**

: **Sumadi, S.T., M.T.**

**2. Dekan Fakultas Teknik**



: **Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**

NIP.197509282001121002

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 28 Juli 2025**

**MENGE SAHKAN**

**KETUA**

: **Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyantri, S.T., M.T.**

**SEKRETARIS**

: **Ir. Anisa Ulya Darajat S.T., M.T.**

**PENGUJI**

: **Sumadi, S.T., M.T.**

**2. Dekan Fakultas Teknik**



: **Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**

NIP.197509282001121002

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 28 Juli 2025**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah, Atas Izin Allah yang Maha Kuasa

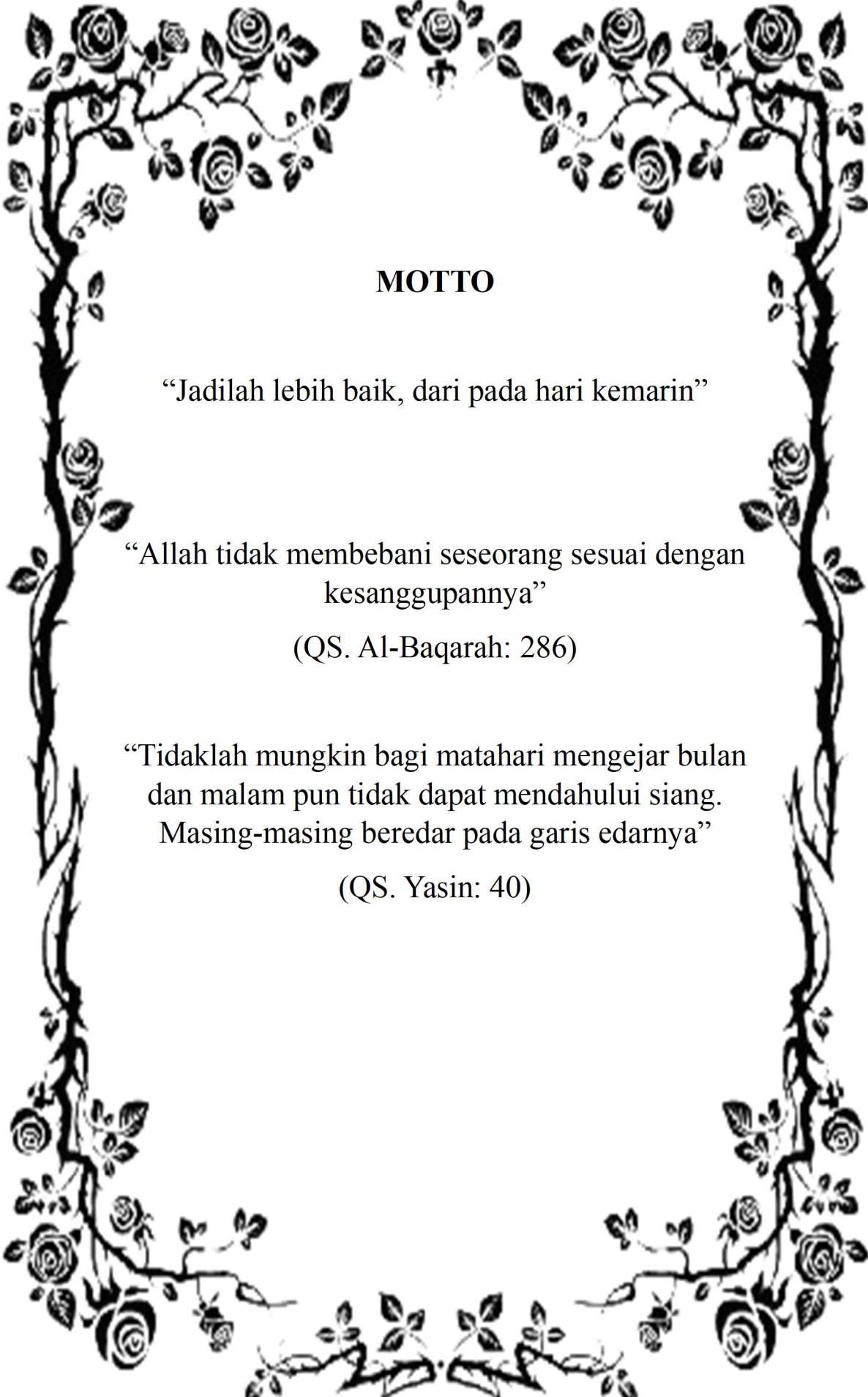
KUPERSEMBAHKAN KARYA INI UNTUK

*Ayah dan Bunda Tercinta*

Zainuddin dan Sudarsini

*Kakak dan Adik Tersayang*

Arief Putih Prabowo, Dini Aulia Rahmah, dan  
Imas Arum Sari



## MOTTO

“Jadilah lebih baik, dari pada hari kemarin”

“Allah tidak membebani seseorang sesuai dengan  
kesanggupannya”

(QS. Al-Baqarah: 286)

“Tidaklah mungkin bagi matahari mengejar bulan  
dan malam pun tidak dapat mendahului siang.  
Masing-masing beredar pada garis edarnya”

(QS. Yasin: 40)

## **SURAT PERNYATAAN**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Esha Suci Pastika

NPM : 2115031110

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya ajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana Teknik sepenuhnya merupakan hasil karya saya sendiri. Dalam penyusunan skripsi ini, saya tidak melakukan plagiarisme dari karya ilmiah lain, baik sebagian maupun keseluruhan, kecuali dengan rujukan yang telah diakui secara tertulis dalam naskah dan disebutkan dalam Daftar Pustaka. Sejauh pengetahuan saya, skripsi ini tidak memuat karya yang telah dilakukan atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali jika secara tertulis telah diacu sebagaimana tercantum dalam Daftar Pustaka.

Saya menyatakan pula bahwa jika di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap pernyataan ini, baik berupa plagiarisme atau ketidaksesuaian dengan peraturan yang berlaku, saya siap menerima sanksi akademik sesuai dengan ketentuan yang berlaku serta sanksi hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 28 Juli 2025



Esha Suci Pastika

NPM. 2115031110

## RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Bandar Lampung pada tanggal 26 Mei 2003. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Zainuddin dan Ibu Sudarsini. Penulis memulai pendidikan di SD Negeri 1 Perumnas Way Halim pada tahun 2009 hingga 2015, SMP Negeri 21 Bandar Lampung pada tahun 2015 hingga 2018, dan SMA Al-Azhar 3 Bandar Lampung pada tahun 2018 hingga 2021. Penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung pada tahun 2021 melalui jalur SBMPTN.

Selama menjadi mahasiswa, penulis berperan sebagai Asisten Laboratorium Elektronika, membantu dalam pelaksanaan paktikum Dasar Elektronika serta paktikum Sistem Elektronika. Selain itu, penulis aktif dalam organisasi Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik (BEM FT) Universitas Lampung, khususnya sebagai anggota Departemen Kominfo pada tahun 2022 dan penulis menjadi Wakil Sekertaris Eksekutif pada tahun 2023. Penulis juga mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) Universitas Lampung, khususnya sebagai anggota Departemen Pendidikan selama dua priode, yaitu pada tahun 2022 hingga 2023. Dalam bidang akademik, penulis mengambil konsentrasi Elektronika Kendali dan turut serta dalam berbagai kegiatan di bidang tersebut. Di antaranya, penulis menjalani Kerja Praktik di PT. Angkasa Pura II (Persero) Bandara Internasional Soekarno Hatta, serta mengkaji topik "*Monitoring Indikasi Gangguan Ground Fault Dari Relay Tegangan Menengah 20kV Ke Sistem Scada Bandara Internasional Soekarno Hatta.*" Selain itu, penulis juga mengikuti program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) melalui proyek pembangunan PPK ORMAWA.

## SANWACANA

Alhamdulillahirobbil alamin, segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan segala Rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Shalawat dan salam senantiasa dicurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Tugas akhir dengan judul “Tongkat Cerdas Dengan Sistem Deteksi Hambatan Berbasis Logika *Fuzzy* Untuk Pengguna Tunanetra” ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Selama menjalani pekerjaan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Orang tua yang penulis kasih, Bapak Zainuddin, Ibu Sudarsini, Abang Arief Putih Prabowo, Kakak Dini Aulia Rahmah, dan Adek Imas Arum Sari atas segala dukungan, nasehat serta doa sehingga memberikan kelancaran pada penulis dalam menyelesaikan perkuliahan dan pengerajan skripsi ini.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A, IPM., Asean Eng. Selaku Rektor Universitas Lampung.
3. Ibu Herlinawati, S.T., M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
4. Bapak Sumadi, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Lampung dan selaku dosen penguji yang memberikan arahan kepada penulis terkait tugas akhir dan membimbing penulis.
5. Ibu Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, M.T, selaku pembimbing utama yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing kepada penulis. Terimakasih atas ilmu, nasihat, saran, serta kritik selama proses penyusunan skripsi ini.
6. Ibu Anisa Ulya Darajat S.T.,M.T, selaku pembimbing pendamping yang senantiasa memberikan bimbingan, dedikasi, dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.

7. Bapak Zulmiftah Huda, S.T, M.Eng. selaku dosen pembimbing akademik yang banyak membantu dalam membimbing penulis menjalani proses perkuliahan.
8. Bapak Syaiful Alam, S.T., M.T, selaku Kepala Laboratorium Elektronika yang turut berperan dalam memberikan motivasi, semangat serta dukungan kepada penulis selama masa perkuliahan.
9. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu, pengajaran, serta bimbingan selama penulis menjalani perkuliahan di Teknik Elektro.
10. Segenap rekan-rekan asisten Lab Elka Angkatan 2019, 2020, 2021, dan 2022 yang saling membantu dan bekerja bersama penulis selama menjadi Asisten Lab Elka dan pengerjaan skripsi ini.
11. Terimakasih untuk teman-teman seperjuangan yang saya sayangi, Kezia Imanuella Sianipar, Dina Chairunnisa, Destalia Yunita Putri, Raden Ayu Farda Bayzura dan Atika Lestari yang telah membersamai penulis dalam perkuliahan serta pengerjaan skripsi. Terimakasih atas bantuan, kebersamaan dan kerjasamanya. Semangat mengejar cita-cita kita bersama.
12. Terimakasih untuk teman-teman seperjuangan, Muhammad Trio Mulyana dan Fianda Putri Dharmawan yang telah membersamai penulis dalam kuliah kerja nyata. Terimakasih atas kebersamaan, dukungan dan kerjasamanya. Semoga kita sukses slalu.
13. Terimakasih untuk teman-teman BUNKER 21 yang Namanya tidak bisa saya sebutkan satu-satu. Terimakasih atas seluruh waktu dan kebersamaannya dalam menyelesaikan pengerjaan skripsi. Semoga Allah memberikan kelancaran untukmu dalam mengejar cita-cita, impian dan segala Langkah kedepannya.
14. Teman-teman mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung Angkatan 2021 dan Himatro telah menemani penulis dan memberikan pengalaman berharga selama masa perkuliahan.
15. Semua pihak yang telah membantu selama pelaksanaan pengerjaan skripsi namun tidak dapat disebutkan satu persatu.

16. Dan yang terakhir, kepada diri sendiri, Esha Suci Pastika, karena telah berusaha sangat keras dan tidak memilih untuk menyerah sesulit apa pun dalam melakukan penelitian ini dengan menyelesaikan sebaik dan semaksimal mungkin. Terimakasih untuk tetap hidup dan merayakan dirimu sendiri, apresiasi sebesar-besarnya karna telah bertanggung jawab untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan serta kesalahan dalam penulisan skripsi ini. Oleh sebab itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran konstruktif dari berbagai pihak demi perbaikan dan kemajuan bersama. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat serta membantu banyak orang, Aamiin.

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>1</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>4</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>6</b>
<b>BAB I .....</b>	<b>7</b>
<b>PENDAHULUAN .....</b>	<b>7</b>
1.1    Latar Belakang .....	7
1.2    Tujuan Penelitian.....	9
1.3    Rumusan Masalah .....	9
1.4    Batasan Laporan Penelitian.....	9
1.5    Manfaat Penelitian .....	10
1.6    Hipotesis.....	10
1.7    Sistematika Penulisan .....	10
I.     Pendahuluan .....	10
II.    Tinjauan Pustaka .....	10
III.   Metodologi Penelitian .....	11
IV.    Hasil Dan Pembahasan.....	11
V.     Penutup.....	11
<b>BAB II .....</b>	<b>12</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>12</b>
2.1    Penelitian Terdahulu.....	12
2.2    Tunanetra.....	13
2.3    Logika <i>Fuzzy</i> .....	14
2.3.1    Tahapan Sistem Kendali <i>Fuzzy</i> .....	14
2.3.2    Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	15
2.3.3    Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy</i> .....	15
2.4    Persamaan <i>Euclidean Distance</i> .....	19
2.5    Persamaan Metode Kalibrasi Regresi Linier.....	20
2.6    Total Tegangan Baterai.....	21
2.7 <i>Internet of Things</i> .....	22

2.8	Arduino .....	23
2.9	<i>Software</i> Arduino.....	23
2.10	Modul NodeMCU ESP8266 .....	25
2.11	Arduino Mega 2560 .....	25
2.12	Sensor Ultrasonik .....	26
2.13	Sensor Ultrasonik HC-SR04 .....	27
2.14	Serial MP3 <i>Player</i> Catalex YX5300 .....	28
2.15	<i>Global Positioning System</i> .....	28
2.16	Modul GPS Ublox NEO-M8N.....	29
2.17	<i>Driver</i> Motor L298N.....	29
2.18	Motor DC .....	29
2.19	Telegram.....	30
2.20	Baterai .....	30
<b>BAB III</b>	.....	<b>32</b>
<b>METODE PENELITIAN</b> .....		<b>32</b>
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	32
3.2	Alat dan Bahan.....	32
3.3	Prosedur Penelitian.....	33
3.4	Diagram Blok Sistem .....	34
3.5	Diagram Alir Sistem Kerja Alat .....	36
3.6	Skema Rancangan Sistem .....	38
3.7	Perancangan .....	39
3.7.1	<i>Fuzzifikasi</i> .....	39
3.7.2	<i>Rule Base</i> .....	44
3.7.3	<i>Defuzzifikasi</i> .....	45
3.8	Pengujian Alat .....	46
<b>BAB IV</b>	.....	<b>47</b>
<b>PEMBAHASAN</b> .....		<b>47</b>
4.1	Realisasi Alat.....	47
4.2	Identifikasi Perhitungan Logika <i>Fuzzy</i> .....	49
4.2.1	<i>Fuzzifikasi</i> .....	49
4.2.2	Inferensi.....	51

