

**PENGEMBANGAN TINGKAT PINTAR BERBASIS IOT UNTUK
TUNANETRA DENGAN DETEKSI OBJEK DAN GPS**

(Skripsi)

Oleh

MUHKITO AFIF

2115061007



FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2025

**PENGEMBANGAN TINGKAT PINTAR BERBASIS IOT UNTUK
TUNANETRA DENGAN DETEKSI OBJEK DAN GPS**

Oleh

MUHKITO AFIF

Skripsi

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

Pada

**Program Studi Teknik Informatika
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2025

ABSTRAK

PENGEMBANGAN TONGKAT PINTAR BERBASIS IOT UNTUK TUNANETRA DENGAN DETEKSI OBJEK DAN GPS

Oleh

MUHKITO AFIF

Penyandang tunanetra sering mengalami kesulitan dalam mendeteksi rintangan dan menentukan arah saat beraktivitas di luar ruangan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan tongkat pintar berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat mendeteksi rintangan dan genangan air serta mengirimkan lokasi secara *real-time* melalui GPS yang diteruskan ke MQTT broker. Metode pengembangan yang digunakan adalah *Rapid Application Development* (RAD) dengan empat tahapan: *requirement planning*, *user design*, *construction*, dan *cutover*. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor ultrasonik, *water level sensor*, GPS Neo-6M, modul INA219, modul *boost converter (step up)*, serta modul komunikasi SIM800L dan *Wifi*. Pengujian Black Box Testing menunjukkan tongkat mampu mendeteksi rintangan hingga ± 125 cm dan genangan air $> 0,3$ cm dengan peringatan suara dari *buzzer*. GPS memiliki akurasi 4–7 meter, dan tombol darurat berhasil mengirimkan notifikasi darurat secara *real-time*. Fitur *callback* juga memungkinkan komunikasi dua arah untuk respons fitur notifikasi darurat. Uji coba lapangan menunjukkan alat ini efektif meningkatkan keamanan dan kenyamanan mobilitas tunanetra.

Kata Kunci: *IoT*, Rapid Application Development (RAD), tunanetra, GPS, MQTT.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF IOT-BASED SMART STICKS FOR THE BLIND WITH OBJECT DETECTION AND GPS

By

MUHKITO AFIF

Visually impaired individuals often face difficulties in detecting obstacles and determining directions when performing outdoor activities. This study aims to develop an Internet of Things (IoT)-based smart cane capable of detecting obstacles and water puddles, as well as transmitting real-time location data through GPS, which is then sent to an MQTT broker. The development method used is Rapid Application Development (RAD) with four stages: requirement planning, user design, construction, and cutover. The system utilizes an ESP32 microcontroller, ultrasonic sensor, water level sensor, GPS Neo-6M, INA219 module, boost converter (step-up), and SIM800L and WiFi communication modules. Black Box Testing shows that the smart cane can detect obstacles up to ± 125 cm and water puddles deeper than 0.3 cm, providing audio alerts through a buzzer. The GPS achieves an accuracy of 4–7 meters, and the emergency button successfully sends real-time emergency notifications. The callback feature enables two-way communication to respond to emergency notifications. Field tests indicate that the device effectively enhances the safety and mobility of visually impaired individuals.

Keywords: IoT, Rapid Application Development (RAD), visually impaired, GPS, MQTT.

Judul Skripsi : PENGEMBANGAN TINGKAT
PINTAR BERBASIS IOT UNTUK
TUNANETRA DENGAN DETEKSI
OBJEK DAN GPS

Nama Mahasiswa : Muhkito Afif

Nomor Pokok Mahasiswa : 2115061007

Program Studi : Teknik Informatika

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik



1. Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Ir. Gigih Firda Nama, S.T., M.T.I., IPM

Deny Budiyanto, S. Kom., M.T.

NIP. 198307122008121003

NIP. 199112082019031011

2. Mengetahui

**Ketua Jurusan
Teknik Elektro**

**Ketua Program Studi
Teknik Informatika**

Herlinawati, S.T., M.T.

Yessi Mulyani, S.T., M.T.

NIP. 197103141999032001

NIP. 197312262000122001

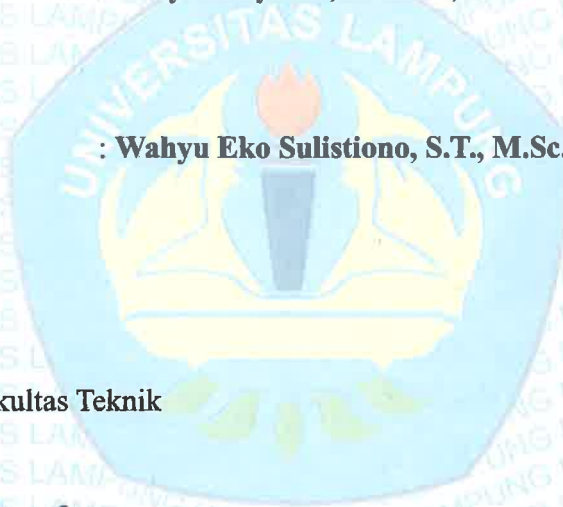
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Ir. Gigih Forda Nama, S.T., M.T.I., IPM

Sekretaris : Deny Budiyanto, S. Kom., M.T.

Penguji : Wahyu Eko Sulistiono, S.T., M.Sc.



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ing. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.)

NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 21 Oktober 2025

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul “Pengembangan Tingkat Pintar Berbasis IoT Untuk Tunanetra Dengan Deteksi Objek Dan GPS” sepenuhnya merupakan hasil karya saya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar, saya siap menerima sanksi sesuai dengan ketentuan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 21 Oktober 2025

Penulis,



Muhkito Afif
NPM. 2115061007

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kedondong pada tanggal 28 Mei 2003 sebagai putra semata wayang, dari pasangan Bapak Puja Santosa S.Pd. dan Ibu Ngudiasih S.Pd. Penulis menyelesaikan pendidikan formal di SDN 4 Kedondong pada tahun 2015, setelahnya melanjutkan ke MTsN 1 Pesawaran dan lulus pada tahun 2018, serta menamatkan pendidikan menengah atas di SMAN 1 Gadingrejo pada tahun 2021. Pada tahun 2021, penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Informatika Universitas Lampung melalui jalur seleksi SNMPTN. Selama masa perkuliahan, penulis aktif berpartisipasi dalam berbagai kegiatan, antara lain :

1. Menjadi Asisten Laboratorium Teknik Digital sejak tahun 2022 sampai dengan tahun 2025.
2. Mengikuti kegiatan Studi Independen Bersertifikat dari Kementerian Pendidikan dan Budaya di mitra Bangkit Academy pada tahun 2023.
3. Mengikuti program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) Penelitian di Universitas Lampung dengan judul penelitian “Sistem Cerdas Rekomendasi Tanaman Perkebunan Berbasis Machine Learning Sebagai Adaptasi Perubahan Iklim” pada tahun 2024.
4. Menjadi sekretaris departemen Sosial dan Kewirausahaan Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro pada periode tahun 2022 – 2023.

MOTTO

“Lebih baik gagal karena mencoba daripada menyesal karena diam”

(Penulis)

“Hiduplah seakan kamu mati besok, belajarlah seakan kamu hidup selamanya”

(Mahatma Gandhi)

PERSEMBAHAN

Dengan segala kerendahan hati dan rasa syukur kepada Allah SWT atas segala nikmat, rahmat, dan karunia-Nya, skripsi ini saya persembahkan kepada kedua orang tua tercinta yang selalu mendoakan, mendukung, dan memberikan kasih sayang tanpa henti sepanjang hidup saya. Kepada keluarga yang senantiasa menjadi sumber semangat, dan kepada sahabat-sahabat seperjuangan yang selalu hadir dalam suka maupun duka.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga skripsi dengan judul “Pengembangan Tongkat Pintar Berbasis IoT Untuk Tunanetra Dengan Deteksi Objek Dan GPS” dapat diselesaikan. Dalam perjalanan penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh begitu banyak dukungan, arahan, serta bantuan baik dalam bentuk moril maupun materil dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan rasa hormat dan terima kasih yang tulus, penulis menyampaikan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua tercinta beserta keluarga besar yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan, serta motivasi tiada henti kepada penulis;
2. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung;
3. Ibu Herlinawati, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung;
4. Ibu Yessi Mulyani, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, yang telah memberikan dukungan dan kesempatan serta arahan dalam menyelesaikan skripsi ini;
5. Bapak Ir. Gigih Forda Nama, S.T., M.T.I., IPM selaku Dosen Pembimbing Utama yang dengan sabar dan penuh perhatian telah memberikan bimbingan, saran, serta arahan selama proses penyusunan skripsi ini;
6. Bapak Deny Budiyanto, S. Kom., M.T. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan memberikan saran bagi penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi;
7. Bapak Wahyu Eko Sulistiono, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Dosen Penguji yang telah memberikan arahan

akademik selama penulis menempuh pendidikan di program studi ini serta memberikan saran dan kritik yang sangat berharga demi kesempurnaan dalam skripsi ini;

8. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Informatika, yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan selama masa perkuliahan;
9. Alvin Reihansyah Makarim, dan Pandu Wijaya sebagai rekan satu tim dalam penelitian yang telah bekerja sama dan saling memberi semangat dalam menyelesaikan pengembangan sistem;
10. Teman-teman dalam grup ‘Rido Jamet’, yaitu Ridho, Agustin, Nabila, Afif Rafi dan Gibran, yang telah memberikan dukungan besar kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi;
11. Teman-teman dalam grup ‘The Kotak’ yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, yang telah menemani penulis saat penulis menyelesaikan masa perkuliahan;
12. Seluruh civitas dan rekan-rekan Asisten Laboratorium Teknik Digital yang telah banyak membantu, memberikan ilmu, dukungan, serta kebersamaan selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini;
13. Terakhir, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada Shito dan Kuroo, kendaraan yang selalu mengantarkan penulis dari rumah ke kampus maupun ke berbagai tempat indah. Mereka bukan hanya sekedar sarana transportasi, tetapi juga teman perjalanan yang menemani di kala penulis merasa lelah, jenuh, maupun ragu. Terima kasih telah menjadi *moodbooster* yang memberi semangat hingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik;

Penulis berharap agar laporan ini dapat menjadi referensi bagi pengembangan keilmuan di bidang teknik informatika. Oleh karena itu, semoga penelitian ini bermanfaat bagi yang membacanya.

Bandar Lampung, 21 Oktober 2025

Penulis,

Muhkito Afif
NPM. 2115061007

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
PERSEMBAHAN.....	viii
SANWACANA	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Disabilitas Tunanetra.....	5
2.2 <i>Internet of Things</i> (IoT).....	5
2.3 MQTT.....	6
2.4 Global Positioning System (GPS)	8
2.5 Komponen yang digunakan.....	8
2.5.1 Mikrokontroler ESP32.....	9
2.5.2 Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	10
2.5.3 <i>Buzzer</i>	10
2.5.4 Modul GPS NEO6MV2.....	11
2.5.5 <i>Water Level Sensor</i>	11
2.5.6 Sim800L V2.....	12
2.5.7 Sensor INA219	12
2.6 Arduino IDE	13

2.7 Github	13
2.8 Rapid Application Development	14
2.9 Joint Application Development	16
2.10 Unified Modelling Language.....	17
2.11 Black box Testing	17
2.12 Penelitian Terkait.....	18
III. METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	32
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	32
3.2.1 Alat Penelitian.....	32
3.2.2 Bahan Penelitian	33
3.3 Struktur Tim	35
3.4 Tahapan Penelitian	35
3.4.1 Requirements Planning.....	36
3.4.2 User Design	37
3.4.3 Construction.....	42
3.4.4 Cutover.....	44
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	46
4.1 Iterasi Pertama	46
4.1.1 Construction.....	46
4.2 Iterasi Kedua.....	71
4.2.1 User Design	71
4.2.2 Construction.....	75
4.3 Iterasi Ketiga	85
4.3.1 User Design	85
4.3.2 Construction.....	87
4.4 Iterasi Keempat.....	93
4.4.1 Construction.....	93
4.4.2 Cutover.....	95
V. KESIMPULAN DAN SARAN	103
5.1 Kesimpulan.....	103
5.2 Saran	104
DAFTAR PUSTAKA	105

