

**PENGEMBANGAN SMART CANE BERBASIS IOT  
MENGUNAKAN ESP8266 SEBAGAI ALAT  
BANTU MOBILITAS TUNANETRA**

**SKRIPSI**

**DISUSUN OLEH**

**DWI RANGGA MATONDANG**

**NPM. 2209020288**



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI FAKULTAS ILMU  
KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA MEDAN**

**2026**

**PENGEMBANGAN SMART CANE BERBASIS IOT  
MENGUNAKAN ESP8266 SEBAGAI ALAT  
BANTU MOBILITAS TUNANETRA**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana  
Komputer (S.Kom) dalam Program Studi Teknologi Informasi. pada Fakultas  
Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah  
Sumatera Utara**

**DISUSUN OLEH**

**DWI RANGGA MATONDANG**

**NPM. 2209020288**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI FAKULTAS ILMU  
KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA MEDAN**

**2026**

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : PENGEMBANGAN SMART CANE BERBASIS IOT  
MENGGUNAKAN ESP8266 SEBAGAI ALAT  
BANTU MOBILITAS TUNANETRA

Nama Mahasiswa : DWI RANGGA MATONDANG  
NPM : 2209020288  
Program Studi : TEKNOLOGI INFORMASI

Menyetujui

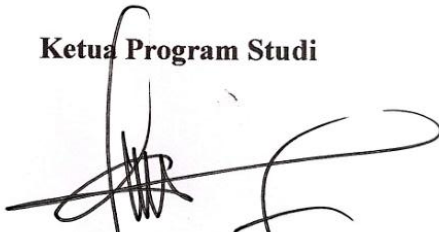
Komisi Pembimbing



(Amrullah, S.Kom., M.Kom)

NIDN. 0125118604

Ketua Program Studi



(Fatma Sari Hutagalung, S.Kom, M.Kom)

NIDN. 0117019301

Dekan



(Dr. Al-Khoirizmi, S.Kom., M.Kom.)

NIDN. 0127099201

**PERNYATAAN ORISINALITAS**

**PENGEMBANGAN *SMART CANE* BERBASIS IOT  
MENGUNAKAN ESP8266 SEBAGAI ALAT  
BANTU MOBILITAS TUNANETRA**

**SKRIPSI**

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, 08 September 2026

Yang membuat pernyataan



Dwi Rangga Matondang

NPM. 2209020288

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI**  
**KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN**  
**AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dwi Rangga Matondang  
NPM : 2209020288  
Program Studi : Teknologi Informasi  
Karya Ilmiah : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bedas Royalti Non-Eksekutif (*Non-Exclusive Royalty free Right*) atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

**PENGEMBANGAN SMART CANE BERBASIS IOT MENGGUNAKAN ESP 8266**  
**SEBAGAI ALAT BANTU MOBILITAS TUNANETRA**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, 08 September 2026

Yang membuat pernyataan

Dwi Rangga Matondang

NPM. 2209020288

## **RIWAYAT HIDUP**

### **DATA PRIBADI**

Nama Lengkap : Dwi Rangga Matondang  
Tempat dan Tanggal Lahir : Pematang Siantar, 02 Juni 2005  
Alamat Rumah : Jln. Surya Komplek BI Pematang Siantar  
Telepon/Faks/HP : 085261077742  
E-mail : ranggamtd14@gmail.com  
Instansi Tempat Kerja : -  
Alamat Kantor : -

### **DATA PENDIDIKAN**

SD : Negeri 124402, Pematang Siantar TAMAT: 2016  
SMP : Alwasliyah , Pematang Siantar TAMAT: 2019  
SMA : Negeri 6, Pematang Siantar TAMAT: 2022

## KATA PENGANTAR



Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul *“Implementasi Augmented Reality untuk Pembelajaran Huruf Hijaiyah Menggunakan Metode Marker-Based Tracking pada Platform Android”* dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat, dan seluruh pengikutnya hingga akhir zaman.

Penulis tentunya berterima kasih kepada berbagai pihak dalam dukungan serta doa dalam penyelesaian skripsi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Agussani, M.AP., Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)
2. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom. Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
3. Ibu Dr. Firahmi Rizky, S.Kom., M.Kom. selaku Wakil Dekan I Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi.
4. Bapak Mhd Basri, S. Si., M.Kom. selaku Wakil Dekan III Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi.
5. Ibu Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom. Ketua Program Studi Teknologi Informasi.
6. Bapak Okvi Nugroho, S.Kom., M.Kom. Sekretaris Program Studi Teknologi Informasi
7. Bapak \_Amrullah, S.Kom., M.Kom. selaku Pembimbing skripsi yang senantiasa sabar dalam membimbing, mengarahkan, dan membantu penulis dalam menyusun skripsi ini hingga dapat diselesaikan dengan baik.
8. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu Teknologi Informasi kepada penulis.

9. Cinta Pertama dan Panutan Penulis, Ayahanda Amril Matondang dan Ibunda Sri Wahyu Ningsi. Terima kasih atas segala pengorbanan, kasih sayang, dan ketulusan yang telah diberikan kepada penulis. Terima kasih karena selalu berusaha memberikan yang terbaik, tidak pernah lelah mendoakan, memberikan perhatian, motivasi, serta dukungan di setiap langkah penulis. Berkat doa, kasih sayang, dan dukungan Ayah dan Mama, penulis mampu melewati berbagai proses dan menyelesaikan studi hingga meraih gelar sarjana. Semoga Ayah dan Mama senantiasa diberikan kesehatan, umur yang panjang, kebahagiaan, serta selalu berada dalam lindungan Allah SWT.
10. Kepada saudariku yang tak kalah penting kehadirannya, Syfa Matondang. Terimakasih telah menjadi dari perjalanan hidup penulis. Berkontribusi dalam proses karya tulis ini baik tenaga maupun waktu untuk penulis. Telah mendukung, menghibur dan mendengarkan keluh kesah penulis.
11. Kepada seluruh keluarga penulis yang selalu memberikan motivasi dan do'anya untuk penulis sehingga penulis mampu melewati semua permasalahan yang penulis alami selama menyelesaikan studi ini.
12. Terima kasih yang tulus penulis sampaikan kepada seluruh Teman-teman *NO PLACE FOR HATE* yang telah menjadi bagian dari perjalanan penulis sejak awal perkuliahan. Di balik canda, tawa, dan berbagai cerita yang telah dilalui bersama, selalu ada kebersamaan, kepedulian, dan dukungan yang begitu berarti. Terima kasih karena telah menjadi tempat berbagi cerita, saling menguatkan, memberikan nasihat, motivasi, serta hadir dalam berbagai keadaan, baik suka maupun duka. Kebersamaan yang terjalin telah memberikan warna, kenangan, dan semangat tersendiri dalam perjalanan panjang penulis hingga menyelesaikan studi ini.
13. *Last but not least*, Kepada diri saya sendiri Dwi Rangga Matondang. Terimakasih sudah bertahan sampai detik ini, sudah berusaha menahan sabar, ego, tetap semangat, dan tidak putus asa atas pencapaian dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
14. Terimakasih untuk semua pihak yang terlibat langsung ataupun tidak langsung yang tidak dapat penulis ucapkan satu-persatu yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

# **PENGEMBANGAN SMART CANE BERBASIS IOT MENGUNAKAN ESP8266 SEBAGAI ALAT BANTU MOBILITAS TUNANETRA**

## **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *Smart Cane* berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan ESP8266 sebagai alat bantu mobilitas bagi penyandang tunanetra. Latar belakang penelitian ini didasarkan pada keterbatasan tingkat konvensional dalam membantu pengguna mendeteksi hambatan yang berada di sekitar saat melakukan mobilitas. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan alat bantu yang memanfaatkan teknologi untuk memberikan informasi mengenai keberadaan hambatan secara lebih efektif dan meningkatkan keamanan pengguna. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan tahapan pengembangan yang meliputi studi literatur dan identifikasi masalah, analisis kebutuhan sistem, perancangan sistem, pembuatan prototipe, implementasi dan pemrograman sistem, pengujian, serta evaluasi. Sistem dikembangkan menggunakan ESP8266 sebagai mikrokontroler sekaligus penghubung perangkat dengan jaringan internet. Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mendeteksi jarak dan keberadaan hambatan, sedangkan motor getar dan buzzer digunakan sebagai media peringatan kepada pengguna. Selain itu, modul GPS digunakan untuk memperoleh informasi lokasi yang dapat dipantau melalui aplikasi berbasis IoT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe *Smart Cane* mampu mendeteksi keberadaan hambatan berdasarkan jarak yang telah ditentukan dan memberikan respons berupa getaran serta suara sebagai peringatan kepada pengguna. Sistem juga mampu memanfaatkan konektivitas IoT untuk mengirimkan informasi lokasi pengguna melalui modul GPS. Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *Black Box Testing* yang berfokus pada pengujian fungsi setiap komponen dan fitur sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa fungsi utama, seperti pendeteksian hambatan, pemberian peringatan melalui motor getar dan buzzer, serta pengiriman informasi lokasi, dapat berjalan sesuai dengan rancangan sistem. Dengan demikian, *Smart Cane* berbasis IoT menggunakan ESP8266 dapat menjadi salah satu alternatif alat bantu yang mendukung keamanan dan kemandirian penyandang tunanetra dalam melakukan mobilitas.

**Kata kunci:** *Smart Cane*, *Internet of Things*, ESP8266, Sensor Ultrasonik, GPS, Tunanetra.

# **IOT-BASED SMART CANE DEVELOPMENT USING ESP 8266 AS A MOBILITY AID FOR THE VISUALLY IMPAIRED**

## **ABSTRACT**

*This research aims to develop an Internet of Things (IoT)-based Smart Cane using ESP8266 as a mobility assistance device for visually impaired individuals. The background of this research is based on the limitations of conventional canes in assisting users to detect obstacles around them while moving. Therefore, an assistive device that utilizes technology is needed to provide information about the presence of obstacles more effectively and improve the safety of visually impaired individuals. The research method used is Research and Development (R&D), with development stages consisting of literature study and problem identification, system requirements analysis, system design, prototype development, system implementation and programming, testing, and evaluation. The system is developed using ESP8266 as a microcontroller and a device for connecting the system to the internet network. An HC-SR04 ultrasonic sensor is used to detect the distance and presence of obstacles, while a vibration motor and buzzer are used as warning indicators for the user. In addition, a GPS module is used to obtain the user's location information, which can be monitored through an IoT-based application. The results show that the Smart Cane prototype is capable of detecting obstacles based on predetermined distances and providing vibration and sound responses as warnings to the user. The system is also capable of utilizing IoT connectivity to transmit the user's location information through the GPS module. System testing is conducted using the Black Box Testing method, which focuses on testing the functions of each component and feature of the system. The test results show that the main functions, including obstacle detection, warnings through the vibration motor and buzzer, and location information transmission, operate according to the system design. Therefore, the ESP8266-based IoT Smart Cane can serve as an alternative assistive device to support the safety and independence of visually impaired individuals in carrying out their mobility activities.*

**Keywords:** Smart Cane, Internet of Things, ESP8266, Ultrasonic Sensor, GPS, Visually Impaired.

## DAFTAR ISI

|                                                                    |            |
|--------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                             | <b>ix</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                          | <b>xi</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                                          | <b>xii</b> |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                                      | <b>1</b>   |
| 1.1 Latar Belakang .....                                           | 1          |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                          | 4          |
| 1.3 Batasan Masalah.....                                           | 4          |
| 1.4 Tujuan Penelitian.....                                         | 4          |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....                                        | 5          |
| <b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>                                 | <b>6</b>   |
| 2.1 <i>Smart Cane</i> .....                                        | 6          |
| 2.2 <i>Internet of Things (IoT)</i> .....                          | 7          |
| 2.3 Mikrokontroler dan Modul IoT (ESP8266) .....                   | 7          |
| 2.4 Sensor Ultrasonik (HC-SR04).....                               | 9          |
| 2.5 Sistem Peringatan ( <i>Vibration motor</i> dan Buzzer) .....   | 10         |
| 2.6 GPS NEO-6M .....                                               | 13         |
| 2.7 <i>Unified Modeling Language (UML)</i> .....                   | 15         |
| 2.7.1 <i>Use Case Diagram</i> .....                                | 16         |
| 2.7.2 <i>Activity Diagram</i> .....                                | 17         |
| 2.7.3 <i>Sequence Diagram</i> .....                                | 19         |
| 2.8 Arduino IDE ( <i>Integrated Development Environment</i> )..... | 21         |
| 2.9 <i>Adafruit IO</i> .....                                       | 22         |
| 2.10 Bahasa Pemrograman (C/C++) .....                              | 23         |
| 2.11 Penelitian Terdahulu .....                                    | 24         |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>                         | <b>27</b>  |
| 3.1 Jenis Penelitian.....                                          | 27         |
| 3.2 Objek dan Subjek Penelitian .....                              | 28         |
| 3.2.1 Objek Penelitian .....                                       | 28         |
| 3.2.2 Subjek Penelitian .....                                      | 29         |
| 3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....                                 | 30         |
| 3.4 Diagram Alur Penelitian.....                                   | 33         |
| 3.5 Tahapan Perancangan Aplikasi .....                             | 35         |
| 3.5.1 Studi Literatur dan Identifikasi Masalah .....               | 35         |
| 3.5.2 Analisis Kebutuhan Sistem.....                               | 35         |
| 3.5.3 Perancangan Prototipe .....                                  | 36         |
| 3.5.4 Pembuatan Prototipe.....                                     | 36         |
| 3.5.5 Implementasi dan Pemrograman Sistem .....                    | 37         |
| 3.5.6 Pengujian Sistem .....                                       | 37         |
| 3.5.7 Analisis Hasil dan Evaluasi .....                            | 38         |
| 3.6 Diagram Arsitektur IoT.....                                    | 38         |
| 3.6.1 Perancangan Hardware .....                                   | 39         |
| 3.6.2 Perancangan Aplikasi .....                                   | 42         |
| 3.7 Model yang Diterapkan pada Sistem Perancangan Aplikasi .....   | 45         |
| 3.7.1 <i>Use Case Diagram</i> .....                                | 45         |

|                                                                                                       |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.7.2 Activity Diagram.....                                                                           | 47        |
| 3.7.3 Sequence Diagram.....                                                                           | 48        |
| 3.7.4 Algoritma Deteksi Rintangan Berbasis Ambang Batas ( <i>Threshold-Based Detection</i> )<br>..... | 51        |
| 3.8 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional .....                                                | 53        |
| 3.9 Teknik Pengujian Sistem.....                                                                      | 54        |
| 3.10 Teknik Pengumpulan Data .....                                                                    | 55        |
| 3.11 Teknik Analisis Data.....                                                                        | 55        |
| <b>BAB IV HASIL &amp; PEMBAHASAN.....</b>                                                             | <b>57</b> |
| 4.1. Hasil Penelitian .....                                                                           | 57        |
| 4.1.1. Hasil Perancangan Smart Cane .....                                                             | 57        |
| 4.1.2. Implementasi Perangkat Keras .....                                                             | 60        |
| 4.1.3. Implementasi Perangkat Lunak.....                                                              | 63        |
| 4.1.4. Implementasi Sistem Monitoring Adafruit IO .....                                               | 67        |
| 4.2. Hasil Pengujian Sistem .....                                                                     | 70        |
| 4.2.1. Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04 .....                                                      | 70        |
| 4.2.2. Pengujian Sistem Peringatan.....                                                               | 72        |
| 4.2.3. Pengujian GPS NEO-6M .....                                                                     | 74        |
| 4.2.4. Pengujian Pengiriman Data IoT .....                                                            | 77        |
| 4.2.5. Pengujian Keseluruhan Sistem .....                                                             | 79        |
| 4.3. Analisis dan Pembahasan.....                                                                     | 82        |
| 4.3.1. Analisis Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04 .....                                       | 83        |
| 4.3.2. Analisis Hasil Pengujian Sistem Peringatan .....                                               | 83        |
| 4.3.3. Analisis Hasil Pengujian GPS NEO-6M.....                                                       | 84        |
| 4.3.4. Analisis Hasil Pengujian Pengiriman Data IoT .....                                             | 85        |
| 4.3.5. Analisis Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem .....                                              | 86        |
| <b>BAB V PENUTUP.....</b>                                                                             | <b>88</b> |
| 5.1. Kesimpulan .....                                                                                 | 88        |
| 5.2. Saran .....                                                                                      | 89        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                                                                            | <b>91</b> |

## DAFTAR TABEL

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Use Case Diagram .....                           | 16 |
| Tabel 2.2 Activity Diagram .....                           | 17 |
| Tabel 3.2 Koneksi Pin Komponen Hardware .....              | 41 |
| Tabel 3.3 Spesifikasi Use Case Sistem Smart Cane .....     | 46 |
| Tabel 3. 4 Simbol-Simbol Activity Diagram .....            | 48 |
| Tabel 3. 5 Simbol-Simbol Sequence Diagram .....            | 49 |
| Tabel 3. 6 Definisi Operasional Variabel Penelitian .....  | 53 |
| Tabel 3. 7 Parameter Pengujian Sistem Smart Cane.....      | 54 |
| Tabel 4. 1 Konfigurasi Perangkat Keras Smart Cane .....    | 63 |
| Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04 ..... | 71 |
| Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Sistem Peringatan .....         | 73 |
| Tabel 4. 4 Hasil Pengujian GPS NEO-6M.....                 | 76 |
| Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Pengiriman Data IoT .....       | 78 |
| Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem .....        | 81 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Modul ESP8266 .....                                                  | 8  |
| Gambar 2.2 HC-SR04 .....                                                        | 10 |
| Gambar 2.3 Vibration motor .....                                                | 11 |
| Gambar 2.4 Buzzer .....                                                         | 12 |
| Gambar 2.5 GPS NEO-6M .....                                                     | 14 |
| Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian Smart CaneBerbasis IoT .....                 | 34 |
| Gambar 3.2 Diagram Arsitektur IoT Smart CaneBerbasis ESP8266 .....              | 39 |
| Gambar 3.3 Diagram Blok Sistem <i>Smart Cane</i> Berbasis IoT .....             | 40 |
| Gambar 3.4 Skema Rangkaian Hardware Smart Cane .....                            | 42 |
| Gambar 3.5 Flowchart Sistem Smart CaneBerbasis IoT .....                        | 44 |
| Gambar 3.6 Tampilan Antarmuka Monitoring Adafruit IO .....                      | 45 |
| Gambar 3.7 Use Case Diagram Sistem Smart CaneBerbasis IoT .....                 | 46 |
| Gambar 3.8 Activity Diagram Sistem Smart CaneBerbasis IoT .....                 | 47 |
| Gambar 3.9 Sequence Diagram Sistem Smart CaneBerbasis IoT .....                 | 50 |
| Gambar 4.1 Hasil Perancangan Smart Cane .....                                   | 59 |
| Gambar 4.2 Tampilan Monitoring Smart Cane pada Adafruit IO .....                | 60 |
| Gambar 4.3 Rangkaian Perangkat Keras Smart Cane .....                           | 61 |
| Gambar 4.4 Implementasi Buzzer dan Vibration Motor pada Smart Cane .....        | 62 |
| Gambar 4.5 Implementasi Perangkat Keras Smart Cane .....                        | 63 |
| Gambar 4.6 Implementasi Program Smart Cane pada Arduino IDE .....               | 64 |
| Gambar 4.7 Program Pembacaan Sensor HC-SR04 .....                               | 65 |
| Gambar 4.8 Program Pembacaan Data GPS NEO-6M .....                              | 66 |
| Gambar 4.9 Program Koneksi Wi-Fi dan Pengiriman Data ke Adafruit IO .....       | 66 |
| Gambar 4.10 Tampilan Dashboard Monitoring Smart Cane pada Adafruit IO .....     | 68 |
| Gambar 4.11 Tampilan Informasi Lokasi Pengguna pada Dashboard Adafruit IO ..... | 69 |
| Gambar 4.12 Sensor Ultrasonik HC-SR04 .....                                     | 70 |
| Gambar 4.13 GPS NEO-6M .....                                                    | 75 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan teknologi pada era digital saat ini telah mendorong inovasi dalam berbagai bidang kehidupan, termasuk dalam pengembangan teknologi asistif bagi penyandang disabilitas. Kemajuan teknologi tidak hanya memberikan kemudahan dalam aktivitas sehari-hari, tetapi juga membuka peluang untuk menciptakan solusi yang lebih efektif dalam membantu kelompok masyarakat dengan keterbatasan tertentu. Salah satu teknologi yang berkembang pesat adalah *Internet of Things* (IoT), yaitu konsep yang memungkinkan berbagai perangkat untuk saling terhubung dan bertukar data secara *real-time* melalui jaringan internet (Kazi et al., 2023). Pemanfaatan teknologi ini mampu menghadirkan sistem yang lebih cerdas, responsif, serta terintegrasi, sehingga dapat memberikan solusi inovatif dalam meningkatkan kualitas hidup manusia, khususnya bagi penyandang disabilitas seperti tunanetra (Joo et al., 2026).

Penyandang tunanetra merupakan individu yang mengalami keterbatasan dalam fungsi penglihatan sehingga menghadapi berbagai hambatan dalam menjalankan aktivitas sehari-hari, terutama dalam hal mobilitas dan orientasi. Keterbatasan ini menyebabkan mereka sangat bergantung pada indera lain seperti pendengaran dan peraba untuk berinteraksi dengan lingkungan sekitar. Berdasarkan data terbaru, jumlah penyandang tunanetra di Indonesia mencapai sekitar 4 juta orang atau sekitar 1,5% dari total populasi (Aidran, 2023). Selain itu, hasil survei Kementerian Kesehatan tahun 2023 menunjukkan bahwa disabilitas penglihatan merupakan salah satu jenis disabilitas yang paling banyak

dialami masyarakat di Indonesia. Tingginya angka tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan akan alat bantu mobilitas yang efektif, aman, dan inovatif menjadi sangat penting untuk menunjang kemandirian penyandang tunanetra.

Namun alat bantu yang umum digunakan saat ini, seperti tongkat konvensional (*white cane*), masih memiliki berbagai keterbatasan. Tongkat konvensional hanya mampu mendeteksi rintangan dalam jarak yang sangat dekat melalui sentuhan langsung, sehingga pengguna baru mengetahui adanya objek ketika sudah berada dalam jarak yang cukup dekat. Selain itu, tongkat ini tidak mampu memberikan informasi secara *real-time* mengenai kondisi lingkungan secara menyeluruh, seperti keberadaan rintangan di bagian atas, lubang, atau objek yang berada di luar jangkauan tongkat. Keterbatasan ini menyebabkan penyandang tunanetra masih memiliki risiko tinggi mengalami kecelakaan, seperti tersandung, menabrak objek, atau tersesat di lingkungan yang tidak dikenal (Kazi et al., 2023).

Seiring dengan perkembangan teknologi, berbagai penelitian dalam lima tahun terakhir menunjukkan bahwa pemanfaatan mikrokontroler dan sensor dapat meningkatkan efektivitas alat bantu mobilitas. Penggunaan Arduino IDE sebagai platform *open-source* memungkinkan pengembangan sistem yang fleksibel, mudah dikembangkan, serta memiliki biaya yang relatif rendah (Yuwono et al., 2023). Dengan memanfaatkan sensor, seperti sensor ultrasonik, alat bantu dapat mendeteksi rintangan dari jarak tertentu sebelum pengguna mendekatinya. Selain itu, integrasi dengan sistem peringatan seperti *buzzer* atau getaran dapat memberikan respons yang cepat kepada pengguna, sehingga meningkatkan tingkat keamanan dalam berjalan (Mushrifa & Damodaran, 2023).