4.2.3	<i>Defuzzifikasi</i> .....	52
4.3	Pengujian.....	54
4.3.1	Konfigurasi Mikrokontroler Arduino Mega 2560.....	55
4.3.2	Konfigurasi Mikrokontroler Node MCU ESP8266 .....	58
4.3.1	Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04 .....	61
4.3.1	Pengujian GPS Ublox NEO M8N.....	69
4.3.1	Pengujian Sistem Pesan Darurat .....	70
4.3.6	Efisiensi Baterai .....	73
4.3.7	Pengujian Sistem Pendekripsi Halangan .....	73
<b>BAB V</b>	.....	<b>79</b>
<b>KESIMPULAN</b>	.....	<b>79</b>
5.1	Kesimpulan .....	79
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>80</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Linear Naik.....	17
Gambar 2. 2 Linear Turun.....	18
Gambar 2. 3 Fungsi keanggotaan segitiga .....	17
Gambar 2. 4 Fungsi Keanggotaan Trapesium .....	18
Gambar 2. 5 Modul NodeMCU ESP8266 .....	26
Gambar 2. 6 Arduino Mega 2560.....	27
Gambar 2. 7 Cara kerja sensor ultrasonik .....	28
Gambar 2. 8 Modul Ublox NEO-M8N .....	29
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	34
Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem .....	36
Gambar 3. 3 Diagram Alir Sistem Kerja Alat .....	38
Gambar 3. 4 Diagram Alir Logika <i>Fuzzy</i> .....	37
Gambar 3. 5 Sistem Rancangan Tongkat Pintar Tunanetra.....	42
Gambar 3. 6 Fungsi keanggotaan sensor dengan halangan depan .....	44
Gambar 3. 7 Fungsi keanggotaan sensor dengan halangan kanan .....	45
Gambar 3. 8 Fungsi keanggotaan sensor dengan halangan kiri .....	46
Gambar 3. 9 Fungsi keanggotaan kecepatan motor DC.....	47
Gambar 4. 1 Realisasi mikrokontroller, Motor DC, MP3 dan GPS Ublox M8N .	52
Gambar 4. 2 Realisasi sensor ultrasonic .....	53
Gambar 4. 3 Realisasi alat pada tongkat .....	53
Gambar 4. 4 Perpotongan fungsi keanggotaan sensor dengan halangan depan....	54
Gambar 4. 5 Perpotongan fungsi keanggotaan kecepatan motor DC .....	55
Gambar 4. 6 Mencari nilai t1 dan t2 .....	56
Gambar 4. 7 Mencari nilai momen dan luas .....	57
Gambar 4. 8 Sub menu <i>board</i> .....	55
Gambar 4. 9 Sub menu port .....	61
Gambar 4. 10 Jendela editor Arduino IDE.....	61
Gambar 4. 11 <i>Verify</i> .....	62
Gambar 4. 12 <i>Upload</i> .....	62

Gambar 4. 13 Sub menu <i>board</i> .....	64
Gambar 4. 14 Sub menu port .....	64
Gambar 4. 15 Jendela editor Arduino IDE.....	65
Gambar 4. 16 <i>Upload</i> .....	65
Gambar 4. 17 Rangkaian sensor ultrasonik HC-SR04 pada Arduino .....	66
Gambar 4. 18 Tampilan hasil pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 .....	67
Gambar 4. 19 Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04.....	67
Gambar 4. 1 Plot Regresi Linear pada sensor ultrasonik bagian depan sebelum kalibrasi.....	71
Gambar 4. 2 Perbandingan nilai akurasi sensor ultrasonik bagian depan .....	74
Gambar 4. 3 Perbandingan nilai akurasi sensor ultrasonik bagian kanan.....	74
Gambar 4. 4 Perbandingan nilai akurasi sensor ultrasonik bagian kiri.....	74
Gambar 4. 24 Rangkaian modul <i>GPS</i> Ublox NEO M8N pada Arduino.....	75
Gambar 4. 25 Hasil pembacaan Ublox NEO M8N pada serial monitor.....	75
Gambar 4.26 Pesan terkirim pada telegram bot berisi link koordinat <i>google maps</i> .....	77
Gambar 4. 27 Lokasi koordinat tunanetra.....	77
Gambar 4. 28 Rangkaian alat .....	80
Gambar 4. 29 Hubungan antara <i>input</i> jarak (cm) dan <i>output</i> kecepatan motor (rpm) pada logika <i>fuzzy</i> yang digunakan di sensor depan. ....	81
Gambar 4.30 Hubungan antara <i>input</i> jarak (cm) dan <i>output</i> kecepatan motor (rpm) pada logika <i>fuzzy</i> yang digunakan di sensor kanan. ....	82
Gambar 4.31 Hubungan antara <i>input</i> jarak (cm) dan <i>output</i> kecepatan motor (rpm) pada logika <i>fuzzy</i> yang digunakan di sensor kiri .....	84

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	12
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan .....	33
Tabel 3. 2 Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	39
Tabel 3. 3 Himpunan <i>Fuzzy</i> Motor DC .....	39
Tabel 3. 4 <i>Rule Base</i> .....	44
Tabel 3. 5 Pengujian Alat .....	46
Tabel 4.1 Hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 bagian depan dengan meteran sebagai pembanding .....	68
Tabel 4.2 Hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 bagian kanan dengan meteran sebagai pembanding .....	68
Tabel 4.3 Hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 bagian kiri dengan meteran sebagai pembanding .....	69
Tabel 4.4 Hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 bagian depan yang sudah terkalibrasi .....	72
Tabel 4.5 Hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 bagian kanan yang sudah terkalibrasi .....	73
Tabel 4.6 Hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 bagian kiri yang sudah terkalibrasi .....	73
Tabel 4.7 Hasil pengujian pesan darurat .....	76
Tabel 4.8 Hasil perhitungan <i>euclidean distance</i> . ....	78
Tabel 4.9 Pengujian sistem pada sensor di sisi depan.....	74
Tabel 4.10 Pengujian sistem pada sensor di sisi kanan.....	75
Tabel 4.11 Pengujian sistem pada sensor di sisi kiri .....	83

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Bagi manusia, sebagian besar informasi berasal dari penglihatan. Tanpa mata, kemampuan seseorang untuk beraktivitas akan sangat terbatas karena mereka kehilangan sebagian besar informasi yang biasanya diterima. Dengan kata lain, gangguan penglihatan secara drastis mengurangi akses seseorang terhadap informasi, sehingga membatasi kemandirian mereka.

Penting Penting untuk mempertimbangkan berbagai tantangan dan kebutuhan yang dihadapi penyandang disabilitas, dan untuk mengeksplorasi cara untuk meningkatkan kualitas hidup mereka melalui penelitian. Kebutaan adalah salah satu kecacatan yang harus diperhatikan. Organisasi Kesehatan Dunia mengklasifikasikan gangguan penglihatan jarak jauh berdasarkan empat kategori gangguan penglihatan ringan, sedang, berat, dan kebutaan [1].

Tunanetra dalam Bahasa Inggris, disebut "*Visual Impairment*" atau "*Sight Loss*." Berdasarkan Persatuan Tunanetra Indonesia (Pertuni), seseorang dikategorikan sebagai tunanetra, baik karena buta total maupun karena masih memiliki sedikit penglihatan yang terbatas, namun tetap tidak bisa membaca tulisan yang berukuran 12 poin di bawah pencahayaan normal, bahkan menggunakan kacamata.

Klasifikasi Berdasarkan Kemampuan dan Daya Penglihatan Tunanetra dapat diklasifikasikan berdasarkan kemampuannya dalam dua kategori:

1. Buta (Blindness): Anak yang tidak bisa menggunakan penglihatannya untuk membaca atau melihat secara fungsional. Mereka mungkin masih bisa membedakan cahaya dan gelap, atau memiliki persepsi visual yang terbatas.
2. Low Vision: Anak yang mengalami kesulitan dalam tugas visual, namun penglihatan mereka dapat dibantu dan ditingkatkan dengan alat bantu tertentu.

Selain itu, tunanetra juga dapat diklasifikasikan berdasarkan daya penglihatannya:

1. Tunanetra Ringan: Individu yang mengalami hambatan penglihatan, tetapi masih bisa bersekolah dan bekerja karena memiliki sisa penglihatan.
2. Tunanetra Sedang: Individu yang memiliki sisa penglihatan yang terbatas. Meskipun tidak dapat melihat secara normal, mereka masih bisa membaca menggunakan bantuan alat seperti kacamata atau teks dengan huruf tebal.
3. Tunanetra Berat: Merujuk pada individu yang sama sekali tidak dapat melihat. Mereka mengalami kebutaan total dan tidak memiliki sisa penglihatan.

Meskipun penyandang tunanetra dapat melakukan berbagai kegiatan, seringkali mereka membutuhkan alat bantu untuk mempermudah aktivitasnya, salah satunya adalah tongkat. Namun, penggunaan tongkat konvensional memiliki beberapa keterbatasan signifikan. Tongkat hanya memiliki jangkauan yang sangat terbatas, sehingga tidak efektif untuk mendeteksi rintangan dari jarak jauh. Selain itu, cara menggunakannya yang harus sering digerakkan juga orang lain dapat terganggu merusak benda-benda di lingkungannya, membuat alat ini kurang efisien sebagai alat bantu mobilitas.

Berdasarkan permasalahan yang telah disebutkan, diperlukan alat bantu baru yang dapat mendeteksi rintangan disekitar seseorang yang mengalami kerusakan pada penglihatannya. Tujuannya adalah untuk membantu informasi yang sangat banyak dan akurat kepada pengguna, sehingga mereka dapat beraktivitas yang lebih aman dan mandiri.

Pada penelitian tugas akhir ini merancang tongkat tunanetra lebih canggih. Sistemnya menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi halangan. Data dari sensor ini diproses oleh Arduino dan kontroler *fuzzy* untuk menghasilkan respons yang sesuai. Respons ini berupa getaran dari motor DC yang intensitasnya bervariasi, memberikan informasi jarak halangan kepada pengguna.

Sistem tongkat tunanetra ini memiliki beberapa keluaran penting. Pertama, kontroler *fuzzy* akan menghasilkan nilai *Pulse Width Modulation* (PWM) yang

mengendalikan kecepatan motor DC. Kecepatan ini menentukan intensitas getaran, akan semakin cepat jika ada semakin dekat dengan objek. Selain itu, modul MP3 akan memberikan keluaran suara yang menginformasikan lokasi halangan. Terakhir, sistem ini juga dilengkapi dengan fitur darurat berupa Telegram dan GPS untuk mengirimkan pesan lokasi kepada keluarga tunanetra, jika pengguna dalam kondisi bahaya.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari tugas akhir ini, sebagai berikut :

1. Menguji seberapa akurat sensor ultrasonik dengan mengukur jarak suatu objek.
2. Menggunakan metode logika *fuzzy* untuk mengatur intensitas getaran dari motor DC, berdasarkan masukan jarak objek yang di ukur oleh sensor.
3. Membuat *system* pengiriman pesan darurat yang mengirimkan lokasi melalui telegram, untuk meningkatkan keamanan dalam alat tongkat cerdas tunanetra.

## 1.3 Rumusan Masalah

Penelitian ini membahas tentang tongkat pintar tunanetra yang menggunakan *fuzzy logic* dengan metode mamdani, data dari sensor ultrasonik HC-SR04 diproses untuk mendeteksi adanya halangan. Data dari sensor kemudian diolah oleh kedua mikrokontroler, yaitu Arduino Mega 2560 dan NodeMCU ESP8266 dengan output berupa getaran dari motor DC dan suara dari modul MP3.

## 1.4 Batasan Laporan Penelitian

Batasan masalah pada penelitian ini :

1. Pada sensor ultrasonik di bagian depan dapat mendeteksi 0 hingga 100 cm, pada bagian kanan dan kiri dapat mendeteksi 0 hingga 60 cm.
2. Sensor ultrasonik hanya bisa mendeteksi objek yang bisa memantulkan gelombang ultrasonik, seperti pohon,dinding dan manusia.

3. Fitur pesan darurat hanya bisa mengirimkan notifikasi ke satu bot Telegram yang sudah diatur dalam program.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat utama dari tugas akhir ini adalah menciptakan alat yang membantu penyandang tunanetra berjalan dengan lebih mudah dan aman. Alat ini berfungsi sebagai pemandu, membantu mereka memperkirakan jarak aman dari berbagai hambatan di sekitarnya.

### **1.6 Hipotesis**

Penelitian ini dirancang untuk membantu tunanetra dengan mendekripsi jarak objek menggunakan sensor, lalu memberikan umpan balik melalui suara dari modul MP3 dan getaran dari motor DC. Intensitas getaran motor yang selalu meningkat seiring dengan semakin dekatnya objek, memungkinkan pengguna merasakan jarak halangan secara intuitif. Selain itu, alat ini dilengkapi fitur keamanan berupa tombol darurat yang, saat ditekan, akan mengirimkan koordinat lokasi pengguna, sangat berguna jika mereka tersesat atau membutuhkan pertolongan.

### **1.7 Sistematika Penulisan**

Penelitian ini disusun dalam beberapa bab untuk memberikan alur pembahasan yang terstruktur, agar pembaca dapat memahami alur pembahasan dengan mudah :

#### **I. Pendahuluan**

Pada Bab I, disajikan pendahuluan yang mencakup latar belakang, tujuan, rumusan, batasan masalah, serta manfaat yang didapatkan dari penelitian ini.

#### **II. Tinjauan Pustaka**

Pada Bab II, dibahas kerangka teori yang mendukung penelitian. Bagian ini menjelaskan berbagai konsep fundamental yang diambil dari beragam referensi, seperti buku dan publikasi ilmiah, sebagai dasar argumentasi.

### **III. Metodologi Penelitian**

Bab III menyajikan secara rinci metode yang digunakan, mulai dari desain penelitian, tahapan kerja, hingga teknik pengumpulan dan analisis data.

### **IV. Hasil dan Pembahasan**

Bab IV berisi data dan analisis dari pengujian alat, serta hasil simulasi dari penelitian.