LAMPIRAN.....	111
----------------------	------------

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penggunaan Teknologi IoT	6
Gambar 2.2 Cara Kerja MQTT	7
Gambar 2.3 Teknologi GPS	8
Gambar 2.4 Mikrokontroler ESP32	9
Gambar 2.5 Sensor Ultrasonik HC-SR04 dan cara kerjanya	10
Gambar 2.6 <i>Buzzer</i>	10
Gambar 2.7 GPS NEO6MV2	11
Gambar 2.8 <i>Water Level Sensor</i>	11
Gambar 2.9 Sim800L V2	12
Gambar 2.10 Sensor INA219	13
Gambar 2.11 Tahap Pengembangan metode RAD	15
Gambar 2.12 Alat Bantu Navigasi Tunanetra berbasis Arduino	18
Gambar 2.13 Alat Bantu Jalan untuk Penyandang Tunanetra	19
Gambar 2.14 Alat Bantu Mobilitas Tunanetra	21
Gambar 2.15 Alat Bantu Tunanetra Berbasis IoT	23
Gambar 2.16 Tongkat Pintar untuk Tunanetra	23
Gambar 2.17 <i>Stick for Blind People Using IoT</i>	24
Gambar 2.18 Tongkat Tunanetra berbasis AIoT	25
Gambar 2.19 Alat Smart Blind Stick	27
Gambar 2.20 Tongkat IoT untuk Tunanetra	28
Gambar 2.21 Tongkat Pintar dengan Pengenalan Objek	29
Gambar 2.22 <i>Smart Blind Stick</i>	31
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian	36
Gambar 3.2 Arsitektur sistem	37
Gambar 3.3 <i>Use Case</i>	38
Gambar 3.4 <i>Activity Diagram</i> Penggunaan Tongkat	39
Gambar 3.5 Prototipe Tongkat Tunanetra	40
Gambar 3.6 Desain Rangkaian	41
Gambar 4.1 Perakitan Perangkat Keras	47
Gambar 4.2 Rangkaian Seluruh Komponen	48
Gambar 4.3 Inisialisasi <i>Library</i>	49
Gambar 4.4 Inisialisasi Pin Perangkat	50
Gambar 4.5 Kode Konfigurasi MQTT Broker dan Topik	51
Gambar 4.6 Kode Deklarasi Variabel <i>Global</i>	52
Gambar 4.7 Kode Konfigurasi Koneksi	54
Gambar 4.8 Kode Koneksi ke MQTT	55

Gambar 4.9 Kode Tombol Darurat.....	56
Gambar 4.10 Kode Fungsi <i>Setup</i>	57
Gambar 4.11 Kode Koneksi GPRS dan MQTT	58
Gambar 4.12 Kode Modul GPS	58
Gambar 4.13 Kode Deteksi <i>Water Level Sensor</i>	59
Gambar 4.14 Kode Deteksi Sensor Ultrasonik	60
Gambar 4.15 Kode <i>Tone Buzzer</i>	61
Gambar 4.16 Kode <i>Handling</i> Fungsi Tombol Darurat.....	61
Gambar 4.17 <i>Monitoring</i> Baterai	62
Gambar 4.18 Kode Pengiriman Data ke MQTT	63
Gambar 4.19 Proses Koneksi GPRS	64
Gambar 4.20 Pengiriman Data Melalui MQTT	65
Gambar 4.21 Cek Data Koordinat Pada <i>Maps</i>	66
Gambar 4.22 Hasil Data Menggunakan Tombol Darurat	67
Gambar 4.23 Pengiriman data baterai ke MQTT	67
Gambar 4.24 Arsitektur Sistem Dengan Fitur <i>Callback</i>	72
Gambar 4.25 Diagram <i>Use Case</i> Iterasi Kedua	73
Gambar 4.26 Activity Diagram Tombol Darurat	74
Gambar 4.27 Desain Rangkaian dengan <i>Boost Converter</i>	75
Gambar 4.28 Rangkaian Seluruh Komponen Dengan <i>Boost Converter</i>	76
Gambar 4.29 Kode Program Konfigurasi Bunyi <i>Buzzer</i>	78
Gambar 4.30 Kode Program Konfigurasi Fitur <i>Callback</i>	79
Gambar 4.31 Hasil Fungsi <i>Callback</i>	80
Gambar 4.32 Hasil Pengujian Baterai Iterasi Kedua	82
Gambar 4.33 Desain Rangkaian Tanpa SIM800L	86
Gambar 4.34 Rangkaian Tanpa Modul Sim800L.....	88
Gambar 4.35 Konfigurasi Koneksi <i>Wifi</i>	89
Gambar 4.36 Hasil Koneksi <i>WiFi</i>	90
Gambar 4.37 Pengujian Baterai dengan Koneksi <i>WiFi</i>	91
Gambar 4.38 Konsumsi Arus Pada Rangkaian	92
Gambar 4.39 Tongkat yang telah dirakit dengan Alat IoT	94
Gambar 4.40 Stiker Reflektif Pada Tongkat	95
Gambar 4.41 Penggunaan Tongkat Pintar.....	96
Gambar 4.42 Memberikan Panduan Kepada Tunanetra	98
Gambar 4.43 Pengujian Tongkat dengan Pihak Tunanetra	99
Gambar 4.44 Diskusi dengan Pihak Tunanetra	99

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Mikrokontroler ESP32 [11].	9
Tabel 3.1 Waktu Penelitian.	32
Tabel 3.2 Alat Penelitian	33
Tabel 3.3 Bahan Penelitian.	33
Tabel 3.4 Struktur tim.	35
Tabel 3.5 Definisi aktor pada <i>use case</i> .	38
Tabel 3.6 Definisi <i>use case</i> .	38
Tabel 3.7 Rangkaian Pin Komponen.	41
Tabel 3.8 Skenario Pengujian <i>Blackbox Testing</i>	44
Tabel 4.1 Deskripsi Variabel <i>Global</i> .	52
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sistem dengan <i>Blackbox Testing</i> .	69
Tabel 4.3 Definisi <i>Use case</i> pada iterasi kedua.	73
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Sistem Iterasi Kedua	83
Tabel 4.5 Perbandingan Penggunaan SIM800L dan <i>WiFi</i>	84
Tabel 4.6 Hasil Pengujian dengan Tunanetra.	100

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki populasi tunanetra mencapai 1,5% dari keseluruhan penduduk Indonesia. Berdasarkan Data Kementerian Kesehatan RI menunjukkan bahwa penduduk Indonesia melebihi dari 270 juta jiwa, maka penyandang disabilitas tunanetra ada sekitar 4 juta jiwa [1]. Sekitar 40% dari 4 juta jiwa penyandang disabilitas tunanetra di Indonesia adalah anak-anak usia sekolah yang masih dalam usia produktif. Tunanetra adalah kerusakan dan luka atau bahkan tidak memiliki bola mata yang berarti buta. Manusia yang disebut sebagai tunanetra merupakan manusia yang indera penglihatannya tidak berfungsi [2].

Pada umumnya penyandang tunanetra dalam kesehariannya dibantu dengan alat untuk melakukan aktivitasnya, alat ini ada berbagai macam dan salah satunya adalah tongkat. Masalah besar yang dialami oleh seorang tunanetra adalah ketika mereka melakukan perjalanan dan lupa jalan arah pulang terutama pada lingkungan yang tidak dikenali sebelumnya sehingga penyandang tunanetra tersesat. Tentunya hal ini menimbulkan kecemasan pihak keluarga.

Jumlah penyandang disabilitas tunanetra di Kota Metro tergolong cukup banyak. Berdasarkan hasil wawancara bersama salah satu Pengurus Persatuan Tunanetra Indonesia (Pertuni), jumlah penyandang tunanetra yang terdaftar dan aktif di Pertuni mencapai 40 orang di wilayah Kota Metro. Kondisi infrastruktur kota ini belum sepenuhnya ramah untuk disabilitas, seperti kurangnya *guiding block*. Hal ini tentunya mempersempit ruang gerak tunanetra dalam mobilitasnya, sehingga diperlukan solusi yang efektif untuk membantu para tunanetra di Metro dalam menjalani kehidupan sehari-hari.

Seiring dengan perkembangan teknologi, *Internet of Things* (IoT) menawarkan solusi yang inovatif untuk mengurangi masalah yang dihadapi oleh penyandang tunanetra. IoT dapat menciptakan sistem yang cerdas dan responsif. Salah satu inovasi untuk membantu penyandang tunanetra ini adalah mengembangkan tongkat pintar untuk mengurangi risiko tersesat serta alat bantu jalan yang dapat mendeteksi objek di lingkungan sekitar.

Solusi tongkat pintar untuk tunanetra ini cukup membantu pihak keluarga maupun penyandang disabilitas tersebut, karena alat ini akan berintegrasi dengan tongkat dan digabungkan dengan sensor ultrasonik serta sensor *water level sensor*, kedua sensor ini berfungsi untuk mendeteksi rintangan dan genangan air yang terdapat di sekitar tunanetra. Teknologi berikutnya akan dipasangkan *Global Positioning System* (GPS) pada tongkat sehingga pihak keluarga dapat memantau pergerakan dan lokasi informasi yang akurat pada penyandang tunanetra sehingga pihak keluarga tidak cemas ketika penyandang tunanetra pergi keluar rumah. Selain keluarga dapat memantau, pada alat tunanetra ini akan disematkan tombol darurat untuk mengirimkan notifikasi kepada pihak keluarga untuk melakukan penjemputan di titik lokasi tunanetra.

Dengan mengimplementasikan teknologi ini, diharapkan tunanetra dapat lebih mandiri dalam bergerak di lingkungan sehari-hari, mengurangi ketergantungan pada bantuan orang lain, dan meningkatkan rasa aman saat beraktivitas di luar rumah.

Dalam penelitian ini, akan merancang dan membangun tongkat pintar untuk tunanetra dengan deteksi objek dan gps. Alat ini diharapkan dapat menjadi solusi praktis bagi para penyandang tunanetra dan keluarga. Penelitian ini mencakup analisis kebutuhan, perancangan sistem, pengembangan perangkat lunak dan perangkat keras, serta pengujian sistem di lapangan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang dan mengembangkan tongkat pintar berbasis IoT yang dapat mendeteksi rintangan di sekitar pengguna?
2. Bagaimana memanfaatkan teknologi GPS untuk membantu menemukan tunanetra dengan lokasi yang akurat?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan tongkat pintar untuk tunanetra yang dapat mendeteksi rintangan dan memberikan peringatan.
2. Mengembangkan tongkat yang dapat memberikan lokasi tunanetra yang akurat dengan menggunakan teknologi GPS.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Para penyandang tunanetra merasa lebih aman dan menjadi mandiri.
2. Bagi keluarga tunanetra akan mengurangi rasa kekhawatiran terkait lokasi keberadaan penyandang tunanetra.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Alat ini akan menggunakan sensor ultrasonik untuk deteksi rintangan dan *water level sensor* untuk mendeteksi genangan air.
2. Alat akan memanfaatkan koordinat *longitude* dan *latitude* yang berasal dari alat GPS sebagai penentu lokasi.
3. Alat ini hanya akan memberikan peringatan suara jika ada objek yang menghalangi penyandang tunanetra.
4. Alat lokasi GPS tidak dapat beroperasi pada *blankspot* area atau area yang tidak memiliki sinyal.

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Adapun sistematika yang digunakan dalam penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi mengenai latar belakang penelitian yang menjelaskan terkait konteks penelitian tentang pengembangan tongkat pintar untuk tunanetra dengan deteksi objek dan gps, tujuan dari penelitian, rumusan masalah, manfaat dari penelitian, batasan masalah serta sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang landasan teori yang mendukung dalam penelitian ini serta penelitian – penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi mengenai waktu penelitian, tempat penelitian, alat dan bahan penelitian serta metode dan tahap yang dilakukan dalam penelitian ini. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Rapid Application Development (RAD)* yang terdiri dari 4 tahapan, yaitu *requirement planning*, *user design*, *construction* dan *cutover*.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil dan pembahasan yang didapatkan selama penelitian.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Disabilitas Tunanetra

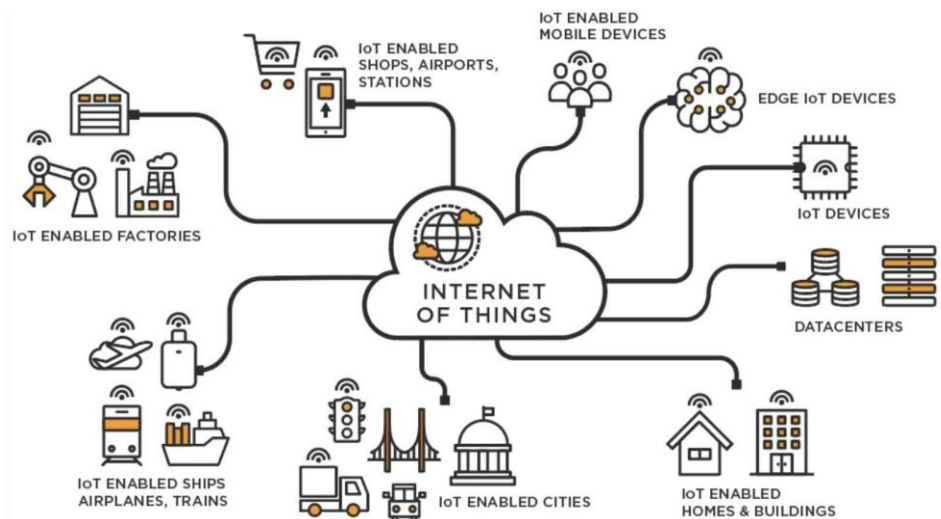
Kecacatan yang dimiliki oleh seseorang menjadi suatu permasalahan yang sangat berat dan menjadi penghambat aktivitas mereka. Penyandang cacat ini sering disebut juga penyandang disabilitas. Penyandang disabilitas ini memiliki berbagai jenis, salah satunya adalah penyandang tunanetra. Tunanetra adalah satu kondisi manusia yang memiliki keterbatasan penglihatan. Terdapat dua kelompok kategori tunanetra, yaitu pertama buta total dikatakan buta total karena tidak dapat melihat sama sekali dan tidak dapat menerima rangsang cahaya dari luar. Kemudian yang kedua kategori low vision yaitu buta sebagian, kategori ini dapat melakukan penghilatan akan tetapi tidak dapat melihat dengan jelas [3]. Penyebab tunanetra bervariasi, termasuk kondisi medis seperti glaukoma, katarak, dan degenerasi makula, serta cedera pada mata atau faktor genetik. Dampak dari tunanetra tidak hanya bersifat fisik, seperti kesulitan dalam membaca atau mengenali wajah, tetapi juga dapat mempengaruhi kesehatan psikologis, menyebabkan perasaan isolasi atau rendah diri.