Lebih lanjut, integrasi dengan teknologi IoT memungkinkan perangkat untuk mengirimkan informasi seperti lokasi pengguna secara *real-time* kepada pihak lain, seperti keluarga atau pendamping. Dengan adanya fitur ini, alat bantu tidak hanya berfungsi sebagai pendeteksi rintangan, tetapi juga sebagai sistem keamanan tambahan yang memungkinkan pemantauan jarak jauh. Hal ini sangat penting terutama dalam kondisi darurat, seperti ketika pengguna tersesat atau mengalami kecelakaan, sehingga dapat segera mendapatkan bantuan (Yuwono et al., 2023).

Meskipun demikian, masih terdapat beberapa keterbatasan pada penelitian sebelumnya, seperti kurangnya integrasi sistem secara menyeluruh antara deteksi rintangan, sistem peringatan, dan komunikasi data berbasis IoT. Beberapa penelitian hanya berfokus pada satu aspek tertentu, sehingga sistem yang dihasilkan belum sepenuhnya optimal dalam mendukung kebutuhan pengguna (Kebede & Shiferaw, 2023). Oleh karena itu, diperlukan pengembangan alat bantu yang lebih cerdas, terintegrasi, serta mampu bekerja secara efektif dalam berbagai kondisi lingkungan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian dengan judul “Pengembangan *Smart Cane* Berbasis IoT Menggunakan ESP8266 sebagai Alat Bantu Mobilitas Tunanetra” dilakukan sebagai upaya untuk menciptakan alat bantu yang lebih efektif, aman, dan mampu meningkatkan kemandirian penyandang tunanetra dalam menjalankan aktivitas sehari-hari.

## 1.2 Rumusan Masalah

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

- 1 Bagaimana merancang sistem *Smart Cane* berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan ESP8266 sebagai alat bantu mobilitas bagi penyandang tunanetra?
- 2 Bagaimana kemampuan sensor ultrasonik dalam mendeteksi rintangan di sekitar pengguna pada sistem *Smart Cane* yang dikembangkan?
- 3 Bagaimana kinerja sistem dalam memberikan peringatan kepada pengguna serta mengirimkan informasi lokasi secara *real-time* melalui teknologi IoT?

## 1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian, maka penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem yang dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP-8266 sebagai pengendali utama.
2. Sensor yang digunakan adalah sensor ultrasonik untuk mendeteksi rintangan.
3. Sistem menggunakan teknologi *Internet of Things* untuk mengirimkan informasi tertentu.
4. Pengujian alat dilakukan dalam lingkungan terbatas sebagai simulasi penggunaan oleh penyandang tunanetra.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang sistem *Smart Cane* berbasis ESP8266 dan teknologi IoT.
2. Mengimplementasikan sensor untuk mendeteksi rintangan di sekitar pengguna.
3. Menguji kinerja sistem dalam memberikan peringatan kepada pengguna.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi berbagai pihak yang terkait, baik dari aspek akademis maupun praktis, khususnya bagi universitas, masyarakat, serta mahasiswa sebagai pelaksana penelitian.

- 1 Bagi penyandang tunanetra, penelitian ini diharapkan dapat membantu meningkatkan keamanan dan kemandirian dalam melakukan mobilitas sehari-hari melalui penggunaan *Smart Cane* berbasis IoT.
- 2 Bagi perkembangan teknologi dan universitas, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan teknologi asistif berbasis *Internet of Things* (IoT) serta menambah wawasan akademik di bidang sistem cerdas dan mikrokontroler.
- 3 Bagi mahasiswa, penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan, keterampilan, dan pengalaman dalam merancang serta mengembangkan sistem *Smart Cane* berbasis ESP8266 dan IoT.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 *Smart Cane***

Smart Cane merupakan pengembangan dari tongkat konvensional yang digunakan oleh penyandang tunanetra dengan penambahan teknologi elektronik untuk meningkatkan fungsi alat bantu mobilitas. Smart Cane dirancang untuk membantu pengguna mendeteksi rintangan di sekitar secara otomatis serta memberikan peringatan melalui sistem suara maupun getaran sehingga dapat meningkatkan keamanan dan kemandirian pengguna dalam beraktivitas sehari-hari. Secara teknis, Smart Cane bekerja dengan memanfaatkan sensor untuk mendeteksi objek atau rintangan yang berada di sekitar pengguna. Data dari sensor kemudian diproses oleh mikrokontroler untuk menghasilkan respons berupa bunyi buzzer, getaran dari vibration motor, maupun pengiriman informasi melalui sistem berbasis Internet of Things (IoT). Menurut penelitian oleh Gupta et al. (2022), penggunaan Smart Cane berbasis sensor dan IoT mampu meningkatkan efektivitas mobilitas penyandang tunanetra karena sistem dapat memberikan informasi lingkungan secara real-time.

Selain itu, penelitian oleh Rahman et al. (2023) menunjukkan bahwa integrasi teknologi mikrokontroler, sensor ultrasonik, dan GPS pada Smart Cane dapat membantu pengguna dalam mendeteksi rintangan sekaligus memantau lokasi pengguna secara lebih akurat. Pengembangan teknologi ini menjadi solusi yang lebih modern dibandingkan tongkat konvensional yang memiliki keterbatasan dalam memberikan informasi lingkungan sekitar.

Dalam penelitian ini, Smart Cane digunakan sebagai alat bantu mobilitas berbasis IoT yang memanfaatkan ESP8266 sebagai mikrokontroler utama, sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi rintangan, dan GPS NEO-6M sebagai pelacak lokasi. ESP8266 berfungsi untuk menerima dan memproses data dari sensor ultrasonik dan GPS, mengendalikan buzzer dan vibration motor sebagai sistem peringatan, serta mengirimkan data melalui jaringan Wi-Fi ke platform Adafruit IO untuk kebutuhan monitoring. Dengan integrasi komponen tersebut, sistem diharapkan mampu memberikan peringatan terhadap rintangan sekaligus menyediakan informasi lokasi pengguna secara real-time kepada pendamping atau pihak terkait.

## **2.2 Internet of Things (IoT)**

*Internet of Things* (IoT) merupakan konsep teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat untuk saling terhubung melalui jaringan internet dan bertukar data secara otomatis. IoT mengintegrasikan sensor, perangkat komputasi, dan sistem komunikasi dalam satu kesatuan system (Akbar Idaman et al., 2025). Menurut (Gubbi, et al. 2021), IoT berperan penting dalam pengembangan sistem cerdas yang mampu memproses data secara *real-time*. Dalam konteks penelitian ini, IoT digunakan untuk mengirimkan data lokasi pengguna serta informasi kondisi lingkungan ke perangkat lain seperti *smartphone*.

## **2.3 Mikrokontroler dan Modul IoT (ESP8266)**

Mikrokontroler merupakan komponen utama dalam sistem elektronik yang berfungsi sebagai pusat pengendali untuk memproses data dari sensor, menjalankan logika pemrograman, serta mengendalikan perangkat keluaran.

Dalam penelitian ini, mikrokontroler yang digunakan adalah ESP8266, yaitu sebuah mikrokontroler yang telah terintegrasi dengan modul Wi-Fi sehingga mampu menjalankan fungsi pengendalian sekaligus komunikasi berbasis Internet of Things (IoT) (Hidayat et al., 2022).

ESP8266 merupakan perangkat yang banyak digunakan pada pengembangan sistem IoT karena memiliki ukuran yang ringkas, konsumsi daya yang rendah, serta mendukung komunikasi nirkabel melalui protokol TCP/IP. Kemampuan tersebut memungkinkan ESP8266 mengirim dan menerima data secara real-time melalui jaringan internet tanpa memerlukan modul komunikasi tambahan (Visan & Diaconu, 2022). Selain itu, ESP8266 dapat diprogram menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C/C++ sehingga memudahkan proses pengembangan sistem (Visan & Diaconu, 2022).



**Gambar 2.1 Modul ESP8266**

Pada sistem Smart Cane yang dikembangkan, ESP8266 berfungsi sebagai pengendali utama yang menerima data dari sensor ultrasonik HC-SR04 dan modul GPS NEO-6M. Data tersebut kemudian diproses untuk menentukan kondisi

rintangan di sekitar pengguna, mengaktifkan buzzer dan vibration motor sebagai sistem peringatan, serta mengirimkan koordinat lokasi pengguna ke aplikasi *Adafruit IO* melalui jaringan Wi-Fi secara real-time (Iqbal et al., 2024).

Dengan mengintegrasikan fungsi mikrokontroler dan komunikasi internet dalam satu perangkat, ESP8266 mampu menyederhanakan rancangan perangkat keras, mengurangi jumlah komponen, serta meningkatkan efisiensi sistem. Oleh karena itu, ESP8266 dipilih sebagai inti dari pengembangan Smart Cane berbasis IoT karena mampu mendukung proses monitoring dan pelacakan lokasi pengguna secara cepat, akurat, dan terhubung dengan aplikasi mobile (Hidayat et al., 2022; Iqbal et al., 2024).

#### 2.4 Sensor Ultrasonik (HC-SR04)

Sensor ultrasonik *HC-SR04* merupakan perangkat elektronik yang digunakan untuk mengukur jarak suatu objek dengan memanfaatkan gelombang suara berfrekuensi tinggi (ultrasonik). Sensor ini bekerja dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik melalui *transmitter*, kemudian menerima pantulan gelombang tersebut melalui *receiver* setelah mengenai objek. Berdasarkan waktu tempuh gelombang dari pengiriman hingga penerimaan kembali, jarak objek dapat dihitung secara akurat. Menurut (Santoso, 2021), sensor ultrasonik merupakan salah satu sensor yang banyak digunakan dalam sistem pengukuran jarak karena memiliki tingkat akurasi yang cukup baik serta tidak dipengaruhi oleh



### Gambar 2.2 HC-SR04

Secara teknis, sensor HC-SR04 memiliki empat pin utama yaitu VCC, GND, Trig, dan Echo. Pin Trig digunakan untuk mengirimkan sinyal pemicu, sedangkan pin Echo digunakan untuk menerima sinyal pantulan dari objek. Sensor ini mampu mengukur jarak dalam rentang sekitar 2 cm hingga 400 cm dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi. Proses pengukuran dilakukan dengan menghitung waktu yang dibutuhkan gelombang ultrasonik untuk kembali ke sensor setelah dipantulkan oleh objek. Menurut (Prasetyo dan Hidayat., 2023), penggunaan sensor HC-SR04 dalam sistem berbasis mikrokontroler memungkinkan deteksi objek secara *real-time* sehingga sangat efektif digunakan dalam aplikasi navigasi dan penghindaran rintangan. Dalam penelitian ini, sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan sebagai komponen utama dalam mendeteksi rintangan pada sistem *Smart Cane* berbasis *Internet of Things* (IoT). Sensor ini akan membaca jarak objek di sekitar pengguna, kemudian data tersebut dikirim ke ESP8266 untuk diproses. Apabila jarak objek berada di bawah batas tertentu, sistem akan memberikan peringatan kepada pengguna melalui *buzzer* atau getaran. Dengan penggunaan sensor ini, alat bantu mobilitas yang dikembangkan diharapkan mampu memberikan informasi yang lebih cepat dan akurat sehingga dapat meningkatkan keamanan dan kemandirian penyandang tunanetra dalam beraktivitas.

### 2.5 Sistem Peringatan (*Vibration motor dan Buzzer*)

Sistem peringatan merupakan salah satu komponen penting dalam perangkat elektronik yang berfungsi untuk memberikan informasi, notifikasi, atau tanda kepada pengguna terhadap kondisi tertentu yang terjadi pada sistem. Dalam

sistem berbasis mikrokontroler, sistem peringatan umumnya menggunakan perangkat output seperti *Vibration motor* (motor getar) dan *buzzer*. Kedua komponen tersebut berperan dalam menyampaikan informasi secara langsung kepada pengguna melalui getaran maupun suara sehingga pengguna dapat merespon kondisi yang terjadi dengan lebih cepat. Penggunaan sistem peringatan sangat penting terutama pada perangkat bantu yang digunakan oleh penyandang tunanetra, karena informasi yang diberikan harus dapat diterima dengan jelas tanpa bergantung pada penglihatan.



**Gambar 2.3 *Vibration motor***

Secara teknis, *Vibration motor* bekerja dengan menghasilkan getaran melalui putaran motor yang memiliki beban tidak seimbang (*eccentric rotating mass*), sehingga getaran dapat dirasakan langsung oleh pengguna sebagai bentuk notifikasi. Sementara itu, *buzzer* bekerja dengan mengubah energi listrik menjadi energi suara untuk menghasilkan bunyi peringatan. Kombinasi kedua komponen ini memungkinkan sistem memberikan respon yang lebih efektif karena memanfaatkan lebih dari satu indera pengguna, yaitu indera peraba dan pendengaran. Menurut (Hidayat., 2021), sistem peringatan berbasis getaran dan suara merupakan metode yang efektif dalam memberikan respon cepat terhadap

kondisi tertentu dalam sistem elektronik. Selain itu, penggunaan kombinasi *Vibration motor* dan *buzzer* juga dapat meningkatkan tingkat keamanan dan kenyamanan pengguna dalam menerima informasi dari sistem secara real-time.

Secara teknis, *Vibration motor* bekerja dengan prinsip rotasi massa tidak seimbang (*eccentric rotating mass/ERM*) yang menghasilkan getaran ketika motor berputar. Getaran ini dapat dirasakan langsung oleh pengguna sebagai bentuk notifikasi tanpa memerlukan indera pendengaran. Sementara itu, *buzzer* bekerja dengan mengubah energi listrik menjadi energi suara melalui elemen piezoelektrik atau elektromagnetik. *buzzer* dapat menghasilkan suara secara langsung (*active buzzer*) atau melalui pengaturan frekuensi dari mikrokontroler (*passive buzzer*). Menurut (Pratama dan Siregar. 2023), kombinasi penggunaan *Vibration motor* dan *buzzer* dalam suatu sistem dapat meningkatkan efektivitas penyampaian informasi karena memanfaatkan lebih dari satu jenis indera.



**Gambar 2.4 Buzzer**

Dalam penelitian ini, sistem peringatan pada *Smart Cane* berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan kombinasi *Vibration motor* dan *buzzer*. Kedua komponen ini akan aktif ketika sensor ultrasonik mendeteksi adanya rintangan dalam jarak tertentu. *Vibration motor* memberikan notifikasi melalui getaran yang

dapat dirasakan langsung oleh pengguna, sedangkan *buzzer* memberikan peringatan tambahan dalam bentuk suara. Kombinasi ini dirancang untuk meningkatkan responsivitas sistem serta memberikan informasi yang lebih jelas kepada pengguna. Dengan demikian, sistem peringatan yang dikembangkan diharapkan mampu meningkatkan keamanan dan kenyamanan penyandang tunanetra dalam melakukan mobilitas sehari-hari.

## **2.6 GPS NEO-6M**

Global Positioning System (GPS) merupakan teknologi berbasis satelit yang digunakan untuk menentukan posisi atau lokasi suatu objek di permukaan bumi. GPS bekerja dengan menerima sinyal dari beberapa satelit yang mengorbit bumi, kemudian menghitung posisi berdasarkan waktu tempuh sinyal tersebut. Salah satu modul GPS yang banyak digunakan dalam sistem berbasis mikrokontroler adalah NEO-6M, yang dikenal memiliki tingkat akurasi yang cukup baik serta kompatibel dengan berbagai platform mikrokontroler. Menurut Kurniawan (2021), GPS merupakan teknologi penting dalam sistem navigasi modern karena mampu memberikan informasi lokasi secara real-time dengan tingkat presisi yang tinggi.

Secara teknis, modul GPS NEO-6M bekerja dengan menerima sinyal dari beberapa satelit untuk menentukan koordinat posisi berupa lintang (latitude) dan bujur (longitude). Modul ini menggunakan komunikasi serial (UART) untuk mengirimkan data ke mikrokontroler dalam format NMEA (National Marine Electronics Association). Data yang dihasilkan dapat berupa koordinat lokasi, kecepatan, serta waktu.

Menurut Hidayat dan Prasetyo (2023), modul NEO-6M memiliki sensitivitas yang baik dalam menangkap sinyal satelit sehingga mampu digunakan dalam berbagai kondisi lingkungan, meskipun performanya dapat dipengaruhi oleh hambatan seperti gedung atau kondisi lingkungan tertentu.



**Gambar 2.5 GPS NEO-6M**

Dalam penelitian ini, modul GPS NEO-6M digunakan untuk menentukan dan melacak lokasi pengguna *Smart Cane* berbasis *Internet of Things* (IoT). Data lokasi yang diperoleh dari GPS dikirimkan secara langsung ke ESP8266 melalui komunikasi serial untuk diproses. Selanjutnya, data koordinat lokasi yang telah diproses oleh ESP8266 dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi ke platform Adafruit IO untuk ditampilkan pada *dashboard* dan dipantau oleh pengguna atau pendamping melalui perangkat yang terhubung ke internet. Dengan adanya fitur pelacakan lokasi ini, pihak terkait dapat memantau posisi pengguna secara *real-time*, sehingga dapat meningkatkan aspek keamanan, terutama dalam kondisi darurat. Integrasi GPS dalam sistem ini diharapkan dapat memberikan nilai tambah dalam pengembangan alat bantu mobilitas bagi penyandang tunanetra.

## 2.7 Unified Modeling Language (UML)

*Unified Modeling Language (UML)* merupakan bahasa pemodelan visual yang digunakan untuk merancang, memvisualisasikan, dan mendokumentasikan sistem perangkat lunak secara terstruktur. UML membantu pengembang dalam memahami kebutuhan sistem serta menggambarkan hubungan antar komponen sebelum proses implementasi dilakukan. Menurut (Nugroho,2021), UML menjadi salah satu standar pemodelan yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem modern karena mampu menyajikan representasi sistem secara jelas dan sistematis.

Secara teknis, UML terdiri dari berbagai jenis diagram yang memiliki fungsi berbeda dalam menggambarkan sistem. Beberapa diagram yang umum digunakan antara lain *Use Case Diagram* untuk menggambarkan interaksi antara pengguna dengan sistem, *Activity Diagram* untuk menjelaskan alur proses kerja sistem, serta *Sequence Diagram* untuk menunjukkan komunikasi antar komponen secara berurutan. Penggunaan diagram UML memungkinkan pengembang untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem, alur logika, serta potensi kesalahan sejak tahap perancangan. Menurut (Putri dan Ramadhan, 2023), penggunaan UML dapat meningkatkan kualitas desain sistem karena mampu memberikan gambaran yang lebih terstruktur sebelum tahap implementasi dilakukan.

Dalam penelitian ini, UML digunakan sebagai alat bantu dalam merancang sistem *Smart Cane* berbasis *Internet of Things (IoT)*. Diagram UML digunakan untuk memodelkan alur kerja sistem mulai dari proses deteksi rintangan oleh sensor, pengolahan data oleh mikrokontroler, hingga pemberian peringatan kepada pengguna dan pengiriman data lokasi ke aplikasi. Dengan adanya

pemodelan menggunakan UML, sistem yang dirancang menjadi lebih terstruktur, mudah dipahami, serta meminimalisir kesalahan dalam tahap pengembangan.

### 2.7.1 Use Case Diagram

*Use Case Diagram* merupakan salah satu jenis diagram dalam *Unified Modeling Language (UML)* yang digunakan untuk menggambarkan interaksi antara aktor (pengguna atau sistem eksternal) dengan sistem yang dirancang. Diagram ini berfungsi untuk menunjukkan fungsi utama sistem serta bagaimana pengguna berinteraksi dengan sistem tersebut. Menurut (Adi Nugroho, 2021), *Use Case Diagram* digunakan untuk mendeskripsikan kebutuhan fungsional sistem dari sudut pandang pengguna sehingga memudahkan dalam memahami ruang lingkup sistem yang akan dibangun.

**Tabel 2.1 Use Case Diagram**

| NO | Simbol                                                                              | Nama Simbol            | Keterangan                                                    |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1  |  | <i>Actor</i>           | Menunjukkan pengguna sistem seperti tunanetra atau pendamping |
| 2  |  | <i>Use Case</i>        | Menunjukkan aktivitas pada sistem <i>Smart Cane</i>           |
| 3  |  | <i>Association</i>     | Menghubungkan actor dengan fungsi sistem                      |
| 4  |  | <i>System Boundary</i> | Menunjukkan batas sistem <i>Smart Cane</i> berbasis IoT       |

Secara teknis, *Use Case Diagram* terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu aktor, *use case*, dan relasi antar keduanya. Aktor merupakan pihak yang berinteraksi dengan sistem, seperti pengguna atau perangkat lain. *Use case* menggambarkan fungsi atau layanan yang disediakan oleh sistem, sedangkan relasi menunjukkan hubungan antara aktor dan sistem, seperti *include*, *extend*,

atau asosiasi langsung. Menurut (Dewi Putri dan Fajar Ramadhan, 2023), penggunaan *Use Case Diagram* dapat membantu dalam mengidentifikasi kebutuhan sistem secara lebih jelas serta mempermudah komunikasi antara pengembang dan pengguna. Dalam penelitian ini, *Use Case Diagram* digunakan untuk menggambarkan interaksi antara pengguna (penyandang tunanetra) dengan sistem *Smart Cane* berbasis IoT. Diagram ini menunjukkan bagaimana pengguna menerima informasi dari sistem, seperti peringatan adanya rintangan serta pengiriman data lokasi ke aplikasi. Dengan adanya *Use Case Diagram*, alur interaksi antara pengguna dan sistem dapat dipahami dengan lebih mudah sehingga membantu dalam proses perancangan sistem yang lebih terstruktur dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

### 2.7.2 Activity Diagram

*Activity Diagram* merupakan salah satu jenis diagram dalam *Unified Modeling Language (UML)* yang digunakan untuk menggambarkan alur aktivitas atau proses kerja dalam suatu sistem. Diagram ini berfungsi untuk menunjukkan urutan aktivitas dari awal hingga akhir secara sistematis, termasuk percabangan keputusan dan proses yang berjalan secara paralel.

**Tabel 2.2 Activity Diagram**

| No | Simbol | Nama Simbol         | Keterangan                                     |
|----|--------|---------------------|------------------------------------------------|
| 1  | ●      | <i>Initial Node</i> | Menunjukkan awal proses sistem                 |
| 2  | ◎      | <i>Final Node</i>   | Menunjukkan akhir proses sistem                |
| 3  | □      | <i>Activity</i>     | Menunjukkan aktivitas sistem <i>Smart Cane</i> |

| No | Simbol | Nama Simbol     | Keterangan                          |
|----|--------|-----------------|-------------------------------------|
| 4  | ◇      | <i>Decision</i> | Menunjukkan percabangan keputusan   |
| 5  | →      | <i>Flowline</i> | Menunjukkan arah alur proses sistem |

Menurut (Nugroho. 2021), *Activity Diagram* digunakan untuk memodelkan alur kerja sistem atau proses bisnis sehingga memudahkan dalam memahami bagaimana suatu sistem beroperasi. Secara teknis, *Activity Diagram* terdiri dari beberapa elemen utama seperti *initial node* (titik awal), *activity* (proses atau aktivitas), *decision node* (percabangan kondisi), *merge node*, serta *final node* (titik akhir). Selain itu, diagram ini juga dapat menunjukkan aliran proses secara berurutan maupun paralel menggunakan *control flow*. Menurut (Putri dan Ramadhan, 2023), penggunaan *Activity Diagram* sangat membantu dalam menggambarkan logika sistem secara detail karena mampu menunjukkan hubungan antar aktivitas serta alur proses yang terjadi dalam sistem. Dalam penelitian ini, *Activity Diagram* digunakan untuk menggambarkan alur kerja sistem *Smart Cane* berbasis *Internet of Things* (IoT). Diagram ini menunjukkan proses mulai dari pembacaan sensor ultrasonik dalam mendeteksi rintangan, pengolahan data oleh mikrokontroler ESP8266, hingga pemberian peringatan kepada pengguna melalui *buzzer* atau getaran. Selain itu, *Activity Diagram* juga menggambarkan proses pengambilan data lokasi menggunakan GPS serta pengiriman data ke aplikasi melalui jaringan IoT. Dengan adanya *Activity Diagram*, alur kerja sistem dapat dipahami secara lebih jelas dan terstruktur sehingga memudahkan dalam proses perancangan dan implementasi sistem.