### **V. Penutup**

Bab V menyajikan kesimpulan dari seluruh penelitian, serta memberikan saran untuk pengembangan di masa depan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam tugas akhir ini, beberapa penelitian terdahulu dijadikan referensi, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No.	Judul	Nama Penulis	Hasil
1.	Alat Bantu Mobilitas Penyandang Tunanetra Dengan Multisensor HC-SR04 Menggunakan Logika <i>Fuzzy</i> [3].	Eduar Dika (2024).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik HC-SR04 efektif digunakan untuk mendekripsi halangan.</li> <li>- Penelitian ini memanfaatkan logika fuzzy metode Mamdani untuk memproses data. Selain itu, alat ini menggunakan modul GSM berfungsi mengirimkan pesan darurat kepada keluarga penyandang tunanetra.</li> </ul>
2.	Perancangan Kendali Alat Bantu Tunanetra Berbasis <i>Fuzzy Logic</i> [4].	Muharomeita Aulia, Ekawati Prihatini, Nyayu Latifah Husni, (2021).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Penelitian ini didasarkan pada logika <i>fuzzy</i> dan teknologi <i>IoT</i>.</li> <li>- Penelitian ini menggunakan sensor ketinggian air (<i>water level</i>) untuk mendekripsi genangan, dan GPS untuk melacak lokasi alat.</li> </ul>
3.	Rancang Bangun Alat Bantu Mobilitas Penderita Tunanetra Berbasis <i>Microcontroller Arduino Uno</i> [5].	Renstra C. G. Tangdiongan, Elia Kendek Allo, Sherwin R. U. A. Sompie, (2017).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Penelitian ini berbasis mikrokontroler Arduino Uno, menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 mendekripsi halangan, modul MP3 untuk memberikan informasi suara dan motor getar.</li> </ul>

No.	Judul	Nama Penulis	Hasil
4.	Perancangan Tongkat Pintar Sebagai Alat Bantu Jalan untuk Meningkatkan Kualitas Hidup Penyandang Tunanetra [6].	Amesanggeng Pataropura, Daniel Adhninugraha, Marchel Fernando, Yusuf Kurnia, (2023).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Penelitian ini memanfaatkan dua jenis sensor, sensor ultrasonik untuk mendekripsi halangan dan sensor <i>water level</i> untuk mendekripsi genangan air.</li> <li>- penelitian ini menggunakan GPS mendekripsi posisi pengguna dan modul MP3 memberikan peringatan suara.</li> </ul>

Pada penelitian ini dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, tongkat pintar ini lebih unggul karena dilengkapi tiga sensor ultrasonik yang terpasang di sisi depan, kanan, dan kiri, memberikan jangkauan deteksi halangan yang lebih luas. Alat ini tidak hanya memberikan umpan balik berupa getaran dari motor DC yang diatur oleh logika fuzzy, tetapi juga dilengkapi suara dari serial MP3 player untuk memberi tahu pengguna arah halangan. Selain itu, tongkat ini memiliki fitur keamanan tambahan berkat integrasi modul GPS dan teknologi IoT, yang memungkinkan pengguna mengirimkan pesan darurat berisi koordinat lokasi mereka ke aplikasi Telegram yang telah terdaftar pada program.

## 2.2 Tunanetra

Kata tunanetra berasal dari gabungan kata "tuna" (rusak) dan "netra" (penglihatan), Seseorang yang mengalami gangguan atau kehilangan penglihatan disebut tunanetra, sebuah istilah yang menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) bermakna "orang buta." Penyandang tunanetra umumnya dibagi menjadi dua kategori, buta sebagian, di mana mereka masih memiliki sisa penglihatan, dan buta total, yang berarti mereka sama sekali tidak dapat melihat [7].

Tunanetra dapat dikarenakan oleh dua faktor utama, yaitu :

### a. Faktor endogen (Genetik)

Faktor Ini adalah faktor yang berhubungan dengan keturunan dan masalah perkembangan yang sudah ada sejak dalam kandungan.

- b. Faktor eksogen (Faktor luar)
  - 1. Virus, seperti virus rabella, dapat menyebabkan gangguan fungsi indera secara permanen, yang pada akhirnya merusak saraf penglihatan.
  - 2. Kerusakan fisik, biasanya pada kecelakaan terjadi akibat rusaknya tulang belakang yang berdampak pada saraf mata, atau akibat paparan radiasi ultraviolet dan gas beracun berpotensi merusak penglihatan.

### **2.3 Fuzzy Logic**

*Fuzzy logic* adalah jenis logika yang tidak hanya berpatokan pada nilai benar atau salah., tetapi juga mengukur derajat keanggotaan suatu elemen dalam himpunan. Istilah "fuzzy" sendiri berarti kabur atau tidak pasti, menjadikannya cocok untuk memecahkan masalah bersifat manusiawi, sesuatu tidak bisa diukur secara eksak, melainkan perlu disesuaikan dengan konteksnya [8].

*Fuzzy logic* sangat bermanfaat untuk menyelesaikan masalah yang mengandung elemen ketidakpastian atau ketidaktepatan. Logika ini menjembatani cara berpikir mesin yang serba pasti dan kaku dengan cara berpikir manusia yang lebih fleksibel dan mengandalkan makna.

#### **2.3.1 Tahapan Sistem Kendali *Fuzzy***

##### *a) Fuzzifikasi*

*Fuzzifikasi* adalah proses yang diawali dengan menentukan variabel dan himpunan *fuzzy* yang akan digunakan. Selanjutnya, setiap data masukan diubah menjadi nilai keanggotaan dengan menghitung derajat keanggotaannya, yang memiliki nilai antara [0,1]. Proses ini memetakan input data yang eksak ke dalam himpunan *fuzzy*, di mana nilai 0 berarti tidak menjadi anggota sama sekali dan nilai 1 berarti menjadi anggota sepenuhnya [9].

##### *b) Aturan *Fuzzy**

Aturan Aturan *IF-THEN* merupakan dasar dari logika *fuzzy* yang mempresentasikan hubungan antara dua proposisi *fuzzy*

*IF < proposisi fuzzy > THEN < proposisi fuzzy >*

Dalam aturan *IF-THEN*, terdapat dua jenis proposisi *fuzzy*. Proposisi *fuzzy atomic* adalah pernyataan tunggal yang hanya berisi satu variabel linguistik. Proposisi *fuzzy compound* merupakan kombinasi dari beberapa proposisi *fuzzy atomic* yang disatukan menggunakan operator logis seperti "and," "or," dan "not." Tujuannya adalah untuk menciptakan kondisi yang lebih kompleks [10].

c) *Defuzzifikasi*

*Defuzzifikasi* adalah kebalikan dari *fuzzifikasi*, di mana proses ini mengubah himpunan *fuzzy* hasil dari inferensi menjadi satu nilai yang tegas atau *crisp*. Agar efektif, proses *defuzzifikasi* harus memenuhi tiga kriteria, hasilnya harus logis, perhitungannya tidak rumit, dan prosesnya konsisten atau kontinu. Beberapa metode umum yang dapat digunakan untuk defuzzifikasi, antara lain: metode rata-rata (*centroid*), rata-rata maksimum (*mean of maximum*), dan rata-rata [11].

### 2.3.2 Himpunan Fuzzy

Himpunan *fuzzy* dikembangkan dari himpunan tegas (*crisp*), yang merupakan himpunan klasik di mana setiap elemen hanya bisa memiliki dua derajat keanggotaan 1 (menjadi anggota) atau 0 (bukan anggota). Himpunan tegas tidak memungkinkan adanya nilai di antara keduanya, sehingga tidak dapat merepresentasikan kondisi yang bersifat kabur.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \in A \\ 0 & \text{jika } x \notin A \end{cases} \quad (2.1)$$

Fungsi  $\mu_A$  menunjukkan seberapa besar suatu elemen menjadi anggota dari dalam himpunan *fuzzy*, derajat keanggotaan setiap elemennya adalah nilai kontinu antara 0 hingga 1.

### 2.3.3 Fungsi Keanggotaan Fuzzy

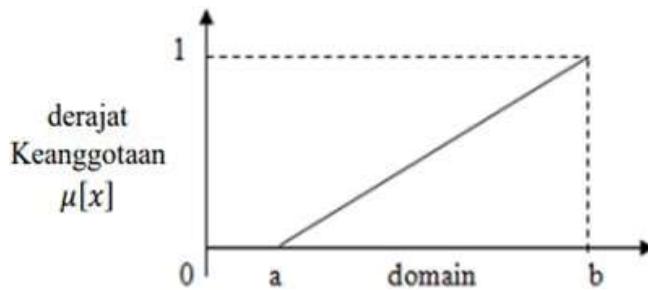
Dengan fungsi keanggotaan *fuzzy*, setiap elemen diubah menjadi nilai keanggotaan yang angkanya antara 0 dan 1. Nilai ini menunjukkan seberapa besar suatu elemen menjadi anggota dari himpunan tersebut. Berikut merupakan fungsi keanggotaan yang digunakan :

## 2.1 Representasi Linear

Representasi linear adalah metode yang menggunakan garis lurus untuk memetakan nilai input ke derajat keanggotaan. Bentuk ini sangat efektif untuk merepresentasikan konsep yang batasnya tidak terlalu tegas, seperti "kurang" atau "banyak".

### a. Representasi Linear Naik

Derajat keanggotaan dimulai dari nilai 0 dan terus meningkat seiring dengan bertambahnya nilai input hingga mencapai nilai 1. Ini cocok untuk menggambarkan konsep seperti "semakin tinggi," "semakin dekat," atau "semakin banyak."



Gambar 2. 1 Linear Naik [12].

Fungsi keanggotaan antara lain :

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; x \geq b \end{cases} \quad (2.2)$$

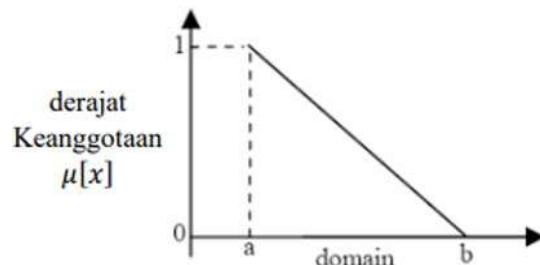
Dengan :

$a$  = Nilai domain terkecil ketika derajat keanggotaan paling rendah.

$b$  = Derajat keanggotaan tertinggi dalam domain.

b. Representasi Linear Turun

Suatu kondisi disebut turun ketika derajat keanggotaan dimulai dari satu dan menurun saat bergerak ke kanan, hingga mencapai nol.



Gambar 2. 2 Linear Turun [13].

Fungsi keanggotaan antara lain :

$$\mu[x] = \begin{cases} 1 ; x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a} ; x \leq a \text{ and } x \leq b \\ 0 ; x \geq b \end{cases} \quad (2.3)$$

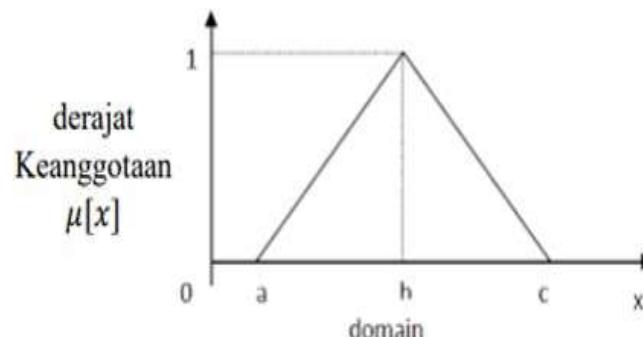
Dengan :

$a$  = Nilai domain terkecil ketika derajat keanggotaan paling rendah.

$b$  = Derajat keanggotaan tertinggi dalam domain.

## 2.2 Fungsi keanggotaan segitiga.

Fungsi keanggotaan segitiga adalah kombinasi dari tiga parameter ( $a$ ,  $b$ , dan  $c$ ) yang membentuk representasi linear.



Gambar 2. 3 Fungsi keanggotaan segitiga [14].

Fungsi keanggotaan segitiga yaitu:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 ; x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} ; a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} ; b < x < c \\ 0 ; x \geq c \end{cases} \quad (2.4)$$

Dengan :

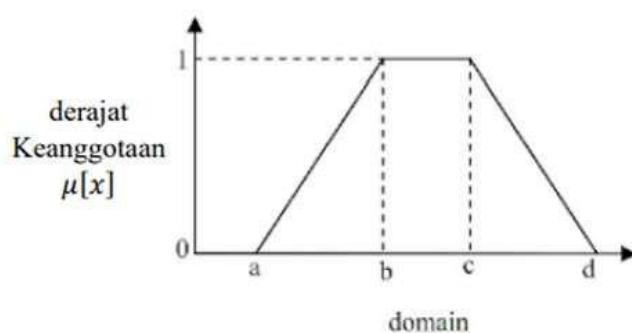
a = Nilai domain terkecil ketika derajat keanggotaan paling rendah.

b = Derajat keanggotaan tertinggi dalam domain.

c = Nilai domain terbesar ketika derajat keanggotaan paling rendah.

### 2.3 Fungsi Keanggotaan Trapesium

Fungsi keanggotaan trapesium mirip dengan segitiga, karena bentuknya juga terdiri dari tiga sisi utama, namun bagian puncaknya rata, tetapi ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan penuh (yaitu 1).



Gambar 2. 4 Fungsi Keanggotaan Trapesium [15].

Fungsi keanggotaam trapesium antara lain:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 ; x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} ; a < x \leq b \\ 1 ; b < x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} ; c < x < d \\ 0 ; x \geq d \end{cases} \quad (2.5)$$

Dengan :

a = Nilai domain terkecil ketika derajat keanggotaan paling rendah.

b = Derajat keanggotaan mulai menjadi satu.

c = Nilai domain di mana keanggotaan mencapai nilai penuh atau satu.

d = Nilai domain di mana derajat keanggotaan kembali menjadi nol.

## 2.4 Persamaan *Euclidean Distance*

Ini adalah rumus untuk menghitung jarak *euclidean distance* :

$$ED = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (2.6)$$

Dengan :

ED : *euclidean distance*.

x1 : *longitude* 1 (pembanding)

x2 : *longitude* 2 (hasil percobaan)

y1 : *latitude* 1 (pembanding)

y2 : *latitude* 2 (hasil percobaan)

## 2.5 Persamaan Metode Kalibrasi Regresi Linier

Kami menggunakan metode regresi linier untuk kalibrasi. Dalam metode ini, variabel independen (X) dan variabel dependen (Y) harus dipisahkan, seperti yang ditunjukkan oleh Persamaan 2.7

$$y = \alpha + bx \quad (2.7)$$

Dengan :

y : Nilai yang diukur oleh alat yang sudah dikalibrasi.

x : Nilai yang terukur pada alat penelitian.

$\alpha$  : offset ( kostanta )

b : koefisien atau gain

Menggunakan Persamaan 2.8 dan 2.9 untuk menghitung nilai offset dan koefisien.

Persamaan untuk  $\alpha$  (offset) :

$$\alpha = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (2.8)$$

Persamaan untuk b (koefisien) :

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (2.9)$$

Dengan :

Y : Hasil yang didapat dari alat ukur yang akurat.

X : Hasil pengukuran dari instrumen penelitian.