2.2 *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things adalah teknologi yang sedang tren untuk saat ini, dimana teknologi ini menghubungkan berbagai perangkat fisik menggunakan jaringan internet sehingga perangkat tersebut dapat mengumpulkan, berbagi dan bertukar data secara otomatis dan dapat diakses secara online [4]. Teknologi IoT ini dapat difungsikan dalam bidang apapun, tergantung penggunaan sensor yang digunakan. Dengan begitu teknologi IoT dapat melakukan pertukaran data dan informasi tanpa perlu campur tangan manusia secara langsung.

Dengan hadirnya teknologi IoT memberikan dampak yang sangat besar dan dimanfaatkan dalam berbagai sektor. IoT memiliki manfaat yang cukup besar untuk sektor kesehatan, karena IoT dapat memberikan pemantauan jarak jauh pada pasien [5].

Dalam pengembangan alat bantu untuk tunanetra dengan deteksi objek dan gps tentunya teknologi IoT sangat berperan penting untuk mendapatkan data *longitude* dan *latitude* secara *real-time*. Data tersebut adalah untuk menentukan lokasi dari penyandang tunanetra, data ini akan ditampilkan dalam aplikasi mobile sehingga tunanetra ini dapat dipantau atau diawasi dari jarak jauh dan pihak keluarga pun tidak perlu cemas ketika tunanetra pergi sendirian. Selain itu alat ini juga akan dilengkapi dengan tombol darurat untuk mengirimkan notifikasi yang berisikan titik lokasi penjemputan ketika tunanetra sedang mengalami masalah.

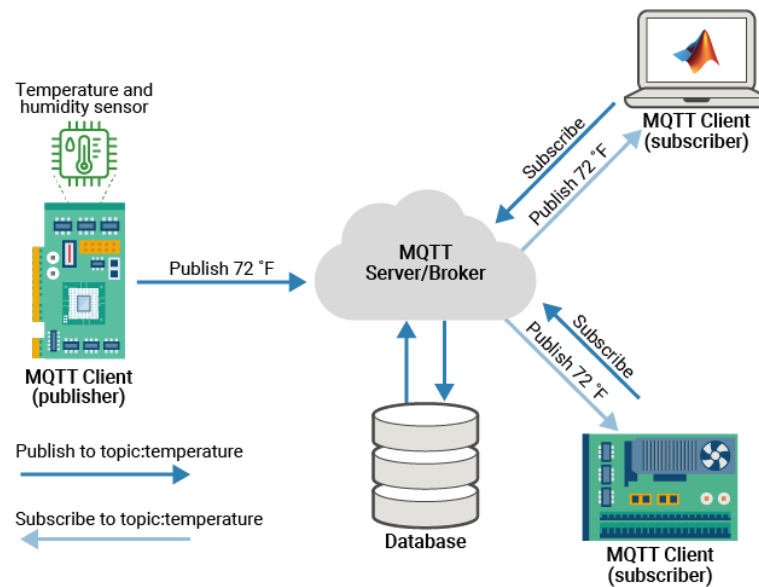


Gambar 2.1 Penggunaan Teknologi IoT

2.3 MQTT

Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) adalah protokol komunikasi jaringan yang ringan, efisien, dan dirancang khusus untuk mendukung komunikasi *Machine-to-Machine* (M2M) serta IoT, terutama pada lingkungan dengan bandwidth rendah. Protokol ini mengadopsi model publish-subscribe, data akan dikirimkan secara otomatis dan didistribusikan oleh broker kepada semua klien yang telah berlangganan [6]. MQTT menggunakan koneksi berbasis socket

Transmission Control Protocol (TCP), menjadikannya ideal untuk aplikasi yang membutuhkan transfer data dengan konsumsi daya dan *bandwidth* minimal. Protokol ini juga mendukung fitur seperti *Quality of Service* (QoS) untuk mengatur keandalan pengiriman pesan, retained messages untuk menyimpan data terbaru, serta kemampuan untuk menangani koneksi yang tidak stabil dengan fitur *last will and testament* (LWT). Fleksibilitas dan efisiensinya membuat MQTT menjadi pilihan utama dalam berbagai implementasi IoT, termasuk sistem monitoring, kontrol jarak jauh, dan integrasi perangkat pintar.



Gambar 2.2 Cara Kerja MQTT

Dalam MQTT terdapat salah satu fitur untuk menentukan tingkat jaminan pesan dari *client* ke *broker* yaitu disebut *Quality of Service* (QoS). MQTT mendukung tiga level QoS, yaitu QoS 0, QoS 1 dan QoS 2. Setiap level QoS memiliki karakteristik berbeda terkait keandalan, komunikasi dan latensi. QoS 0 dikenal sebagai *at most once delivery*, artinya pesan hanya dikirim sekali dan tidak ada jaminan apakah pesan sampai ke broker. Level ini memiliki konsumsi daya paling rendah dan cocok untuk data yang dikirimkan secara periodik. Selanjutnya QoS 1 disebut *at least once delivery*, di mana pesan dikirim sampai broker mengirimkan pesan konfirmasi (*puback*). Jika konfirmasi tidak diterima, client akan mengirim ulang pesan tersebut. Hal ini memastikan pesan hampir selalu sampai, namun dapat menyebabkan duplikasi data. QoS 2 dikenal sebagai *exactly once delivery*, yaitu tingkat jaminan pengiriman tertinggi. Proses ini melibatkan empat tahap *handshake* (*publish*,

pubrec, pubrel, pubcomp) sehingga memastikan pesan hanya diterima tepat sekali oleh broker. Walaupun paling andal, QoS 2 memiliki latensi dan jaringan yang lebih besar sehingga kurang cocok untuk perangkat dengan sumber daya terbatas [7].

2.4 Global Positioning System (GPS)

GPS atau Global Positioning System adalah sistem navigasi berbasis satelit yang memungkinkan pengguna di seluruh dunia untuk menentukan lokasi geografis dengan akurasi tinggi, asalkan berada di area terbuka dan dalam jangkauan sinyal satelit. Sistem ini terdiri dari 24 satelit yang mengorbit Bumi dalam enam lintasan. Setiap saat, setidaknya enam satelit berada dalam jangkauan perangkat penerima GPS. Dengan menangkap sinyal dari minimal tiga satelit berbeda, perangkat GPS dapat menghitung posisi geografis tetap berupa koordinat lintang dan bujur (*latitude* dan *longitude*), yang sering disebut sebagai 2D fix [8]. Selain itu, GPS juga dapat memberikan informasi tambahan seperti kecepatan, arah, dan waktu. Teknologi ini telah menjadi bagian integral dalam berbagai aplikasi, mulai dari navigasi kendaraan, pemantauan lokasi, hingga aplikasi berbasis lokasi di *smartphone*.



Gambar 2.3 Teknologi GPS

2.5 Komponen yang digunakan

Komponen utama adalah bagian atau elemen dari suatu sistem yang bekerja bersama untuk mencapai tujuan. Berikut adalah beberapa elemen yang akan digunakan dalam penelitian ini:

2.5.1 Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler ESP adalah mikrokontroler *System on Chip* (SoC) dilengkapi dengan *wifi* 802.11 b/g/n dan *bluetooth* 4.2 yang sangat cocok dan mendukung sistem teknologi IoT [9]. Selain itu ESP32 ini memiliki lebih dari 30 pin *General Purpose Input/Output* (GPIO), yang dapat dikonfigurasi untuk berbagai fungsi seperti *Pulse Width Modulation* (PWM), *Inter-Integrated Circuit* (I2C), *Serial Peripheral Interface* (SPI), dan *Universal Asynchronous Receiver-Transmitter* (UART).



Gambar 2.4 Mikrokontroler ESP32

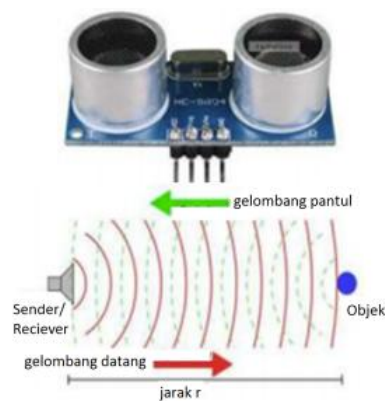
Tabel 2.1 Spesifikasi Mikrokontroler ESP32 [10].

	ESP32
Processor	<i>Xtensa dual core</i> 32 bit LX6 – 160M Hz
Tegangan	3.3 Volt
Arsitektur	32 Bit
<i>Flash Memory</i>	4 MB
SRAM	512 kB
GPIO pin (ADC/DAC)	36 (18/2)
<i>Bluetooth</i>	<i>Bluetooth</i> v4.2
<i>Wifi</i>	802.11 b/g/n freq 2.4 Ghz
SPI/I2C/UART	4/2/2

Penggunaan mikrokontroler ESP32 ini berfungsi untuk melakukan pengiriman data longitude dan latitude dari modul GPS ke server. Setelah itu data akan ditampilkan pada aplikasi *mobile* untuk dilakukan pemantauan oleh pihak keluarga. Selain itu mikrokontroler ini juga akan menjadi sebuah otak dari sensor-sensor yang akan dipasang seperti sensor ultrasonik dan *water level sensor*.

2.5.2 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor Ultrasonik HC-SR04 adalah sensor jarak yang digunakan untuk mengukur jarak suatu objek menggunakan gelombang ultrasonik. Jarak yang dapat diukur berkisar 1-450 cm. Sensor ultrasonik ini bekerja dengan mengirimkan pulsa ultrasonik sekitar 40KHz, kemudian dapat memantulkan pulsa echo kembali dan menghitung waktu yang diambil sesuai dengan gambar 2.3.2. Pulsa ini dapat dipicu sebesar 20 kali per detik dan bisa tentukan objek hingga 3 meter [11]. Tentunya penggunaan sensor ini akan berfungsi untuk mendeteksi objek yang ada pada penyandang tunanetra.



Gambar 2.5 Sensor Ultrasonik HC-SR04 dan cara kerjanya

2.5.3 Buzzer

Buzzer adalah komponen elektronik yang menghasilkan suara atau bunyi saat diberikan sinyal listrik. *Buzzer*, berfungsi untuk memberikan peringatan berupa suara seperti alarm jika di sekitar penyandang tunanetra terdapat objek atau rintangan.



Gambar 2.6 Buzzer

2.5.4 Modul GPS NEO6MV2

Modul GPS NEO-6MV2 adalah perangkat GPS yang digunakan untuk menentukan lokasi geografis secara presisi dengan memanfaatkan sinyal satelit dari sistem GPS. Modul ini mampu menghitung posisi geografis latitude, dan longitude secara *real-time*. Modul ini menggunakan komunikasi *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* (UART) dengan protokol NMEA 0183 dengan pilihan nilai baudrate yang bervariasi antara lain 4800, 9600 dan 38400. Tegangan masukan yang dapat diberikan antara 3,3 – 5 volt. Modul ini memiliki tingkat akurasi sekitar 2,5 meter [12].



Gambar 2.7 GPS NEO6MV2

2.5.5 Water Level Sensor

Water Level Sensor adalah perangkat yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan atau ketinggian air dalam suatu area. Sensor ini banyak digunakan dalam aplikasi yang memerlukan monitoring keberadaan air, seperti sistem irigasi, peringatan banjir, hingga perangkat IoT untuk mendeteksi genangan air di lingkungan tertentu. Dalam pengembangan proyek ini, sensor ini di gunakan untuk mendeteksi genangan air ketika tunanetra melewati lingkungan setelah terjadi hujan.