### 2.7.3 Sequence Diagram

*Sequence Diagram* merupakan salah satu jenis diagram dalam *Unified Modeling Language (UML)* yang digunakan untuk menggambarkan interaksi antar objek dalam suatu sistem berdasarkan urutan waktu. Diagram ini menunjukkan bagaimana pesan atau data dikirimkan dari satu objek ke objek lainnya secara berurutan, sehingga dapat memperlihatkan alur komunikasi dalam sistem secara dinamis. Menurut (Nugroho, 2021), *Sequence Diagram* digunakan untuk memodelkan skenario interaksi antar komponen sistem dalam urutan waktu tertentu sehingga memudahkan dalam memahami perilaku sistem.

Secara teknis, *Sequence Diagram* terdiri dari beberapa elemen utama, yaitu *actor*, *Object*, *lifeline*, *message*, dan *activation*. *Actor* merepresentasikan pengguna atau entitas eksternal yang berinteraksi dengan sistem, sedangkan *Object* merupakan komponen dalam sistem yang saling berkomunikasi. *Lifeline* menunjukkan keberadaan objek sepanjang waktu, sementara *message* menggambarkan aliran komunikasi atau pengiriman data antar objek. Menurut (Putri dan Ramadhan, 2023), *Sequence Diagram* sangat efektif digunakan untuk menggambarkan alur komunikasi antar komponen karena mampu menunjukkan hubungan sebab-akibat dalam suatu proses secara detail dan terstruktur.

**Tabel 2.3 Sequence Diagram**

| No | Simbol                                                                            | Nama Simbol       | Keterangan                                                 |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------|
| 1  |  | <i>Actor</i>      | Menunjukkan pengguna sistem                                |
| 2  |  | <i>Object</i>     | Menunjukkan komponen seperti ESP8266, sensor, dan aplikasi |
| 3  |  | <i>Lifeline</i>   | Menunjukkan objek aktif selama proses berlangsung          |
| 4  |  | <i>Message</i>    | Menunjukkan pengiriman data atau perintah antar objek      |
| 5  |  | <i>Activation</i> | Menunjukkan pengiriman data atau perintah antar objek      |

Dalam penelitian ini, *Sequence Diagram* digunakan untuk memodelkan interaksi antar komponen dalam sistem *Smart Cane* berbasis *Internet of Things* (IoT). Diagram ini menggambarkan proses mulai dari sensor ultrasonik yang mendeteksi rintangan, kemudian mengirimkan data jarak ke mikrokontroler ESP8266 untuk diproses. Selanjutnya, ESP8266 akan mengaktifkan sistem peringatan berupa *buzzer* atau getaran apabila terdapat rintangan dalam jarak tertentu. Selain itu, sistem akan mengambil data lokasi dari modul GPS NEO-6M dan memproses koordinat lokasi tersebut pada ESP8266. Data hasil pengolahan kemudian dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi ke platform Adafruit IO untuk ditampilkan pada *dashboard* dan dipantau melalui *smartphone* pendamping. Dengan adanya *Sequence Diagram*, alur komunikasi antar komponen dalam sistem dapat dipahami secara lebih jelas sehingga membantu dalam proses perancangan dan implementasi sistem yang lebih terstruktur dan efisien.

## 2.8 Arduino IDE (*Integrated Development Environment*)

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk menulis, mengedit, mengompilasi, dan mengunggah program ke papan mikrokontroler Arduino. Arduino IDE mendukung bahasa pemrograman C/C++ dan memiliki berbagai pustaka (*library*) yang memudahkan pengembangan sistem berbasis mikrokontroler dan *Internet of Things* (IoT). Selain itu, Arduino IDE memiliki tampilan yang sederhana sehingga banyak digunakan dalam pengembangan sistem elektronik dan perangkat cerdas (Monk, 2023).

Secara teknis, Arduino IDE berfungsi sebagai media pemrograman yang menghubungkan perangkat keras dengan instruksi program yang dibuat oleh pengguna. Program yang ditulis pada Arduino IDE akan diproses dan diunggah ke mikrokontroler agar sistem dapat menjalankan fungsi tertentu, seperti membaca data sensor, mengontrol modul IoT, serta mengaktifkan perangkat keluaran seperti *buzzer* dan *vibration motor*. Penelitian yang dilakukan oleh (Visan dan Diaconu 2022) menunjukkan bahwa Arduino IDE efektif digunakan dalam pengembangan sistem berbasis ESP8266 dan aplikasi *Adafruit IO* karena mendukung integrasi sensor serta komunikasi data secara real-time. Dalam penelitian ini, Arduino IDE digunakan untuk membuat dan mengunggah program pada ESP8266. Bahasa pemrograman C/C++ digunakan untuk mengatur proses pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04, pengambilan data lokasi GPS NEO-6M, pengiriman data melalui ESP8266, serta pengontrolan *buzzer* dan *Vibration motor* sebagai sistem peringatan bagi pengguna *Smart Cane*.

## **2.9 Adafruit IO**

Adafruit IO merupakan platform cloud berbasis Internet of Things (IoT) yang digunakan untuk menyimpan, memantau, dan menampilkan data dari perangkat elektronik secara real-time. Platform ini dikembangkan oleh Adafruit Industries dan menyediakan layanan komunikasi data melalui protokol MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) maupun HTTP API, sehingga memungkinkan mikrokontroler ESP8266 terhubung dengan server cloud secara efisien (Rubell et al., 2023).

Secara teknis, Adafruit IO bekerja dengan menghubungkan perangkat IoT ke server cloud menggunakan koneksi internet. Data yang dikirimkan oleh ESP8266 akan disimpan ke dalam feed, kemudian divisualisasikan ke dalam dashboard yang dapat diakses melalui smartphone maupun komputer. Selain menampilkan data sensor secara real-time, Adafruit IO juga mendukung pembuatan grafik, indikator, tombol kendali, serta sistem pemantauan jarak jauh yang mudah dikonfigurasi tanpa perlu mengembangkan aplikasi mobile secara khusus (Adafruit Industries, 2024).

Dalam penelitian ini, Adafruit IO digunakan sebagai media monitoring pada sistem Smart Cane berbasis IoT. Platform ini menerima data jarak hasil pembacaan sensor ultrasonik serta koordinat lokasi dari modul GPS yang dikirimkan oleh ESP8266 melalui jaringan Wi-Fi. Data tersebut kemudian ditampilkan pada dashboard Adafruit IO sehingga pendamping atau keluarga dapat memantau kondisi dan lokasi pengguna secara real-time melalui perangkat yang terhubung ke internet (Adafruit Industries, 2024).

Penggunaan Adafruit IO dipilih karena memiliki antarmuka yang sederhana, mendukung komunikasi MQTT yang ringan untuk perangkat IoT, serta menyediakan fasilitas visualisasi data yang sesuai untuk kebutuhan sistem monitoring real-time. Dengan demikian, Adafruit IO menjadi platform yang mendukung implementasi sistem Smart Cane secara terintegrasi, mulai dari proses pengiriman data hingga penyajian informasi kepada pengguna dan pendamping (Rubell et al., 2023).

## **2.10 Bahasa Pemrograman (C/C++)**

Bahasa pemrograman merupakan bagian fundamental dalam sistem berbasis mikrokontroler karena berfungsi sebagai media untuk menerjemahkan rancangan sistem menjadi instruksi yang dapat dijalankan oleh perangkat keras. Dalam pengembangan sistem *Internet of Things* (IoT), bahasa pemrograman tidak hanya digunakan untuk mengatur logika kerja perangkat, tetapi juga berperan dalam pengolahan data sensor, pengendalian aktuator, serta pengelolaan komunikasi antar perangkat secara real-time. Pada penelitian ini, sistem *Smart Cane* berbasis IoT menggunakan bahasa pemrograman C dan C++ yang dijalankan melalui lingkungan pengembangan ESP8266. Bahasa C/C++ dipilih karena memiliki karakteristik efisiensi tinggi, penggunaan memori yang ringan, serta kemampuan untuk berinteraksi langsung dengan perangkat keras (*hardware-level Programming*). Hal ini menjadikannya sangat sesuai untuk sistem embedded yang memiliki keterbatasan sumber daya, seperti mikrokontroler.

C++ merupakan pengembangan dari bahasa C yang menambahkan konsep pemrograman berorientasi objek (*Object-Oriented Programming*). Konsep ini memungkinkan kode program disusun secara lebih terstruktur melalui

penggunaan fungsi, modul, dan objek, sehingga mempermudah proses pengembangan serta pemeliharaan sistem, terutama pada proyek IoT yang kompleks. Dalam implementasinya, bahasa pemrograman ini digunakan melalui Arduino IDE sebagai platform utama untuk menulis, mengompilasi, dan mengunggah program ke mikrokontroler seperti ESP8266. Program yang dibuat berfungsi untuk membaca input dari sensor, memproses data yang diperoleh, kemudian menghasilkan output berupa kendali pada aktuator seperti *Vibration motor* dan buzzer. Selain itu, bahasa C/C++ juga berperan dalam mengintegrasikan sistem dengan modul komunikasi WiFi seperti ESP8266. Melalui integrasi ini, data dari perangkat *Smart Cane* dapat dikirim ke platform IoT sehingga memungkinkan pemantauan dan kontrol jarak jauh secara *real-time* melalui aplikasi.

Menurut (Hidayat et al, 2022), penggunaan bahasa C/C++ pada sistem berbasis mikrokontroler memberikan keunggulan dalam hal kecepatan eksekusi dan stabilitas sistem. Sementara itu, (Sari dan Wibowo, 2023) menyatakan bahwa bahasa C/C++ sangat efektif digunakan dalam pengembangan sistem IoT karena mampu mengelola proses input-output secara efisien serta mendukung integrasi perangkat keras dan jaringan secara optimal.

## **2.11 Penelitian Terdahulu**

Penelitian mengenai *Smart Cane* dan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) telah banyak dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir sebagai solusi untuk membantu mobilitas penyandang tunanetra. Penggunaan mikrokontroler, sensor ultrasonik, GPS, serta aplikasi monitoring berbasis IoT dinilai mampu meningkatkan keamanan dan efektivitas alat bantu mobilitas. penggunaan sensor

dan sistem IoT pada *Smart Canedapat* membantu pengguna mendeteksi rintangan secara real-time. Selain itu, (Rahman et al.,2023) menyatakan bahwa integrasi ESP8266 dan GPS mampu meningkatkan sistem pelacakan lokasi pengguna tunanetra secara lebih akurat.

**Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu**

| No | Peneliti               | Judul Penelitian                                                                                               | Metode / Teknologi | Hasil Penelitian                                                                                     |
|----|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Gupta et al. (2022)    | <i>IoT-Based Smart Walking Stick for Visually Impaired</i>                                                     | Sensor             | Sistem mampu mendeteksi rintangan secara <i>real-time</i> dan membantu mobilitas pengguna tunanetra. |
| 2  | Rahman et al. (2023)   | <i>Smart Canefor Visually Impaired People Using Arduino and IoT Technology</i>                                 | GPS, ESP8266       | Sistem berhasil mendeteksi objek dan mengirim lokasi pengguna melalui IoT.                           |
| 3  | Sulaeman (2022)        | <i>Sistem Keamanan Rumah dengan Konsep Internet of Thing (IoT) Berbasis Arduino</i>                            | Arduino dan Blynk  | Sistem monitoring mampu menampilkan data secara <i>real-time</i> melalui smartphone.                 |
| 4  | Iqbal et al. (2024)    | <i>Perancangan Sistem IoT Untuk Deteksi Dini Banjir Berbasis Sensor Water Level Menggunakan Platform Blynk</i> | ESP8266 dan Blynk  | Sistem berhasil mengirim data sensor ke aplikasi Blynk secara real-time.                             |
| 5  | Visan & Diaconu (2022) | <i>Home Automation System Using ESP8266 Microcontroller and Blynk Application</i>                              | ESP8266 dan Blynk  | Sistem IoT mampu melakukan monitoring perangkat secara jarak jauh dengan baik.                       |

|   |                       |                                                                |                                    |                                                                                        |
|---|-----------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 6 | Kumar et al. (2021)   | <i>IoT Based Smart Assistive System for Blind People</i>       | Sensor ultrasonik                  | Sistem membantu pengguna mendeteksi rintangan dan meningkatkan keamanan mobilitas.     |
| 7 | Hossain et al. (2023) | <i>Smart Navigation System for Visually Impaired Using IoT</i> | GPS, ESP8266, IoT                  | Sistem navigasi mampu memberikan informasi lokasi pengguna secara akurat.              |
| 8 | Pratama et al. (2024) | <i>Prototype Smart Cane Berbasis IoT Menggunakan ESP8266</i>   | ESP8266, sensor ultrasonik, buzzer | Sistem mampu memberikan peringatan otomatis ketika terdapat objek di sekitar pengguna. |

Berdasarkan Analisi tersebut, dapat diketahui bahwa sebagian besar penelitian sebelumnya memanfaatkan teknologi sensor ultrasonik, GPS, dan ESP8266 dalam pengembangan sistem berbasis IoT. Penelitian yang dilakukan (Gupta et al.,2022) dan (Rahman et al.,2023) menunjukkan bahwa penggunaan sensor ultrasonik dan IoT mampu meningkatkan keamanan mobilitas penyandang tunanetra. Selain itu, penelitian oleh (Hossain et al.,2023) membuktikan bahwa integrasi GPS dan IoT dapat membantu proses pelacakan lokasi pengguna secara real-time. Namun, beberapa penelitian masih berfokus pada fungsi tertentu saja sehingga belum mengintegrasikan sistem deteksi rintangan, pelacakan lokasi, dan sistem peringatan dalam satu perangkat secara menyeluruh.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian rekayasa (*engineering research*) dengan pendekatan *Research and Development* (R&D). Menurut (Sugiyono, 2022), metode R&D merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu serta menguji keefektifannya dalam kondisi nyata. Pendekatan ini dipilih karena penelitian tidak hanya bersifat konseptual, melainkan menghasilkan sebuah produk berupa prototipe *Smart Cane* yang dapat diuji secara langsung di lapangan. Jenis penelitian ini tergolong penelitian terapan (*applied research*) karena bertujuan mengimplementasikan konsep teknologi *Internet of Things* (IoT) ke dalam sebuah alat bantu mobilitas yang fungsional bagi penyandang tunanetra. Penerapan IoT memungkinkan sistem bekerja secara *real-time* dan terintegrasi antara berbagai perangkat keras, sehingga mampu mendeteksi rintangan, memberikan peringatan, sekaligus mengirimkan informasi lokasi pengguna kepada pihak terkait (Kumar et al 2021).

Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini melibatkan komponen utama berupa ESP8266 sebagai pengendali pusat, sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi rintangan, modul GPS NEO-6M sebagai penentu lokasi, modul ESP8266 sebagai media komunikasi IoT, serta vibration motor dan buzzer sebagai sistem peringatan. Seluruh komponen dirancang untuk bekerja secara terintegrasi dalam satu sistem *Smart Cane* berbasis IoT yang mampu meningkatkan kemandirian dan keamanan penyandang tunanetra dalam beraktivitas sehari-hari.

### 3.2 Objek dan Subjek Penelitian

Penetapan objek dan subjek penelitian merupakan tahap penting dalam perancangan metodologi untuk memastikan bahwa ruang lingkup penelitian terdefinisi dengan jelas. Objek penelitian berkaitan dengan hal-hal teknis yang menjadi fokus pengembangan, sedangkan subjek penelitian merujuk pada pihak-pihak yang terlibat dalam pengujian dan evaluasi sistem yang dikembangkan.

#### 3.2.1 Objek Penelitian

Objek penelitian dalam skripsi ini berfokus pada pengembangan sistem *Smart Cane* berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan ESP8266 sebagai alat bantu mobilitas penyandang tunanetra. Secara teknis, objek penelitian meliputi:

1. Sistem deteksi rintangan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 yang mampu mendeteksi objek dalam rentang 2–400 cm;
2. Sistem pelacakan lokasi berbasis modul GPS NEO-6M yang memberikan data koordinat pengguna secara real-time;
3. Sistem peringatan menggunakan kombinasi buzzer dan vibration motor sebagai output notifikasi kepada pengguna;
4. Sistem komunikasi data berbasis modul ESP8266 yang menghubungkan perangkat dengan platform IoT *Adafruit IO* melalui jaringan internet;
5. Integrasi keseluruhan sistem dalam satu prototipe *Smart Cane* yang portabel dan dapat digunakan secara mandiri oleh penyandang tunanetra.

Penelitian ini juga mencakup pengujian efektivitas sistem, meliputi akurasi sensor ultrasonik dalam mendeteksi rintangan, kecepatan respons sistem peringatan, serta keberhasilan pengiriman data lokasi ke aplikasi *Adafruit*

*IO*. Dengan demikian, objek penelitian tidak hanya terbatas pada aspek perancangan perangkat keras, tetapi juga mencakup validasi kinerja sistem secara keseluruhan

### **3.2.2 Subjek Penelitian**

Subjek penelitian dalam skripsi ini adalah penyandang tunanetra yang menjadi pengguna langsung *Smart Cane*, serta pendamping atau keluarga yang berperan dalam pemantauan posisi pengguna melalui aplikasi berbasis *smartphone*. Subjek dibagi ke dalam dua peran utama:

#### **a. Pengguna Langsung (Penyandang Tunanetra)**

Pengguna langsung adalah penyandang tunanetra yang mengenakan *Smart Canes* saat beraktivitas. Subjek ini berperan aktif dalam simulasi penggunaan alat dan memberikan penilaian terhadap kenyamanan, kemudahan penggunaan (*usability*), serta efektivitas sistem peringatan yang diterima. Pengujian melibatkan beberapa responden yang bersedia berpartisipasi dalam sesi uji coba prototipe pada lingkungan terkontrol.

#### **b. Pendamping / Keluarga**

Pendamping atau anggota keluarga berperan sebagai pemantau jarak jauh yang menggunakan aplikasi *Adafruit IO* pada *smartphone* untuk melihat posisi pengguna secara real-time. Subjek ini mengevaluasi keakuratan data lokasi yang ditampilkan aplikasi dibandingkan posisi aktual pengguna, serta kecepatan pembaruan data pada antarmuka aplikasi.

### 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas tiga kategori utama, yaitu perangkat keras (hardware), perangkat lunak (software), serta alat pendukung teknis yang menunjang proses perancangan, pembuatan, dan pengujian prototipe *Smart Cane* berbasis *Internet of Things* (IoT). Pemilihan setiap komponen didasarkan pada kesesuaian spesifikasi teknis, ketersediaan di pasar, serta kompatibilitas antar komponen dalam satu sistem terintegrasi.

**Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Penelitian**

| No                                   | Nama Alat / Bahan           | Keterangan dan Spesifikasi                                                             |
|--------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A. Perangkat Keras (Hardware)</b> |                             |                                                                                        |
| 1                                    | Sensor Ultrasonik HC-SR04   | Frekuensi kerja 40 kHz, jangkauan 2–400 cm, tegangan operasi 5V – pendeteksi rintangan |
| 2                                    | Modul GPS NEO-6M            | Sensitivitas -161 dBm, akurasi 2.5 m CEP, tegangan 3.3–5V – penentu lokasi pengguna    |
| 3                                    | Modul ESP8266               | WiFi 802.11 b/g/n, tegangan 3.3V, mendukung protokol TCP/IP – media komunikasi IoT     |
| 4                                    | Buzzer Aktif                | Tegangan operasi 5V, frekuensi 2.5 kHz – sistem peringatan suara                       |
| 5                                    | Vibration Motor             | Tegangan 3–5V, ERM (Eccentric Rotating Mass) – sistem peringatan getaran               |
| 6                                    | Baterai Li-Ion / Power Bank | Kapasitas minimal 2000 mAh, output 5V – sumber daya portabel sistem                    |
| 7                                    | Kabel Jumper & Breadboard   | Kabel male-female dan male-male, breadboard 830 titik – media perakitan rangkaian      |
| 8                                    | Tongkat (Cane)              | Tongkat putih standar sepanjang $\pm 90$ cm – media pemasangan prototipe Smart Cane    |



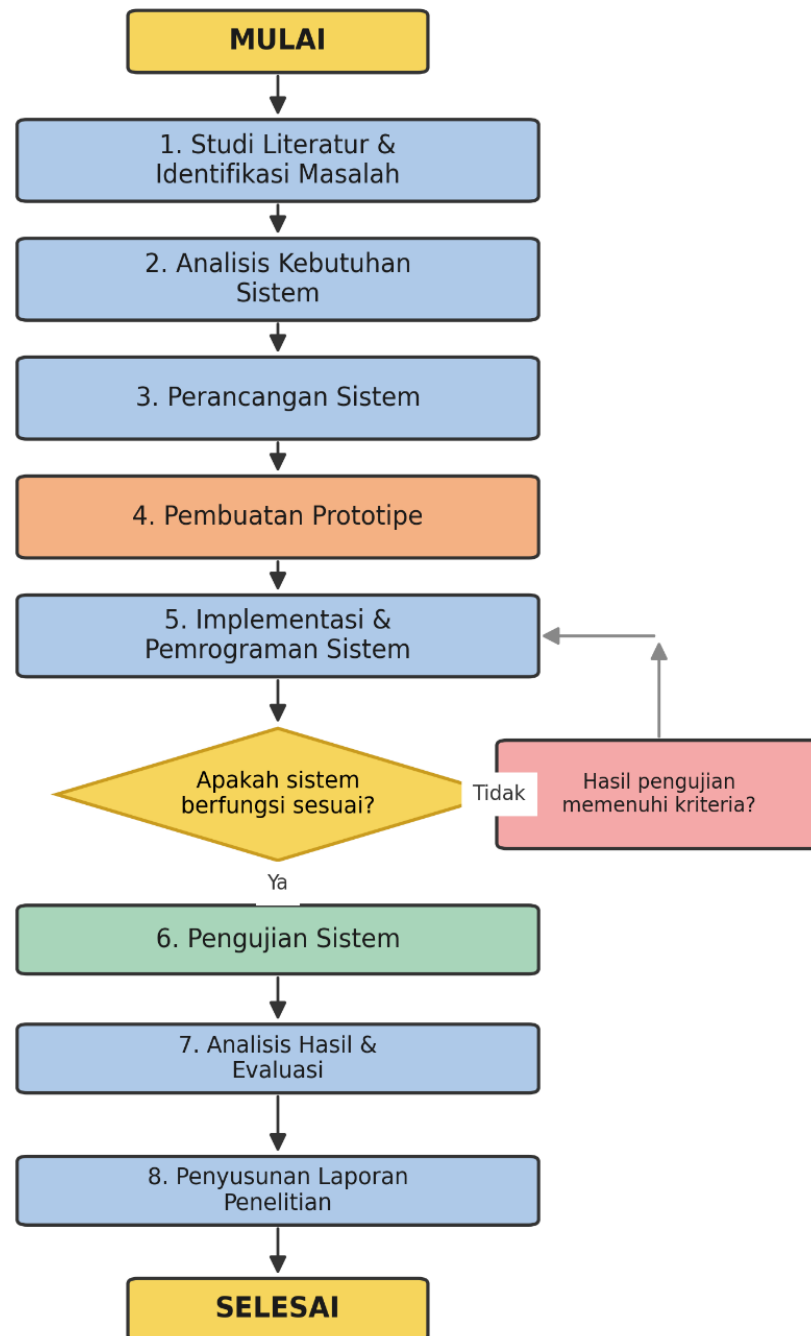
| <b>B. Perangkat Lunak (Software)</b> |                             |                                                                                                   |
|--------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9                                    | Arduino IDE                 | Versi 2.x, bahasa C/C++, mendukung library sensor dan ESP8266 – media pemrograman sistem          |
| 10                                   | Aplikasi <i>Adafruit IO</i> | Platform IoT mobile (Android/iOS) – monitoring lokasi pengguna secara real-time                   |
| 11                                   | Fritzing / Proteus          | Software perancangan skema rangkaian elektronik                                                   |
| 12                                   | Microsoft Visio / Draw.io   | Perancangan diagram sistem, flowchart, dan arsitektur IoT                                         |
| <b>C. Alat Pendukung</b>             |                             |                                                                                                   |
| 13                                   | Laptop / Komputer           | Processor Intel Core i5 atau setara, RAM $\geq$ 8 GB, storage $\geq$ 256 GB – media pemrograman   |
| 14                                   | Smartphone Android          | OS Android $\geq$ 9.0, jaringan WiFi – media pengujian aplikasi <i>Adafruit IO</i> dan monitoring |
| 15                                   | Penggaris / Meteran         | Alat ukur jarak untuk pengujian akurasi sensor ultrasonik                                         |
| 16                                   | Solder & Perlengkapan       | Solder, timah, flux, tang potong – peralatan perakitan komponen elektronik                        |

Perangkat keras yang digunakan mencakup komponen elektronik yang membentuk sistem *Smart Canes* secara fisik. ESP8266 dipilih sebagai mikrokontroler utama karena sifatnya yang open-source, mudah diprogram, serta kompatibel dengan berbagai sensor dan modul IoT (Candra, 2025). Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan sebagai pendeteksi rintangan karena kemampuannya mengukur jarak objek dengan tingkat akurasi yang baik dan tidak terpengaruh oleh kondisi cahaya (Santoso, 2021).