$\alpha$  : offset (kostanta)

b : koefisien atau gain

n : jumlah data yang dibandingkan

$\sum$  : jumlah

## 2.6 Total Tegangan Baterai

$$V_{total} = n \times V_{baterai} \quad (2.10)$$

Dengan :

$V_{total}$  : total tegangan

$n$  : jumlah baterai

$V_{baterai}$  : tegangan per baterai

## Persamaan Energi Total

$$E = C \cdot V \quad (2.11)$$

Dengan :

$E$  : Energi (Wh)

$C$  : Kapasitas (Ah)

$V$  : Tegangan (V)

## Persamaan Total Arus Rata-rata

$$I_{total} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \quad (2.12)$$

Dengan Keterangan :

$I_{total}$  : total arus

$I_n$  : arus dari setiap komponen

## Persamaan Durasi (Waktu Operasional)

$$Waktu = \frac{\text{Kapasitas}}{\text{Total Arus}} \quad (2.13)$$

Dengan :

Waktu (jam) : durasi operasional

Kapasitas (Ah) : kapasitas total baterai

Total Arus (A) : total arus

## 2.7 *Internet of Things*

*Internet of Things* (IoT) menghubungkan perangkat dan objek fisik ke internet, sehingga mereka bisa berkomunikasi dan bekerja sama, untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya secara mandiri. Dengan sensor dan aktuator, mesin bisa berkoordinasi dan bertindak secara mandiri berdasarkan data terbaru. tanpa campur tangan manusia secara langsung [16].

*Internet of Things* (IoT) merupakan konsep yang memungkinkan objek fisik untuk terhubung secara digital. saling berkomunikasi secara otomatis melalui internet. Konsep ini melibatkan tiga elemen utama, yaitu perangkat fisik, koneksi *internet*, dan pusat data *cloud*. Peran manusia hanya sebagai pengawas.

Untuk membangun proyek IoT, dapat digunakan papan mikrokontroler seperti NodeMCU ESP8266 yang memiliki *Wi-Fi* bawaan atau Arduino Mega 2560 untuk proyek yang lebih kompleks. Keduanya dapat diprogram menggunakan Arduino IDE.

Seiring perkembangannya, benda-benda kini dapat diidentifikasi dengan alamat IP memungkinkan perangkat untuk berkomunikasi melalui internet dengan perangkat lain yang juga memiliki alamat IP. Prinsip dasar *Internet of Things* (IoT) adalah memungkinkan mesin-mesin untuk berinteraksi dan berkomunikasi berinteraksi secara otomatis tanpa perlu dikendalikan manusia. Interaksi ini diatur oleh serangkaian perintah pemrograman. Internet berperan sebagai jembatan yang menghubungkan mesin-mesin tersebut, memungkinkan komunikasi terjadi tanpa batasan jarak. Dalam sistem ini, peran manusia hanya sebatas pengatur dan pengawas. [17].

## 2.8 Arduino

Arduino merupakan mikrokontroler sumber terbuka (*open source*) yang dibuat dalam satu papan, sangat mudah disesuaikan dengan beragam jenis *hardware* dan *software*. Meskipun sering disalah pahami, kode yang digunakan untuk memprogram arduino dikembangkan dari bahasa pemrograman C dan C++, menjadikannya lebih mudah digunakan dengan pustaka (*library*) yang dirancang agar penulisannya mudah dipahami, menggunakan bahasa yang alami dan mudah dimengerti.

Arduino adalah sebuah *platform* sumber terbuka yang memungkinkan siapa saja untuk membuat proyek elektronik dengan Arduino, kamu bisa membuat sistem yang interaktif dan dapat mendeteksi serta merespons lingkungan fisik menggunakan gabungan perangkat lunak dan keras. Keunggulan utama Arduino dibanding mikrokontroler lain adalah:

1. Arduino memiliki (IDE) yang ramah pengguna, berkat basisnya yang berasal dari IDE *Processing*.
2. Kemudahan pemrograman Arduino terletak pada penggunaan kabel USB, yang menggantikan *port serial* yang sudah jarang ditemukan pada komputer saat ini.
3. Arduino memiliki perangkat lunak dan perangkat keras yang terbuka untuk public, memungkinkan siapa saja untuk mengunduh, memodifikasi, dan menggunakan desain serta programnya secara gratis.
4. Arduino dikembangkan dalam lingkungan pendidikan, sehingga sangat Mudah dan cepat dipelajari.
5. Di internet, ada banyak pengguna dan komunitas yang bisa membantu para pemula menyelesaikan masalah apa pun yang mereka hadapi [18].

## 2.9 *Software* Arduino

Arduino merupakan perangkat lunak yang berfungsi untuk menulis, mengedit, dan mengunggah kode pemrograman, yang disebut *sketch*, ke papan Arduino. Program Arduino dibuat dengan bahasa pemrograman Java. Program ini juga dilengkapi dengan *library* C/C++ (*wiring*) untuk mempermudah penggunaan fungsi input/output [19].

Bagian-bagian toolbar pada perangkat lunak Arduino (Arduino IDE) memiliki fungsi-fungsi utama sebagai berikut:

1. *Verify*

Ikon *Ikon* ini berbentuk centang, fungsinya untuk memeriksa kode (disebut *sketch*) yang telah ditulis. Jika ada kesalahan sintaks, sistem akan menampilkan pesan kesalahan, sehingga Anda bisa memperbaiknya sebelum mengunggah kode ke papan Arduino.

2. *Upload*

*Ikon* panah ke kanan, tombol ini berfungsi untuk mengunggah kode yang sudah diverifikasi ke papan Arduino yang terhubung ke komputer.

3. *New*

Ikon *Ikon* lembar kosong, digunakan untuk membuat *sketch* atau program baru.

4. *Open*

Ikon panah ke atas, digunakan untuk mengakses *sketch* yang pernah Anda simpan sebelumnya.

5. *Save*

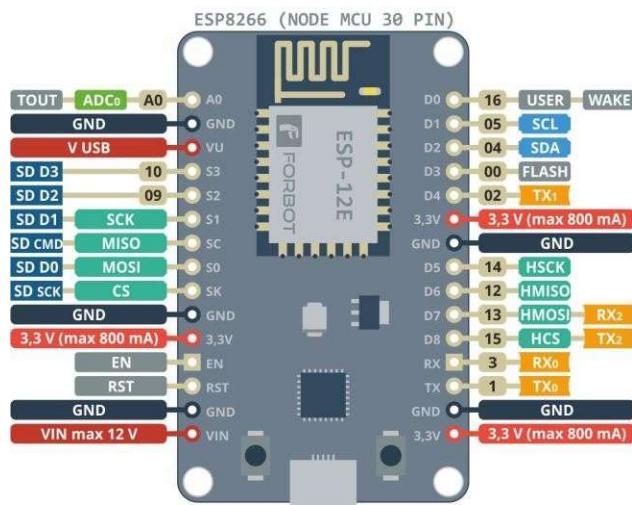
Berfungsi *Ikon* panah ke bawah. Digunakan untuk menyimpan *sketch* yang sedang Anda kerjakan.

6. *Serial Monitor*

Ini adalah fitur menampilkan data dari papan Arduino secara *real-time*, yang sangat berguna untuk *debugging* dan *monitoring*.

## 2.10 Modul NodeMCU ESP8266

NodeMCU adalah papan pengembangan yang didasarkan pada *chip* ESP8266. Papan ini berfungsi sebagai mikrokontroler dan memiliki konektivitas *Wi-Fi*, menjadikannya ideal untuk proyek IoT. Dengan beberapa pin I/O, NodeMCU dapat digunakan untuk aplikasi monitoring. Papan ini kompatibel dengan Arduino IDE, sehingga mudah untuk diprogram.



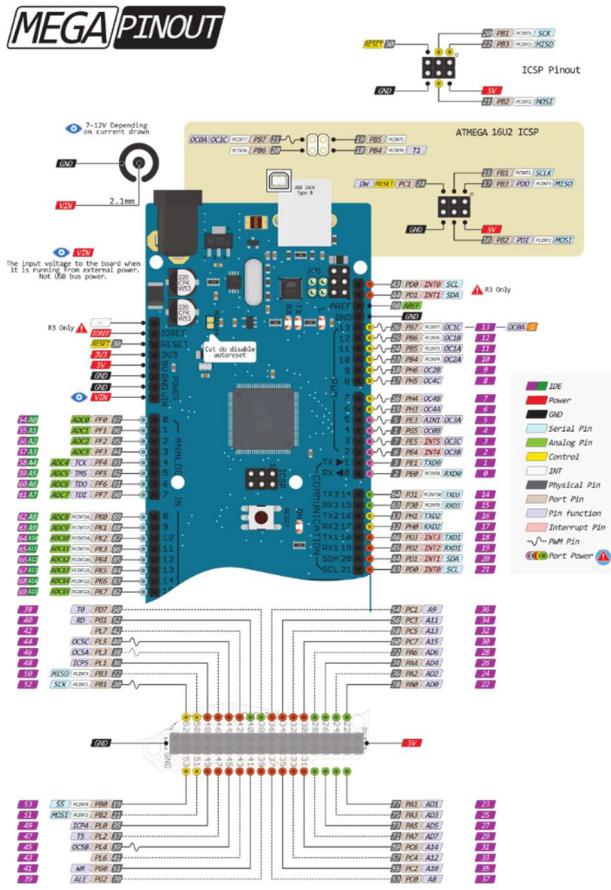
Gambar 2. 5 Modul NodeMCU ESP8266 [20].

Secara fisik, NodeMCU ESP8266 memiliki *port* mini USB yang memudahkan proses pemrograman. NodeMCU sendiri adalah hasil pengembangan dari *platform IoT* ESP8266 ESP-12. Meskipun fungsinya mirip dengan Arduino, perbedaan utamanya adalah NodeMCU dirancang khusus untuk konektivitas *internet* [21].

## 2.11 Arduino Mega 2560

*Board* mikrokontroler Arduino Mega 2560 dibangun dengan menggunakan *chip* utama ATmega2560. Papan ini dirancang untuk proyek yang lebih rumit, menawarkan kapasitas yang jauh lebih besar daripada Arduino Uno. Keunggulan utamanya terletak pada jumlah pin I/O yang lebih banyak (54 pin digital dan 16 pin analog), memori program (256KB Flash), serta empat port komunikasi *serial*

(UART) yang memungkinkan komunikasi dengan beberapa perangkat sekaligus [22].



Gambar 2. 6 Arduino Mega 2560 [23].

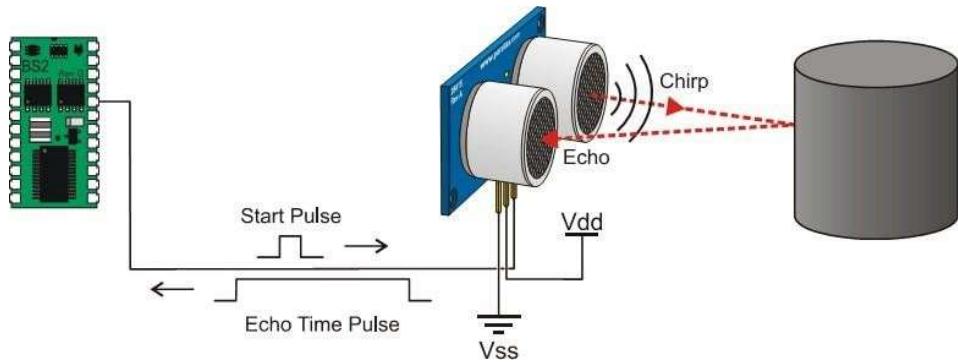
## 2.12 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sensor jarak yang menggunakan gelombang suara untuk bekerja. Sensor jarak ini memancarkan gelombang suara dengan frekuensi di atas batas pendengaran manusia melalui sebuah pemancar (*transmitter*). Gelombang ultrasonik dipancarkan oleh transmitter ini dengan frekuensi yang berada di atas rentang suara yang dapat didengar manusia.

Prinsip kerja sensor ultrasonik. Pemancar (*transmitter*) dari sensor ultrasonik akan mengeluarkan sinyal pulsa berupa gelombang ultrasonik. Gelombang ini menyebar dan terus menjangkau area di depannya. Saat gelombang tersebut mengenai benda padat, gelombang tersebut akan dipantulkan kembali dan diterima oleh *receiver* pada sensor yang sama.

Pada saat itu, penerima (receiver) mengirimkan data ke pin output sensor. Data ini berisi informasi mengenai jenis objek yang terdeteksi dan arah pemancaran dari transmitter. Informasi ini bergantung pada jenis sensor yang dipakai. Misalnya, sensor kapasitif atau fotolistrik cocok objek plastik, Berbeda dengan sensor induktif yang hanya efektif pada objek logam, sensor ultrasonik bekerja dengan baik dengan berbagai jenis objek, yang ditunjukkan oleh Gambar 2.7.

Gambar 2. 7 Cara kerja sensor ultrasonic [24].



Kemampuan sensor pemancar dan penerima untuk mendeteksi objek bergantung pada amplitudo sinyal yang dikeluarkan oleh sensor penerima. Semakin besar amplitudonya, semakin baik kualitas deteksinya. Untuk mengukur jarak objek, sensor menggunakan metode pantulan, di mana sinyal yang dipancarkan akan memantul kembali dari objek, dan waktu tempuh sinyal tersebut digunakan untuk menghitung jarak [25].

### 2.13 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ini berfungsi sebagai "mata" robot, mirip dengan mata pada manusia. Sensor inframerah memiliki akurasi lebih baik dari sensor ultrasonik, tetapi jangkauan nya lebih pendek.

Sensor Ultrasonik HC-SR04 dapat mengukur jarak dalam rentang antara 3—300 cm. Jarak ini dihitung berdasarkan panjang pulsa output yang sebanding dengan jarak objek. Sensor ini berkomunikasi dengan mikrokontroler melalui dua pin I/O yaitu *TRIGGER* dan *ECHO*. Untuk mengaktifkannya, pin *TRIGGER* minimal 10us. Selanjutnya HC-SR04 selama 100us hingga 18ms akan mengirimkan pulsa positif, yang sebanding dengan jarak objek.

Spesifikasi dari sensor ultrasonik HC-SR04 adalah sebagai berikut:

- a. Dimensi : 24mm (Panjang) x 20mm (Lebar) x 17mm (Tinggi).
- b. Konsumsi Arus : Rata-rata 30 mA, maksimum 50 mA.
- c. Jangkauan : 3—300 cm.
- d. Sensitifitas : Mampu mendeteksi objek berdiameter 3 cm dari jarak > 1m [26].