Gambar 2.8 Water Level Sensor

2.5.6 Sim800L V2

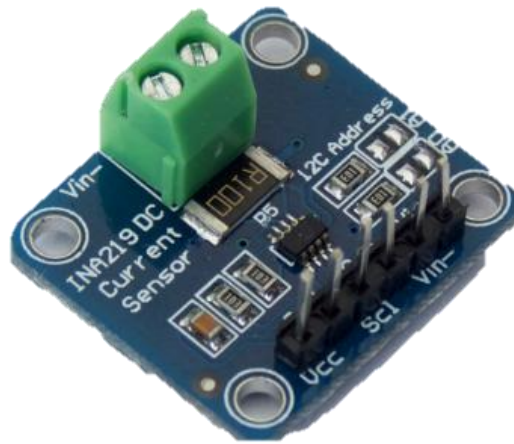
Sim800L V2 adalah modul yang dirancang untuk mendukung komunikasi nirkabel menggunakan jaringan seluler 2G. Modul ini merupakan pengembangan dari Sim800L dengan peningkatan stabilitas daya, efisiensi, dan keandalan dalam aplikasi IoT. Dengan kemampuan untuk mengirim data melalui *General Packet Radio Service* (GPRS) dan pesan *Short Message Service* (SMS), modul ini menjadi solusi yang populer untuk perangkat portabel yang memerlukan konektivitas tanpa *wifi*. Dengan menggunakan modul ini, lokasi titik koordinat gps dapat terkirim ke *database* melalui jaringan internet.



Gambar 2.9 Sim800L V2

2.5.7 Sensor INA219

Modul INA219 merupakan sensor yang berfungsi untuk memantau tegangan dan arus listrik pada suatu rangkaian. Modul ini menggunakan antarmuka komunikasi I2C atau SMBUS-COMPATIBLE sehingga mampu membaca tegangan shunt maupun tegangan pada jalur suplai dengan dukungan fungsi konversi waktu dan penyaringan. INA219 memiliki penguat input dengan batas maksimum ± 320 mV yang memungkinkannya mengukur arus hingga $\pm 3,2$ A [13]. Cara kerja INA219 adalah dengan membaca tegangan bus dan tegangan shunt secara bergantian, kemudian mengonversinya langsung menjadi sinyal digital melalui ADC. Data digital tersebut disimpan pada register arus dan tegangan, yang selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung daya dengan melakukan perkalian antara nilai tegangan dan arus yang diperoleh. Modul ini berperan penting untuk memastikan daya yang tersimpan pada baterai tetap terkontrol, sehingga sistem dapat berfungsi dengan baik saat melakukan deteksi rintangan, pengiriman data lokasi GPS, maupun notifikasi darurat.



Gambar 2.10 Sensor INA219

2.6 Arduino IDE

Arduino adalah platform elektronik open-source yang memadukan perangkat keras dan perangkat lunak, dirancang untuk memudahkan pengguna dalam mengembangkan proyek elektronik. Dengan Arduino, pengguna dapat memprogram papan mikrokontroler untuk mengubah berbagai input, seperti sensor cahaya, tombol, atau bahkan pesan media sosial, menjadi berbagai output, seperti menggerakkan motor, menyalakan LED, atau berbagi informasi secara *online* [14]. Mikrokontroler pada papan Arduino dikendalikan dengan perintah yang ditulis dalam bahasa pemrograman Arduino berbasis *wiring*, melalui Arduino IDE, yaitu perangkat lunak pengembangan berbasis *processing*.

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah lingkungan pengembangan yang memungkinkan pengguna menulis, mengkompilasi, dan mengunggah kode program ke papan Arduino [15]. Lingkungan ini terdiri dari editor teks untuk menulis kode, area pesan, konsol teks, toolbar untuk fungsi umum, dan menu-menu tambahan. Program yang ditulis di Arduino IDE disebut *sketches*.

2.7 Github

Github adalah platform berbasis web yang memfasilitasi pengembangan perangkat lunak melalui sistem kontrol versi *Git*. Platform ini menyediakan berbagai fitur yang mendukung kolaborasi tim dalam mengelola proyek perangkat lunak secara

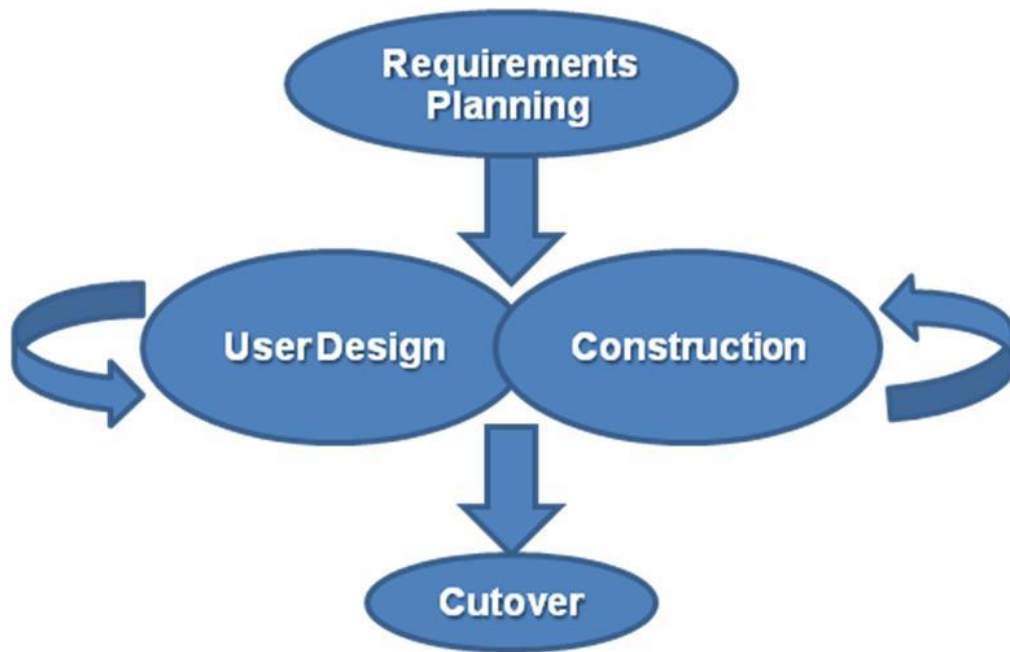
efisien. Fitur-fitur tersebut meliputi repositori untuk penyimpanan kode sumber, sistem *branching* dan *merging* untuk pengembangan paralel, *pull requests* untuk peninjauan kode, serta *issue tracking* untuk manajemen tugas dan pelacakan *bug* [16].

2.8 Rapid Application Development

Rapid Application Development (RAD) adalah salah satu metode yang termasuk dalam bagian *System Development Life Cycle* (SDLC) [17]. Dalam penerapannya, RAD menekankan proses perencanaan yang singkat dengan berfokus pada proses pengembangan perangkat lunak yang terdiri dari pengembangan, pengujian, dan umpan balik [18]. Dengan menggunakan metode ini pengembangan secara tim memungkinkan sistem dibangun secara iteratif dengan prototipe yang dapat diuji oleh pengguna sehingga memungkinkan penyesuaian lebih cepat terhadap kebutuhan atau perubahan yang terjadi selama proses pengembangan. Biasanya pengembangan sebuah sistem atau perangkat lunak membutuhkan waktu minimal 180 hari, dengan menggunakan metode RAD pengembangan tersebut dapat diselesaikan dalam waktu 60-90 hari [17], [19].

Tahapan pengembangan metodologi RAD memiliki empat fase, yaitu *Requirements Planning*, *User Design*, *Construction* dan *Cutover*.

Untuk alur pengembangan menggunakan metodologi ini dapat dilihat pada gambar 2.10



Gambar 2.11 Tahap Pengembangan metode RAD

Tahapan yang ada pada metode RAD dijabarkan sebagai berikut:

1. *Requirements Planning*

Pada fase ini, tim pengembang bersama pengguna mendiskusikan kebutuhan sistem secara umum. Tujuan utama pada tahap ini adalah mengetahui ruang lingkup proyek, fitur yang diinginkan dan fokus pada kebutuhan inti pengguna serta memastikan bahwa semua pihak memiliki pemahaman yang sama tentang apa yang akan dibangun.

2. *User Design*

Fase *user design* pengguna berinteraksi langsung dengan analis sistem untuk mengembangkan model dan prototipe yang merepresentasikan semua proses, masukan, dan keluaran sistem. Fase ini memanfaatkan kombinasi Joint Application Design (JAD) dan alat Computer-Aided Software Engineering (CASE) untuk menerjemahkan kebutuhan pengguna menjadi model yang dapat diuji dan dimodifikasi secara interaktif. Proses ini memungkinkan pengguna untuk memahami, mengubah, dan menyetujui model kerja sistem sebelum pengembangan lebih lanjut dilakukan, sehingga memastikan bahwa sistem akhir memenuhi harapan yang diinginkan.

3. *Construction*

Fase *construction* berfokus pada pengembangan aplikasi dan program, Dalam pendekatan RAD, pengguna tetap terlibat aktif dan dapat memberikan umpan balik atau melakukan perubahan selama proses pengembangan tampilan, laporan, atau fitur lainnya. Proses di fase ini mencakup pemrograman, pengembangan aplikasi, pengkodean, integrasi, dan pengujian sistem secara menyeluruh. Dengan memanfaatkan alat otomatisasi, pengujian dan revisi dapat dilakukan dengan lebih cepat dibandingkan dengan metode tradisional.

4. *Cutover*

Fase *cutover* adalah tahap akhir di mana sistem yang telah dibangun diimplementasikan dan diluncurkan ke pengguna akhir. Ini termasuk migrasi data, pengujian, dan pelatihan pengguna. Perencanaan cutover harus dimulai sejak tahap awal agar transisi berjalan lancar tanpa mengganggu operasional organisasi.

2.9 Joint Application Development

Joint Application Development (JAD), pertama kali diusulkan pada akhir 1970-an, adalah metode untuk menyelenggarakan pengguna dan pengembang bekerja sama dalam penentuan persyaratan sistem [20]. JAD dikenal karena kemampuannya untuk meningkatkan komitmen dan keterlibatan pengguna dalam pengembangan sistem. Proses ini melibatkan beberapa fase, termasuk mendefinisikan tujuan sesi JAD, melakukan penelitian untuk kebutuhan awal pengguna, mempersiapkan sesi JAD, melaksanakan sesi, dan menghasilkan dokumen yang disetujui oleh semua peserta. Keuntungan menggunakan JAD antara lain mempercepat desain sistem, meningkatkan kualitas sistem, menghasilkan desain yang berfokus pada pengguna. JAD dapat digunakan bersamaan dengan berbagai metodologi pengembangan sistem lainnya, seperti RAD [20].

2.10 Unified Modelling Language

Unified Modeling Language (UML) adalah sebuah bahasa pemodelan standar yang digunakan untuk merancang dan memvisualisasikan sistem perangkat lunak serta sistem berbasis teknologi informasi lainnya. UML memungkinkan pengembang, analis, dan pemangku kepentingan lainnya untuk berkomunikasi secara efektif mengenai desain sistem melalui representasi grafis [21]. Bahasa ini mendukung pemodelan arsitektur, komponen, dan proses yang kompleks dalam pengembangan perangkat lunak. Ada beberapa diagram UML yang umum digunakan dalam pengembangan sistem diantaranya:

- *Use Case Diagram*: Diagram yang menggambarkan interaksi antara pengguna (aktor) dan sistem dalam suatu skenario penggunaan. Diagram ini berfokus pada kebutuhan fungsional sistem dengan menunjukkan bagaimana pengguna berinteraksi dengan fitur atau layanan yang disediakan. *Use case* terdiri dari aktor, *use case*, serta hubungan di antaranya, membantu dalam memahami dan mendefinisikan batasan serta cakupan sistem.
- *Activity Diagram*: Diagram yang digunakan untuk memodelkan alur kerja atau proses dalam suatu sistem, baik itu alur bisnis maupun proses dalam perangkat lunak. *Activity Diagram* membantu dalam memahami logika proses, mengidentifikasi potensi optimasi, serta memvisualisasikan bagaimana suatu sistem menangani berbagai skenario eksekusi.

2.11 Black box Testing

Black box testing adalah metode pengujian sistem yang berfokus pada pengujian fungsional. Dalam pengujian ini, penguji tidak perlu mengetahui tentang struktur internal atau kode sumber dari aplikasi yang diuji. Penguji hanya berfokus untuk memastikan bahwa output yang dihasilkan sesuai dengan input yang diberikan dan berfungsi sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan. Metode ini efektif sebagai pengujian karena memastikan bahwa sistem memenuhi kebutuhan pengguna dan berfungsi dengan baik dalam skenario dunia nyata serta membantu dalam mendeteksi kesalahan yang mungkin tidak terlihat dalam pengujian berbasis kode [22].