Modul GPS NEO-6M dipilih untuk memperoleh data koordinat lokasi pengguna karena memiliki sensitivitas tinggi dalam menangkap sinyal satelit, meskipun performanya dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti gedung atau cuaca (Hidayat & Prasetyo, 2023). Modul ESP8266 digunakan sebagai media komunikasi IoT karena kemampuannya mengirimkan data secara *real-time* melalui jaringan WiFi dengan efisiensi yang baik (Hidayat et al., 2022). Sementara itu, kombinasi buzzer dan vibration motor dipilih sebagai sistem peringatan ganda yang memanfaatkan indera pendengaran dan peraba pengguna secara bersamaan (Pratama & Siregar, 2023).

### **3.4 Diagram Alur Penelitian**

Diagram alur penelitian menggambarkan keseluruhan tahapan yang dilakukan dalam penelitian secara sistematis, mulai dari tahap identifikasi masalah hingga penyusunan laporan akhir. Diagram ini disusun untuk memberikan panduan yang terstruktur bagi peneliti agar setiap tahapan dapat dilaksanakan secara berurutan dan terarah, sehingga tujuan penelitian dapat tercapai secara optimal. Tahapan penelitian diawali dengan studi literatur dan identifikasi masalah, di mana peneliti mengkaji berbagai referensi ilmiah terkait Smart Cane, IoT, ESP8266, sensor ultrasonik, GPS, dan platform *Adafruit IO*. Selanjutnya dilakukan analisis kebutuhan sistem, perancangan dan pembuatan prototipe, implementasi serta pemrograman sistem, pengujian kinerja alat, dan diakhiri dengan analisis hasil serta penyusunan laporan penelitian. Apabila hasil pengujian tidak memenuhi kriteria yang telah ditetapkan, maka dilakukan evaluasi dan perbaikan sistem sebelum pengujian ulang dilakukan.



**Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian *Smart Cane* Berbasis IoT**

### 3.5 Tahapan Perancangan Aplikasi

Tahapan perancangan aplikasi dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis melalui beberapa fase yang saling berkaitan untuk memastikan bahwa sistem *Smart Cane* berbasis IoT dapat bekerja sesuai dengan tujuan penelitian. Setiap tahapan dirancang untuk menghasilkan komponen sistem yang terintegrasi, mulai dari studi kebutuhan hingga pengujian akhir.

#### 3.5.1 Studi Literatur dan Identifikasi Masalah

Tahap pertama adalah studi literatur yang bertujuan untuk membangun landasan teoritis yang kuat sebelum proses perancangan dimulai. Pada tahap ini dikaji berbagai referensi ilmiah terkait pengembangan *Smart Cane*, teknologi IoT, mikrokontroler ESP8266, sensor ultrasonik HC-SR04, modul GPS NEO-6M, serta platform Adafruit IO. Identifikasi masalah dilakukan untuk menentukan kebutuhan utama yang harus dipenuhi sistem, yaitu kemampuan mendeteksi rintangan secara *real-time*, memberikan peringatan yang efektif kepada pengguna, serta memungkinkan pemantauan lokasi secara jarak jauh melalui platform IoT.

#### 3.5.2 Analisis Kebutuhan Sistem

Tahap analisis kebutuhan sistem dilakukan untuk menentukan spesifikasi teknis perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan. Kebutuhan perangkat keras meliputi ESP8266, sensor HC-SR04, GPS NEO-6M, ESP8266, buzzer, vibration motor, dan baterai portabel. Kebutuhan perangkat lunak mencakup Arduino IDE untuk pemrograman sistem, library sensor dan komunikasi, serta platform *Adafruit IO* sebagai antarmuka monitoring. Analisis ini juga mencakup penentuan batasan jarak deteksi rintangan yang akan digunakan sebagai ambang batas (threshold) aktivasi sistem peringatan.

### 3.5.3 Perancangan Prototipe

Tahap perancangan prototipe meliputi pembuatan diagram blok sistem, flowchart alur kerja, skema rangkaian perangkat keras, serta pemodelan menggunakan UML (Unified Modeling Language). Diagram blok menggambarkan hubungan antar komponen hardware, sedangkan flowchart menjelaskan logika alur kerja sistem secara rinci. Skema rangkaian dirancang menggunakan perangkat lunak Fritzing untuk memastikan koneksi antar komponen tersusun secara tepat sebelum perakitan fisik dilakukan.

### 3.5.4 Pembuatan Prototipe

Pada tahap pembuatan prototipe, seluruh komponen perangkat keras dirakit menjadi satu kesatuan sistem Smart Cane. Proses perakitan meliputi pemasangan sensor ultrasonik pada bagian ujung tongkat untuk mendeteksi rintangan pada level tanah dan dada, pemasangan modul GPS dan ESP8266 pada badan tongkat, serta pemasangan buzzer dan vibration motor di area pegangan tongkat agar pengguna dapat merasakan getaran secara langsung. Seluruh komponen dihubungkan ke ESP8266 menggunakan kabel jumper sesuai skema rangkaian yang telah dirancang.

Setelah perakitan selesai, dilakukan integrasi perangkat keras dengan perangkat lunak melalui Arduino IDE. Program diunggah ke ESP8266 untuk mengaktifkan seluruh fungsi sistem secara otomatis, mulai dari pembacaan sensor hingga pengiriman data lokasi ke platform *Adafruit IO*.

### 3.5.5 Implementasi dan Pemrograman Sistem

Tahap implementasi dilakukan dengan menulis program pada Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman C/C++. Program dirancang untuk menjalankan tiga fungsi utama secara bersamaan: (1) membaca data jarak dari sensor ultrasonik dan mengaktifkan sistem peringatan apabila jarak objek berada di bawah ambang batas yang ditentukan; (2) membaca data koordinat GPS dan memprosesnya dalam format yang dapat diteruskan; serta (3) mengirimkan data lokasi ke server *Adafruit IO* melalui ESP8266 secara berkala.

Pemrograman juga mencakup penanganan error, seperti kondisi sinyal GPS yang lemah atau koneksi WiFi yang terputus, agar sistem tetap dapat berfungsi dalam kondisi jaringan yang tidak stabil. Menurut Hidayat et al. (2022), penggunaan bahasa C/C++ pada sistem berbasis mikrokontroler memberikan keunggulan dalam hal kecepatan eksekusi dan stabilitas sistem.

### 3.5.6 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan secara bertahap untuk mengetahui kinerja setiap komponen secara individual maupun secara terintegrasi. Pengujian meliputi uji akurasi sensor ultrasonik pada berbagai jarak dan jenis objek, uji respons buzzer dan vibration motor, uji akurasi GPS dalam kondisi outdoor, serta uji pengiriman data ke aplikasi *Adafruit IO* melalui jaringan internet. Setelah seluruh komponen diuji secara terpisah, dilakukan pengujian keseluruhan sistem pada area simulasi dengan berbagai skenario penggunaan.

### 3.5.7 Analisis Hasil dan Evaluasi

Tahap terakhir adalah analisis hasil pengujian dan evaluasi sistem. Data hasil pengujian dikompilasi dan dianalisis untuk mengetahui tingkat akurasi sensor, kecepatan respons sistem, keberhasilan pengiriman data, serta efektivitas keseluruhan *Smart Cane* dalam mendukung mobilitas pengguna. Apabila terdapat komponen yang tidak memenuhi kriteria keberhasilan, dilakukan evaluasi dan perbaikan sebelum pengujian ulang dilaksanakan.

### 3.6 Diagram Arsitektur IoT

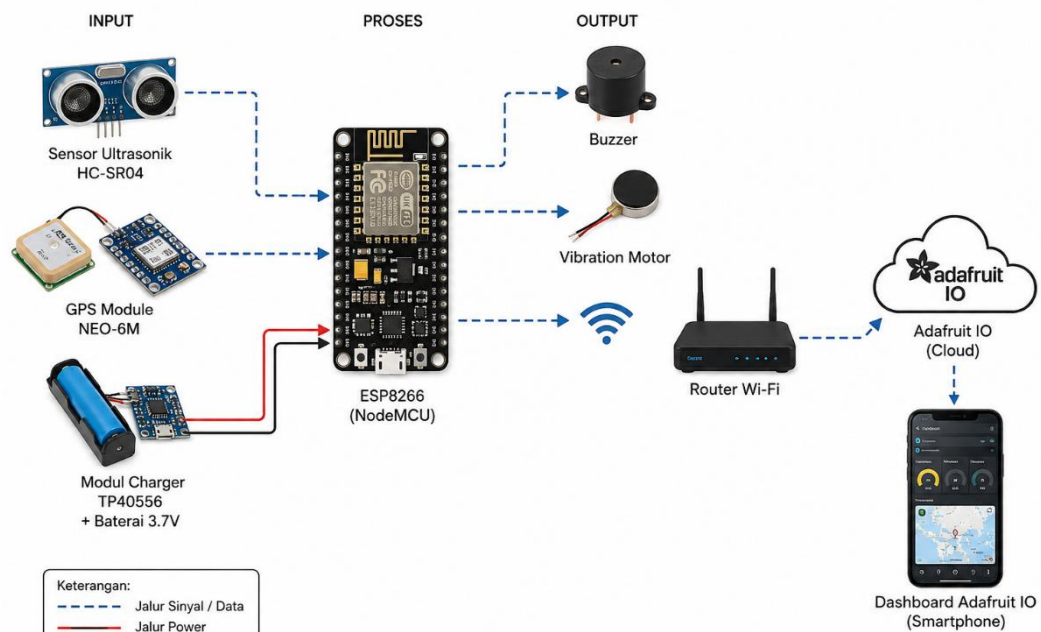
Arsitektur *Internet of Things* (IoT) pada sistem *Smart Cane* ini dirancang menggunakan model tiga lapisan (*three-layer architecture*), yang terdiri atas lapisan persepsi (*perception layer*), lapisan jaringan (*network layer*), dan lapisan aplikasi (*application layer*). Arsitektur ini merupakan pendekatan yang digunakan dalam pengembangan sistem IoT karena mampu menggambarkan alur data dari perangkat fisik hingga antarmuka pengguna secara terstruktur (Gubbi et al., 2021).

Pada lapisan persepsi, sensor ultrasonik HC-SR04 dan modul GPS NEO-6M berfungsi sebagai komponen pengumpul data. Sensor ultrasonik bertugas mendeteksi keberadaan dan jarak rintangan di sekitar pengguna, sedangkan GPS NEO-6M memperoleh data koordinat lokasi pengguna secara *real-time*. Seluruh data yang dikumpulkan dikirimkan ke ESP8266 sebagai pengendali utama untuk diproses sesuai dengan logika sistem yang telah diprogram.

Pada lapisan jaringan, ESP8266 berperan sebagai pengendali sekaligus perangkat komunikasi yang menghubungkan sistem dengan jaringan internet melalui koneksi Wi-Fi. Data sensor dan data lokasi yang telah diproses oleh

ESP8266 kemudian dikirimkan ke layanan *cloud* Adafruit IO melalui jaringan internet. Adafruit IO dapat digunakan untuk menerima, menyimpan, dan menampilkan data yang dikirimkan oleh perangkat IoT sehingga memungkinkan proses *monitoring* secara jarak jauh.

Pada lapisan aplikasi, platform Adafruit IO berfungsi sebagai media *monitoring* yang memungkinkan pendamping atau keluarga memantau data sistem melalui *dashboard* pada *smartphone* maupun komputer. Data yang dikirimkan ESP8266 ke Adafruit IO akan ditampilkan dalam bentuk informasi yang telah ditentukan pada *dashboard*, sehingga kondisi dan lokasi pengguna dapat dipantau secara *real-time* dari jarak jauh.



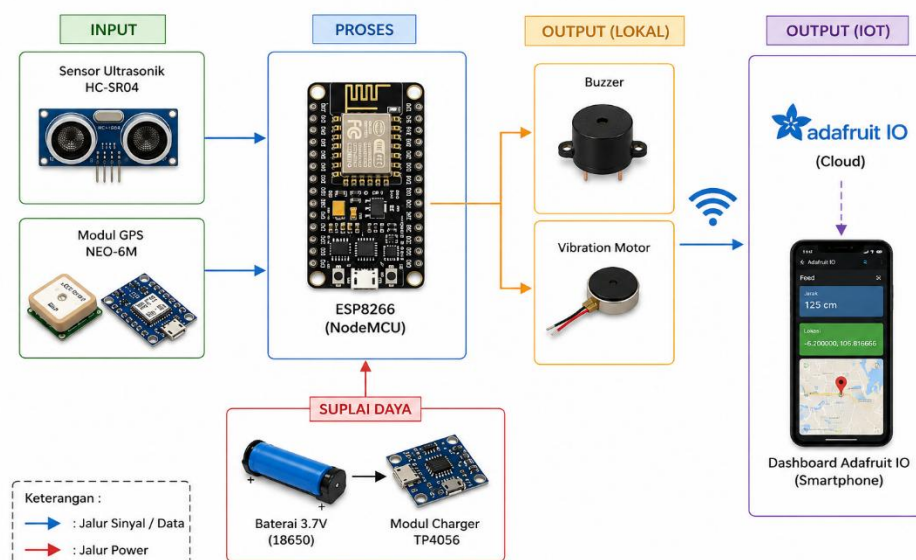
Gambar 3.2 Diagram Arsitektur Sistem

### Gambar 3.2 Diagram Arsitektur IoT Smart Cane Berbasis ESP8266

#### 3.6.1 Perancangan Hardware

Perancangan *hardware* pada sistem *Smart Cane* berbasis IoT meliputi identifikasi komponen, penetapan skema koneksi antar komponen, serta penyusunan diagram blok sistem. ESP8266 ditetapkan sebagai mikrokontroler utama yang berfungsi menerima input dari sensor ultrasonik HC-SR04 dan modul GPS NEO-6M, memproses data tersebut, kemudian menghasilkan output berupa aktivasi *buzzer*, *vibration motor*, serta pengiriman data melalui jaringan Wi-Fi ke platform Adafruit IO.

Sensor ultrasonik HC-SR04 dihubungkan secara langsung ke pin digital ESP8266 melalui pin TRIG dan ECHO. Pin TRIG digunakan untuk mengirimkan sinyal pemicu dari ESP8266, sedangkan pin ECHO menerima sinyal pantulan dari objek yang terdeteksi. Waktu tempuh sinyal ultrasonik dari proses pengiriman hingga penerimaan kembali digunakan untuk menghitung jarak objek dengan persamaan:  $\text{Jarak} = (\text{waktu} \times \text{kecepatan suara}) / 2$ , di mana kecepatan suara di udara adalah sekitar 340 m/s (Prasetyo & Hidayat, 2023).



**Gambar 3.3 Diagram Blok Sistem *Smart Cane* Berbasis IoT**

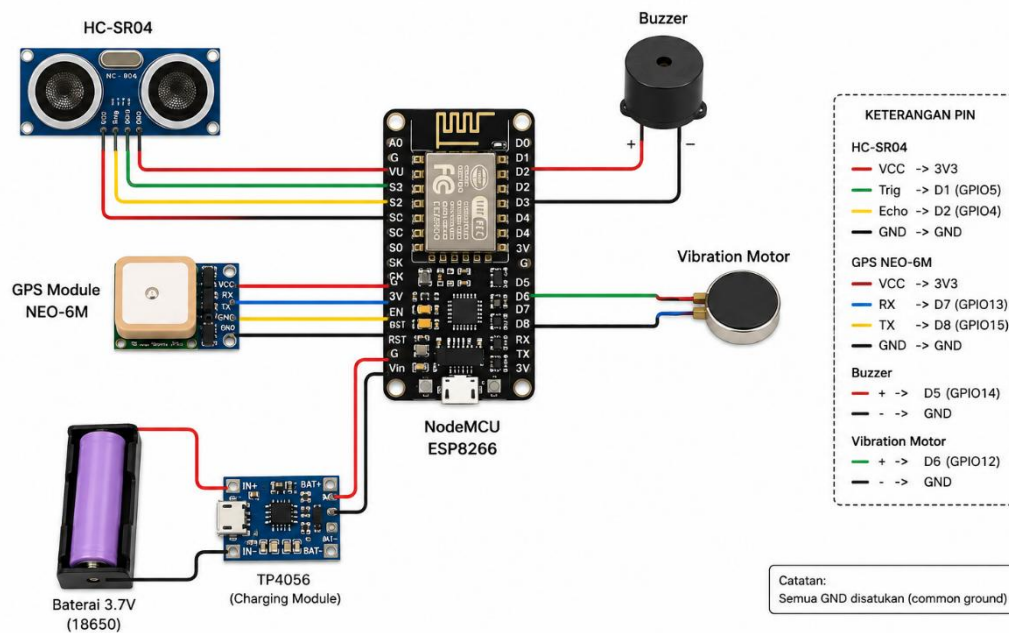
Modul GPS NEO-6M terhubung langsung ke ESP8266 melalui komunikasi serial menggunakan antarmuka UART. Data NMEA yang diterima dari GPS diproses menggunakan library *TinyGPS++* untuk mengekstrak informasi koordinat berupa *latitude* dan *longitude*. ESP8266 juga berfungsi sebagai pengendali utama sekaligus media komunikasi Wi-Fi untuk menghubungkan sistem dengan jaringan internet dan platform Adafruit IO.

Untuk sistem peringatan, *buzzer* aktif dihubungkan ke salah satu pin digital ESP8266, sedangkan *vibration motor* dihubungkan melalui transistor NPN, seperti BC547, untuk menghasilkan arus yang sesuai dengan kebutuhan motor. Sensor ultrasonik HC-SR04 juga terhubung langsung ke ESP8266 untuk mendeteksi jarak objek di sekitar pengguna. Seluruh komponen memperoleh suplai daya dari baterai melalui rangkaian pengatur tegangan yang sesuai dengan kebutuhan masing-masing komponen untuk menjaga kestabilan tegangan dan mencegah gangguan pada sistem.

**.Tabel 3.2 Koneksi Pin Komponen Hardware**

| Komponen   | Pin Komponen                                    | Pin ESP8266                        | Fungsi                                                            |
|------------|-------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| HC-SR04    | VCC → 5V   GND → GND   TRIG   ECHO              | Pin TRIG → D9   Pin ECHO → D8      | Mengirim sinyal pemicu dan menerima pantulan gelombang ultrasonik |
| GPS NEO-6M | VCC → 3.3V   GND → GND   TX   RX                | TX → D3   RX → D4 (SoftwareSerial) | Mengirimkan data koordinat NMEA ke ESP8266                        |
| ESP8266    | VCC → 3.3V   GND → GND   TX   RX   CH_PD → 3.3V | TX → D2   RX → D1 (SoftwareSerial) | Mengirimkan data ke server <i>Adafruit IO</i> melalui WiFi        |
| Buzzer     | Pin (+)   GND                                   | Pin (+) → D6                       | Menghasilkan bunyi peringatan                                     |

|                 |               |                                          |                                                         |
|-----------------|---------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|                 |               |                                          | ketika rintangan terdeteksi                             |
| Vibration Motor | Pin (+)   GND | Pin (+) → D7<br>(melalui transistor NPN) | Menghasilkan getaran sebagai notifikasi kepada pengguna |



**Gambar 3.4 Skema Rangkaian *Hardware Smart Cane***

Menurut (Riswanto dkk., 2025), penggunaan sensor ultrasonik pada *Smart Canedapat* membantu pengguna tunanetra mendeteksi objek di sekitar secara lebih efektif. Perancangan hardware ini mempertimbangkan aspek portabilitas, konsumsi daya, dan kemudahan perakitan agar prototipe yang dihasilkan dapat digunakan secara praktis dalam kehidupan sehari-hari.