## 2.14 Serial MP3 Player Catalex YX5300

Modul ini adalah pemutar MP3 yang sangat mudah digunakan. Cukup dihubungkan ke Arduino melalui komunikasi serial TTL, modul ini dapat memutar file musik berformat MP3 dan WAV sudah tersimpan di kartu *Micro SD*. Modul ini membutuhkan daya 5 Volt. [27].

## 2.15 Global Positioning System

GPS, singkatan dari *Global Positioning System* adalah sistem navigasi satelit buatan Departemen Pertahanan Amerika Serikat. Sistem ini menggunakan 24 satelit yang mengorbit Bumi dalam enam jalur orbit berbeda. Susunan ini memastikan bahwa minimal enam satelit selalu dapat dijangkau oleh penerima GPS.

Sistem navigasi GPS terbagi menjadi tiga segmen, yaitu angkasa, pengguna, dan kontrol. Bagian angkasa mencakup 24 satelit yang aktif dan mengorbit Bumi di enam bidang orbit. Satelit-satelit ini memiliki kemiringan sebesar 55°, membutuhkan waktu 12 jam untuk satu kali orbit pada ketinggian sekitar 20.000 km, dan bergerak dengan kecepatan kurang lebih 4 km/detik. Bagian kontrol bertugas memantau dan mengelola satelit-satelit tersebut, sementara bagian pengguna adalah perangkat yang kita gunakan untuk menerima sinyal dan menentukan lokasi [28].

## 2.16 Modul GPS Ublox NEO-M8N

*GPS* u-blox NEO-M8N adalah modul *GPS* berpresisi tinggi yang mendukung berbagai sistem satelit, termasuk *GPS*, GLONASS, BeiDou, dan Galileo. Modul ini bekerja pada frekuensi L1 (1575,42 MHz untuk *GPS*) dan menawarkan akurasi posisi hingga 2,5 meter dalam kondisi standar, yang dapat ditingkatkan dengan koreksi SBAS (*Satellite-Based Augmentation System*). Kecepatan akuisisi posisinya juga tinggi, dengan waktu pencarian *cold start* kurang dari 26 detik dan *hot start* kurang dari 1 detik, serta sensitivitas hingga -167 dBm.

Konsumsi daya modul ini sekitar 23 mA saat beroperasi penuh, membuatnya efisien untuk perangkat berdaya rendah. Untuk konektivitas, NEO-M8N mendukung berbagai antarmuka, termasuk UART, SPI, I2C, dan USB, sehingga memudahkan integrasi dengan berbagai perangkat. Modul ini juga mendukung teknologi AGPS AssistNow yang mempercepat akuisisi posisi. Dengan tegangan operasional 2,7 hingga 3,6 V dan ukuran yang kompak (12,2 x 16,0 x 2,4 mm), NEO-M8N sangat ideal untuk aplikasi yang membutuhkan akurasi dan efisiensi daya tinggi, yang ditunjukkan Gambar 2.8 [29].



Gambar 2. 8 Modul Ublox NEO-M8N [30].

## 2.17 Driver Motor L298N

Modul *Driver Motor* L298N merupakan pengendali motor yang memiliki kinerja kuat, mampu menggerakkan motor DC dan motor *stepper*. Modul ini terdiri dari dua komponen utama, yaitu IC *driver* motor L298N dan regulator 78M05 5V. Dengan modul ini, pengguna dapat mengendalikan hingga empat motor DC, atau dua motor DC dengan fitur kontrol arah dan kecepatan penuh. IC L298N adalah sebuah komponen yang dapat mengubah arah putaran motor DC atau motor *stepper*.

## 2.18 Motor DC

Motor DC berfungsi untuk mengonversi listrik arus searah (DC) menjadi energi mekanik, sangat populer dalam aplikasi robotika dan industri seperti robot

penyeimbang, dan pengikut garis, berkat kemudahan kontrol dan kinerjanya yang baik [32].

Motor DC 3-6V adalah motor listrik arus searah yang beroperasi pada tegangan 3 hingga 6 volt. Motor ini cocok untuk proyek elektronik kecil, robotika, dan mainan karena ukurannya yang ringkas dan konsumsi dayanya yang rendah. Kecepatan dan torsinya bervariasi sesuai tegangan yang diberikan.

## 2.19 Telegram

Telegram adalah aplikasi perpesanan gratis yang memungkinkan penggunanya untuk saling berkomunikasi melalui pesan teks, suara, dan video. Aplikasi ini mendukung pembuatan grup dengan jumlah anggota hingga 200.000 orang dan memungkinkan pembagian beragam jenis file, seperti gambar, video, dan dokumen. Telegram menawarkan fitur pendaftaran yang lebih mementingkan privasi, di mana pengguna dapat mendaftar hanya dengan menggunakan email dan nama pengguna tanpa perlu menyertakan nomor telepon.

Telegram memiliki beberapa fitur utama:

- Pesan Instan: Pengguna bisa dengan cepat dan aman mengirim pesan teks, suara, dan video.
- Grup Besar: Fitur grup memungkinkan komunikasi antara teman dan keluarga dengan kapasitas anggota hingga 200.000 orang.
- Berbagi File: Aplikasi ini mendukung pengiriman berbagai jenis file seperti foto, video, dan dokumen.
- Keamanan: Telegram menggunakan enkripsi ujung ke ujung untuk memastikan pesan tetap aman dari akses tidak sah.

## 2.20 Baterai

Sebagai konverter yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik, baterai memiliki dua kutub. Kutub positif dan negatif ini umumnya berada di bagian atas

atau "kepala" baterai, dan kutub negatif, yang terletak di bagian bawah atau "alas". Di dalam baterai, reaksi kimia terjadi untuk menghasilkan arus listrik. yang terdiri dari muatan dengan baterai mengubah energi kimia menjadi energi listrik, lalu menyalurkannya melalui dua kutubnya kutub positif dan kutub negatif.

Arus listrik positif mengalir dari kutub positif (bagian atas) baterai, sedangkan arus listrik negatif mengalir dari kutub negatif (bagian bawah). Dua arus listrik mengalir terpisah di sepanjang kabel tembaga menuju suatu alat perangkat yang membutuhkan daya.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Elektronika, Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Lampung dari November 2024 hingga Juli 2025.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

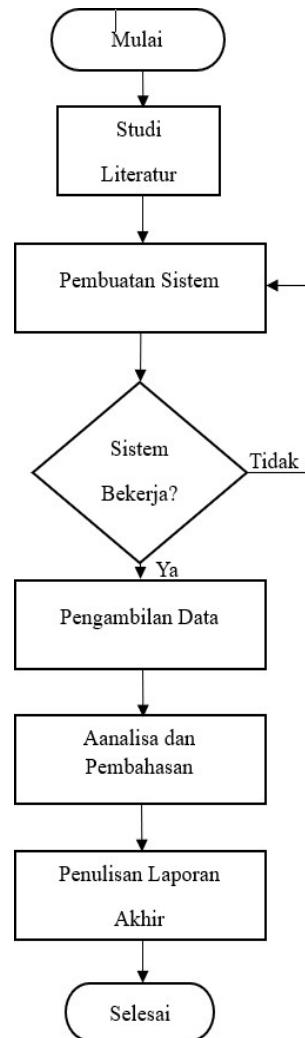
Pada penelitian ini menggunakan alat dan bahan yang dirunjukkan Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan

No.	Nama Alat/Bahan	Fungsi
1.	Laptop + <i>Software Arduino</i>	Berfungsi membuat program Arduino
2.	Modul NodeMCU ESP8266	Berfungsi mikrokontroler
3.	Sensor Ultrasonik HC-SR04	Berfungsi sensor pengukur jarak halangan
4.	Telegram	Berfungsi komunikator antara alat dengan ponsel pengguna
5.	Tombol <i>Push Button</i>	Berfungsi tombol untuk mengirimkan pesan darurat
6.	Motor DC	Berfungsi sebagai <i>output</i> getaran
7.	Serial MP3 Player	Berfungsi sebagai <i>output</i> suara
8.	Modul Ublox NEO-M8N	Sensor pendekripsi letak
9.	<i>Handphone</i>	Alat penerima koordinat lokasi
10.	<i>Headset</i>	Berfungsi output suara
11.	Arduino Mega 2560	Sebagai <i>Mikrokontroler</i>
12.	Motor Driver L298N	Sebagai penggerak motor DC

### 3.3 Prosedur Penelitian

Diagram alir di bawah ini menunjukkan tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian :

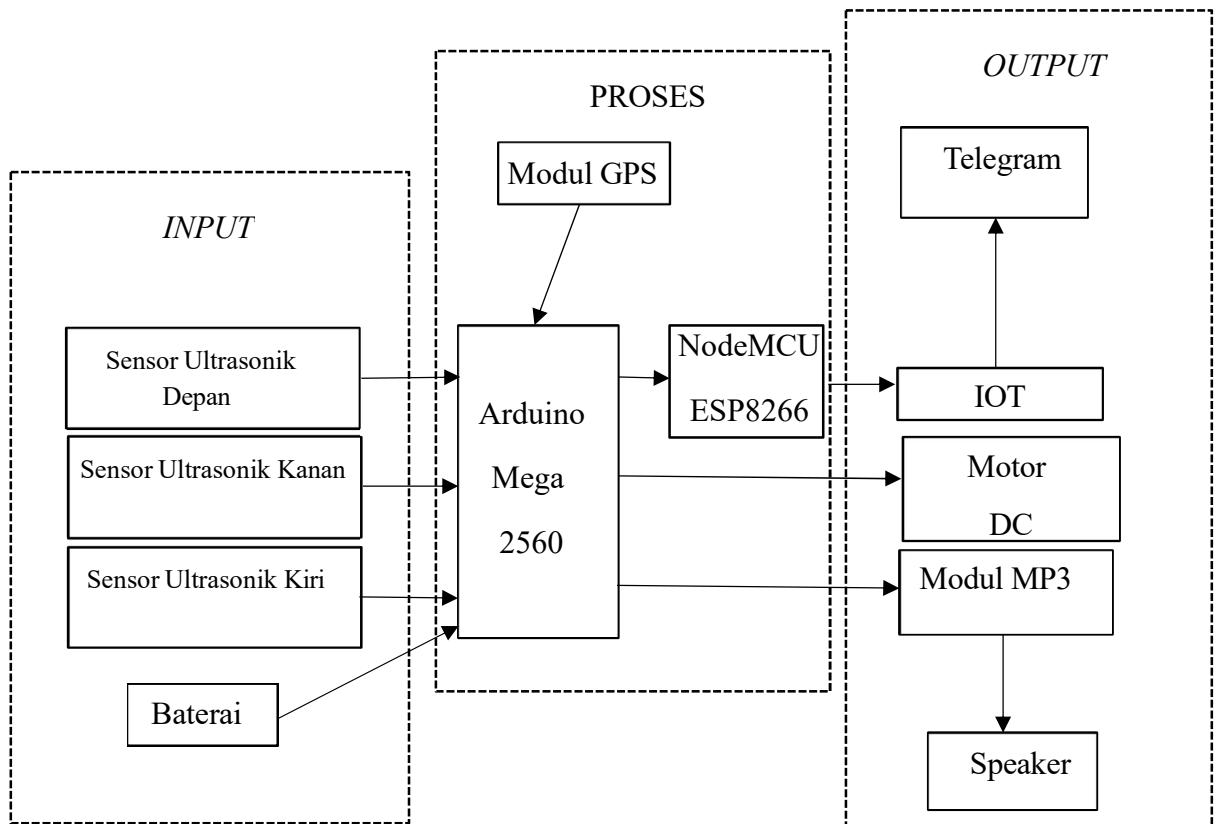


Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan Gambar 3.1 penelitian ini diawali dengan studi literatur untuk mengumpulkan informasi yang relevan. Setelah itu, dilakukan pembuatan sistem yang akan diuji. Perbaikan sistem akan dilakukan secara berkelanjutan sampai sistem berfungsi. Selanjutnya, dilakukan pengambilan data, diikuti dengan analisis dan pembahasan data tersebut kemudian digunakan untuk menulis laporan akhir untuk mendokumentasikan seluruh hasil penelitian.

### 3.4 Diagram Blok Sistem

Diagram blok di bawah ini menunjukkan tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian::



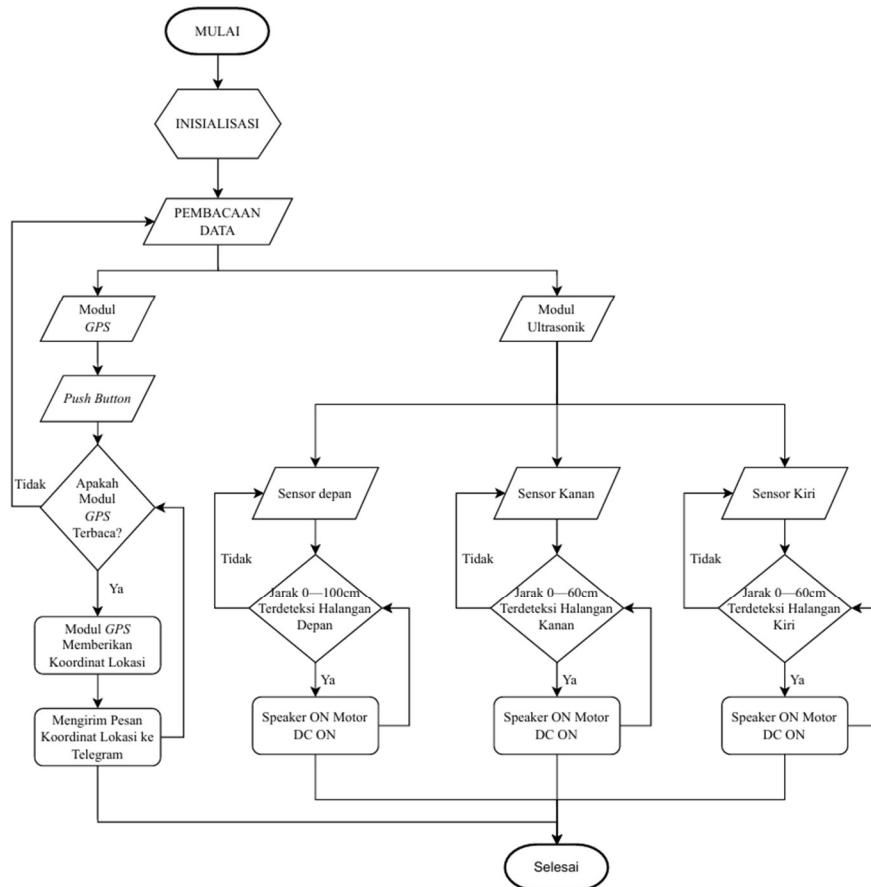
Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem

Dalam tugas akhir ini, sistem yang diilustrasikan pada Gambar 3.2 terdiri dari dua bagian utama: subsistem sensor dan subsistem pengirim. Subsistem sensor berfungsi mendeteksi objek di sekitar pengguna dengan menggunakan tiga sensor ultrasonik HC-SR04 satu untuk mendeteksi halangan di depan, dan dua lainnya untuk mendeteksi halangan di sisi kiri dan kanan. Selain itu, subsistem ini juga dilengkapi dengan modul GPS untuk melacak lokasi pengguna. Setelah data dikumpulkan, subsistem pengirim akan memprosesnya dan mengirimkannya sebagai pesan ke Telegram.