2.12 Penelitian Terkait

Penelitian ini tidak lepas dari penelitian yang sudah dilakukan, sehingga penelitian yang dilakukan memiliki persamaan dan perbedaan objek yang diteliti. Ringkasan dari penelitian dapat dilihat dibawah ini:

1. Tohari Galih Purwanto, Syamsudin Nur Wahid dengan judul penelitian “Rancang Bangun Alat Bantu Navigasi Tunanetra Berbasis Arduino Dengan Sensor Ultrasonik” diterbitkan pada tahun 2023. Dalam penelitian ini menggunakan tiga sensor ultrasonik yang ditempatkan pada sisi depan, kanan dan kiri. Untuk peringatan pada alat ini menggunakan headset sehingga dapat terdengar jelas oleh penyandang tunanetra. Kelemahan dari alat ini adalah tidak efektif digunakan pada musim hujan karena tidak didesain untuk tahan air serta tidak dilengkapi dengan fitur pelacakan lokasi yang menggunakan GPS [23]. Untuk gambar alat ini dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Alat Bantu Navigasi Tunanetra berbasis Arduino

2. Siti Nurmala Sari, Budi Serasi Ginting, Novriyenni dengan judul penelitian “Rancang Bangun Alat Bantu Jalan Untuk Penyandang Tunanetra menggunakan Fuzzylogic Berbasis Arduino” diterbitkan pada tahun 2022. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan alat bantu jalan bagi penyandang tunanetra dengan menggunakan metode fuzzy logic dan berbasis mikrokontroler Arduino Uno. Alat ini dilengkapi dengan sensor ultrasonik yang mampu mendeteksi objek dalam jarak tertentu (kurang dari 150 cm) dan memberikan peringatan kepada pengguna melalui buzzer. Saran

dari pihak pengembang terkait penelitian ini adalah penambahan GPS, penggunaan headset Bluetooth agar lebih praktis, serta penambahan sensor air dan getar untuk meningkatkan kemampuan deteksi dan interaksi dengan pengguna [24].



Gambar 2.13 Alat Bantu Jalan untuk Penyandang Tunanetra

3. Budi Tjahjono, Anugerah Cahyo Adhi, Bambang Irawan dengan Judul Penelitian “Pengembangan Alat Bantu Tunanetra Berbasis Arduino” diterbitkan pada tahun 2022. Penelitian ini merancang untuk meningkatkan keamanan dan mobilitas pengguna tunanetra saat bergerak di luar rumah. Fitur utama dari alat ini adalah deteksi objek di sekitar pengguna serta pelacakan lokasi pengguna menggunakan GPS yang dihubungkan ke smartphone melalui aplikasi Telegram. Saran dari pihak pengembang terkait penelitian ini adalah mengintegrasikan dengan sistem navigasi yang lebih kompleks sehingga pihak keluarga tinggal mengatur tujuan untuk penyandang tunanetra dan alat dapat mengintegrasikan sesuai dengan arahan peta, sehingga penyandang tunanetra hanya perlu mendengarkan perintah suara [25].
4. Nazmah Wulan Rhomadhona, Meizano Ardhi Muhammad, Puput Budi Wintoro, Yessi Mulyani dengan judul penelitian “Penerapan Metode Rapid Application Development Untuk Sistem Informasi Event Berbasis Web Pada Universitas Lampung” diterbitkan pada tahun 2025. Pada penelitian ini membahas pengembangan sistem informasi untuk mempermudah mahasiswa dalam mengakses informasi terkait acara pada kampus Universitas Lampung.

Metode pengembangan RAD pada penelitian ini memungkinkan iterasi cepat dan keterlibatan pengguna dalam proses pengembangan, sehingga sistem yang dihasilkan lebih sesuai dengan kebutuhan mahasiswa. Pengujian menggunakan Black Box Testing menunjukkan bahwa seluruh fitur berfungsi dengan baik, dengan tingkat keberhasilan 100% dari 33 skenario yang diuji. Selain itu, evaluasi User Experience Questionnaire (UEQ) dari 30 responden menunjukkan sistem mendapat nilai "excellent" dalam aspek daya tarik, kejelasan, ketepatan, dan stimulasi, serta "good" dalam aspek efisiensi dan kebaruan, yang menandakan pengalaman pengguna yang baik. Penelitian dengan metode RAD ini memiliki siklus pengembangan yang terdiri dari requirement planning, user design, construction, dan cutover, sistem dapat diuji dan diperbaiki secara cepat dan pengembangan sistem ini hanya memakan waktu 105 hari [26].

5. Rifqi Prima Anggara, Arif Johar Taufiq dengan judul penelitian “Rancang Bangun Alat Bantu Mobilitas Tunanetra dan Penentu Lokasi Menggunakan *Global Positioning System Tracking* Berbasis *Internet Of Things*” diterbitkan pada tahun 2021. Dalam pengembangan alat ini dilengkapi fitur untuk mendeteksi rintangan, genangan air dan memberikan informasi lokasi real-time melalui aplikasi yang dibangun menggunakan Kodular dan Firebase. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama seperti sensor ultrasonik HC-SR04, sensor soil moisture, modul GPS Neo Ublox M6 untuk pelacakan lokasi, serta DF Player Mini sebagai indikator suara yang memberi peringatan kepada pengguna. Selain itu, tongkat ini juga dilengkapi dengan tombol darurat yang dapat mengirimkan lokasi pengguna ke email keluarga jika terjadi keadaan darurat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini mampu mendeteksi hambatan dan genangan air dengan akurasi yang baik serta berhasil mengirimkan data lokasi ke aplikasi mobile secara real-time. Kekurangan dari alat ini adalah belum menggunakan modul sendiri untuk kebutuhan jaringan internetnya, sehingga masih membutuhkan koneksi *wifi* di sekitar penyandang tunanetra [27]. Untuk gambar alat pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2.14.



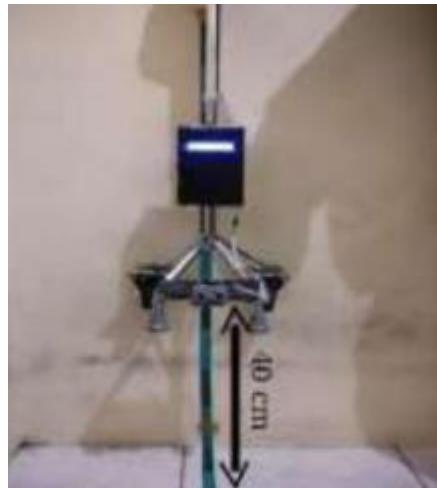
Gambar 2.14 Alat Bantu Mobilitas Tunanetra

6. Fadhli Syaifurrahman dengan judul penelitian “Rancang Bangun Tongkat Pintar Sebagai Alat Bantu Para Penyandang Tunanetra Dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino” diterbitkan pada tahun 2020. Dalam penelitian ini memanfaatkan teknologi Arduino, GPS, GSM, dan sensor ultrasonik untuk meningkatkan mobilitas pengguna. Alat ini dirancang untuk mendeteksi rintangan, memberikan sinyal getaran, dan mengirimkan lokasi darurat melalui SMS kepada keluarga pengguna. Keunggulan alat ini adalah terintegrasi dengan sebuah gelang untuk menandakan posisi tongkat tunanetra jika pengguna kehilangan tongkat tersebut dengan jarak maksimal hingga 7 meter. Saran dari pihak pengembang adalah untuk memperpanjang daya tahan baterai serta menambahkan jarak maksimal dari gelang untuk mencari tongkat tunanetra [28].
7. Amesanggeng Pataropura, Daniel Adhinugraha W, Marchel Fernando, Yusuf Kurnia dengan judul penelitian “Perancangan Tongkat Pintar Sebagai Alat Bantu Jalan untuk Meningkatkan Kualitas Hidup Peyandang Tunanetra” diterbitkan pada tahun 2023. Dalam penelitian ini menggunakan sensor yang beragam terdiri dari sensor ultrasonik, sensor water level, GPS dan modul MP3. Perancangan alat bantu ini dapat mendeteksi rintangan dan permukaan air di sekitar pengguna. Kemudian juga dapat memberikan peringatan suara kepada pengguna serta dapat memberikan informasi lokal secara *real-time* pada aplikasi android. Hasil dari pengujian GPS pada alat ini berfungsi

dengan baik dan mendapatkan lokasi yang akurat untuk memantau pengguna. Saran dari pihak pengembang adalah meningkatkan kualitas alat untuk dapat tahan air sehingga mengurangi kerusakan komponen ketika terkena hujan [29].

8. Amal Syahnanda dengan judul penelitian “Tongkat Perekam Jejak Untuk Tunanetra Berbasis Internet Of Things Menggunakan Sinyal GPRS” diterbitkan pada tahun 2023. Dalam penelitian ini membahas pengembangan tongkat pintar berbasis Internet of Things (IoT) untuk penyandang tunanetra, dilengkapi dengan sensor jarak inframerah, GPS, dan buzzer yang terintegrasi dengan protokol MQTT untuk pengiriman data lokasi secara *real-time* ke server dan ditampilkan melalui dashboard Grafana. Tongkat ini memiliki beberapa keunggulan, seperti fungsionalitas *real-time* yang mempermudah pemantauan, penggunaan baterai lithium yang dapat diisi ulang untuk efisiensi energi, dan integrasi IoT yang memungkinkan pelacakan dan visualisasi data yang lengkap. Namun, terdapat beberapa kekurangan, seperti ketahanan fisik yang tidak mendukung penggunaan saat hujan, rata-rata error GPS sebesar 1,6 meter yang dapat memengaruhi akurasi, desain berat yang tidak ergonomis, serta keterbatasan sensor yang hanya mendeteksi rintangan dari arah depan. Dengan solusi yang modern dan inovatif, proyek ini tetap membutuhkan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan keandalannya dalam berbagai kondisi penggunaan [30].
9. Arif Kusriandi Putra dengan judul penelitian “Alat Bantu Tunanetra Berbasis IoT” diterbitkan pada tahun 2023. Pada penelitian ini membahas pengembangan alat bantu tunanetra yang menggunakan sensor ultrasonik, modul GPS dan modul sim800l, untuk mikrokontroler pada penelitian ini menggunakan arduino uno. Dalam pengembangan alat ini, sumber daya menggunakan sebuah baterai lithium-ion tipe 18650 yang dapat diisi ulang. Pengembangan alat bantu ini untuk pengiriman lokasi harus dilakukan permintaan dari pihak pengguna melalui SMS dengan perintah “track”, kemudian alat akan mengirimkan pesan berupa link googlemaps yang berisikan titik koordinat tongkat tersebut. Tentunya hal ini kurang efektif

untuk pelacakan jarak jauh secara *real-time* [31]. Untuk gambar alat ini dapat dilihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.15 Alat Bantu Tunanetra Berbasis IoT

10. Sandi Difa Ramadhan dengan judul penelitian “Pelacak Tongkat Tunanetra Menggunakan Modul GPS Berbasis ESP8266” diterbitkan pada tahun 2021. Pada pengembangan penelitian ini hanya menggunakan modul gps neo6m dan mikrokontroler esp8266 serta sebuah baterai sebagai sumber daya listrik untuk mendukung alat tersebut. Pengembangan pelacak tongkat ini hanya sebatas melacak posisi tongkat yang dikirimkan melalui bot telegram. Selain itu, kekurangan dari alat ini adalah masih menggunakan internet yang berasal dari tethering smartphone sehingga ketika ESP8266 tidak mendapatkan sumber internet dari smartphone maka alat ini tidak dapat berfungsi dan tidak dapat mengirimkan pesan titik koordinat kepada bot telegram [32]. Untuk gambar alat ini dapat dilihat pada gambar 2.16.



Gambar 2.16 Tongkat Pintar untuk Tunanetra

11. Shamim Ahmed, Md. Julkar Nayeem Mahi, Milon Biswas, Sudipto Chaki dengan judul penelitian “An Intelligent and Multi-functional Stick for Blind People Using IoT” diterbitkan pada tahun 2022. Alat ini dikembangkan untuk membantu penyandang tunanetra dengan menggunakan media tongkat berbasis IoT. Fitur yang diberikan seperti pelacakan lokasi, deteksi objek dengan menggunakan sensor ultrasonik, inframerah dan sensor air. Modul GPS dan GSM SIM800L adalah kombinasi yang cukup memungkinkan untuk digunakan dalam pengembangan alat ini, secara kinerja sudah dapat mengirimkan data berupa titik lokasi koordinat tongkat secara *real-time* kepada keluarga melalui SMS. Dengan biaya rendah sekitar \$37, alat ini dirancang portabel dan ringan, cocok untuk digunakan di berbagai lingkungan seperti jalan raya atau taman. Meskipun hemat biaya dan responsif, alat ini memiliki keterbatasan, seperti kurangnya ketahanan terhadap kondisi cuaca ekstrem, jarak deteksi sensor inframerah yang terbatas, dan kebutuhan daya baterai yang harus sering diisi ulang. Tongkat ini menawarkan solusi inovatif bagi tunanetra, tetapi masih memerlukan peningkatan untuk ketahanan lingkungan dan efisiensi daya [33]. Untuk alat dapat dilihat pada gambar 2.17.