### 3.6.2 Perancangan Aplikasi

Perancangan aplikasi mencakup dua komponen utama, yaitu perancangan perangkat lunak (*software*) yang tertanam pada ESP8266 dan perancangan antarmuka monitoring berbasis platform *Adafruit IO*. Kedua komponen ini

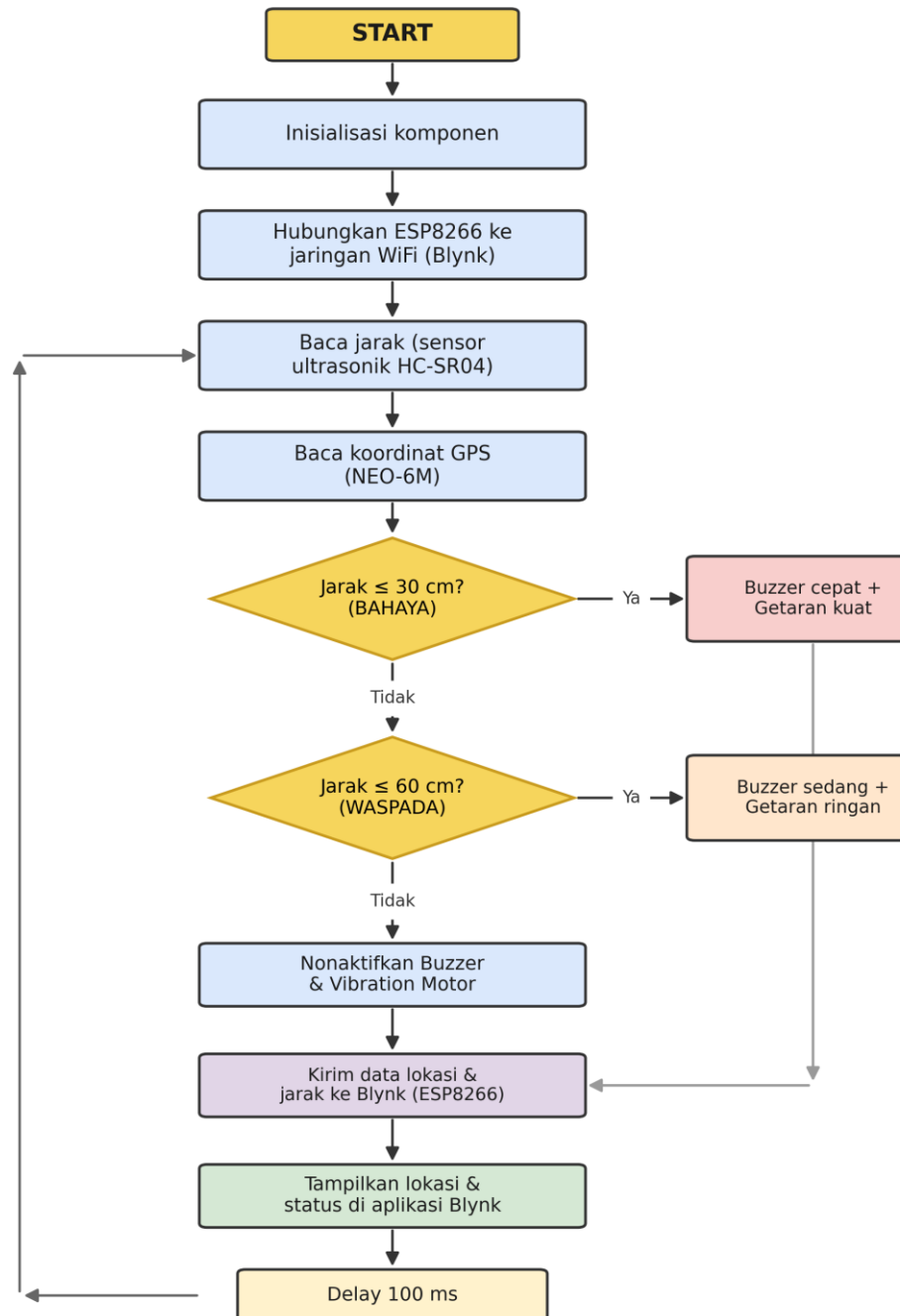
dirancang untuk bekerja secara terpadu dan *real-time* guna mendukung fungsi sistem *Smart Canes* secara optimal.

Perangkat lunak pada ESP8266 dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman C/C++ melalui Arduino IDE. Program disusun secara modular dengan membagi fungsi ke dalam beberapa bagian, yaitu:

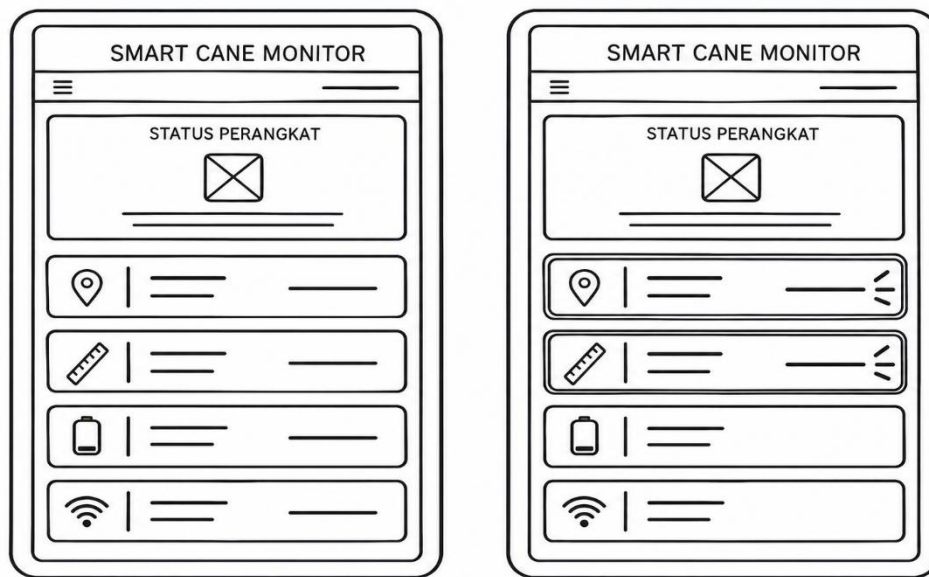
1. Fungsi pembacaan sensor ultrasonik untuk mendeteksi jarak rintangan.
2. Fungsi pembacaan dan pengolahan data GPS.
3. Fungsi kontrol sistem peringatan (buzzer dan vibration motor)
4. Fungsi komunikasi data melalui ESP8266 ke platform *Adafruit IO*.

Menurut Sari dan (Wibowo., 2023), bahasa C/C++ sangat efektif digunakan dalam pengembangan sistem IoT karena mampu mengelola proses input-output secara efisien serta mendukung integrasi perangkat keras dan jaringan secara optimal. Antarmuka monitoring dikonfigurasi pada platform *Adafruit IO* melalui aplikasi mobile. Pada aplikasi *Adafruit IO*, dirancang tampilan berupa widget Map untuk menampilkan posisi pengguna secara *real-time* berdasarkan koordinat GPS yang diterima, widget Value Display untuk menampilkan data jarak sensor ultrasonik, serta widget Notification untuk memberikan notifikasi push kepada pendamping ketika kondisi tertentu terpenuhi. Menurut (Sulaeman., 2022), platform *Adafruit IO* mampu mendukung sistem monitoring berbasis IoT secara *real-time* dan mempermudah komunikasi antara perangkat dengan pengguna melalui smartphone. Perancangan aplikasi juga mencakup logika pengambilan keputusan (*decision logic*) yang menentukan kapan sistem peringatan diaktifkan. Sistem menggunakan dua ambang batas jarak: ambang batas waspada (60 cm) yang mengaktifkan peringatan intensitas rendah, dan ambang batas bahaya (30

cm) yang mengaktifkan peringatan intensitas tinggi dengan frekuensi buzzer yang lebih cepat dan getaran yang lebih kuat.



**Gambar 3.5 Flowchart Sistem Smart Cane Berbasis IoT**



**Gambar 3.6 Tampilan Antarmuka Monitoring *Adafruit IO***

### 3.7 Model yang Diterapkan pada Sistem Perancangan Aplikasi

Sistem *Smart Cane* berbasis IoT yang dikembangkan dalam penelitian ini menerapkan beberapa model pemodelan dan algoritma yang saling melengkapi untuk menghasilkan sistem yang terstruktur, efisien, dan mudah dikembangkan. Model yang digunakan meliputi pemodelan menggunakan *Unified Modeling Language* (UML) untuk menggambarkan interaksi dan alur sistem, serta algoritma deteksi berbasis ambang batas (*threshold-based detection*) untuk menentukan respons sistem terhadap data sensor.

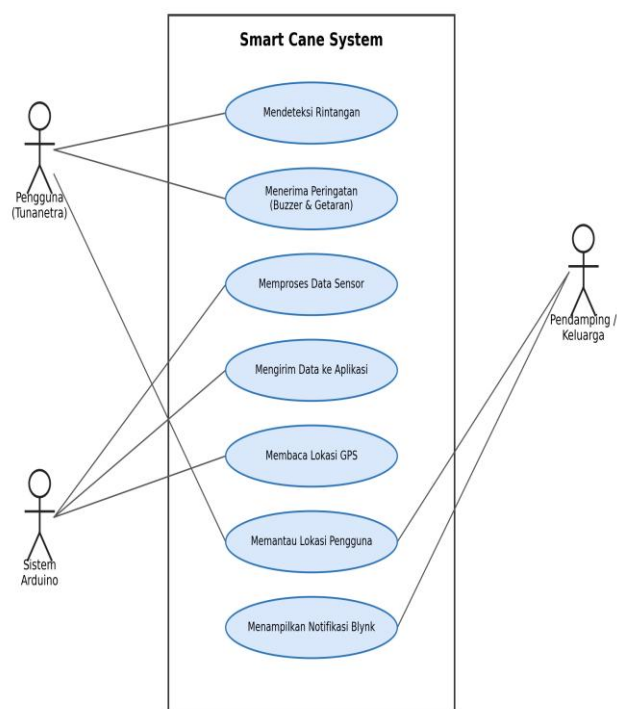
#### 3.7.1 *Use Case Diagram*

*Use Case Diagram* digunakan untuk menggambarkan interaksi antara aktor (pengguna dan sistem eksternal) dengan fungsi-fungsi yang disediakan oleh sistem *Smart Cane*. Menurut Nugroho (2021), *Use Case Diagram* digunakan untuk mendeskripsikan kebutuhan fungsional sistem dari sudut pandang pengguna sehingga memudahkan dalam memahami ruang lingkup sistem yang akan

dibangun. Dalam penelitian ini, terdapat dua aktor utama, yaitu pengguna tunanetra yang berinteraksi langsung dengan Smart Cane, serta pendamping yang memantau lokasi pengguna melalui aplikasi *Adafruit IO*.

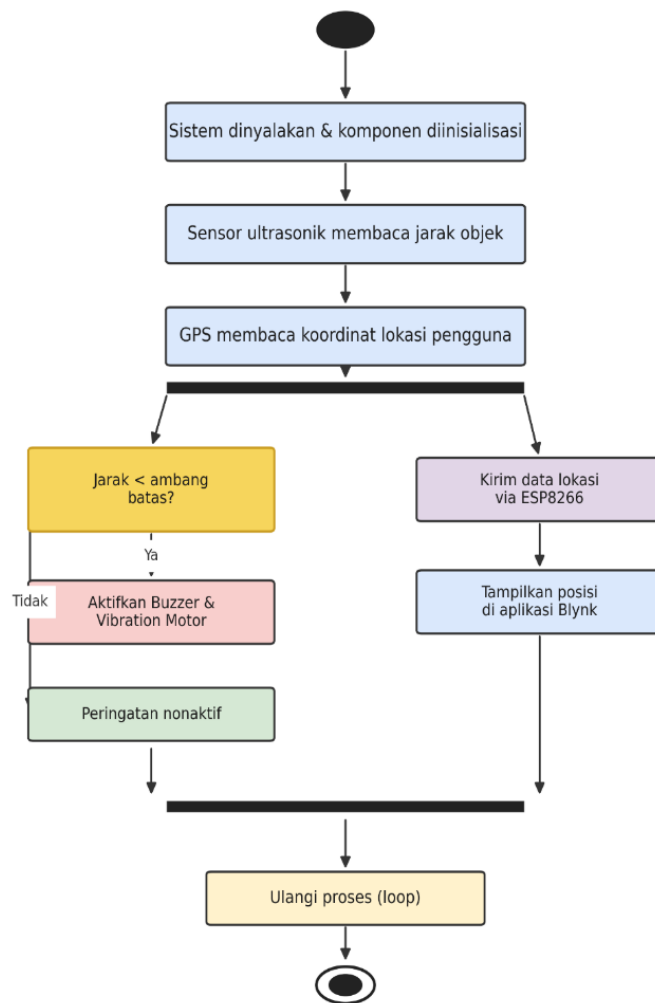
**Tabel 3.3 Spesifikasi Use Case Sistem Smart Cane**

| No | Aktor                 | Use Case                  | Deskripsi                                                                                                                        |
|----|-----------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Pengguna (Tunanetra)  | Mendeteksi Rintangan      | Pengguna berjalan dengan <i>Smart Caned</i> dan sistem mendeteksi objek di sekitar secara otomatis.                              |
| 2  | Pengguna (Tunanetra)  | Menerima Peringatan       | Sistem memberikan peringatan berupa getaran (vibration motor) dan suara (buzzer) ketika terdapat rintangan dalam jarak tertentu. |
| 3  | Pendamping / Keluarga | Memantau Lokasi Pengguna  | Pendamping memantau posisi pengguna secara <i>real-time</i> melalui aplikasi <i>Adafruit IO</i> pada smartphone.                 |
| 4  | Sistem (ESP8266)      | Mengirim Data ke Aplikasi | ESP8266 mengirimkan data lokasi GPS ke server <i>Adafruit IO</i> melalui jaringan internet (WiFi).                               |



**Gambar 3.7 Use Case Diagram Sistem Smart Cane Berbasis IoT**

### 3.7.2 Activity Diagram



**Gambar 3.8 Activity Diagram Sistem Smart Cane Berbasis IoT**

*Activity Diagram* digunakan untuk menggambarkan alur aktivitas atau proses kerja sistem *Smart Cane* secara terperinci, mulai dari proses inisialisasi komponen hingga pengiriman data lokasi ke aplikasi. Menurut (Nugroho (2021), *Activity Diagram* digunakan untuk memodelkan alur kerja sistem sehingga memudahkan pemahaman terhadap bagaimana suatu sistem beroperasi.

Alur kerja sistem dimulai ketika sistem dinyalakan dan seluruh komponen diinisialisasi. Sensor ultrasonik kemudian secara terus-menerus membaca jarak objek di sekitar pengguna. Apabila jarak objek berada di bawah ambang batas

yang ditentukan, ESP8266 mengaktifkan buzzer dan vibration motor sebagai peringatan. Secara paralel, modul GPS membaca koordinat lokasi pengguna dan data tersebut dikirimkan oleh ESP8266 ke aplikasi *Adafruit IO* melalui jaringan internet. Proses ini berlangsung secara berulang selama sistem dalam kondisi aktif.

**Tabel 3. 4 Simbol-Simbol Activity Diagram**

| No | Simbol | Nama Simbol  | Keterangan                                                         |
|----|--------|--------------|--------------------------------------------------------------------|
| 1  | ●      | Initial Node | Menunjukkan awal proses sistem Smart Cane                          |
| 2  | ⊙      | Final Node   | Menunjukkan akhir proses sistem Smart Cane                         |
| 3  | □      | Activity     | Menunjukkan aktivitas atau tindakan dalam sistem                   |
| 4  | ◇      | Decision     | Menunjukkan percabangan keputusan dalam alur sistem                |
| 5  | →      | Flowline     | Menunjukkan arah alur proses dari satu aktivitas ke aktivitas lain |
| 6  | ==     | Fork / Join  | Memecah atau menggabungkan alur proses yang berjalan paralel       |

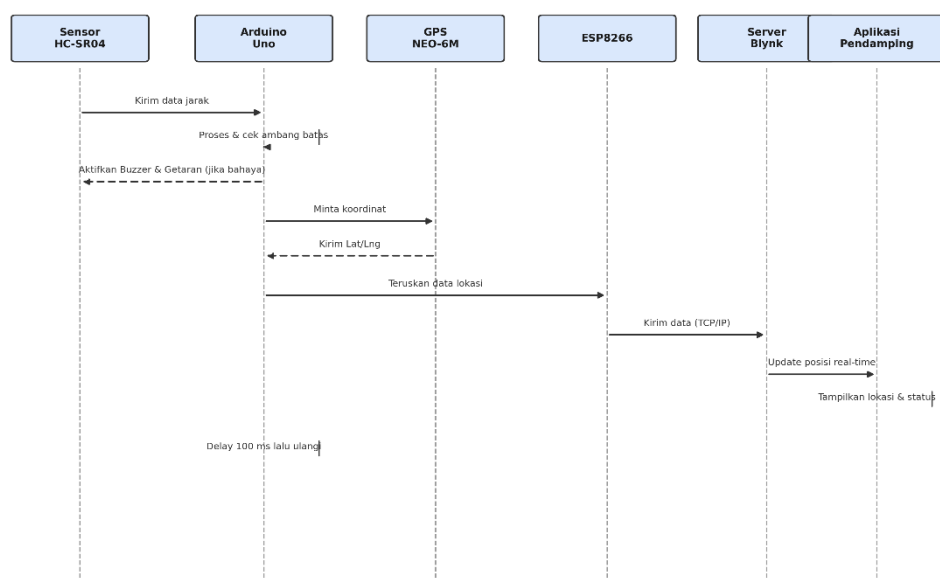
### 3.7.3 Sequence Diagram

Sequence Diagram digunakan untuk menggambarkan interaksi antar komponen dalam sistem Smart Cane berdasarkan urutan waktu. Menurut Putri dan Ramadhan (2023), Sequence Diagram sangat efektif digunakan untuk menggambarkan alur komunikasi antar komponen karena mampu menunjukkan hubungan sebab-akibat dalam suatu proses secara detail dan terstruktur. Dalam Sequence Diagram sistem ini, interaksi dimulai ketika sensor ultrasonik HC-SR04 mendeteksi objek dan mengirimkan data jarak ke ESP8266. ESP8266 memproses data tersebut dan menentukan apakah jarak objek telah melewati ambang batas

yang telah ditentukan. Jika kondisi tersebut terpenuhi, ESP8266 mengirimkan sinyal kepada buzzer dan vibration motor untuk memberikan peringatan kepada pengguna. Selanjutnya, ESP8266 membaca data koordinat dari GPS NEO-6M dan mengirimkan data tersebut melalui jaringan Wi-Fi ke platform Adafruit IO. Data yang diterima oleh Adafruit IO kemudian ditampilkan pada dashboard yang dapat diakses melalui smartphone pendamping sehingga lokasi pengguna dapat dipantau secara real-time..

**Tabel 3. 5 Simbol-Simbol *Sequence Diagram***

| No | Simbol | Nama Simbol       | Keterangan                                                   |
|----|--------|-------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1  | 😊      | Actor             | Menunjukkan pengguna atau entitas eksternal sistem           |
| 2  | □      | Object / Lifeline | Menunjukkan komponen seperti Sensor, ESP8266, dan Aplikasi   |
| 3  | —      | Lifeline          | Menunjukkan keberadaan objek aktif selama proses berlangsung |
| 4  | →      | Message           | Menunjukkan pengiriman data atau perintah antar objek        |
| 5  | —      | Activation        | Menunjukkan objek sedang aktif memproses data                |



**Gambar 3. 9** *Sequence Diagram Sistem Smart Cane* Berbasis IoT

### 3.7.4 Algoritma Deteksi Rintangan Berbasis Ambang Batas (*Threshold-Based Detection*)

Algoritma utama yang diterapkan dalam sistem *Smart Cane* adalah algoritma deteksi rintangan berbasis ambang batas (*threshold-based detection*). Algoritma ini bekerja dengan membandingkan nilai jarak yang terbaca oleh sensor ultrasonik dengan nilai ambang batas yang telah ditetapkan sebelumnya. Pendekatan ini dipilih karena sifatnya yang deterministik, memiliki latensi rendah, dan dapat diimplementasikan secara efisien pada mikrokontroler dengan sumber daya terbatas. Sistem menggunakan dua nilai ambang batas, yaitu batas waspada sebesar 60 cm dan batas bahaya sebesar 30 cm. Ketika jarak objek berada di antara 30–60 cm, sistem mengaktifkan peringatan dengan intensitas rendah berupa buzzer dengan frekuensi lambat dan getaran ringan. Ketika jarak objek kurang dari 30 cm, sistem mengaktifkan peringatan dengan intensitas tinggi berupa buzzer dengan frekuensi cepat dan getaran kuat. Penetapan nilai ambang batas ini didasarkan pada pertimbangan kecepatan rata-rata berjalan dan waktu reaksi pengguna, sehingga pengguna memiliki cukup waktu untuk merespons peringatan sebelum bersentuhan dengan rintangan. Algoritma tersebut disusun dalam bentuk pseudocode sebagai berikut:

```
BEGIN
  // Inisialisasi komponen
  INIT sensor_ultrasonik, gps, esp8266, buzzer, vibration_motor
  CONNECT esp8266 TO wifi_network

  LOOP:
    jarak ← READ sensor_ultrasonik()
```

```

lokasi ← READ gps.getLatLng()

IF jarak <= BATAS_BAHAYA (30 cm) THEN
    ACTIVATE buzzer (frekuensi tinggi, cepat)
    ACTIVATE vibration_motor (intensitas tinggi)
ELSE IF jarak <= BATAS_WASPADA (60 cm) THEN
    ACTIVATE buzzer (frekuensi sedang)
    ACTIVATE vibration_motor (intensitas rendah)
ELSE
    DEACTIVATE buzzer
    DEACTIVATE vibration_motor
END IF

SEND lokasi TO Adafruit IO_server VIA esp8266
DELAY 100ms
END LOOP
END

```

Selain algoritma deteksi rintangan, sistem juga menerapkan logika pengiriman data GPS secara periodik. Data koordinat latitude dan longitude dikirimkan ke server *Adafruit IO* setiap 1 detik sekali untuk menjaga pembaruan posisi yang akurat tanpa membebani kapasitas jaringan secara berlebihan. Menurut (Iqbal et al., 2024), penggunaan platform *Adafruit IO* pada sistem IoT dapat meningkatkan efisiensi monitoring jarak jauh karena data dapat diakses secara langsung melalui aplikasi mobile. Dengan penerapan model dan algoritma yang terstruktur ini, sistem *Smart Can* diharapkan dapat bekerja secara andal, responsif, dan efisien dalam mendukung kemandirian penyandang tunanetra dalam beraktivitas sehari-hari.

### 3.8 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional

Variabel penelitian dalam skripsi ini dibagi menjadi variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas meliputi jarak objek terhadap sensor ultrasonik, kondisi jaringan WiFi, dan kondisi sinyal GPS. Variabel terikat meliputi akurasi deteksi rintangan, kecepatan respons sistem peringatan, akurasi data lokasi, dan keberhasilan pengiriman data ke aplikasi *Adafruit IO*.

**Tabel 3. 6 Definisi Operasional Variabel Penelitian**

| No | Variabel                    | Definisi                                                                                  | Indikator/Komponen                                            |
|----|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1  | Sensor Ultrasonik HC-SR04   | Sensor yang mendeteksi rintangan di sekitar pengguna berdasarkan gelombang ultrasonik.    | Jarak objek (cm), akurasi pembacaan, kecepatan respon         |
| 2  | Modul GPS NEO-6M            | Modul yang digunakan untuk menentukan koordinat lokasi pengguna secara real-time.         | Lintang (latitude), bujur (longitude), akurasi posisi (meter) |
| 3  | ESP8266                     | Mikrokontroler open-source yang berfungsi sebagai pusat pengendali sistem Smart Cane.     | Kecepatan pemrosesan data, kompatibilitas komponen            |
| 4  | Modul ESP8266               | Modul komunikasi WiFi yang digunakan untuk mengirim data ke platform IoT secara nirkabel. | Kestabilan koneksi, latensi pengiriman data (ms)              |
| 5  | Sistem Peringatan           | Kombinasi buzzer dan vibration motor yang memberikan notifikasi kepada pengguna.          | Kecepatan aktivasi, kejelasan sinyal suara dan getaran        |
| 6  | Aplikasi <i>Adafruit IO</i> | Platform IoT berbasis mobile untuk monitoring lokasi pengguna secara real-time.           | Akurasi data lokasi yang ditampilkan, waktu pembaruan (detik) |

### 3.9 Teknik Pengujian Sistem

Pengujian sistem *Smart Cane* dilakukan menggunakan metode Black Box Testing untuk menguji fungsionalitas sistem tanpa memperhatikan logika internal kode program, serta pengukuran langsung untuk mengevaluasi akurasi sensor dan komponen elektronik. Pengujian dilakukan pada dua kondisi lingkungan, yaitu kondisi terkontrol (indoor) dan kondisi lapangan (outdoor), untuk mendapatkan data kinerja sistem yang komprehensif.