Saat diaktifkan, sensor ultrasonik HC-SR04 akan mendeteksi objek di sekitarnya. Kemudian data halangan yang berhasil dibaca sensor ultrasonic akan diproses Arduino mega 2560, proses ini akan menghasilkan *output* berupa getaran yang dihasilkan melalui modul motor dc dan *output* berupa suara melalui modul MP3 *player*. Kekuatan getaran yang dihasilkan oleh motor DC akan meningkat seiring dengan semakin dekatnya objek yang terdeteksi *dan* sebaliknya jika halangan yang terdeteksi jauh maka *output* getaran yang dihasilkan akan lemah, hal ini disebabkan oleh logika *fuzzy* yang sudah dibuat. *Output* dari modul MP3 akan menghasilkan suara yang memberikan informasi tentang arah objek yang terdeteksi sebagai halangan. Kemudian data koordinat Lokasi akan dikirimkan menuju NodeMCU ESP8266 dari Arduino Mega 2560 agar dapat diproses dan diteruskan ke bot *platform* berbasis chat telegram yang berfungsi untuk menyediakan informasi yang bisa dikirimkan kepada keluarga atau kerabat saat pengguna dalam keadaan darurat.

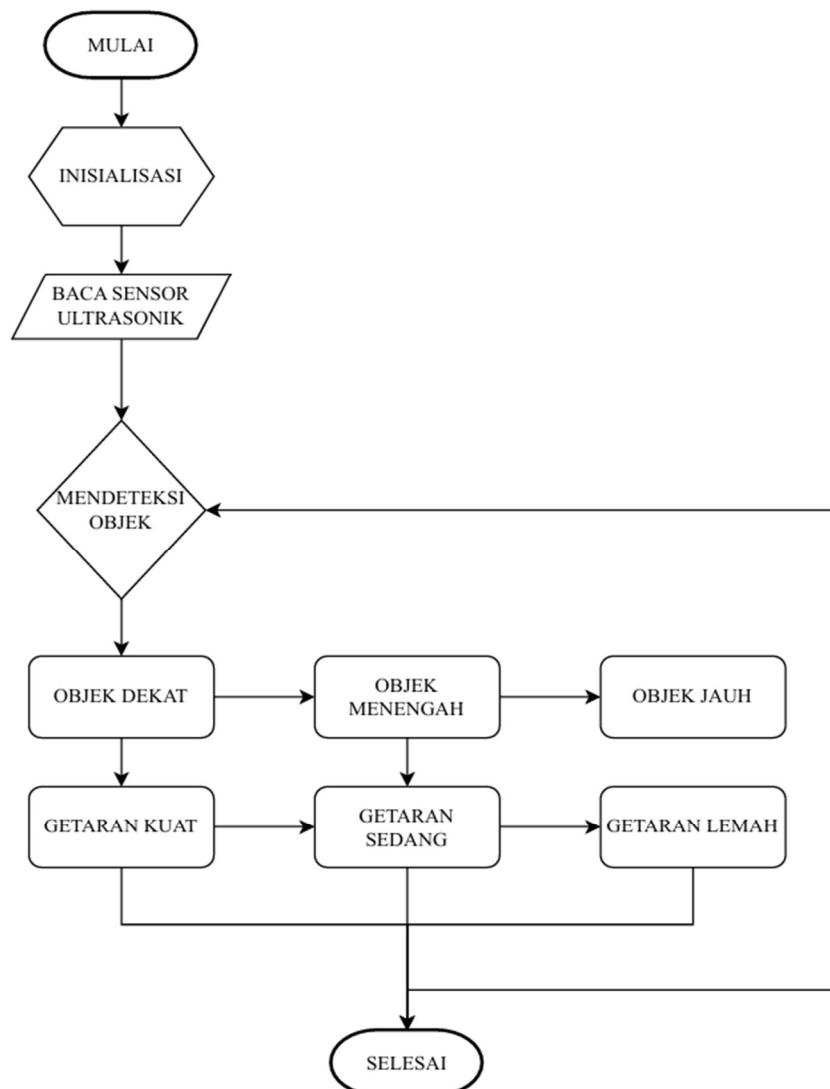
### 3.5 Diagram Alir Sistem Kerja Alat

Diagram alir berikut menjelaskan cara kerja sistem :



Gambar 3. 3 Diagram Alir Sistem Kerja Alat

Pada Gambar 3.3 menunjukkan bahwa alur kerja sistem ini diawali mulai menekan saklar menghidupkan alat. Alat akan dihubungkan dengan satu sumber daya yang kemudian sensor ultrasonik akan langsung mulai mendeteksi objek dengan jangkauan 0—100cm pada sensor bagian depan, 0—60cm pada sensor bagian kanan dan 0—60cm pada sensor bagian kiri. Rentang jangkauan jarak objek ditentukan berdasarkan penelitian sebelumnya untuk memastikan informasi yang dihasilkan lebih sesuai. Ketika sensor mendeteksi adanya objek halangan maka modul MP3 *player* dengan *headset* yang terpasang akan mengeluarkan suara memberikan informasi arah objek, dan modul motor DC akan menghasilkan *output* berupa getaran yang akan disesuaikan dengan jarak halangan terdeteksi. Kekuatan getaran pada sensor ditentukan oleh jarak objek berdasarkan logika *fuzzy*, getaran akan semakin kuat jika objek mendekat, dan melemah saat objek menjauh.

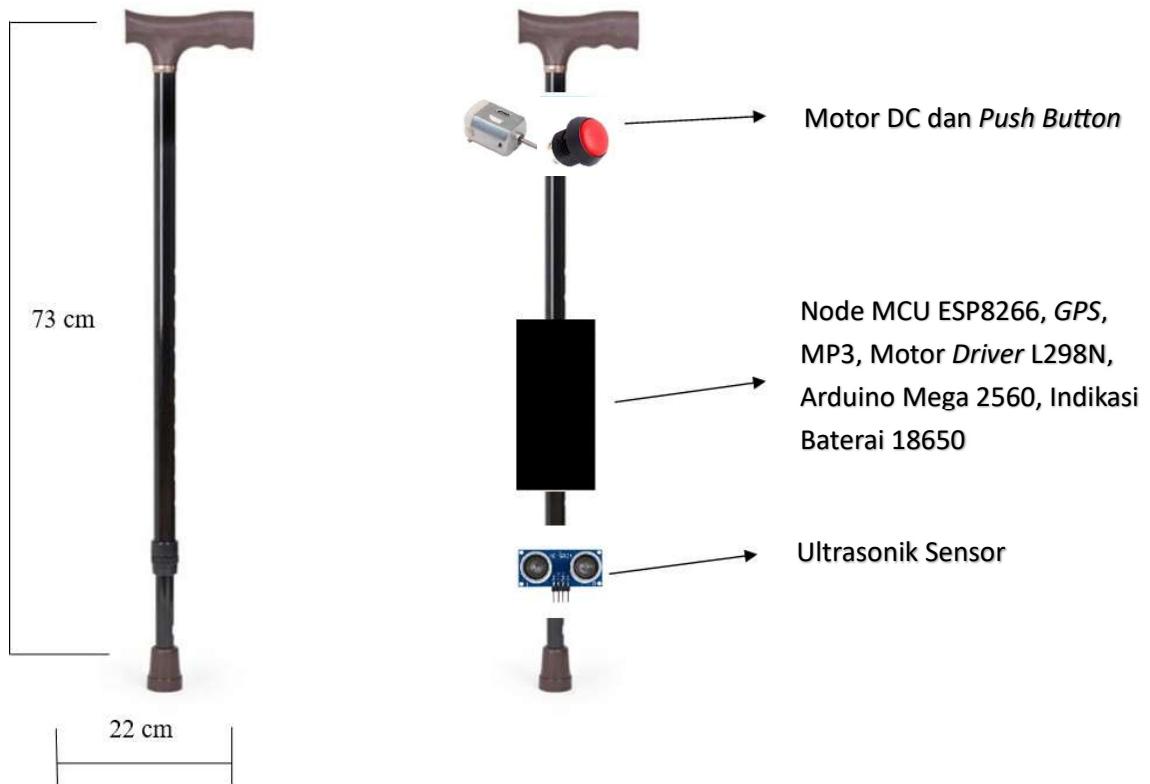


Gambar 3. 4 Diagram Alir Logika Fuzzy

Pada Gambar 3.4 saat sensor ultrasonik mendeteksi sebuah objek, sistem akan modul MP3 *player* dengan *headset* yang terpasang akan menghasilkan *output* suara fungsi utama dari sensor ini adalah sebagai informasi mengenai arah asal objek yang terdeteksi. Kata lain, alat ini akan memberitahukan dari sisi mana (depan, kiri, atau kanan) sebuah halangan berada. Kemudian *output* suara akan beriringan dengan *output* getaran yang dihasilkan melalui modul motor DC yang sudah disesuaikan dengan logika *fuzzy*, yaitu jika objek halangan yang terdeteksi dekat maka getaran akan kuat dan sebaliknya jika objek halangan yang terdeteksi oleh sensor jauh maka getaran *output* motor DC akan lemah.

### 3.6 Skema Rancangan Sistem

Berikut merupakan skema rancang sistem pada penelitian ini :



Gambar 3. 5 Sistem Rancangan Tongkat Pintar Tunanetra

Gambar 3.5 merupakan ilustrasi dari rancangan tongkat bantu untuk tunanetra yang dilengkapi dengan fitur-fitur *Internet of Things* (IoT) dapat meningkatkan keamanan dan kenyamanan bagi penyandang tunanetra.

### 3.7 Perancangan

#### 3.7.1 Fuzzifikasi

Dalam penelitian alat membantu jalan untuk penyandang tunanetra, proses *fuzzifikasi* menggunakan jarak (cm) sebagai *input*. *Input* ini akan menentukan *output* yang berupa getaran pada motor DC. Dengan kata lain, semakin dekat sebuah objek, semakin kuat getaran yang dihasilkan. Terdapat tiga *input* yaitu dekat, sedang dan jauh yang akan memengaruhi *output* lambat, sedang atau jauh. Himpunan *fuzzy* yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3.

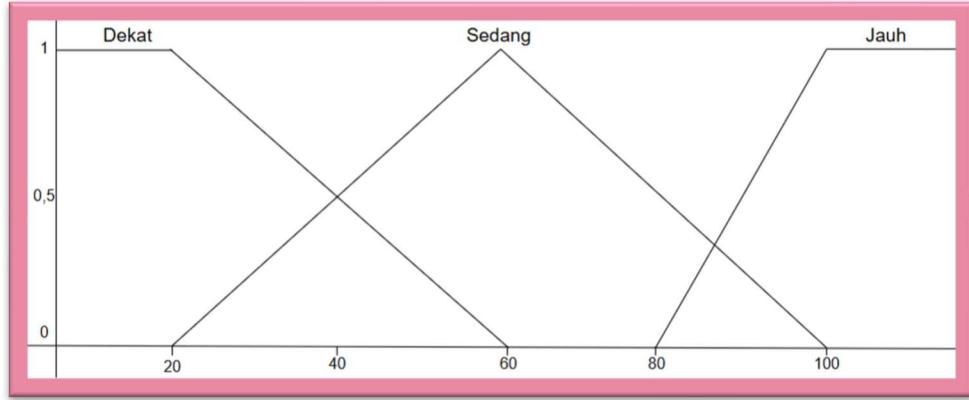
Tabel 3. 2 Himpunan *Fuzzy*

No.	Fungsi	Variabel	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Range (cm)
1.	<i>Input</i>	Jarak Halangan Depan	Dekat	[0, 20, 60]
			Sedang	[20, 60, 100]
			Jauh	[80, 100, 100]
2.	<i>Input</i>	Jarak Halangan Kanan	Dekat	[0, 20, 40]
			Sedang	[20, 40, 60]
			Jauh	[40, 60, 60]
3.	<i>Input</i>	Jarak Halangan Kiri	Dekat	[0, 20, 40]
			Sedang	[20, 40, 60]
			Jauh	[40, 60, 60]

Tabel 3. 3 Himpunan *Fuzzy* Motor DC

No.	Fungsi	Variabel	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Range (cm)
1.	<i>Output</i>	Kecepatan Motor	Lambat	[50, 50, 125]
			Sedang	[50, 125, 200]
			Cepat	[125, 200, 200]

### 1. Himpunan Jarak Antara Sensor Dengan Halangan Depan



Gambar 3. 6 Fungsi keanggotaan sensor yang berada didepan

Pada Gambar 3.6 Fungsi keanggotaan sensor yang berada didepan terdapat tiga bagian yang dimana untuk bagian dekat berada pada rentang 0—60cm, pada bagian sedang berada pada rentang 20—80cm dan pada bagian jauh berada pada rentang 80—100cm. Ketiga bagian tersebut menggunakan grafik trapezoid pada bagian dekat, grafik kurva segitiga pada bagian sedang dan grafik trapezoid terbuka pada bagian jauh.