Gambar 2.17 Stick for Blind People Using IoT

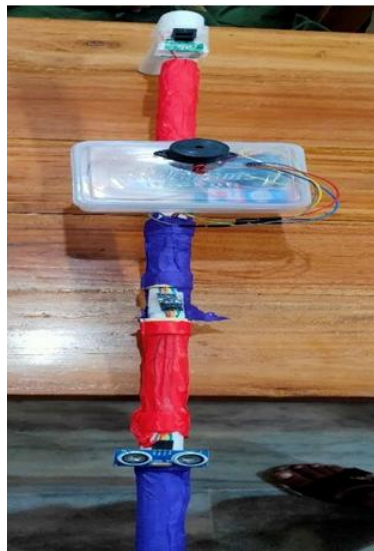
12. Krupal Jivrajani, Shobhit K. Patel, Chandrasinh Parmar, Jaymit Surve dengan judul penelitian “AIoT based Smart Stick for Visually Impaired Person” diterbitkan pada tahun 2022. Penelitian ini membahas tongkat pintar berbasis AIoT (Artificial Intelligence of Things) untuk membantu penyandang tunanetra dengan berbagai fitur, seperti deteksi rintangan menggunakan sensor ultrasonik, pengenalan objek dan mata uang berbasis deep learning melalui kamera, serta pemantauan kesehatan pengguna dengan sensor denyut nadi. Tongkat ini juga dilengkapi GPS untuk pelacakan lokasi real-time yang terintegrasi dengan aplikasi Android berbasis Firebase, serta sensor air untuk mendeteksi genangan. Dengan menggunakan Raspberry Pi sebagai pengontrol utama, alat ini mendukung berbagai antarmuka seperti audio, video, dan kamera untuk memberikan informasi yang lebih komprehensif. Dengan biaya produksi sekitar \$50-\$60, alat ini dirancang hemat biaya, ringan, dan mudah digunakan, serta menawarkan fitur tambahan seperti deteksi transportasi terdekat dan sistem peringatan darurat untuk meningkatkan keamanan pengguna. Namun, alat ini memiliki beberapa kekurangan, seperti akurasi pengenalan objek yang dapat menurun di kondisi cahaya rendah, serta konsumsi daya tinggi akibat penggunaan Raspberry Pi dan berbagai modul. Meskipun begitu, alat ini memberikan solusi inovatif yang mendukung kemandirian dan keamanan penyandang tunanetra dengan memanfaatkan teknologi modern [34]. Untuk alat ini dapat dilihat pada gambar 2.18.



Gambar 2.18 Tongkat Tunanetra berbasis AIoT

13. Kaladindi Saisubramanyam, A. Jhansi Rani dengan judul penelitian “IoT Based Smart Walking Stick For Blind Or Old Aged People With Gps Tracking Location” diterbitkan pada tahun 2020. Penelitian ini mengembangkan tongkat pintar berbasis IoT (Internet of Things) untuk membantu penyandang tunanetra dan lansia dalam navigasi yang aman dan mandiri. Sistem ini menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi rintangan pada jarak hingga 2 meter, serta sensor air untuk mendeteksi genangan di jalur pengguna. Informasi dari sensor diproses oleh mikrokontroler dan diteruskan ke sistem alarm berupa bunyi beep sebagai peringatan. Sistem ini juga dirancang ringan, hemat biaya, dan portabel, menggunakan modul RF untuk membantu pengguna menemukan tongkat jika hilang. Namun, alat ini memiliki keterbatasan dalam mendeteksi jenis dan sifat rintangan. Sistem juga bergantung pada daya baterai, yang membatasi durasi penggunaannya. Meskipun demikian, tongkat ini merupakan inovasi yang signifikan dalam meningkatkan keselamatan dan mobilitas penyandang tunanetra, dengan potensi pengembangan lebih lanjut untuk memperluas fitur dan teknologi yang lebih canggih [35].
14. Arjon Turnip, Fikri Rida Pebriansyah Tualar Simarta, Poltak Sihombing dan Endra Joelianto dengan judul penelitian “Design of smart farming communication and web interface using MQTT and Node.js” diterbitkan pada tahun 2022. Penelitian ini mengembangkan sistem komunikasi dan antarmuka web untuk pertanian pintar yang menggunakan protokol MQTT dan Node.js. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi dalam pertanian presisi dengan mengoptimalkan komunikasi antara perangkat IoT dan server. Data yang diperoleh dari sensor dan kamera dikirim melalui MQTT ke server, di mana sistem memproses data numerik dan umpan gambar secara langsung. Server juga menyimpan semua data yang diterima untuk analisis [36].
15. Sangam Malla, Prabhat Kumar Sahu, Srikanta Patnaik, Anil Kumar Biswal dengan judul penelitian “Obstacle Detection and Assistance for Visually Impaired Individuals Using an IoT-Enabled Smart Blind Stick” diterbitkan

pada tahun 2023. Penelitian ini mengembangkan *Smart Blind Stick* (SBS) yang dirancang untuk membantu penyandang tunanetra dengan mendeteksi rintangan dan kondisi lingkungan sekitar. Tongkat ini dilengkapi dengan berbagai sensor, seperti sensor ultrasonik untuk mendeteksi jarak rintangan hingga 2 meter, sensor inframerah untuk mendeteksi objek di dekat pengguna, dan sensor air untuk mengidentifikasi genangan. Dibangun dengan mikrokontroler Arduino Uno, perangkat ini ringan dan portabel, menggunakan daya baterai untuk mendukung operasionalnya. Prototipe diuji dalam berbagai kondisi lingkungan dengan hasil yang menunjukkan akurasi tinggi dalam mendeteksi rintangan. Alat ini masih memiliki kekurangan karena masih memiliki potensi kesalahan deteksi di lingkungan dengan gangguan eksternal, seperti suara keras atau pantulan cahaya. Selain itu, perangkat ini memerlukan penyesuaian lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi dalam berbagai kondisi cuaca dan medan. Secara keseluruhan, SBS menawarkan inovasi signifikan dalam mendukung kemandirian penyandang tunanetra dengan pendekatan teknologi modern [37]. Alat ini dapat dilihat pada gambar 2.19.



Gambar 2.19 Alat *Smart Blind Stick*

16. M. Nirmala, Mathan Kumar A. dengan judul penelitian “IoT Based Alert System for Visually Impaired Person”, diterbitkan pada tahun 2023. Penelitian ini mengembangkan tongkat untuk tunanetra yang berintegrasi

dengan berbagai sensor, seperti sensor ultrasonik, sensor air dan modul GPS serta GSM untuk melacak lokasi penyandang tunanetra. Alat ini memberikan dua umpan balik yaitu berupa getaran untuk mendeteksi arah rintangan, serta pesan audio untuk memberikan informasi lebih rinci. Tongkat ini juga dilengkapi dengan tombol darurat yang dapat mengirimkan lokasi pengguna ke keluarga atau pengawas melalui SMS dengan tautan Google Maps. Desain tongkat yang ringan, tahan air, dan hemat energi memungkinkan penggunaan yang nyaman dan aman bagi pengguna. Secara keseluruhan, alat ini menawarkan solusi inovatif untuk membantu penyandang tunanetra menjalani kehidupan sehari-hari dengan lebih aman dan mandiri [38]. Untuk alat ini dapat dilihat pada gambar 2.20.



Gambar 2.20 Tongkat IoT untuk Tunanetra

17. Muhammad Siddique Farooq, Imran Shafi, Harris Khan dengan judul penelitian “IoT Enabled Intelligent Stick for Visually Impaired People for Obstacle Recognition” diterbitkan pada tahun 2022. Penelitian ini mengembangkan tongkat berbasis IoT untuk membantu penyandang tunanetra dalam mendeteksi rintangan di sekitar lingkungannya. Tongkat ini dilengkapi dengan berbagai fitur, termasuk sensor ultrasonik untuk mendeteksi rintangan, sensor air untuk mendeteksi genangan, modul GPS untuk pelacakan lokasi dan GSM untuk mengirimkan koordinat lokasi melalui SMS, serta kamera beresolusi tinggi yang didukung oleh algoritma pengenalan objek berbasis OpenCV. Dalam mendeteksi rintangan menggunakan sensor ultrasonik dan menggunakan kamera untuk melakukan pengenalan objek, untuk memberikan umpan baliknya melalui earphone. Selain itu, sistem ini dilengkapi tombol darurat yang dapat mengirimkan

koordinat lokasi pengguna melalui SMS ke kontak darurat. Desainnya yang ringan, tahan air, serta dapat disesuaikan dengan tinggi pengguna memastikan kenyamanan dan kemudahan penggunaan. Tongkat ini memiliki kekurangan ketika lingkungan terlalu ramai dan objek yang bergerak terlalu cepat sehingga alat sulit mengenali objek [39]. Untuk alat ini dapat dilihat pada gambar 2.21.



Gambar 2.21 Tongkat Pintar dengan Pengenalan Objek

18. A. S. Romadhon, A. K. Husein dengan judul penelitian “Smart Stick For the Blind Using Arduino” diterbitkan pada tahun 2020. Penelitian ini mengembangkan alat yang disebut *Smart White Cane* berbasis Arduino untuk membantu penyandang tunanetra dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Tongkat ini dirancang untuk mendeteksi rintangan menggunakan sensor ultrasonik, mendeteksi genangan air menggunakan sensor air, serta memantau kondisi kesehatan pengguna melalui sensor detak jantung. Sistem ini dilengkapi dengan modul GPS Neo-6M dan SIM800L untuk memberikan informasi lokasi pengguna secara real-time, yang dapat dikirimkan melalui SMS saat tombol darurat ditekan. Fitur lainnya mencakup modul MP3 untuk memberikan peringatan suara, yang membantu pengguna memahami situasi di sekitar mereka. Prototipe diuji dalam berbagai kondisi lingkungan dan menghasilkan akurasi tinggi dalam mendeteksi rintangan pada jarak hingga 2 meter, meskipun terdapat beberapa keterbatasan, seperti waktu koneksi GPS

yang cukup lama di ruang tertutup dan kurang stabilnya deteksi sensor detak jantung akibat sensitivitas terhadap perubahan cahaya [40].

19. T.S. Aravinth dengan judul penelitian “WiFi and Bluetooth based Smart Stick for Guiding Blind People” diterbitkan pada tahun 2020. Penelitian ini mengembangkan tongkat pintar berbasis *WiFi* dan Bluetooth untuk penyandang tunanetra. Tongkat ini dilengkapi sensor ultrasonik untuk mendeteksi rintangan, modul GPS untuk pelacakan lokasi, dan motor getar sebagai peringatan taktil kepada pengguna. Dengan menggunakan Raspberry Pi sebagai pengontrol utama, sistem ini terhubung dengan kamera USB untuk mendeteksi dan mengenali objek, sementara informasi hasil deteksi disampaikan melalui suara ke earphone pengguna. Selain itu, tongkat ini memiliki modul RF transmitter yang memungkinkan pengguna menemukan tongkat jika hilang dengan menghasilkan bunyi beep melalui tombol pemanggil. Sistem masih memiliki keterbatasan karena alat masih membutuhkan konektivitas internet yang bersumber dari *WiFi* sehingga tidak terlalu efektif [41].
20. Amira A. Elsobaty dengan judul penelitian “Smart Blind Stick Design and Implementation” diterbitkan pada tahun 2021. Pengembangan tongkat pada artikel ini menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi rintangan hingga jarak 70cm, sensor air untuk mendeteksi genangan serta modul GPS dan GSM untuk pelacakan lokasi yang diberikan kepada keluarga. Dengan dukungan NodeMCU ESP8266 sebagai pengontrol utama, sistem ini dirancang untuk mengirimkan peringatan melalui suara atau getaran, memberikan umpan balik real-time kepada pengguna. Desain prototipe ringan dengan kemampuan mendeteksi berbagai rintangan pada sudut pandang yang luas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini efektif dalam membantu mobilitas pengguna di berbagai kondisi lingkungan. Namun, sistem ini memiliki kelemahan seperti penurunan performa di lingkungan dengan hambatan kompleks [42].
21. Sameer Grover, Aeysha Hassan, Kumar Yashaswi, Prof. Namita Kalyan S. dengan judul penelitian “Smart Blind Stick” diterbitkan pada tahun 2020.

Penelitian ini mengembangkan tongkat pintar yang dilengkapi dengan tiga sensor ultrasonik yang mampu mendeteksi rintangan di depan, kiri, dan kanan pengguna, sensor kelembapan untuk mendeteksi genangan air atau tanah berlumpur, serta modul GPS yang memberikan informasi lokasi. Fitur-fitur lainnya mencakup tombol darurat untuk mengirimkan lokasi pengguna ke kontak darurat melalui komunikasi GSM untuk integrasi dengan aplikasi android. Meskipun menawarkan solusi yang inovatif, sistem ini memiliki keterbatasan, seperti kurangnya kemampuan untuk mengenali jenis objek atau membedakan antara manusia dan benda mati, serta tidak dapat mendeteksi rintangan di atas kepala [43]. Untuk alat ini dapat dilihat pada gambar 2.22.