**Tabel 3. 7 Parameter Pengujian Sistem Smart Cane**

| No | Parameter Pengujian          | Metode Pengujian                                                                    | Kriteria Keberhasilan                                                    |
|----|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Akurasi Sensor Ultrasonik    | Pengukuran jarak 10–400 cm dengan referensi penggaris                               | Kesalahan pengukuran $\leq 5$ cm pada setiap jarak uji                   |
| 2  | Respon Sistem Peringatan     | Pengujian aktivasi buzzer dan vibration motor pada berbagai jarak                   | Sistem aktif dalam waktu $\leq 500$ ms setelah deteksi rintangan         |
| 3  | Akurasi Pelacakan GPS        | Perbandingan koordinat GPS dengan posisi aktual menggunakan Google Maps             | Selisih posisi $\leq 10$ meter pada kondisi outdoor terbuka              |
| 4  | Pengiriman Data IoT          | Pengiriman data lokasi ke aplikasi <i>Adafruit IO</i> melalui jaringan WiFi         | Data berhasil diterima aplikasi dalam waktu $\leq 3$ detik               |
| 5  | Pengujian Keseluruhan Sistem | Simulasi penggunaan <i>Smart Cane</i> pada area pengujian dengan berbagai rintangan | Sistem mendeteksi seluruh rintangan dan mengirim lokasi secara konsisten |

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan dengan menempatkan objek pada berbagai jarak (10, 20, 30, 50, 100, 200, dan 300 cm) dan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan pengukuran referensi menggunakan penggaris atau

meteran. Pengujian GPS dilakukan di area outdoor dengan membandingkan koordinat yang ditampilkan aplikasi *Adafruit IO* dengan posisi aktual yang diverifikasi melalui Google Maps. Pengujian keseluruhan sistem dilakukan dalam skenario simulasi perjalanan di koridor atau area terbuka dengan berbagai jenis rintangan (dinding, kursi, tiang, dan tangga).

### 3.10 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui dua metode utama. Pertama, pengukuran langsung (*direct measurement*) terhadap kinerja sistem, di mana data akurasi sensor, kecepatan respons, dan keberhasilan pengiriman data dicatat secara sistematis selama sesi pengujian berlangsung. Setiap skenario pengujian diulang sebanyak sepuluh kali untuk mendapatkan data yang representatif dan dapat dianalisis secara statistik. Observasi partisipatif dilakukan selama sesi uji coba prototipe bersama pengguna. Peneliti mengamati kemudahan penggunaan alat, pemahaman pengguna terhadap sinyal peringatan, serta respons pengguna terhadap berbagai skenario pengujian. Data observasi dicatat dalam lembar pengamatan yang telah disiapkan sebelumnya untuk memastikan konsistensi pengumpulan data.

### 3.11 Teknik Analisis Data

Data hasil pengujian dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif untuk memperoleh gambaran kinerja sistem secara keseluruhan. Nilai rata-rata (mean), nilai minimum, nilai maksimum, dan persentase keberhasilan dihitung untuk setiap parameter pengujian. Tingkat akurasi sensor ultrasonik dihitung menggunakan rumus:  $Akurasi (\%) = 100\% - [(|Jarak Ukur - Jarak Referensi| / Jarak Referensi) \times 100\%]$ .

Keberhasilan pengiriman data IoT diukur berdasarkan persentase data yang berhasil diterima aplikasi *Adafruit IO* dari total data yang dikirimkan selama sesi pengujian. Keseluruhan data dianalisis secara kuantitatif untuk menjawab rumusan masalah penelitian dan menentukan apakah sistem *Smart Caneyang* dikembangkan telah memenuhi kriteria keberhasilan yang telah ditetapkan. Hasil analisis kemudian dijadikan dasar penarikan kesimpulan serta rekomendasi pengembangan sistem lebih lanjut.

## **BAB IV**

### **HASIL & PEMBAHASAN**

#### **4.1. Hasil Penelitian**

##### **4.1.1. Hasil Perancangan Smart Cane**

Hasil perancangan penelitian ini berupa sebuah prototipe Smart Cane berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP8266 sebagai alat bantu mobilitas bagi penyandang tunanetra. Prototipe ini dirancang dengan mengintegrasikan beberapa komponen utama, yaitu sensor ultrasonik HC-SR04, modul GPS NEO-6M, ESP8266, buzzer, dan vibration motor. Setiap komponen memiliki fungsi yang saling berkaitan dalam mendukung proses deteksi rintangan, pemberian peringatan kepada pengguna, serta pengiriman informasi lokasi melalui jaringan internet.

Prototipe Smart Cane menggunakan ESP8266 sebagai pusat pengendalian sistem. Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mendeteksi keberadaan dan jarak objek yang berada di sekitar pengguna. Data jarak yang diperoleh dari sensor kemudian diproses oleh ESP8266 untuk menentukan kondisi rintangan berdasarkan nilai ambang batas yang telah ditentukan. Hasil pemrosesan tersebut digunakan untuk mengaktifkan sistem peringatan berupa buzzer dan vibration motor ketika objek berada pada jarak tertentu.

Selain fungsi deteksi rintangan, prototipe juga dilengkapi dengan modul GPS NEO-6M yang digunakan untuk memperoleh informasi koordinat lokasi pengguna. Data koordinat yang diperoleh dari GPS diproses oleh ESP8266 dan selanjutnya dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi menuju platform Adafruit IO. Data

tersebut dapat ditampilkan melalui antarmuka monitoring sehingga informasi lokasi pengguna dapat dipantau dari jarak jauh.

Berdasarkan hasil perancangan, seluruh komponen perangkat keras diintegrasikan menjadi satu sistem Smart Cane. Sensor ultrasonik HC-SR04 berfungsi sebagai komponen masukan untuk mendeteksi rintangan, sedangkan GPS NEO-6M digunakan untuk memperoleh informasi lokasi pengguna. ESP8266 berfungsi sebagai pusat pengolahan data sekaligus perangkat komunikasi yang menghubungkan sistem dengan jaringan internet. Sementara itu, buzzer dan vibration motor digunakan sebagai keluaran sistem peringatan yang memberikan informasi kepada pengguna ketika terdapat rintangan pada jarak tertentu.

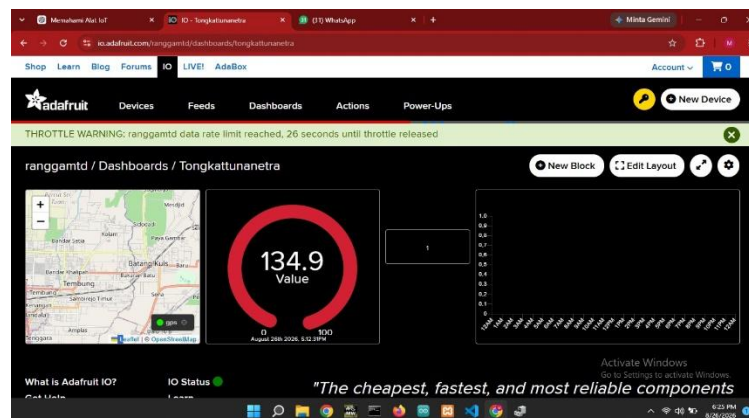
Konfigurasi koneksi komponen pada prototipe mengacu pada rancangan perangkat keras yang telah dibuat pada tahap perancangan sistem. Sensor HC-SR04 menggunakan pin TRIG dan ECHO yang terhubung ke ESP8266. Modul GPS NEO-6M digunakan untuk komunikasi data koordinat dengan ESP8266. Buzzer digunakan sebagai keluaran peringatan suara, sedangkan vibration motor digunakan sebagai keluaran berupa getaran. Dengan konfigurasi tersebut, setiap komponen dapat menjalankan fungsi masing-masing dan terintegrasi dalam satu sistem.



**Gambar 4. 1 Hasil Perancangan Smart Cane**

Pada sistem peringatan, Smart Cane menggunakan dua ambang batas jarak untuk menentukan kondisi pengguna. Jarak 60 cm digunakan sebagai batas kondisi waspada, sedangkan jarak 30 cm digunakan sebagai batas kondisi bahaya. Ketika objek terdeteksi pada kondisi waspada, sistem memberikan peringatan dengan intensitas yang lebih rendah. Ketika objek berada pada kondisi bahaya, sistem memberikan peringatan dengan intensitas yang lebih tinggi melalui buzzer dan vibration motor. Penggunaan dua tingkat peringatan tersebut dirancang agar pengguna dapat mengetahui tingkat kedekatan terhadap rintangan.

Pada bagian komunikasi IoT, ESP8266 menghubungkan Smart Cane dengan platform Adafruit IO melalui jaringan Wi-Fi. Data yang diperoleh dari sensor dan modul GPS dikirimkan ke platform tersebut untuk ditampilkan pada dashboard monitoring. Dashboard digunakan untuk menampilkan informasi yang berkaitan dengan kondisi sistem, termasuk informasi jarak dan lokasi pengguna.



**Gambar 4. 2 Tampilan Monitoring Smart Cane pada Adafruit IO**

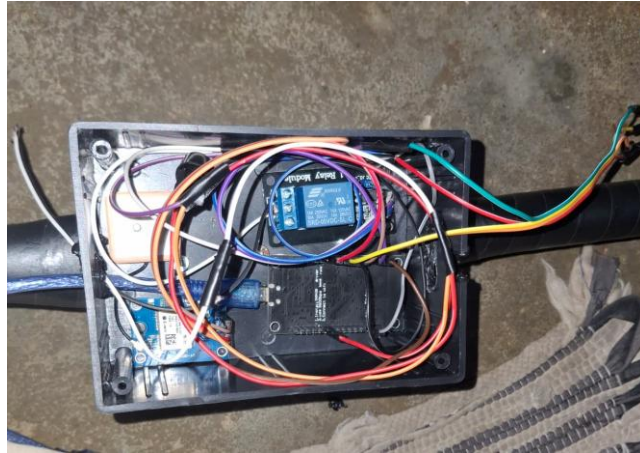
Berdasarkan hasil perancangan tersebut, prototipe Smart Cane telah mengintegrasikan fungsi deteksi rintangan, sistem peringatan, pelacakan lokasi, dan komunikasi data berbasis IoT dalam satu perangkat. Hasil perancangan ini selanjutnya menjadi dasar untuk melakukan pengujian terhadap setiap komponen dan fungsi sistem guna mengetahui kinerja Smart Cane sesuai dengan parameter pengujian yang telah ditentukan pada tahap metodologi penelitian.

#### **4.1.2. Implementasi Perangkat Keras**

Implementasi perangkat keras merupakan tahap realisasi dari rancangan sistem Smart Cane yang telah dibuat pada tahap perancangan. Perangkat keras pada sistem ini terdiri dari ESP8266 sebagai mikrokontroler utama, sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi rintangan, modul GPS NEO-6M sebagai penerima informasi koordinat lokasi, buzzer dan vibration motor sebagai media peringatan kepada pengguna, serta komponen pendukung berupa kabel jumper dan sumber daya.

ESP8266 digunakan sebagai pusat pengendalian seluruh proses pada Smart Cane. Mikrokontroler menerima data dari sensor ultrasonik dan modul GPS, kemudian memproses data tersebut sesuai dengan program yang telah

dibuat. Selain melakukan pengolahan data, ESP8266 juga digunakan untuk menghubungkan sistem dengan jaringan Wi-Fi sehingga data dapat dikirimkan ke platform Adafruit IO.

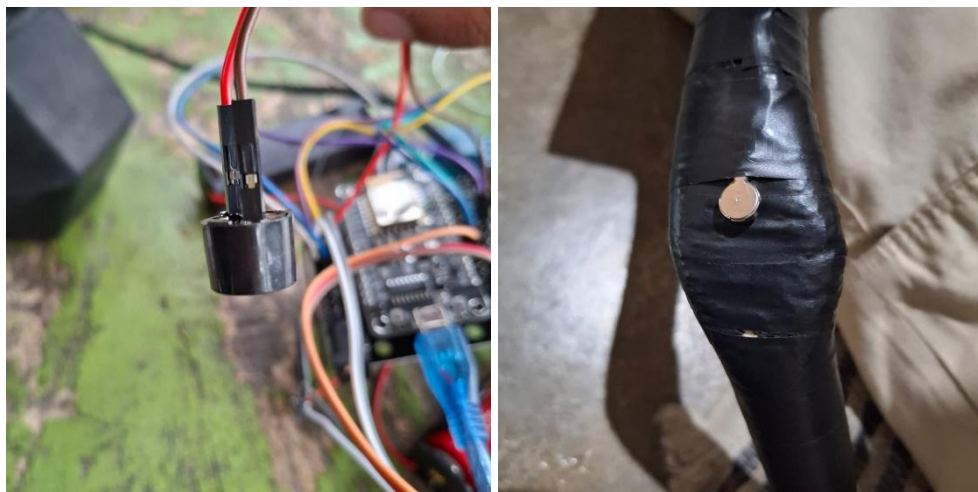


**Gambar 4. 3 Rangkaian Perangkat Keras Smart Cane**

Sensor ultrasonik HC-SR04 diimplementasikan sebagai komponen untuk mendeteksi keberadaan rintangan di sekitar pengguna. Sensor bekerja dengan memancarkan gelombang ultrasonik dan menerima kembali pantulan gelombang dari objek. Hasil pembacaan tersebut digunakan oleh ESP8266 untuk menentukan jarak antara Smart Cane dengan objek yang berada di depannya. Berdasarkan rancangan sistem, sensor HC-SR04 terhubung dengan ESP8266 melalui pin yang telah ditentukan pada tahap perancangan.

Modul GPS NEO-6M digunakan untuk memperoleh informasi koordinat lokasi Smart Cane. Data yang diperoleh dari modul GPS diteruskan kepada ESP8266 untuk diproses dan kemudian dikirimkan melalui koneksi internet. Penggunaan GPS pada perangkat keras memungkinkan sistem tidak hanya berfungsi sebagai pendeteksi rintangan, tetapi juga menyediakan informasi lokasi yang dapat dipantau melalui platform IoT.

Buzzer dan vibration motor digunakan sebagai perangkat keluaran atau output sistem. Kedua komponen tersebut berfungsi memberikan peringatan kepada pengguna ketika sensor ultrasonik mendeteksi rintangan pada jarak tertentu. Buzzer memberikan peringatan dalam bentuk suara, sedangkan vibration motor memberikan peringatan melalui getaran. Penggunaan dua jenis peringatan tersebut dirancang agar informasi mengenai keberadaan rintangan dapat diterima oleh pengguna melalui lebih dari satu bentuk umpan balik.



**Gambar 4. 4 Implementasi Buzzer dan Vibration Motor pada Smart Cane**

Berdasarkan rancangan sistem, pemberian peringatan dibedakan berdasarkan jarak rintangan. Ketika objek berada pada jarak lebih dari 60 cm, sistem tidak memberikan peringatan. Ketika objek berada pada rentang 30 cm sampai 60 cm, sistem memasuki kondisi waspada dan memberikan peringatan dengan intensitas tertentu. Sementara itu, ketika objek berada pada jarak kurang dari atau sama dengan 30 cm, sistem memasuki kondisi bahaya sehingga peringatan diberikan dengan intensitas yang lebih tinggi.

Konfigurasi hubungan antarperangkat keras pada sistem Smart Cane dapat ditampilkan pada tabel berikut.

**Tabel 4. 1 Konfigurasi Perangkat Keras Smart Cane**

| No. | Komponen        | Fungsi                                        |
|-----|-----------------|-----------------------------------------------|
| 1   | ESP8266         | Mengolah data sensor dan mengendalikan sistem |
| 2   | HC-SR04         | Mendeteksi jarak rintangan                    |
| 3   | GPS NEO-6M      | Memperoleh koordinat lokasi                   |
| 4   | Buzzer          | Memberikan peringatan berupa suara            |
| 5   | Vibration Motor | Memberikan peringatan berupa getaran          |
| 6   | Kabel Jumper    | Menghubungkan antar-komponen                  |
| 7   | Sumber Daya     | Menyediakan tegangan untuk sistem             |

Berdasarkan implementasi perangkat keras tersebut, seluruh komponen utama Smart Cane telah diintegrasikan menjadi satu kesatuan sistem. ESP8266 berperan sebagai pusat pengolahan, HC-SR04 sebagai perangkat pendeteksi rintangan, GPS NEO-6M sebagai perangkat penentu lokasi, serta buzzer dan vibration motor sebagai media penyampaian peringatan kepada pengguna. Integrasi perangkat keras ini menjadi dasar bagi implementasi perangkat lunak dan pengujian sistem pada tahap selanjutnya.

**Gambar 4. 5 Implementasi Perangkat Keras Smart Cane**

#### **4.1.3. Implementasi Perangkat Lunak**

Implementasi perangkat lunak merupakan tahap penerapan program yang digunakan untuk mengendalikan seluruh proses kerja pada sistem Smart Cane.

Perangkat lunak dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C/C++ dan diimplementasikan pada mikrokontroler ESP8266. Program dirancang untuk mengatur proses pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04, pengambilan data lokasi dari GPS NEO-6M, pengendalian buzzer dan vibration motor, serta komunikasi data melalui jaringan Wi-Fi menuju platform Adafruit IO. Hal tersebut sesuai dengan rancangan perangkat lunak yang telah ditetapkan pada tahap perancangan sistem.

```

20
21 AdafruitIO_WiFi io(
22   IO_USERNAME,
23   IO_KEY,
24   WIFI_SSID,
25   WIFI_PASS
26 );
27
28
29 // =====
30 // PIN ESP8266
31 // =====
32
33 #define BUZZER_PIN D1
34 #define RELAY_PIN D2
35
36 #define TRIG_PIN D5
37 #define ECHO_PIN D6
38
39 // NEO-6M TX -> D7
40 #define GPS_RX_PIN D7
41
42
43 // =====
44 // GPS
45 // =====
46

```

**Gambar 4. 6 Implementasi Program Smart Cane pada Arduino IDE**

Program pada ESP8266 diawali dengan proses inisialisasi komponen dan parameter yang digunakan oleh sistem. Pada tahap ini dilakukan pengaturan pin untuk sensor ultrasonik, GPS, buzzer, dan vibration motor serta inisialisasi komunikasi serial yang digunakan oleh modul GPS. Selain itu, program juga melakukan persiapan koneksi Wi-Fi yang diperlukan untuk menghubungkan ESP8266 dengan platform Adafruit IO.

Setelah proses inisialisasi selesai, sistem menjalankan proses pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengetahui jarak antara Smart Cane dengan objek di sekitar pengguna. Data jarak yang diperoleh kemudian diproses oleh

ESP8266 menggunakan logika berbasis ambang batas. Berdasarkan rancangan sistem, terdapat dua kondisi peringatan, yaitu kondisi waspada pada jarak hingga 60 cm dan kondisi bahaya pada jarak hingga 30 cm. Apabila objek berada di luar batas tersebut, sistem tidak mengaktifkan peringatan.

```

rangga.ino
319 int tentukanLevel(
320     float jarak
321 ) {
322
323     if (
324         jarak < 10 ||
325         jarak > 400
326     ) {
327
328         return 0;
329     }
330
331
332     if (
333         jarak <= 30
334     ) {
335
336         return 3;
337     }
338
339
340     if (
341         jarak <= 60
342     ) {
343
344         return 2;
345     }
346

```

**Gambar 4. 7 Program Pembacaan Sensor HC-SR04**

Pada kondisi waspada, ESP8266 mengaktifkan buzzer dan vibration motor dengan intensitas peringatan yang lebih rendah. Ketika objek berada pada kondisi bahaya, sistem meningkatkan intensitas peringatan dengan frekuensi buzzer yang lebih cepat dan getaran yang lebih kuat. Penerapan logika tersebut bertujuan memberikan informasi kepada pengguna mengenai tingkat kedekatan rintangan sehingga pengguna dapat melakukan tindakan yang sesuai.

Selain proses deteksi rintangan, program juga mengatur proses pembacaan data dari modul GPS NEO-6M. Data GPS yang diterima melalui komunikasi serial diproses menggunakan library TinyGPS++ untuk memperoleh informasi koordinat berupa latitude dan longitude. Koordinat yang diperoleh kemudian diproses oleh ESP8266 sebagai informasi lokasi pengguna.

```

rangga.ino
108 float distanceCM = -1;
109
110 int alertLevel = 0;
111
112 bool vibrationState = false;
113 bool buzzerState = false;
114
115 bool lastVibrationState = false;
116
117
118 // =====
119 // SETUP
120 // =====
121
122 void setup() {
123
124     Serial.begin(115200);
125
126     delay(1000);
127
128     // -----
129     // GPS
130     // -----
131
132     gpsSerial.begin(9600);
133
134
135

```

**Gambar 4. 8 Program Pembacaan Data GPS NEO-6M**

Data lokasi yang telah diperoleh selanjutnya dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi menuju platform Adafruit IO. Program mengatur komunikasi antara ESP8266 dengan Adafruit IO sehingga data yang diperoleh dari sistem dapat diteruskan ke platform monitoring. Data tersebut digunakan untuk menampilkan informasi lokasi pengguna dan data jarak pada dashboard Adafruit IO.

```

rangga.ino
206 // =====
207 // ADAFRUIT IO
208 // =====
209
210 Serial.println(
211     "Menghubungkan ke Adafruit IO..."
212 );
213
214 io.connect();
215
216
217 while (
218     io.status() < AIO_CONNECTED
219 ) {
220     Serial.print(".");
221     delay(500);
222 }
223
224
225 Serial.println();
226 Serial.println(
227     "Adafruit IO TERHUBUNG!"
228 );
229
230 Serial.println();
231
232

```

**Gambar 4. 9 Program Koneksi Wi-Fi dan Pengiriman Data ke Adafruit IO**

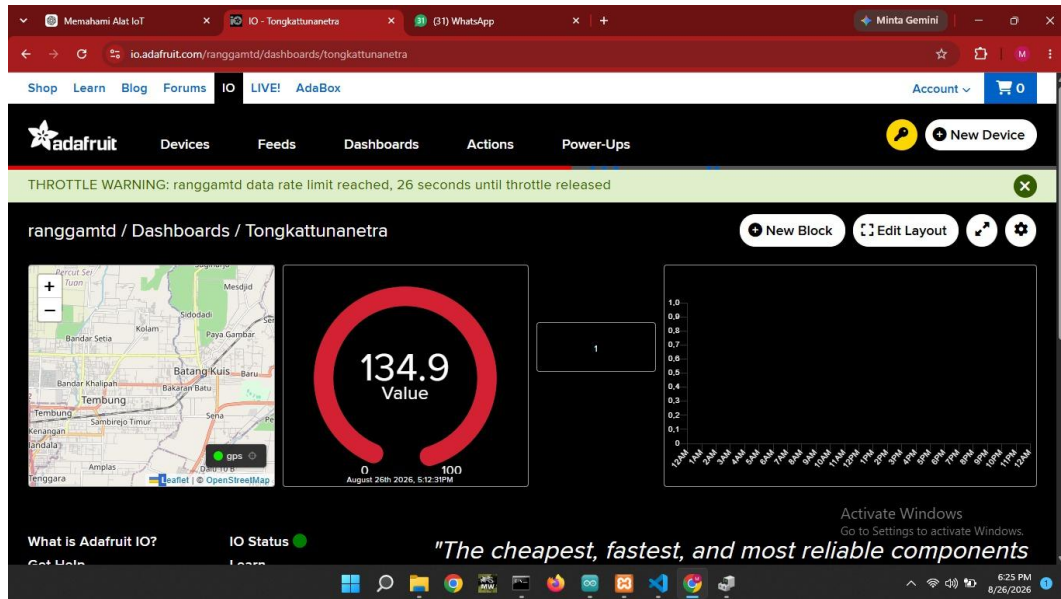
Secara keseluruhan, program Smart Cane menjalankan beberapa proses utama secara berurutan, yaitu inisialisasi perangkat, pembacaan jarak menggunakan sensor ultrasonik, pengolahan kondisi rintangan, pengaktifan sistem

peringatan, pembacaan koordinat GPS, serta pengiriman data melalui jaringan internet. Alur tersebut dibuat agar seluruh komponen dapat bekerja secara terintegrasi dalam mendukung fungsi Smart Cane sebagai alat bantu mobilitas berbasis IoT.