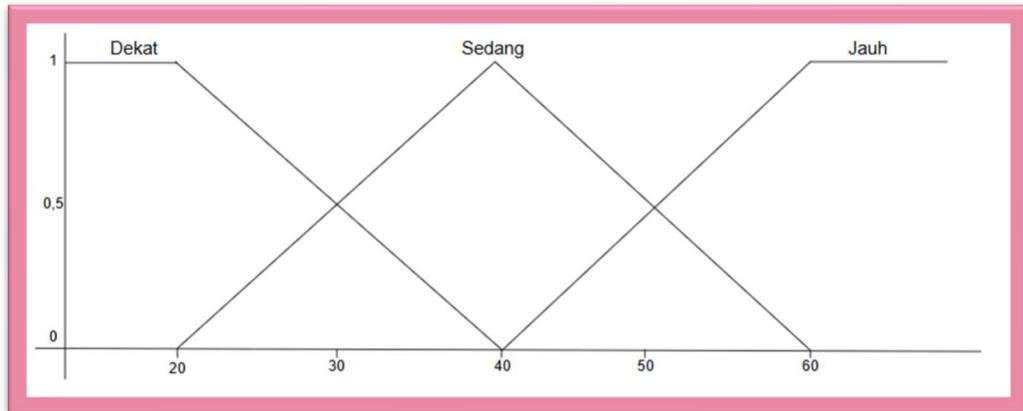
Dari Gambar 3.6 dapat formula derajat keanggotaan menggunakan Persamaan 2.2, Persamaan 2.3, Persamaan 2.4 dengan hasil sebagai berikut :

$$\mu_{Dekat} = \begin{cases} \frac{1}{60-x} & : x \leq 20 \\ \frac{60-x}{60-20} & : x \geq 20 \text{ and } x \leq 60 \\ 0 & : x \geq 60 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang} = \begin{cases} \frac{1}{x-20} & : x = 60 \\ \frac{60-x}{60-20} & : x \geq 20 \text{ and } x \leq 60 \\ \frac{100-x}{100-60} & : x \geq 60 \text{ and } x \leq 100 \\ 0 & : x \leq 20 \text{ and } x \geq 100 \end{cases}$$

$$\mu_{Jauh} = \begin{cases} 0 & : x \leq 80 \\ \frac{x-80}{100-80} & : x \geq 80 \text{ and } x \leq 100 \\ 1 & : x \geq 100 \end{cases}$$

## 2. Himpunan Jarak Antara Sensor Dengan Halangan Kanan



Gambar 3. 7 Fungsi keanggotaan sensor dengan halangan kanan

Pada Gambar 3.7 terdapat 3 bagian yaitu, dekat, sedang, dan jauh. Dalam fungsi keanggotaan sensor jarak, halangan di depan dibagi menjadi tiga kategori dengan representasi grafis berbeda jarak dekat berada di rentang 0—40 cm dan digambarkan dengan grafik trapezium, jarak sedang mencakup rentang 20—60 cm dan direpresentasikan dengan kurva segitiga sementara jarak jauh berada di rentang 40—60 cm dan menggunakan grafik trapesium terbuka.

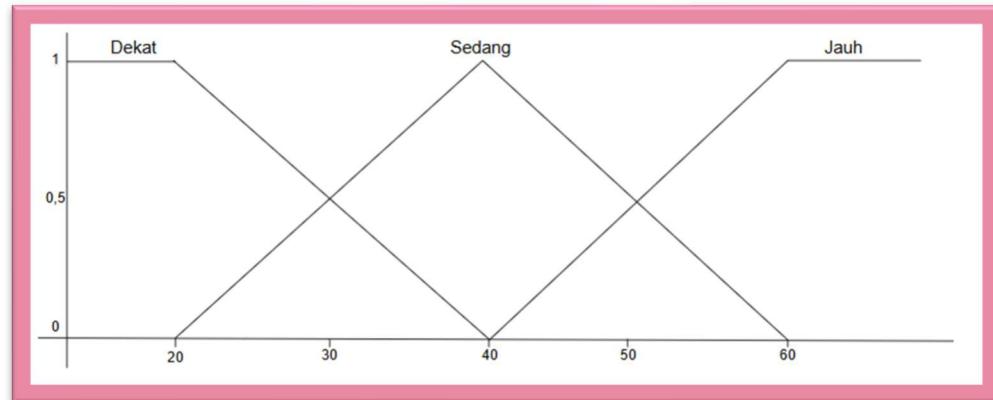
Dari Gambar 3.7 dapat dibuat formula derajat keanggotaan menggunakan Persamaan 2.2, Persamaan 2.3, dan Persamaan 2.4 dengan hasil sebagai berikut :

$$\mu_{Dekat} = \begin{cases} 1 & : x \leq 20 \\ \frac{40-x}{40-20} & : x \geq 20 \text{ and } x \leq 40 \\ 0 & : x \geq 40 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang} = \begin{cases} 1 & : x = 40 \\ \frac{x-20}{40-20} & : x \geq 20 \text{ and } x \leq 40 \\ \frac{60-x}{60-40} & : x \geq 40 \text{ and } x \leq 60 \\ 0 & : x \leq 20 \text{ and } x \geq 60 \end{cases}$$

$$\mu_{Jau} = \begin{cases} 0 & : x \leq 40 \\ \frac{x-40}{60-40} & : x \geq 40 \text{ and } x \leq 60 \\ 1 & : x \geq 60 \end{cases}$$

### 3. Himpunan Jarak Antara Sensor Dengan Halangan Kiri



Gambar 3. 8 Fungsi keanggotaan sensor dengan halangan kiri

Pada Gambar 3.8 terdapat 3 bagian yaitu, dekat, sedang, dan jauh. Dalam logika *fuzzy*, fungsi keanggotaan pada sensor jarak dibagi menjadi tiga kategori dengan bentuk grafik yang berbeda. Jarak dekat (0-40 cm) direpresentasikan oleh grafik trapesium, sedangkan jarak sedang (20-60 cm) diwakili oleh kurva segitiga. Sementara itu, jarak jauh (40-60 cm) menggunakan grafik trapesium terbuka.

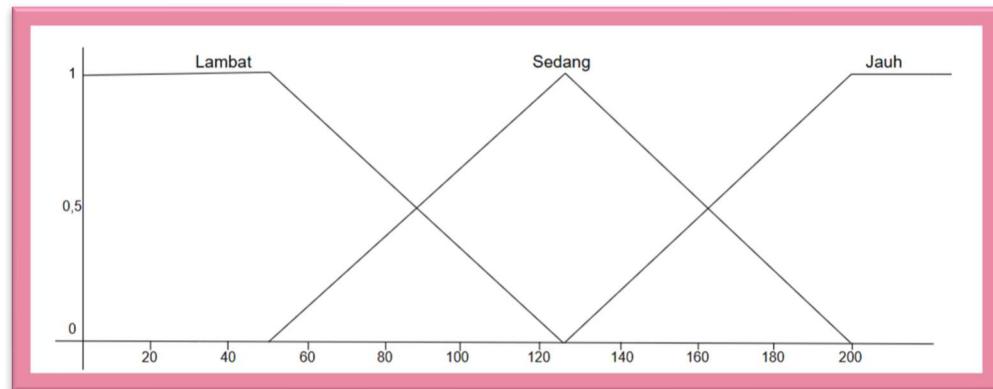
Dari Gambar 3.8 dapat dibuat formula derajat keanggotaan menggunakan Persamaan 2.2, Persamaan 2.3, dan Persamaan 2.4 dengan hasil sebagai berikut :

$$\mu_{Dekat} = \begin{cases} 1 & : x \leq 20 \\ \frac{40-x}{40-20} & : x \geq 20 \text{ and } x \leq 40 \\ 0 & : x \geq 40 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang} = \begin{cases} 1 & : x = 40 \\ \frac{x-20}{40-20} & : x \geq 20 \text{ and } x \leq 40 \\ \frac{60-x}{60-40} & : x \geq 40 \text{ and } x \leq 60 \\ 0 & : x \leq 20 \text{ and } x \geq 60 \end{cases}$$

$$\mu_{Jauh} = \begin{cases} 0 & : x \leq 40 \\ \frac{x-40}{60-40} & : x \geq 40 \text{ and } x \leq 60 \\ 1 & : x \geq 60 \end{cases}$$

#### 4. Himpunan Kecepatan Motor DC



Gambar 3. 9 Fungsi keanggotaan kecepatan motor DC

Pada Gambar 3.9 terdapat 3 bagian yaitu, lambat, sedang dan cepat. Dalam fungsi keanggotaan kecepatan motor DC yang terlihat pada Gambar 3.9, terdapat tiga bagian yang direpresentasikan secara berbeda kecepatan lambat berada pada rentang 100 hingga 175 rpm dengan bentuk kurva linear turun, kecepatan sedang mencakup rentang 100 hingga 250 rpm dengan bentuk kurva segitiga, dan kecepatan cepat berada pada rentang 175 hingga 250 rpm dengan bentuk kurva linear naik.

Dari Gambar 3.9 dapat dibuat formula derajat keanggotaan menggunakan Persamaan 2.2, Persamaan 2.3 dan Persamaan 2.4 dengan hasil sebagai berikut :

$$\mu_{Lambat} = \begin{cases} 1 & : x \leq 50 \\ \frac{125-x}{125-50} & : x \geq 50 \text{ and } x \leq 125 \\ 0 & : x \geq 125 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang} = \begin{cases} 1 & : x = 150 \\ \frac{x-50}{125-50} & : x \geq 50 \text{ and } x \leq 125 \\ \frac{200-x}{200-125} & : x \geq 125 \text{ and } x \leq 200 \\ 0 & : x \leq 50 \text{ and } x \geq 200 \end{cases}$$

$$\mu_{Cepat} = \begin{cases} 0 & : x \leq 125 \\ \frac{x-125}{200-125} & : x \geq 125 \text{ and } x \leq 200 \\ 1 & : x \geq 200 \end{cases}$$

### 3.7.2 Rule Base

Tahap ini adalah proses pembuatan aturan berdasarkan nilai-nilai *input* yang sudah diubah menjadi derajat keanggotaan. Nilai dari tahap *fuzzifikasi* tersebut kemudian digunakan dalam aturan *IF-THEN* untuk menentukan *output* nya, yang ditunjukkan Tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Rule Base

<b>Rule</b>		<b>Sensor Depan</b>		<b>Sensor Kanan</b>		<b>Sensor Kiri</b>		<b>Kecepatan Motor</b>
1.	<i>IF</i>	Dekat	<i>AND</i>	Dekat	<i>AND</i>	Dekat	<i>THEN</i>	Cepat
2.	<i>IF</i>	Dekat	<i>AND</i>	Dekat	<i>AND</i>	Sedang	<i>THEN</i>	Cepat
3.	<i>IF</i>	Dekat	<i>AND</i>	Dekat	<i>AND</i>	Jauh	<i>THEN</i>	Cepat
4.	<i>IF</i>	Dekat	<i>AND</i>	Sedang	<i>AND</i>	Dekat	<i>THEN</i>	Cepat
5.	<i>IF</i>	Dekat	<i>AND</i>	Sedang	<i>AND</i>	Sedang	<i>THEN</i>	Cepat
6.	<i>IF</i>	Dekat	<i>AND</i>	Sedang	<i>AND</i>	Jauh	<i>THEN</i>	Cepat
7.	<i>IF</i>	Dekat	<i>AND</i>	Jauh	<i>AND</i>	Dekat	<i>THEN</i>	Cepat
8.	<i>IF</i>	Dekat	<i>AND</i>	Jauh	<i>AND</i>	Sedang	<i>THEN</i>	Cepat
9.	<i>IF</i>	Dekat	<i>AND</i>	Jauh	<i>AND</i>	Jauh	<i>THEN</i>	Cepat
10.	<i>IF</i>	Sedang	<i>AND</i>	Dekat	<i>AND</i>	Dekat	<i>THEN</i>	Cepat
11.	<i>IF</i>	Dekat	<i>AND</i>	Dekat	<i>AND</i>	Sedang	<i>THEN</i>	Cepat
12.	<i>IF</i>	Sedang	<i>AND</i>	Dekat	<i>AND</i>	Jauh	<i>THEN</i>	Sedang
13.	<i>IF</i>	Sedang	<i>AND</i>	Sedang	<i>AND</i>	Dekat	<i>THEN</i>	Cepat
14.	<i>IF</i>	Sedang	<i>AND</i>	Sedang	<i>AND</i>	Sedang	<i>THEN</i>	Sedang
15.	<i>IF</i>	Sedang	<i>AND</i>	Sedang	<i>AND</i>	Jauh	<i>THEN</i>	Sedang
16.	<i>IF</i>	Sedang	<i>AND</i>	Jauh	<i>AND</i>	Dekat	<i>THEN</i>	Sedang
17.	<i>IF</i>	Sedang	<i>AND</i>	Jauh	<i>AND</i>	Sedang	<i>THEN</i>	Sedang
18.	<i>IF</i>	Sedang	<i>AND</i>	Jauh	<i>AND</i>	Jauh	<i>THEN</i>	Lambat
19.	<i>IF</i>	Jauh	<i>AND</i>	Dekat	<i>AND</i>	Dekat	<i>THEN</i>	Cepat
20.	<i>IF</i>	Sedang	<i>AND</i>	Dekat	<i>AND</i>	Sedang	<i>THEN</i>	Sedang

<b>Rule</b>		<b>Sensor Depan</b>		<b>Sensor Kanan</b>		<b>Sensor Kiri</b>		<b>Kecepatan Motor</b>
21.	<i>IF</i>	Jauh	<i>AND</i>	Dekat	<i>AND</i>	Jauh	<i>THEN</i>	Sedang
22.	<i>IF</i>	Jauh	<i>AND</i>	Sedang	<i>AND</i>	Dekat	<i>THEN</i>	Sedang
23.	<i>IF</i>	Jauh	<i>AND</i>	Sedang	<i>AND</i>	Sedang	<i>THEN</i>	Lambat
24.	<i>IF</i>	Jauh	<i>AND</i>	Sedang	<i>AND</i>	Jauh	<i>THEN</i>	Lambat
25.	<i>IF</i>	Jauh	<i>AND</i>	Jauh	<i>AND</i>	Dekat	<i>THEN</i>	Sedang
26.	<i>IF</i>	Jauh	<i>AND</i>	Jauh	<i>AND</i>	Sedang	<i>THEN</i>	Lambat
27.	<i>IF</i>	Jauh	<i>AND</i>	Jauh	<i>AND</i>	Jauh	<i>THEN</i>	Lambat

### 3.7.3 Defuzzifikasi

*Defuzzifikasi* adalah tahap akhir yang berlawanan dengan proses *fuzzifikasi*.

Tahap ini mengubah hasil dari himpunan *fuzzy* yang merupakan *output* dari proses inferensi menjadi nilai yang lebih pasti atau "tegas". Intinya, *defuzzifikasi* berfungsi untuk menerjemahkan nilai-nilai kabur menjadi data yang konkret dan bisa dieksekusi. Pada system ini, metode *defuzzifikasi* yang di gunakan, yaitu Metode *Center of Area* (COA) atau yang sering disebut Metode *Centroid*. Metode ini bekerja dengan cara menghitung titik pusat dari daerah *fuzzy* yang terbentuk setelah tahap inferensi dan komposisi. Nilai tegas yang dihasilkan merupakan representasi terbaik dari himpunan *fuzzy* keluaran.