Gambar 2.22 *Smart Blind Stick*

22. Yerik Afrianto Singgalen dengan judul penelitian “Coastal and Marine Tourism Monitoring System Design using Rapid Application Development (RAD)” diterbitkan pada tahun 2024. Pada penelitian ini menciptakan sistem pemantauan yang dapat mengurangi dampak negatif dari aktivitas wisata terhadap lingkungan pesisir, termasuk terumbu karang dan ekosistem laut lainnya. Dalam pengembangan sistem ini menggunakan metode RAD yang memiliki kelebihan dalam fleksibilitas dan kecepatan pengembangan melalui iterasi yang cepat dan dapat menyesuaikan sistem dengan perubahan kebutuhan yang dinamis, terutama dalam konteks lingkungan pesisir yang kompleks dan rentan terhadap dampak pariwisata. Dengan metode ini, sistem dapat dikembangkan dalam waktu lebih singkat dibandingkan metode tradisional, memungkinkan implementasi yang lebih cepat dan efisien [44].

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian dan pengembangan alat ini dilakukan pada waktu dan tempat yang telah di tentukan sebagai berikut:

Waktu : Januari 2025 – Juni 2025

Tempat : Laboratorium Teknik Digital Program Studi Teknik Informatika

Tabel 3.1 Waktu Penelitian

No.	Aktivitas	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni
1.	<i>Requirements Planning</i>						
2.	<i>User Design</i>						
3.	<i>Construction</i>						
4.	<i>Cutover</i>						

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Pada pembuatan alat ini, dibutuhkan beberapa alat dan bahan untuk mendukung proses pembuatan alat ini.

3.2.1 Alat Penelitian

Adapun alat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2 Alat Penelitian

No.	Perangkat	Spesifikasi	Deskripsi
1.	Laptop	Prosesor AMD Ryzen 5- 5600 H, RAM 16 GB, ROM 1024 GB, Windows 11 64bit	Perangkat keras yang digunakan untuk pemrograman mikrokontroler
2.	Arduino IDE	Versi 2.1.0	Perangkat lunak yang digunakan untuk editor kode yang digunakan pada mikrokontroler
3.	Multimeter	-	Perangkat yang berfungsi untuk mengukur tegangan, dan arus listrik.
4.	Printed Circuit Board (PCB)	-	Perangkat yang berfungsi untuk menghubungkan komponen elektronik seperti sensor, mikrokontroler, dan modul GPS/GSM.
5.	Solder dan Timah	-	Perangkat untuk menyambungkan antar komponen elektronik

3.2.2 Bahan Penelitian

Adapun alat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.3 Bahan Penelitian

No.	Perangkat	Spesifikasi	Deskripsi
1.	ESP32	Processor Xtensa dual-core (or single-core) 32-bit LX6 microprocessor. Memori: 520 KB SRAM. WiFi 802.11 b/g/n, 32 GPIOs. IEEE 802.11	Mikrokontroler yang digunakan sebagai pusat pengendalian alat.

Tabel 3.3 Bahan Penelitian (Lanjutan)

No.	Perangkat	Spesifikasi	Deskripsi
2.	Sensor Ultrasonik HC-SR04	Tegangan: 5V Frekuensi Gelombang : 40kHz Jarak Deteksi : 1 cm to 400 cm Akurasi: 3mm Pancaran sensor : 0° - 15° Konsumsi daya : 15 – 40 mA	Perangkat untuk mendeteksi jarak antara alat dan objek di sekitarnya. Sensor ini mampu mendeteksi objek hingga jarak 400 cm.
3.	Modul GPS NEO 6MV2	Tegangan : 3.3V atau 5V Akurasi : ± 2 meter Konsumsi daya : ± 37 mA	Perangkat untuk melakukan pelacakan secara real-time lokasi tongkat.
4.	Modul SIM800L V2	Tegangan : 5 V Fitur : SMS, Panggilan dan koneksi internet GPRS Konsumsi daya : 500-800 mA	Perangkat untuk komunikasi GPRS sehingga dapat mengirimkan data koordinat tongkat.
5.	<i>Water Level Sensor</i>	Tegangan : 3.3V – 5V Deteksi : 0-1 cm ketinggian air Konsumsi daya : ± 20 mA	Perangkat untuk mendeteksi genangan air di sekitar tongkat.
6.	<i>Buzzer</i>	Tegangan : 3V – 12V Frekuensi Output : 1Hz–4kHz Konsumsi daya : ± 30 mA	Perangkat alat peringatan jika mendeteksi objek atau genangan air dalam jarak yang ditentukan.
7.	<i>Push Button</i> (tombol darurat)	Tegangan : 3.3V - 5V Jenis : <i>Normally Open</i> (NO) Tipe saklar : <i>momentary</i> Konsumsi daya : ± 50 mA	Perangkat untuk mengirimkan peringatan atau notifikasi pada keluarga melalui aplikasi android.
8.	Baterai Li-Ion	Tegangan : 4.2V Jenis : 18650 Daya : 5200mAh	Perangkat yang berfungsi sebagai sumber daya.
9.	Modul charger TP 4056 1A with BMS	Tegangan Input : 4,5 – 5,5 volt Arus : 1A Soket : USB type C	Perangkat untuk mengisi baterai Li-Ion

10.	Sensor INA219	Tegangan : 3.0 V– 5.5 V	Modul yang digunakan untuk mengukur arus, tegangan, dan daya pada rangkaian listrik
-----	------------------	-------------------------	---

Tabel 3.3 Bahan Penelitian (Lanjutan)

No.	Perangkat	Spesifikasi	Deskripsi
11.	Tongkat	-	Sebagai rangka utama untuk penempatan alat IoT.
12.	Kotak alat	-	Sebagai pelindung modul komponen agar lebih aman.

3.3 Struktur Tim

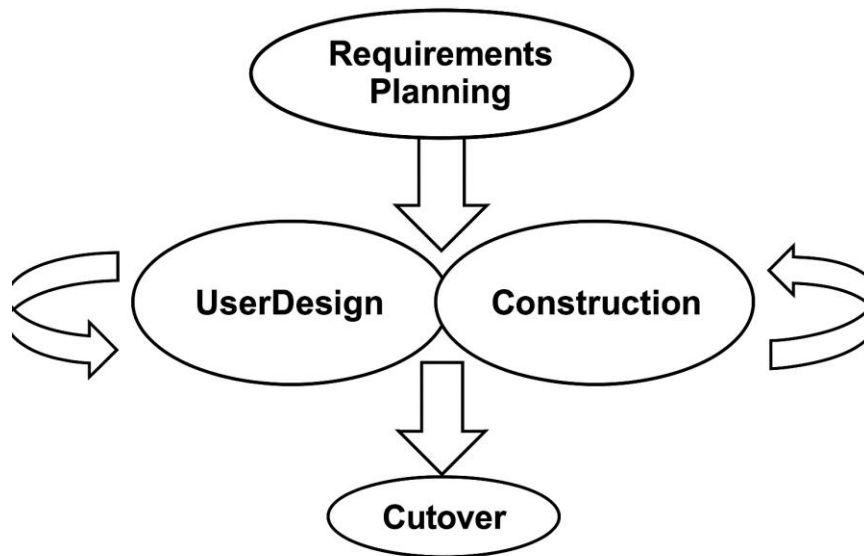
Pembuatan alat untuk membantu tunanetra ini terbagi menjadi beberapa peran. Untuk komposisi tim dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Struktur tim.

No.	Nama	Role	Aplikasi
1.	Alvin Reihansyah Makarim	<i>Backend Developer</i>	Teman Jalan
2.	Muhkito Afif	<i>IoT Developer</i>	
3.	Pandu Wijaya	<i>Android Developer</i>	
4.	Bpk. Chondro	<i>Product Owner</i>	

3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metodologi RAD dengan alur seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

3.4.1 *Requirements Planning*

Requirements Planning adalah fase perencanaan sistem dan tahap analisis sistem yang akan dibangun. Dalam fase ini dilakukan identifikasi kebutuhan dengan pihak tunanetra dan keluarga dengan cara wawancara.

3.4.1.1 Kebutuhan Pengguna

Kebutuhan pengguna dalam sistem ini merupakan hasil wawancara yang telah dilakukan pada dua pihak utama, yaitu penyandang tunanetra dan pengawas (keluarga atau pendamping).

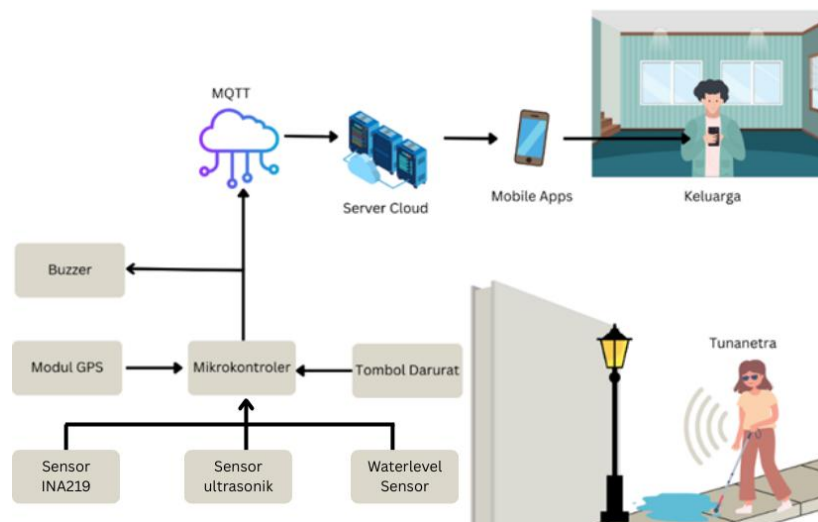
1. Penyandang tunanetra memerlukan alat bantu yang mampu mengenali rintangan dengan presisi serta memberikan peringatan melalui suara atau getaran untuk meningkatkan keselamatan saat berjalan.
2. Pengawas membutuhkan akses informasi lokasi pengguna secara real-time agar dapat memantau pergerakan mereka dan memastikan keamanan selama perjalanan.
3. Sistem harus dilengkapi dengan tombol darurat yang memungkinkan pengguna mengirim notifikasi kepada pengawas dalam situasi kritis, seperti tersesat atau mengalami kecelakaan.

3.4.2 User Design

Pada fase ini berfokus untuk pembuatan prototipe awal yang dirancang berdasarkan kebutuhan yang telah diidentifikasi. Pada fase ini dijabarkan terkait arsitektur perangkat, *use case* diagram untuk menggambarkan interaksi antar pengguna dan sistem, flowchart dan bentuk prototipe alat yang akan dibuat.

3.4.2.1 Arsitektur

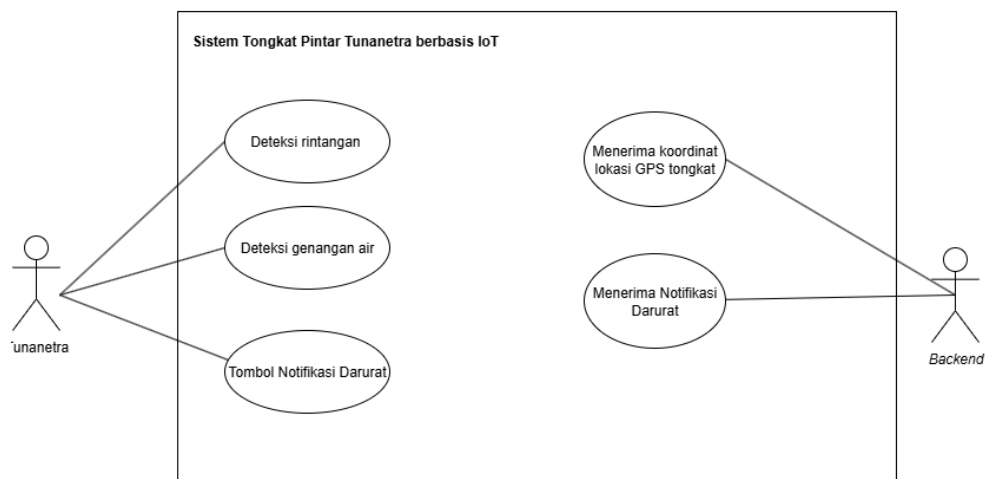
Arsitektur dalam alat bantu tunanetra berbasis iot ini seperti yang digambarkan pada gambar 3.2. Diagram ini menunjukkan alur kerja dari perangkat IoT yang digunakan oleh tunanetra hingga komunikasi data ke keluarga atau pengawas melalui aplikasi mobile. Sensor-sensor yang terintegrasi membantu tunanetra mendeteksi kondisi sekitar, sementara data lokasi dan notifikasi dikirimkan ke pihak keluarga melalui server *cloud*.