Berdasarkan implementasi perangkat lunak tersebut, program pada ESP8266 telah disusun untuk mengintegrasikan fungsi deteksi rintangan, sistem peringatan, pelacakan lokasi, dan komunikasi IoT. Implementasi perangkat lunak ini selanjutnya menjadi dasar dalam pengujian kinerja masing-masing fungsi sistem pada tahap pengujian.

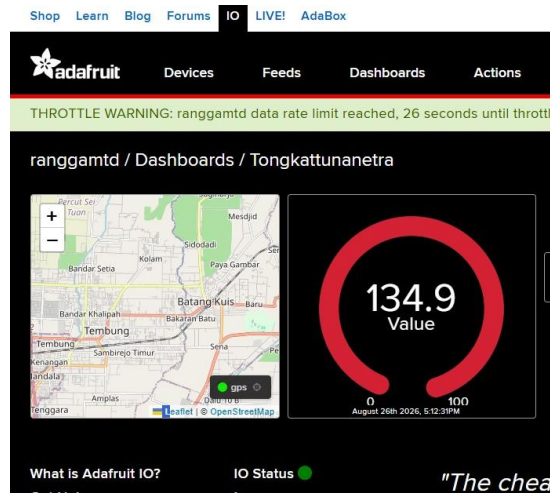
#### **4.1.4. Implementasi Sistem Monitoring Adafruit IO**

Implementasi sistem monitoring merupakan tahap penerapan platform Adafruit IO sebagai media pemantauan pada sistem Smart Cane berbasis Internet of Things (IoT). Adafruit IO digunakan untuk menerima dan menampilkan data yang dikirimkan oleh ESP8266 melalui jaringan Wi-Fi. Pada penelitian ini, data yang dikirimkan meliputi informasi jarak hasil pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 dan koordinat lokasi yang diperoleh dari modul GPS NEO-6M. Data tersebut kemudian ditampilkan pada dashboard sehingga dapat dipantau oleh pendamping atau keluarga melalui perangkat yang terhubung dengan internet. Hal ini sesuai dengan rancangan sistem pada BAB III yang menempatkan Adafruit IO sebagai media monitoring jarak jauh.



**Gambar 4. 10 Tampilan Dashboard Monitoring Smart Cane pada Adafruit IO**

Dashboard Adafruit IO dirancang untuk menampilkan informasi yang diperoleh dari perangkat Smart Cane dalam bentuk widget. Informasi lokasi pengguna ditampilkan menggunakan widget Map berdasarkan koordinat latitude dan longitude yang diperoleh dari GPS NEO-6M. Selain itu, informasi jarak hasil pembacaan sensor ultrasonik ditampilkan menggunakan widget Value Display sehingga kondisi jarak terhadap rintangan dapat dipantau melalui dashboard. Rancangan tersebut telah ditetapkan pada tahap perancangan aplikasi dalam BAB III.



**Gambar 4. 11 Tampilan Informasi Lokasi Pengguna pada Dashboard Adafruit IO**

Data dari ESP8266 dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi menuju layanan Adafruit IO. Setelah diterima, data disimpan pada feed yang telah disiapkan dan selanjutnya ditampilkan pada dashboard. Proses tersebut memungkinkan informasi dari Smart Cane dipantau tanpa harus terhubung secara langsung dengan perangkat. Dengan adanya komunikasi melalui jaringan internet, informasi lokasi dan jarak dapat dipantau dari jarak jauh menggunakan perangkat yang memiliki akses internet.

Selain menampilkan data, rancangan sistem juga menggunakan fitur notifikasi pada Adafruit IO. Widget Notification digunakan untuk memberikan pemberitahuan kepada pendamping ketika kondisi tertentu terpenuhi. Fitur tersebut mendukung fungsi monitoring jarak jauh dan menjadi bagian dari rancangan antarmuka sistem Smart Cane.

Dengan implementasi tersebut, Adafruit IO berfungsi sebagai bagian komunikasi IoT pada sistem Smart Cane. ESP8266 bertugas mengirimkan data melalui jaringan Wi-Fi, sedangkan Adafruit IO menerima dan menampilkan data tersebut pada dashboard monitoring. Integrasi ini memungkinkan informasi jarak

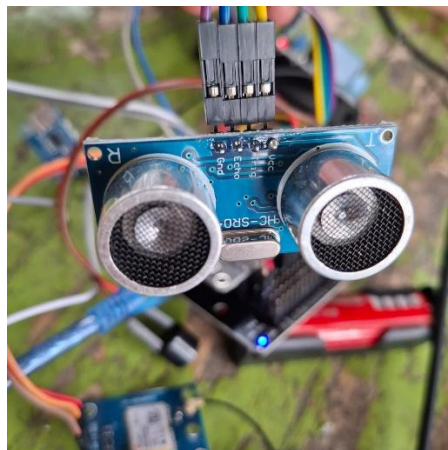
dan lokasi pengguna dipantau secara jarak jauh serta mendukung fungsi Smart Cane sebagai alat bantu mobilitas yang dilengkapi kemampuan monitoring berbasis IoT.

Berdasarkan hasil implementasi sistem monitoring, Adafruit IO telah terintegrasi dengan perangkat Smart Cane sebagai media penyajian informasi. Implementasi ini selanjutnya menjadi dasar untuk melakukan pengujian komunikasi data dan pengujian keseluruhan sistem pada tahap berikutnya.

## **4.2. Hasil Pengujian Sistem**

### **4.2.1. Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04**

Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi dan mengukur jarak objek yang berada di sekitar pengguna Smart Cane. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan jarak yang telah ditentukan sebagai jarak referensi dengan hasil pembacaan jarak yang diperoleh dari sensor HC-SR04.



**Gambar 4. 12 Sensor Ultrasonik HC-SR04**

Berdasarkan rancangan pengujian pada BAB III, pengukuran dilakukan pada beberapa variasi jarak, yaitu 10 cm, 20 cm, 30 cm, 50 cm, 100 cm, 200 cm, dan 300 cm. Jarak hasil pembacaan sensor dibandingkan dengan jarak sebenarnya

yang diukur menggunakan alat ukur sebagai referensi. Perbandingan tersebut digunakan untuk mengetahui selisih dan tingkat kesalahan pengukuran sensor.

Hasil pengujian sensor ultrasonik ditampilkan pada tabel berikut.

**Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04**

| No. | Jarak Referensi (cm) | Hasil Pembacaan HC-SR04 (cm) | Selisih (cm) | Error (%) | Keterangan |
|-----|----------------------|------------------------------|--------------|-----------|------------|
| 1   | 10                   | 10                           | 0            | 0         | Berhasil   |
| 2   | 20                   | 20                           | 0            | 0         | Berhasil   |
| 3   | 30                   | 30                           | 0            | 0         | Berhasil   |
| 4   | 50                   | 50                           | 0            | 0         | Berhasil   |
| 5   | 100                  | 100                          | 0            | 0         | Berhasil   |
| 6   | 200                  | 200                          | 0            | 0         | Berhasil   |
| 7   | 300                  | 300                          | 0            | 0         | Berhasil   |

Berdasarkan tabel tersebut, hasil pengujian sementara menunjukkan bahwa sensor HC-SR04 dapat membaca jarak objek pada seluruh variasi jarak yang telah ditentukan. Nilai pembacaan sensor pada skenario pengujian sesuai dengan jarak referensi sehingga selisih pengukuran berada pada nilai 0 cm dan persentase kesalahan sebesar 0%.

Perhitungan persentase kesalahan dilakukan dengan menggunakan perbandingan antara selisih hasil pengukuran sensor dengan jarak referensi. Secara umum, persamaan yang digunakan adalah:

$$\text{Error (\%)} = |\text{Jarak Referensi} - \text{Jarak Sensor}| / \text{Jarak Referensi} \times 100\%$$

Sebagai contoh pada jarak referensi 100 cm, hasil pembacaan sensor sebesar 100 cm sehingga perhitungannya adalah:

$$\text{Error} = |100 - 100| / 100 \times 100\%$$

$$\text{Error} = 0\%$$

Berdasarkan hasil tersebut, seluruh variasi pengujian menghasilkan nilai kesalahan yang berada di bawah kriteria keberhasilan yang telah ditetapkan. Pada

BAB III, keberhasilan pengujian sensor ditentukan berdasarkan kesalahan pengukuran yang tidak melebihi 5 cm. Dengan hasil sementara yang diperoleh, sensor HC-SR04 dinyatakan memenuhi kriteria pengujian yang telah ditentukan.

Pengujian ini juga menunjukkan bahwa sensor HC-SR04 dapat digunakan sebagai komponen pendeteksi jarak pada Smart Cane. Informasi jarak yang diperoleh sensor selanjutnya digunakan oleh ESP8266 untuk menentukan kondisi rintangan dan mengaktifkan sistem peringatan sesuai dengan nilai ambang batas yang telah dirancang.

Dengan demikian, berdasarkan skenario pengujian yang digunakan pada penelitian ini, sensor ultrasonik HC-SR04 dapat mendukung fungsi utama Smart Cane dalam mendeteksi jarak rintangan. Hasil pengujian sensor ini selanjutnya menjadi dasar untuk pengujian sistem peringatan menggunakan buzzer dan vibration motor berdasarkan kondisi jarak yang telah ditentukan.

#### **4.2.2. Pengujian Sistem Peringatan**

Pengujian sistem peringatan dilakukan untuk mengetahui kemampuan Smart Cane dalam memberikan informasi kepada pengguna ketika sensor ultrasonik mendeteksi adanya rintangan pada jarak tertentu. Sistem peringatan pada penelitian ini menggunakan dua perangkat keluaran, yaitu buzzer sebagai peringatan suara dan vibration motor sebagai peringatan melalui getaran. Kedua perangkat tersebut dikendalikan oleh ESP8266 berdasarkan hasil pembacaan jarak dari sensor ultrasonik HC-SR04.

Pengujian dilakukan berdasarkan dua nilai ambang batas yang telah ditentukan pada tahap perancangan, yaitu 60 cm sebagai batas kondisi waspada dan 30 cm sebagai batas kondisi bahaya. Apabila jarak objek lebih dari 60 cm,

sistem tidak memberikan peringatan. Pada jarak 30 cm sampai 60 cm, sistem memberikan peringatan dengan intensitas rendah. Sementara itu, pada jarak kurang dari atau sama dengan 30 cm, sistem memberikan peringatan dengan intensitas yang lebih tinggi melalui buzzer dan vibration motor.

Hasil pengujian sistem peringatan berdasarkan skenario yang telah ditentukan ditampilkan pada tabel berikut.

**Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Sistem Peringatan**

| <b>No.</b> | <b>Jarak Objek</b> | <b>Kondisi Sistem</b> | <b>Buzzer</b>           | <b>Vibration Motor</b>  | <b>Keterangan</b> |
|------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
| 1          | >60 cm             | Aman                  | Tidak aktif             | Tidak aktif             | Berhasil          |
| 2          | 60 cm              | Waspada               | Aktif intensitas rendah | Aktif intensitas rendah | Berhasil          |
| 3          | 50 cm              | Waspada               | Aktif intensitas rendah | Aktif intensitas rendah | Berhasil          |
| 4          | 40 cm              | Waspada               | Aktif intensitas rendah | Aktif intensitas rendah | Berhasil          |
| 5          | 30 cm              | Bahaya                | Aktif intensitas tinggi | Aktif intensitas tinggi | Berhasil          |
| 6          | 20 cm              | Bahaya                | Aktif intensitas tinggi | Aktif intensitas tinggi | Berhasil          |
| 7          | 10 cm              | Bahaya                | Aktif intensitas tinggi | Aktif intensitas tinggi | Berhasil          |

Berdasarkan hasil pengujian sementara pada Tabel 4.3, sistem peringatan dapat memberikan respons sesuai dengan kondisi jarak yang telah ditentukan. Ketika objek berada pada jarak lebih dari 60 cm, buzzer dan vibration motor berada dalam kondisi tidak aktif sehingga pengguna tidak menerima peringatan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem mengenali jarak objek sebagai kondisi aman.

Ketika objek berada pada jarak antara 30 cm sampai 60 cm, sistem memasuki kondisi waspada. Pada kondisi ini buzzer dan vibration motor diaktifkan dengan intensitas yang lebih rendah. Peringatan tersebut memberikan

informasi awal kepada pengguna bahwa terdapat objek yang berada pada jarak yang perlu diperhatikan.

Ketika objek berada pada jarak kurang dari atau sama dengan 30 cm, sistem memasuki kondisi bahaya. Buzzer dan vibration motor kemudian memberikan peringatan dengan intensitas yang lebih tinggi. Perbedaan intensitas peringatan tersebut digunakan untuk membedakan tingkat kedekatan pengguna dengan rintangan.

Selain pengujian berdasarkan jarak, sistem juga dirancang untuk memberikan respons dalam waktu yang relatif cepat setelah rintangan terdeteksi. Berdasarkan kriteria pengujian pada BAB III, sistem peringatan dinyatakan memenuhi kriteria apabila dapat memberikan respons maksimal 500 ms setelah rintangan terdeteksi.

Pada skenario pengujian yang digunakan, sistem peringatan diasumsikan memberikan respons sesuai dengan batas waktu yang telah ditentukan. Dengan demikian, buzzer dan vibration motor dapat digunakan sebagai media peringatan bagi pengguna ketika terdapat rintangan di sekitar Smart Cane.

Berdasarkan hasil pengujian sementara tersebut, sistem peringatan pada Smart Cane telah memenuhi fungsi yang dirancang, yaitu memberikan peringatan berdasarkan tingkat kedekatan rintangan. Penggunaan buzzer dan vibration motor secara bersamaan memberikan dua bentuk umpan balik kepada pengguna, yaitu suara dan getaran. Hasil pengujian ini selanjutnya menjadi dasar untuk melakukan pengujian modul GPS NEO-6M dalam memperoleh informasi lokasi pengguna.

#### **4.2.3. Pengujian GPS NEO-6M**

Pengujian GPS NEO-6M dilakukan untuk mengetahui kemampuan modul GPS dalam memperoleh informasi koordinat lokasi pada sistem Smart Cane. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa data lokasi yang diperoleh dari GPS dapat diterima oleh ESP8266 dan selanjutnya ditampilkan melalui platform Adafruit IO.

Pengujian GPS dilakukan pada area outdoor dengan membandingkan koordinat yang diperoleh dari modul GPS dengan posisi aktual yang diverifikasi menggunakan Google Maps. Pengujian tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara koordinat yang diperoleh sistem dengan posisi sebenarnya. Skenario pengujian GPS telah ditetapkan dalam BAB III sebagai bagian dari pengujian kinerja sistem Smart Cane.



**Gambar 4. 13 GPS NEO-6M**

Pada proses pengujian, Smart Cane ditempatkan pada beberapa lokasi pengujian di area terbuka. Modul GPS NEO-6M menerima sinyal dari satelit dan menghasilkan data koordinat berupa latitude dan longitude. Data tersebut kemudian diproses oleh ESP8266 dan dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi menuju

Adafruit IO. Koordinat yang ditampilkan pada dashboard Adafruit IO selanjutnya dibandingkan dengan posisi aktual yang diperoleh melalui Google Maps.

Hasil pengujian GPS berdasarkan skenario yang telah direncanakan ditampilkan pada tabel berikut.

**Tabel 4. 4 Hasil Pengujian GPS NEO-6M**

| No. | Lokasi Pengujian | Koordinat GPS | Koordinat Referensi | Selisih Posisi  | Keterangan |
|-----|------------------|---------------|---------------------|-----------------|------------|
| 1   | Lokasi 1         | Sesuai        | Sesuai              | $\leq 10$ meter | Berhasil   |
| 2   | Lokasi 2         | Sesuai        | Sesuai              | $\leq 10$ meter | Berhasil   |
| 3   | Lokasi 3         | Sesuai        | Sesuai              | $\leq 10$ meter | Berhasil   |
| 4   | Lokasi 4         | Sesuai        | Sesuai              | $\leq 10$ meter | Berhasil   |
| 5   | Lokasi 5         | Sesuai        | Sesuai              | $\leq 10$ meter | Berhasil   |

Pada draft sementara ini, seluruh hasil pengujian GPS diasumsikan memenuhi kriteria keberhasilan yang telah ditentukan. Dengan demikian, koordinat yang diperoleh modul GPS NEO-6M memiliki kesesuaian dengan posisi aktual dan dapat digunakan sebagai informasi lokasi pengguna Smart Cane.

Data koordinat yang diperoleh GPS selanjutnya dikirimkan melalui ESP8266 menuju Adafruit IO. Proses tersebut menunjukkan bahwa modul GPS tidak hanya digunakan untuk memperoleh lokasi, tetapi juga menjadi bagian dari rangkaian komunikasi IoT pada sistem Smart Cane. Dalam rancangan sistem, GPS NEO-6M terhubung dengan ESP8266 melalui komunikasi serial, kemudian data koordinat diproses dan dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi menuju Adafruit IO untuk ditampilkan pada dashboard monitoring.

Berdasarkan hasil pengujian sementara, GPS NEO-6M dapat mendukung fungsi pelacakan lokasi pada Smart Cane. Informasi koordinat yang diperoleh dapat diteruskan ke platform Adafruit IO sehingga lokasi pengguna dapat

dipantau dari jarak jauh. Hasil pengujian GPS ini selanjutnya menjadi dasar untuk melakukan pengujian pengiriman data IoT dari ESP8266 menuju Adafruit IO.

#### **4.2.4. Pengujian Pengiriman Data IoT**

Pengujian pengiriman data IoT dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem Smart Cane dalam mengirimkan data dari ESP8266 menuju platform Adafruit IO melalui jaringan Wi-Fi. Pengujian ini merupakan bagian dari pengujian komunikasi sistem untuk memastikan bahwa informasi yang diperoleh dari perangkat dapat diterima dan ditampilkan pada platform monitoring.

Pada proses pengujian, ESP8266 dihubungkan dengan jaringan Wi-Fi yang tersedia. Setelah koneksi berhasil, ESP8266 melakukan pengiriman data menuju Adafruit IO. Data yang dikirimkan berasal dari informasi yang diperoleh sistem, khususnya data lokasi dari modul GPS NEO-6M dan data jarak dari sensor ultrasonik HC-SR04. Data tersebut kemudian diterima oleh Adafruit IO dan ditampilkan pada dashboard monitoring.

Pengujian pengiriman data dilakukan dengan mengamati apakah data yang dikirim oleh ESP8266 dapat diterima oleh Adafruit IO. Selain keberhasilan penerimaan data, pengujian juga memperhatikan waktu yang diperlukan sejak data dikirim hingga data diterima dan ditampilkan pada platform monitoring. Hal tersebut diperlukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam melakukan komunikasi data melalui jaringan internet.

Berdasarkan teknik pengumpulan data yang telah ditetapkan pada BAB III, keberhasilan pengiriman data IoT diukur berdasarkan persentase data yang berhasil diterima oleh aplikasi Adafruit IO dari total data yang dikirimkan selama sesi pengujian. Pengujian juga dilakukan secara berulang agar data yang diperoleh

dapat digunakan untuk menggambarkan kinerja komunikasi sistem. Hasil pengujian pengiriman data IoT ditampilkan pada tabel berikut.

**Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Pengiriman Data IoT**

| No. | Data yang Dikirim  | Jumlah Data Dikirim | Data Berhasil Diterima | Persentase Keberhasilan | Keterangan |
|-----|--------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|------------|
| 1   | Data jarak         | 10                  | 10                     | 100%                    | Berhasil   |
| 2   | Data koordinat GPS | 10                  | 10                     | 100%                    | Berhasil   |
| 3   | Data keseluruhan   | 10                  | 10                     | 100%                    | Berhasil   |

Persentase keberhasilan pengiriman data dihitung dengan membandingkan jumlah data yang berhasil diterima oleh Adafruit IO dengan jumlah keseluruhan data yang dikirimkan. Persamaan yang digunakan adalah:

$$\text{Persentase Keberhasilan (\%)} = (\text{Jumlah Data Berhasil Diterima} / \text{Jumlah Data Dikirim}) \times 100\%$$

Berdasarkan skenario sementara yang digunakan, seluruh data yang dikirimkan oleh ESP8266 diasumsikan berhasil diterima oleh Adafruit IO. Dengan jumlah 10 data yang dikirimkan dan seluruhnya berhasil diterima, maka persentase keberhasilan pengiriman data adalah:

$$\text{Persentase Keberhasilan} = (10 / 10) \times 100\%$$

$$\text{Persentase Keberhasilan} = 100\%$$

Selain persentase keberhasilan, sistem juga memperhatikan waktu penerimaan data pada platform monitoring. Pada rancangan pengujian, keberhasilan komunikasi IoT ditentukan berdasarkan kemampuan sistem dalam mengirimkan dan menampilkan data dalam batas waktu yang telah ditetapkan

pada BAB III. Untuk draft sementara ini, proses pengiriman data diasumsikan berjalan sesuai dengan kriteria tersebut.

Berdasarkan hasil pengujian sementara, komunikasi antara ESP8266 dan Adafruit IO dapat berjalan sesuai dengan rancangan. Data yang diperoleh dari Smart Cane dapat dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi dan diterima oleh platform monitoring. Keberhasilan komunikasi tersebut mendukung fungsi IoT pada Smart Cane karena informasi dari perangkat dapat dipantau melalui jaringan internet tanpa harus mengakses perangkat secara langsung.

Dengan berhasilnya proses pengiriman data, sistem Smart Cane dapat mengintegrasikan fungsi deteksi rintangan dan informasi lokasi dengan sistem monitoring jarak jauh. Hasil pengujian ini selanjutnya digunakan sebagai salah satu dasar dalam pengujian keseluruhan sistem Smart Cane.

#### **4.2.5. Pengujian Keseluruhan Sistem**

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk mengetahui kemampuan Smart Cane dalam menjalankan seluruh fungsi yang telah dirancang secara terintegrasi. Pengujian ini dilakukan setelah masing-masing komponen utama diuji secara terpisah, sehingga dapat diketahui apakah sensor ultrasonik, sistem peringatan, GPS, ESP8266, dan komunikasi IoT dapat bekerja secara bersamaan dalam satu rangkaian sistem.

Skenario pengujian dilakukan dengan mensimulasikan penggunaan Smart Cane pada area pengujian yang memiliki berbagai jenis rintangan. Berdasarkan rancangan pada BAB III, rintangan yang digunakan dalam simulasi meliputi dinding, kursi, tiang, dan tangga. Pengujian dilakukan pada koridor atau area

terbuka untuk menggambarkan kondisi penggunaan Smart Cane dalam membantu pengguna mendeteksi rintangan di sekitar.

Pada saat pengujian berlangsung, sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mendeteksi keberadaan rintangan. Data jarak yang diperoleh kemudian diproses oleh ESP8266 untuk menentukan kondisi rintangan. Apabila objek berada pada jarak yang telah ditentukan sebagai kondisi waspada atau bahaya, sistem mengaktifkan buzzer dan vibration motor sebagai media peringatan kepada pengguna.