### 3.8 Pengujian Alat

Adapun tahapan pengujian pada alat tongkat cerdas tunanetra, sebagai berikut :

Tabel 3. 5 Pengujian Alat

No	Nama Pengujian	Fungsi Pengujian	Indikasi Keberhasilan
1.	Deteksi Hambatan Jarak Dekat	Menguji kemampuan tongkat mendekripsi hambatan dalam jarak dekat (0—50 cm)	Tongkat memberikan getaran atau suara peringatan saat ada hambatan di depan dalam jarak 0—50 cm
2.	Deteksi Hambatan Jarak Menengah	Menguji kemampuan mendekripsi hambatan dalam jarak menengah (20—80 cm)	Tongkat memberikan peringatan getaran atau suara dalam jarak 20—80 cm dari hambatan
3.	Deteksi Hambatan Jarak Jauh	Menguji kemampuan mendekripsi hambatan pada jarak jauh (80—100 cm)	Tongkat mampu mendekripsi dan memberikan indikasi hambatan pada jarak 80—100 cm
4.	Pengujian Respons Terhadap Kecepatan Hambatan	Menguji kecepatan respons tongkat terhadap hambatan bergerak atau statis	Tongkat dapat memberikan respons cepat dan tepat saat hambatan mendekat, baik statis maupun bergerak
5.	Keakuratan Logika Fuzzy	Menguji keakuratan sistem logika fuzzy dalam menentukan jarak dan tingkat bahaya hambatan	Sistem logika <i>fuzzy</i> mampu memberikan estimasi yang akurat dan konsisten sesuai tingkat bahaya hambatan
6.	Uji Kemudahan Penggunaan	Menguji apakah tongkat mudah digunakan dan intuitif untuk pengguna tunanetra	Pengguna tunanetra dapat mengoperasikan tongkat tanpa kesulitan dan merasakan manfaat Langsung

## BAB V

### KESIMPULAN

#### 1.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah didapatkan, maka kesimpulan yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengujian, sensor ultrasonik HC-SR04 pada alat ini memiliki nilai rata-rata *error* dan akurasi yang bervariasi. Untuk sensor depan, nilai rata-rata *error*-nya adalah 1,6% dengan akurasi 98,40%. Sementara itu, sensor di sisi kanan menunjukkan rata-rata *error* sebesar 0,33% dengan akurasi 99,69%. Terakhir, sensor di sisi kiri memiliki rata-rata *error* 1,73% dengan akurasi 98,27%.
2. Alat ini dapat mendeteksi hambatan di depan pengguna (tunantara) hingga jarak 100 cm, yang menghasilkan nilai PWM sebesar 80. Sementara itu, hambatan di sisi kanan dan kiri pengguna dapat dideteksi hingga 60 cm, yang menghasilkan nilai PWM sebesar 50. *Output* yang dihasilkan adalah getaran dengan intensitas yang meningkat seiring dengan semakin dekatnya jarak hambatan ke pengguna. Ini adalah hasil implementasi logika *fuzzy* yang mengatur kekuatan putaran motor DC.
3. Ketika pengguna (tunantara) dalam keadaan darurat, alat ini dapat mengirimkan pesan singkat berisi koordinat lokasi ke telegram bot keluarga atau kerabatnya menggunakan tombol trigger dan menghasilkan rata-rata selisihnya 4,54 meter

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zahra. A. Ali, "Design and evaluation of two obstacle detection devices for visually," *Journal of Engineering Research*, vol. 11, no. 3, pp. 100-105, 2023.
- [2] Maghfirah Izzani Maulania. Fadlilah Nur Fauziah. Oktavia Putri. Adelia Ananda Ayuningtyas, "MENGENAL LEBIH DEKAT ANAK TUNANETRA: KARAKTERISTIK, DAMPAK," Researchgate, pp. 1-6, 2023.
- [3] Sri Ratna Sulistiyanti. Helmi Fitriawan. Muhammad Ifan Saputra. Herlinawati. Eduar., "PENGAPLIKASIAN LOGIKA FUZZY PADA ALAT BANTU," JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan) , vol. 12, no. 3S1, pp. 4569-4579, 2024.
- [4] Ekawati Prihatini. Nyayu Latifah Husni. Muharomeita Aulia1, "Perancangan Kendali Alat Bantu Tunanetra," *Jurnal Rekayasa Elektro Sriwijaya*, vol. 1, no. 2, pp. 62-70, 2020.
- [5] Elia Kendek Allo. Sherwin R. U. A. Sompie. Renstra C.G. Tangdiongan, "Rancang Bangun Alat Bantu Mobilitas Penderita Tunanetra Berbasis Microcontroller Arduino Uno," *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer* , vol. 6, no. 2, pp. 79-86, 2017.
- [6] Daniel Adhinugraha. W. Marchel Fernando. Yusuf Kurnia. Amesanggeng Pataropura, "Perancangan Tongkat Pintar Sebagai Alat Bantu Jalan untuk Meningkatkan Kualitas Hidup Peyandang Tunanetra," *Rubinstein: Jurnal Multidisiplin*, vol. 1, no. 2, pp. 91-102, 2023.
- [7] Dedi Triyanto. Suhardi. Yedija Novriandry1, "PROTOTYPE SISTEM MONITORING DAN PENGISIAN TOKEN LISTRIK PRABAYAR MENGGUNAKAN ARDUINO UNO BERBASIS WEBSITE," *Jurnal Komputer dan Aplikasi* , vol. 8, no. 03, pp. 61-72, 2020.
- [8] R. Irine. A. A. a. A. K. Dewi. VR, "Prototipe Pengendalian Temperature Ruangan Dengan Metode Logika Fuzzy.," pp. 1158-1166, 2021.

- [9] Ananda Dwi Oktavianto2. Abdi Pandu Kusuma 1, "Analisis Metode *Euclidean Distance* dalam Menentukan," Jurnal Teknologi dan Manajemen Informatika, vol. 8, no. 2, pp. 108- 115, 2022.
- [10] Dian Budhi Santoso<sup>2</sup>. Imam Rama Muttaqin<sup>1</sup>, "Prototype Pagar Otomatis Berbasis Arduino Uno Dengan Sensor Ultrasonic Hc-SR04," *Electronic Control, Telecommunication, Computer Information and Power Systems*, vol. 6, no. 2, pp. 41-45, 2021.
- [11] Muhammad Abdy. Ahmad Zaki. Aulia Khoirun Nisa, "Penerapan *Fuzzy Logic* untuk Menentukan Minuman Susu Kemasan Terbaik dalam Pengoptimalan Gizi," vol. 3, no. 1, p. 51, 2020.
- [12].[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FGambar-10-Grafik-Representasi-Linear-Naik-Fungsi-keanggotaani14ii\\_fig2\\_328291833&psig=AOvVaw2xV8Jm5vjVDgN7nBVnNyk&ust=1753550508864000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQjhxFwoTCOjTnevC2I4DFQAAAAAdAAAAABAE](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FGambar-10-Grafik-Representasi-Linear-Naik-Fungsi-keanggotaani14ii_fig2_328291833&psig=AOvVaw2xV8Jm5vjVDgN7nBVnNyk&ust=1753550508864000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQjhxFwoTCOjTnevC2I4DFQAAAAAdAAAAABAE), 20, 2024.
- [13].[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FGambar-22-Representasi-Linear-Turun-SumberKusumadewi-Sri-Hartati-S-Harjoko-A\\_fig1\\_325082090&psig=AOvVaw3M0g3GT3GFT8AYEhyttE9O&ust=1753550608507000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQjhxFwqFwoTCNCA1ZrD2I4DFQAAAAAdAAAAABAV](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FGambar-22-Representasi-Linear-Turun-SumberKusumadewi-Sri-Hartati-S-Harjoko-A_fig1_325082090&psig=AOvVaw3M0g3GT3GFT8AYEhyttE9O&ust=1753550608507000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQjhxFwqFwoTCNCA1ZrD2I4DFQAAAAAdAAAAABAV), 20, 2024.
- [14].[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FGambar-3-Representasi-kurvasegitiga\\_fig2\\_338778386&psig=AOvVaw2EIuS11u\\_PjHjanzNxowoG&ust=1753550439453000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQjhxFwoTCICwtsrC2I4DFQAAAAAdAAAAABAE](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FGambar-3-Representasi-kurvasegitiga_fig2_338778386&psig=AOvVaw2EIuS11u_PjHjanzNxowoG&ust=1753550439453000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQjhxFwoTCICwtsrC2I4DFQAAAAAdAAAAABAE), 20, 2040.
- [15].[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FGambar-14-Representasi-Kurva-Trapesium-Fungsi-keanggotaan\\_fig2\\_340121308&psig=AOvVaw2hbU6rFL12V1NKYtFk\\_5vY](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FGambar-14-Representasi-Kurva-Trapesium-Fungsi-keanggotaan_fig2_340121308&psig=AOvVaw2hbU6rFL12V1NKYtFk_5vY)

- &ust=1753549874117000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQjhqFwoTCKi2tLzA2I4DFQAAAAAdAAAAABAE, 20.2024.
- [16] F. & Haq. E. S. Panduardi, " *Wireless Smart Home System Menggunakan Raspberry Pi*," Jurnal Teknologi Informasi Dan Terapan, vol. 3, no. 1, pp. 320-325, 2016.
- [17] Yoyon. Efendi, " *INTERNET OF THINGS (IOT) SISTEM PENGENDALIAN LAMPU*," Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer, vol. 4, no. 1, pp. 2442-4512 , 2018.
- [18] Irma Kharisma. Aziz Dhaifullah. Nuraini, " *SISTEM NOTIFIKASI SUARA LOKASI HALTE BUS BERDASARKAN APLIKASI GPS SOUND NOTIFICATION SYSTEM OF STOP BUS LOCATION BASED ON*," Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, and Kampus Ui., vol. 4, pp. 326-32, 2019.
- [19] NodeMCU. Team, " *NodeMCU Documentation*," <https://nodemcu.readthedocs.io/en/master/>, 2018.
- [20].<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fmedium.com%2F%40doditsuprianto%2Fpengantar-microcontroller-dengan-nodemcu-esp8266-12e93c7c3ca80ae&psig=AOvVaw1LjWIFHBKdUyXtcMrlhVra&ust=1753587927285000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQjhqFwoTCMiugp7O2Y4DFQAAAAAdAAAAABAK>, 8, 2024.
- [21] Antyadiputra. G. S. Sutaya. a. I. W. S. K U Ariawan1, " *Design of Hexapod Robot Movement Based on Arduino Mega*," *The 1st International Conference on Vocational Education and Technology*, p. 4, 2019.
- [22] Faisal Irsan. Noorly Evalina. M. Nurul Arifin Nasution. Elvy Sahnur Nasution. Arfis Amiruddin. Pasaribu, "Perancangan Sistem Pengamanan Pada Jalan Tanjakan Dan Turunan Yang Bertikungan.,," Semnastek, pp. 126-34, 2022.
- [23].[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.makerstore.com.au%2Fproduct%2Felecmega2560%2F%3Fsrsltid%3DAfmBOoozartUuciqr\\_Y7jxStDW8Fi39sXV\\_ckqfc6jMbYvvJGQTtY&psig=AOvVaw2iKi92QDV5cD6oGjDjxb2G&ust=1753588136859000&source=images&cd=vfe&opi=](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.makerstore.com.au%2Fproduct%2Felecmega2560%2F%3Fsrsltid%3DAfmBOoozartUuciqr_Y7jxStDW8Fi39sXV_ckqfc6jMbYvvJGQTtY&psig=AOvVaw2iKi92QDV5cD6oGjDjxb2G&ust=1753588136859000&source=images&cd=vfe&opi=)

89978449&ved=0CBgQjhxqFwoTCLjbm4XP2Y4DFQAAAAAdAAAAAB  
AE, 26, 2024.

[24].<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FGambar-2-Prinsip-Kerja-Sensor-Ultrasonik-Jarak-Lebar-Pulsa-29034uS-2dalam>

[cm\\_fig1\\_311614537&psig=AOvVaw27uoILocACuhCFcVPIGRNH&ust=1753588269102000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBgQjhxqFwoTCNjjwsDP2Y4DFQAAAAAdAAAAABAE](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2Fcm_fig1_311614537&psig=AOvVaw27uoILocACuhCFcVPIGRNH&ust=1753588269102000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBgQjhxqFwoTCNjjwsDP2Y4DFQAAAAAdAAAAABAE), 24, 2024.

[25] Antyadiputra. G. S. Sutaya. a. I. W. S. K U Ariawan1, "Design of Hexapod Robot Movement Based on Arduino Mega," *The 1st International Conference on Vocational Education and Technology*, p. 4, 2019.

[26] Faisal Irsan. Noorly Evalina. M. Nurul Arifin Nasution. Elvy Sahnur Nasution. Arfis Amiruddin. Pasaribu, "Perancangan Sistem Pengamanan Pada Jalan Tanjakan Dan Turunan Yang Bertikungan.," Semnastek, pp. 126-34, 2022.

[27]"HRLV-MaxSonar®- EZ™ Series High Resolution, Low Voltage Ultra Sonic Range Finder MB1003, MB1013, MB1023, MB1033, MB1043," pp. 1-15, 2005-2012.

[28] Heti Herawati2. Alexander M Khan1. Lantun P Dewanti1. A Rizal. Izza M Apriliani1, " PENGENALAN TEKNOLOGI GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS) SEBAGAI ALAT BANTU," Dharmakarya: Jurnal Aplikasi Ipteks untuk Masyarakat , vol. 7, no. 3, pp. 213 - 215, 2018.

[29] I. Firdaus1\*, " Komparasi Akurasi Global Posistion System (GPS) Receiver U-blox Neo-6M dan U-blox Neo-M8N pada Navigasi Quadcopter," Elektron Jurnal Ilmiah Volume, vol. 12, pp. 12-15, 2020.

[30].[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Findonesian.alibaba.com%2Fg%2Fublox-neo-m8n\\_gps.html&psig=AOvVaw0gztgZeMYdOjPiG3F7K354&ust=1753588396156000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBgQjhxqFwoTCNDX9v\\_P2Y4DFQAAAAAdAAAAABAE](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Findonesian.alibaba.com%2Fg%2Fublox-neo-m8n_gps.html&psig=AOvVaw0gztgZeMYdOjPiG3F7K354&ust=1753588396156000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBgQjhxqFwoTCNDX9v_P2Y4DFQAAAAAdAAAAABAE), 24, 2024.

- [31] Wasi Hyder Larika. Aiman Abbas Maharb. Pirah Peerzadaa, "DC Motor *Speed Control Through Arduino and L298N Motor Driver Using PID Controller,*" *International Journal of Electrical Engineering & Emerging Technology*, vol. 04, no. 02, pp. 21-22, 2021.
- [32] Naufal Rahmat Setiawan<sup>2</sup>, Eka Suci Rahayu. Alfian Ma'arif<sup>1</sup>, "Embedded Control System of DC Motor Using Microcontroller Arduino and PID Algorithm," *IT Journal Research and Development (ITJRD)* , vol. 06, pp. 30-42, 2021.