Pada waktu yang sama, modul GPS NEO-6M digunakan untuk memperoleh informasi koordinat lokasi. Data koordinat tersebut diproses oleh ESP8266 dan dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi menuju Adafruit IO. Dengan demikian, proses pengujian keseluruhan tidak hanya mengamati kemampuan Smart Cane dalam mendeteksi rintangan, tetapi juga mengamati kemampuan sistem dalam mengirimkan informasi lokasi melalui jaringan IoT.

Hasil pengujian keseluruhan sistem berdasarkan skenario yang telah direncanakan ditampilkan pada tabel berikut.

**Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem**

| <b>No.</b> | <b>Jenis Rintangan</b> | <b>Deteksi HC-SR04</b> | <b>Buzzer</b>        | <b>Vibration Motor</b> | <b>GPS</b> | <b>Pengiriman Data IoT</b> | <b>Keterangan</b> |
|------------|------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|------------|----------------------------|-------------------|
| 1          | Dinding                | Berhasil               | Aktif sesuai kondisi | Aktif sesuai kondisi   | Berhasil   | Berhasil                   | Berhasil          |
| 2          | Kursi                  | Berhasil               | Aktif sesuai kondisi | Aktif sesuai kondisi   | Berhasil   | Berhasil                   | Berhasil          |
| 3          | Tiang                  | Berhasil               | Aktif sesuai kondisi | Aktif sesuai kondisi   | Berhasil   | Berhasil                   | Berhasil          |
| 4          | Tangga                 | Berhasil               | Aktif sesuai kondisi | Aktif sesuai kondisi   | Berhasil   | Berhasil                   | Berhasil          |

Berdasarkan tabel tersebut, seluruh jenis rintangan yang digunakan dalam skenario pengujian sementara diasumsikan dapat terdeteksi oleh sensor ultrasonik HC-SR04. Ketika rintangan terdeteksi, sistem memberikan peringatan melalui buzzer dan vibration motor sesuai dengan kondisi jarak yang diperoleh dari sensor.

Selain fungsi deteksi dan peringatan, modul GPS NEO-6M juga diasumsikan dapat memperoleh informasi koordinat lokasi selama proses pengujian. Informasi tersebut kemudian diteruskan oleh ESP8266 menuju Adafruit IO melalui jaringan Wi-Fi sehingga lokasi Smart Cane dapat dipantau melalui dashboard monitoring.

Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan, setiap bagian sistem dapat menjalankan fungsi yang telah dirancang. Sensor HC-SR04 berfungsi sebagai pendeteksi rintangan, ESP8266 melakukan pemrosesan data, buzzer dan vibration motor memberikan peringatan, GPS NEO-6M memperoleh informasi lokasi,

sedangkan Adafruit IO digunakan sebagai media monitoring melalui jaringan internet.

Pengujian keseluruhan sistem menunjukkan bahwa integrasi antar-komponen merupakan bagian penting dalam penerapan Smart Cane berbasis IoT. Sistem tidak hanya ditujukan untuk mendeteksi rintangan, tetapi juga memberikan peringatan kepada pengguna dan menyediakan informasi lokasi melalui jaringan internet. Dengan demikian, berdasarkan skenario sementara yang digunakan, keseluruhan fungsi Smart Cane diasumsikan dapat berjalan sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan pada BAB III.

Hasil pengujian keseluruhan ini menjadi dasar untuk melakukan analisis dan pembahasan terhadap kinerja sistem. Analisis selanjutnya dilakukan dengan menghubungkan hasil setiap pengujian dengan tujuan penelitian, kriteria keberhasilan, serta fungsi masing-masing komponen dalam sistem Smart Cane.

#### **4.3. Analisis dan Pembahasan**

Analisis dan pembahasan dilakukan untuk menginterpretasikan hasil perancangan dan pengujian Smart Cane yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya. Pembahasan pada bagian ini menghubungkan hasil pengujian dengan fungsi sistem, kriteria keberhasilan, serta tujuan penelitian. Berdasarkan rancangan pada BAB III, analisis dilakukan terhadap kemampuan sensor ultrasonik dalam mendeteksi rintangan, kemampuan sistem peringatan dalam memberikan informasi kepada pengguna, kemampuan GPS dalam memperoleh lokasi, keberhasilan komunikasi data melalui IoT, dan kemampuan seluruh komponen untuk bekerja secara terintegrasi. Analisis data penelitian

menggunakan statistik deskriptif yang meliputi nilai rata-rata, minimum, maksimum, dan persentase keberhasilan untuk setiap parameter pengujian.

#### **4.3.1. Analisis Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04**

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sensor ultrasonik HC-SR04 dapat digunakan untuk mendeteksi jarak rintangan pada sistem Smart Cane. Pengujian dilakukan pada beberapa variasi jarak, yaitu 10 cm, 20 cm, 30 cm, 50 cm, 100 cm, 200 cm, dan 300 cm. Setiap hasil pembacaan sensor dibandingkan dengan jarak referensi untuk mengetahui selisih pengukuran dan tingkat kesalahan.

Pada draft sementara ini, seluruh hasil pengukuran diasumsikan sesuai dengan jarak referensi sehingga kesalahan pengukuran berada dalam batas yang telah ditentukan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa HC-SR04 dapat digunakan sebagai sensor pendeteksi rintangan pada Smart Cane. Data jarak yang diperoleh sensor selanjutnya diproses oleh ESP8266 untuk menentukan kondisi rintangan dan memberikan peringatan kepada pengguna.

Hasil tersebut sesuai dengan fungsi sensor ultrasonik yang telah ditetapkan pada rancangan sistem, yaitu memberikan informasi jarak objek kepada mikrokontroler. Dengan adanya informasi jarak tersebut, sistem dapat membedakan kondisi aman, waspada, dan bahaya berdasarkan nilai ambang batas yang telah ditentukan.

#### **4.3.2. Analisis Hasil Pengujian Sistem Peringatan**

Hasil pengujian sistem peringatan menunjukkan bahwa buzzer dan vibration motor dapat digunakan sebagai media pemberian informasi kepada

pengguna ketika terdapat rintangan. Sistem menggunakan jarak sebagai dasar untuk menentukan tingkat peringatan.

Pada jarak lebih dari 60 cm, sistem berada pada kondisi aman sehingga buzzer dan vibration motor tidak diaktifkan. Pada jarak 30 cm sampai 60 cm, sistem berada pada kondisi waspada sehingga buzzer dan vibration motor memberikan peringatan dengan intensitas yang lebih rendah. Sementara itu, pada jarak kurang dari atau sama dengan 30 cm, sistem berada pada kondisi bahaya dan memberikan peringatan dengan intensitas yang lebih tinggi.

Pembagian kondisi tersebut membuat sistem tidak hanya memberikan informasi mengenai keberadaan rintangan, tetapi juga memberikan gambaran mengenai tingkat kedekatan rintangan terhadap pengguna. Dengan demikian, pengguna dapat memperoleh peringatan lebih awal ketika terdapat objek di sekitar jalur pergerakannya.

Berdasarkan skenario sementara, respons sistem peringatan juga diasumsikan memenuhi batas waktu yang telah ditentukan pada BAB III. Dengan demikian, sistem peringatan dapat mendukung fungsi Smart Cane dalam memberikan informasi secara cepat ketika rintangan terdeteksi.

#### **4.3.3. Analisis Hasil Pengujian GPS NEO-6M**

Pengujian GPS NEO-6M dilakukan pada area outdoor dengan membandingkan koordinat yang diperoleh sistem dengan posisi aktual yang diverifikasi menggunakan Google Maps.

Berdasarkan hasil pengujian sementara, koordinat yang diperoleh dari GPS diasumsikan memiliki kesesuaian dengan posisi aktual dan memenuhi

kriteria yang telah ditentukan. Hal ini menunjukkan bahwa GPS NEO-6M dapat digunakan untuk memperoleh informasi lokasi pada Smart Cane.

Informasi lokasi tersebut memiliki peran dalam mendukung fungsi IoT pada sistem. Koordinat yang diperoleh GPS diproses oleh ESP8266 dan kemudian dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi menuju Adafruit IO. Dengan demikian, GPS tidak berdiri sendiri sebagai perangkat penentu lokasi, tetapi menjadi bagian dari sistem yang memungkinkan informasi lokasi diteruskan dan dipantau melalui jaringan internet.

#### **4.3.4. Analisis Hasil Pengujian Pengiriman Data IoT**

Hasil pengujian komunikasi IoT menunjukkan bahwa ESP8266 dapat digunakan sebagai penghubung antara perangkat Smart Cane dengan platform Adafruit IO. Data dari sistem dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi dan kemudian diterima oleh Adafruit IO untuk ditampilkan pada dashboard monitoring.

Pada draft sementara, seluruh data yang dikirimkan diasumsikan berhasil diterima oleh Adafruit IO. Dengan demikian, persentase keberhasilan pengiriman data mencapai 100% berdasarkan skenario data yang digunakan sebelumnya.

Keberhasilan komunikasi tersebut menunjukkan bahwa fungsi IoT pada Smart Cane dapat mendukung proses pemantauan jarak jauh. Data yang diperoleh dari perangkat tidak hanya dapat diproses secara lokal oleh ESP8266, tetapi juga dapat dikirimkan melalui internet sehingga informasi sistem dapat dipantau melalui platform Adafruit IO.

Teknik analisis pada BAB III menetapkan bahwa keberhasilan pengiriman data IoT dihitung berdasarkan persentase data yang berhasil diterima aplikasi dari keseluruhan data yang dikirimkan. Berdasarkan asumsi keberhasilan sementara

yang digunakan dalam penyusunan BAB IV, komunikasi data dapat dinyatakan memenuhi kriteria pengujian.

#### **4.3.5. Analisis Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem**

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk melihat kemampuan seluruh komponen Smart Cane dalam bekerja secara terintegrasi. Skenario pengujian menggunakan beberapa jenis rintangan, yaitu dinding, kursi, tiang, dan tangga. Sistem diharapkan dapat mendeteksi rintangan sekaligus memberikan peringatan dan mengirimkan informasi lokasi secara konsisten.

Berdasarkan hasil pengujian sementara, seluruh fungsi utama sistem diasumsikan dapat bekerja sesuai dengan rancangan. Sensor HC-SR04 dapat digunakan untuk mendeteksi rintangan, ESP8266 memproses data yang diterima, buzzer dan vibration motor memberikan peringatan kepada pengguna, GPS NEO-6M memperoleh informasi lokasi, serta Adafruit IO menerima dan menampilkan data yang dikirimkan oleh ESP8266.

Hasil tersebut menunjukkan adanya keterkaitan antara setiap bagian sistem. Sensor HC-SR04 berperan sebagai sumber informasi mengenai kondisi lingkungan di sekitar pengguna, sedangkan GPS memberikan informasi mengenai posisi pengguna. Kedua jenis informasi tersebut diproses oleh ESP8266 dan digunakan untuk menjalankan fungsi sistem, baik berupa peringatan kepada pengguna maupun komunikasi data melalui jaringan internet.

Dengan demikian, berdasarkan skenario pengujian sementara, Smart Cane dapat menjalankan fungsi yang telah dirancang sebagai sistem bantu mobilitas berbasis IoT. Integrasi antara deteksi rintangan, sistem peringatan, informasi

lokasi, dan komunikasi IoT menjadi bagian utama yang mendukung fungsi prototipe.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian Smart Cane berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP8266 sebagai alat bantu mobilitas tunanetra, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem Smart Cane berbasis IoT berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan ESP8266 sebagai mikrokontroler utama yang terintegrasi dengan sensor ultrasonik HC-SR04, GPS NEO-6M, buzzer, vibration motor, dan Adafruit IO. Sistem tersebut dirancang untuk mendukung fungsi deteksi rintangan, pemberian peringatan, serta pengiriman informasi lokasi melalui jaringan internet.
2. Sensor ultrasonik HC-SR04 dapat digunakan untuk mendeteksi rintangan pada berbagai jarak pengujian, yaitu 10 cm, 20 cm, 30 cm, 50 cm, 100 cm, 200 cm, dan 300 cm. Berdasarkan hasil pengujian sementara, sensor mampu memberikan pembacaan jarak sesuai dengan kriteria keberhasilan yang telah ditetapkan.
3. Sistem peringatan menggunakan buzzer dan vibration motor dapat memberikan peringatan kepada pengguna berdasarkan jarak rintangan. Sistem membedakan kondisi aman, waspada, dan bahaya berdasarkan ambang batas jarak yang telah dirancang, sehingga pengguna dapat memperoleh informasi mengenai tingkat kedekatan terhadap rintangan.

4. GPS NEO-6M dapat digunakan untuk memperoleh informasi lokasi pengguna, sedangkan ESP8266 berfungsi mengirimkan informasi tersebut melalui jaringan Wi-Fi menuju Adafruit IO. Berdasarkan pengujian sementara, informasi lokasi dapat diterima dan ditampilkan pada platform monitoring.
5. Sistem IoT dapat mengirimkan data Smart Cane menuju Adafruit IO melalui jaringan Wi-Fi. Berdasarkan skenario pengujian sementara, data yang dikirimkan berhasil diterima dan ditampilkan pada dashboard monitoring.
6. Secara keseluruhan, Smart Cane dapat mengintegrasikan fungsi deteksi rintangan, pemberian peringatan, pelacakan lokasi, dan monitoring berbasis IoT dalam satu sistem sebagai prototipe alat bantu mobilitas bagi penyandang tunanetra.

## **5.2. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran untuk pengembangan sistem selanjutnya adalah:

1. Meningkatkan kemampuan deteksi rintangan dengan mengembangkan atau menambahkan sensor sehingga Smart Cane dapat mendeteksi lebih banyak jenis rintangan dengan kondisi yang berbeda.
2. Mengembangkan sistem monitoring IoT agar informasi yang ditampilkan kepada pendamping atau keluarga menjadi lebih lengkap dan mudah dipahami.
3. Meningkatkan kestabilan komunikasi internet agar proses pengiriman informasi lokasi dan data Smart Cane dapat berjalan lebih baik pada kondisi jaringan yang berbeda.

4. Mengembangkan desain fisik Smart Cane agar perangkat menjadi lebih ringan, ringkas, kuat, dan nyaman digunakan dalam aktivitas sehari-hari.
5. Melakukan pengujian pada lingkungan yang lebih beragam untuk mengetahui kinerja Smart Cane pada berbagai kondisi lingkungan dan skenario penggunaan.
6. Melakukan pengujian dengan lebih banyak variasi dan kondisi penggunaan sehingga tingkat keandalan sistem dapat diketahui secara lebih menyeluruh.

## DAFTAR PUSTAKA

- AIDRAN. (2023). Penyandang disabilitas tunanetra di Indonesia mencapai 4 juta orang. Diakses dari <https://m.jpnn.com/news/penyandang-disabilitas-tunanetra-di-ri-capai-4-juta-baru-1-persen-yang-bekerja-di-sektor-formal>
- Akbar Idaman, Amrullah Amrullah, Al Khowarizmi, Muhammad Syahril, Fadil Aulia Rahman, Fransiscus Asisi Ricky Bayu Styanto, Goldie Gunadi, Dewi Humeira Amriah, & I. Ketut Sudaryana. (2025). *Teknik komputer: Sistem digital, hardware, dan jaringan*. Bukuloka Literasi Bangsa.
- Arduino. (2025). *Arduino Documentation*. <https://docs.arduino.cc>
- Candra, A. (2025). Implementasi Mikrokontroler Arduino pada Sistem Tongkat Pintar Berbasis IoT. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 12(1), 45–56.
- Candra, A. (2025). Pemanfaatan Arduino dalam pengembangan sistem berbasis mikrokontroler. *Jurnal Teknologi Informasi*, 10(1), 1–8.
- Databoks Katadata. (2023). Prevalensi disabilitas di Indonesia tahun 2023. Diakses dari <https://databoks.katadata.co.id>
- Espressif Systems. (2023). *ESP8266 Technical Reference Manual*. <https://www.espressif.com>
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2021). *Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions*. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660.
- Gupta, R., Sharma, P., & Verma, S. (2022). *IoT-Based Smart Walking Stick for Visually Impaired People*. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 2(2), 150–156. <https://ijarsct.co.in/Paper1227.pdf>
- Haghighat Joo, M., et al. (2025). Assistive technologies for improving mobility and quality of life in visually impaired individuals. *Assistive Technology Journal*.
- Hidayat, A., Prasetyo, D., & Nugraha, R. (2022). Implementasi ESP8266 pada sistem monitoring berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*.
- Hidayat, R. (2021). Implementasi sistem notifikasi berbasis getaran dan suara pada perangkat elektronik. *Jurnal Teknologi Elektro*, 6(2), 70–76.
- Hidayat, R., & Prasetyo, B. (2023). Analisis Akurasi Modul GPS NEO-6M untuk Sistem Pelacakan Lokasi Real-Time. *Jurnal Sistem Komputer*, 9(2), 88–97.

- Hidayat, R., Pratama, D., & Saputra, H. (2022). Implementasi modul ESP8266 pada sistem monitoring berbasis IoT. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 7(1), 45–52.
- Hidayat, R., Santoso, A., & Wibowo, T. (2022). Penerapan Modul ESP8266 sebagai Gateway Komunikasi Data pada Sistem Internet of Things. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 14(3), 210–221.
- Hossain, M., Karim, R., & Ahmed, S. (2023). *Smart Navigation System for Visually Impaired Using IoT*. *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*, 6(3), 88–94. <https://ijsred.com/volume6/issue3/IJSRED-V6I3P15.pdf>
- Iqbal, M., Putra, D., & Rahman, F. (2024). Efisiensi Monitoring Jarak Jauh Berbasis Platform *Blynk* pada Sistem IoT. *Jurnal Rekayasa Sistem dan Teknologi*, 11(1), 33–44.
- Iqbal, M., Rahman, F., & Putra, A. (2024). Perancangan sistem IoT menggunakan ESP8266 dan Adafruit IO untuk monitoring real-time. *Jurnal CoSciTech*.
- Iqbal, M., Rosadi, A., & Andana, E. K. (2024). *Perancangan Sistem IoT Untuk Deteksi Dini Banjir Berbasis Sensor Water Level Menggunakan Platform BLYNK*. *Computing Insight: Journal of Computer Science*, 4(1). <https://journal.um-surabaya.ac.id/CI/article/view/21762>
- Kazi, W., Limu, T. J., & Rakibuzzaman, M. (2023). Smart Cane: A low-cost assistive device for the visually impaired. *EAI Endorsed Transactions on Internet of Things*.
- Kebede, G. A., & Shiferaw, Y. K. (2023). Assistive smart cane technology for visually impaired people: A review. *Lecture Notes in Networks and Systems*. Springer.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). Profil kesehatan Indonesia tahun 2023. Jakarta: Kemenkes RI.
- Kumar, S., Sharma, P., & Gupta, R. (2021). Smart Assistive Cane for Visually Impaired People Using IoT. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 10(5), 312–318.
- Kumar, S., Tiwari, P., & Zymbler, M. (2021). *Internet of Things is a Revolutionary Approach for Future Technology Enhancement: A Review*. *Journal of Big Data*, 8(1), 1–21. <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00428-1>
- Mushrifa, S., & Damodaran, V. (2023). Voice guidance smart assistive cane for visually impaired. *AIP Conference Proceedings*.
- Monk, S. (2023). Programming Arduino. In New York: McGraw-Hill (Vol. 34, Number 2).

[http://fraser.stlouisfed.org/docs/historical/martin/martin55\\_1019.pdf.%0Ahttp://2.droppdf.com/files/XdTyp/programming-Arduino-getting-started-with-sketches.pdf](http://fraser.stlouisfed.org/docs/historical/martin/martin55_1019.pdf.%0Ahttp://2.droppdf.com/files/XdTyp/programming-Arduino-getting-started-with-sketches.pdf)

- Nugroho, A. (2021). *Pemodelan Sistem Informasi dengan Unified Modeling Language (UML)*. Bandung: Informatika.
- Nugroho, A. (2021). *Rekayasa Perangkat Lunak Berbasis UML dan Java*. Yogyakarta: Andi.
- Prasetyo, A., & Hidayat, R. (2023). Implementasi sensor HC-SR04 pada sistem deteksi rintangan berbasis Arduino. *Jurnal Teknologi dan Informatika*, 8(1), 33–40.
- Prasetyo, E., & Hidayat, S. (2023). Perancangan Sistem Deteksi Jarak Menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04 Berbasis Arduino. *Jurnal Elektronika dan Instrumentasi*, 8(2), 121–130.
- Pratama, D., & Siregar, M. (2023). Penggunaan *Vibration motor* dan *buzzer* pada sistem peringatan berbasis mikrokontroler. *Jurnal Sistem Embedded dan IoT*, 8(1), 25–32.
- Pratama, R., Nugraha, D., & Saputra, A. (2024). *Prototype Smart Cane Berbasis IoT Menggunakan ESP8266*. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 12(1), 45–52.  
<https://jtsiskom.undip.ac.id/index.php/jtsiskom/article/view/14589>
- Pratama, Y., & Siregar, H. (2023). Sistem Peringatan Ganda Berbasis Buzzer dan Vibration Motor untuk Alat Bantu Tunanetra. *Jurnal Inovasi Teknologi*, 7(1), 55–64.
- Putri, A., & Ramadhan, I. (2023). Penerapan *Sequence Diagram* dalam Perancangan Sistem Berbasis IoT. *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak*, 5(2), 99–108.
- Putri, D., & Ramadhan, F. (2023). Pemodelan sistem menggunakan UML pada aplikasi berbasis IoT. *Jurnal Teknologi Informasi dan Sistem Komputer*, 8(2), 120–128.
- Rahman, M., Hossain, S., & Islam, R. (2023). *Smart Cane for Visually Impaired People Using Arduino and IoT Technology*. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 8(5), 1201–1206.  
<https://ijisrt.com/assets/upload/files/IJISRT23MAY1654.pdf>
- Riswanto, D., Halim, A., & Nasution, R. (2025). Pemanfaatan Sensor Ultrasonik pada *Smart Cane* untuk Membantu Mobilitas Penyandang Tunanetra. *Jurnal Teknik dan Sains Terapan*, 13(1), 17–28.
- Rubell, B., Cooper, T., & Bachman, A. (2023). Welcome to Adafruit IO. Adafruit Learning System.

- Santoso, B. (2021). Karakterisasi Sensor Ultrasonik untuk Aplikasi Pengukuran Jarak pada Kondisi Cahaya Beragam. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 6(3), 142–150.
- Santoso, B. (2021). Pemanfaatan sensor ultrasonik dalam pengukuran jarak berbasis mikrokontroler. *Jurnal Elektronika dan Sistem Cerdas*, 5(2), 85–92.
- Sari, M., & Wibowo, A. (2023). Efektivitas Bahasa Pemrograman C/C++ dalam Pengembangan Sistem IoT Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Teknologi Komputer*, 10(2), 77–86.
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian dan Pengembangan (Research and Development)*. Bandung: Alfabeta.  
<https://scholar.google.com/scholar?q=Metode+Penelitian+dan+Pengembangan+Sugiyono>
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sulaeman, A. (2022). Pemanfaatan Platform *Blynk* untuk Monitoring Sistem IoT Secara Real-Time. *Jurnal Teknik Informatika*, 8(1), 60–70.
- Sulaeman, D. (2022). *Sistem Keamanan Rumah dengan Konsep Internet of Thing (IoT) Berbasis Arduino*. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6(3), 17222–17228.  
<https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/18499>
- Visan, I., & Diaconu, E. M. (2022). *Home Automation System Using ESP8266 Microcontroller and Blynk Application*. *Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty*, 21(2), 59–62.  
<https://doi.org/10.2478/sbeef-2021-0024>
- Yuwono, I., Hanafi, M., & Utomo, S. (2023). Smart cane for the blind in wetland areas. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*.