Gambar 3.2 Arsitektur sistem

3.4.2.2 Use Case

Use case menggambarkan skenario penggunaan sistem yang menunjukkan interaksi antara aktor dengan sistem yang dirancang. Tujuannya adalah untuk menjelaskan kebutuhan serta perilaku yang dapat dilakukan oleh pengguna sesuai dengan peran masing-masing. Setiap aktor memiliki akses dan tanggung jawab yang berbeda terhadap fitur-fitur dalam sistem. Setiap *use case* merepresentasikan fungsi atau fitur yang dapat digunakan oleh pengguna berdasarkan peran mereka.



Gambar 3.3 Use Case

Berikut merupakan tabel definisi aktor pada *use case*:

Tabel 3.5 Definisi aktor pada *use case*

Aktor	Deskripsi
Tunanetra	Aktor yang menggunakan perangkat IoT untuk mengirimkan data lokasi dan sensor ke server, serta mengaktifkan notifikasi darurat.
Backend	Aktor yang menerima semua data yang terdiri dari data koordinat lokasi, nilai dari setiap sensor serta menerima notifikasi darurat.

Berikut merupakan tabel definisi *use case*:

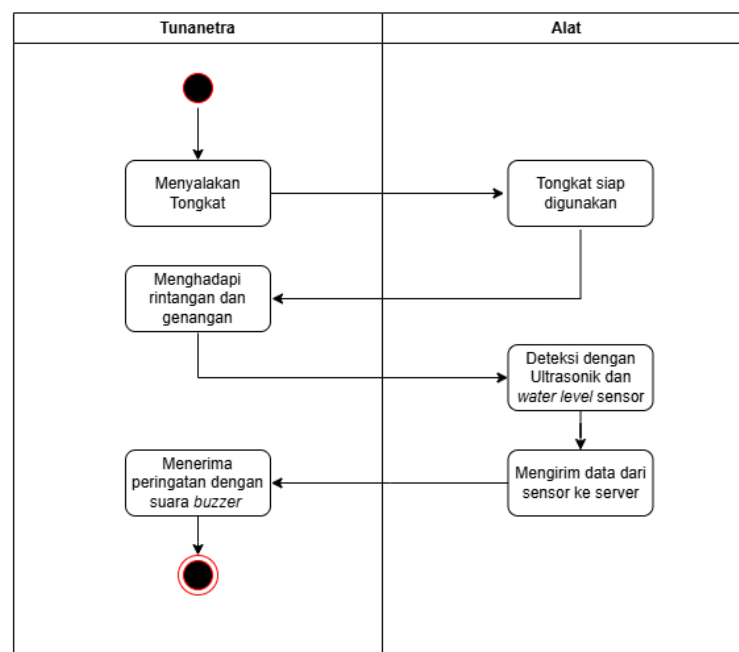
Tabel 3.6 Definisi *use case*

Use Case	Deskripsi
Deteksi Rintangan	Sistem mendeteksi rintangan di sekitar tunanetra menggunakan sensor ultrasonik
Deteksi Genangan Air	Sistem mendeteksi adanya genangan air di sekitar menggunakan water level sensor.
Tombol Notifikasi Darurat	Tunanetra dapat menekan tombol untuk mengirimkan notifikasi darurat kepada keluarga.
Menerima koordinat lokasi GPS tongkat	Backend menerima koordinat lokasi dari tongkat.
Menerima Notifikasi Darurat	Backend menerima notifikasi darurat ketika tombol darurat pada tongkat ditekan.

3.4.2.3 Activity Diagram Penggunaan Tongkat

Activity Diagram merupakan aliran aktivitas dalam perancangan sistem, aliran ini menjelaskan aktivitas sejak sistem dimulai hingga aktivitas sistem berakhir.

Activity diagram pada gambar 3.4 menggambarkan alur penggunaan tongkat pintar tunanetra sejak awal hingga akhir aktivitas. Proses dimulai ketika pengguna menyalakan tongkat, kemudian sistem pada alat otomatis aktif dan siap digunakan. Saat pengguna menghadapi rintangan atau genangan air, sensor ultrasonik dan sensor water level akan melakukan deteksi terhadap kondisi lingkungan di sekitar tongkat. Data hasil deteksi tersebut kemudian dikirimkan oleh alat ke server sekaligus memicu keluaran berupa peringatan melalui buzzer. Peringatan ini diterima langsung oleh pengguna sebagai tanda adanya rintangan.

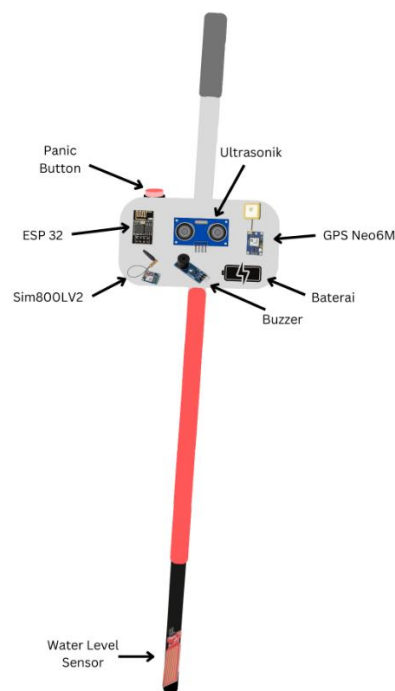


Gambar 3.4 Activity Diagram Penggunaan Tongkat

3.4.2.4 Prototipe

Tongkat pintar ini dilengkapi dengan berbagai fitur canggih, seperti sensor ultrasonik untuk mendeteksi rintangan di sekitar pengguna, modul GPS untuk melacak lokasi secara real-time, dan modul komunikasi untuk mengirimkan data lokasi ke keluarga atau pengawas melalui aplikasi *mobile*. Selain itu, tongkat ini

juga memiliki tombol darurat yang memungkinkan pengguna mengirim notifikasi langsung dalam situasi mendesak. Peringatan kepada pengguna diberikan melalui buzzer yang menghasilkan suara jika ada rintangan di dekatnya. Seluruh komponen elektronik ditempatkan dalam sebuah kotak pelindung di bagian atas tongkat untuk memastikan keamanannya. Tongkat yang digunakan merupakan produk yang telah tersedia di pasaran dan dimodifikasi dengan penambahan perangkat IoT tanpa mengubah desain ergonomis aslinya dilengkapi gagang yang nyaman digenggam, serta warna kontras pada batangnya untuk meningkatkan visibilitas.

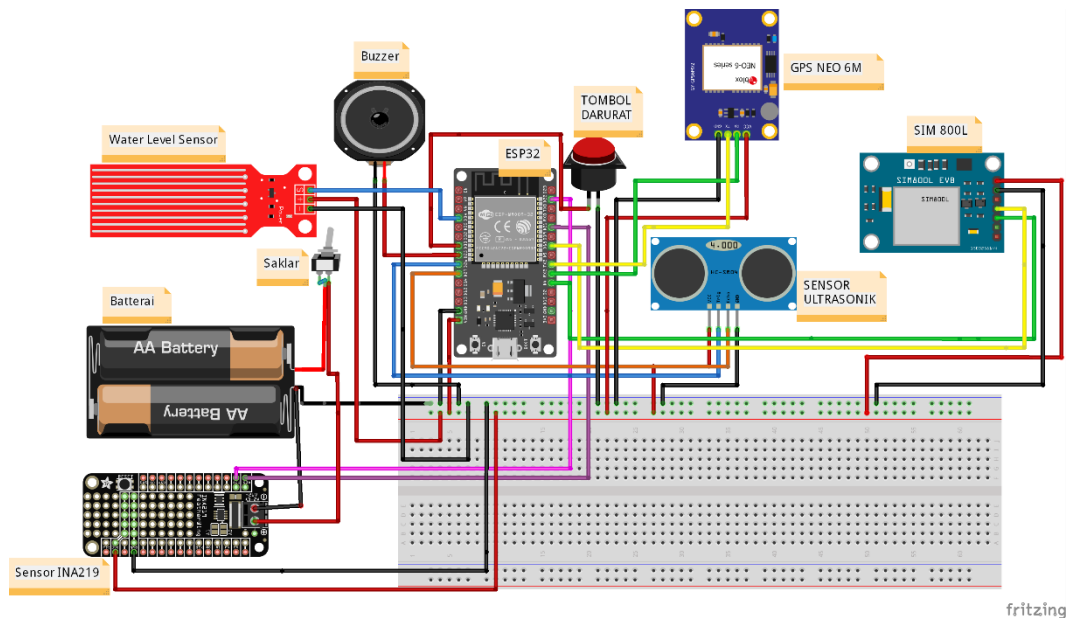


Gambar 3.5 Prototipe Tongkat Tunanetra

3.4.2.5 Desain Rangkaian Komponen

Desain rangkaian komponen pada tongkat pintar tunanetra berbasis IoT ini merupakan representasi penyusunan perangkat keras yang digunakan. Gambar 3.6 memperlihatkan keterhubungan antara mikrokontroler ESP32 dengan berbagai sensor dan modul pendukung, seperti sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi rintangan, sensor *water level* untuk mendeteksi genangan air, modul GPS untuk pelacakan lokasi, serta modul INA219 sebagai pemantau daya. Selain itu, rangkaian

juga dilengkapi dengan buzzer sebagai media peringatan, tombol darurat sebagai pemicu notifikasi, serta baterai yang berfungsi sebagai sumber daya. Penyusunan komponen dilakukan agar setiap perangkat dapat saling terhubung dengan baik dan menghasilkan sistem yang berfungsi sesuai perancangan.



Gambar 3.6 Desain Rangkaian

Dengan adanya desain rangkaian ini, diharapkan dapat memahami secara jelas bagaimana setiap komponen dalam sistem tongkat pintar saling terhubung serta bagaimana aliran data berlangsung antarperangkat. Terlihat bagaimana sensor ultrasonik terhubung ke mikrokontroler ESP32 untuk mendeteksi jarak rintangan, sensor water level digunakan untuk mendeteksi adanya genangan air, atau bagaimana modul GPS bersama SIM800L bekerja dalam mengirimkan data lokasi melalui jaringan internet. Selain itu, wiring diagram juga memberikan gambaran mengenai susunan kabel dan konektor yang digunakan dalam proses perakitan. Hal ini memudahkan dalam memastikan bahwa setiap koneksi telah dibuat dengan benar sehingga sistem dapat berfungsi secara optimal dan mengurangi risiko terjadinya kesalahan selama proses perakitan.

Tabel 3.7 Rangkaian Pin Komponen

Pin pada Komponen	Koneksi pada
-------------------	--------------

VCC Ultrasonik (HC-SR04)	Pin 5V ESP32
GND Ultrasonik	Pin GND ESP32
Trig Ultrasonik	Pin 26 ESP32
Echo Ultrasonik	Pin 27 ESP32
(+) Water Level	Pin 3.3V ESP32

Tabel 3.7 Rangkaian Pin Komponen (Lanjutan)

Pin pada Komponen	Koneksi pada
(-) Water Level	Pin GND ESP32
S (Signal) Water Level	Pin 34 (Analog Input) ESP32
VCC GPS (NEO-6M)	Pin 3.3V ESP32
GND GPS	Pin GND ESP32
TX GPS	Pin 17 (TX2 ESP32)
RX GPS	Pin 16 (RX2 ESP32)
VCC SIM800L	Pin VCC dari Baterai (4V – 4.2V)
GND SIM800L	Pin GND Baterai
TX SIM800L	Pin 18 (TX ESP32)
RX SIM800L	Pin 4 (RX ESP32)
VCC INA219	Pin 3.3V ESP32
GND INA219	Pin ESP32
SDA INA219	Pin 21 (SDA ESP32)
SCL INA219	Pin 22 (SCL ESP32)
VCC Buzzer	Pin 25 ESP32
GND Buzzer	Pin ESP32
Tombol Darurat (1 Kaki)	Pin 32 ESP32
Tombol Darurat (1 Kaki)	Pin ESP32

3.4.3 Construction

Pada fase *construction* dilakukan pembuatan alat berdasarkan desain prototipe alat yang telah dirancang pada fase *user design*. Fase ini meliputi pembuatan perangkat keras, pemrograman mikrokontroler, integrasi dan pengujian sistem sebelum tahap *cutover*. Fase ini memiliki beberapa tahap diantaranya:

3.4.3.1 Pengembangan Perangkat Keras

Dalam tahap ini, dilakukan proses pembangunan prototipe fisik dari tongkat bantu tunanetra dengan mengintegrasikan seluruh komponen elektronik yang diperlukan. Setiap sensor dan modul dihubungkan secara cermat ke dalam desain tongkat untuk memastikan semua fungsi berjalan dengan baik. Proses ini bertujuan menciptakan perangkat yang andal dan mampu mendeteksi rintangan serta memberikan informasi lokasi secara akurat kepada pengguna dan pihak keluarga.

3.4.3.2 Pemrograman Mikrokontroler

Pada tahap ini, dilakukan penulisan kode dan implementasi logika yang bertujuan untuk mengintegrasikan seluruh komponen elektronik dalam sistem alat bantu tunanetra. Kode ini dirancang untuk membaca data dari berbagai sensor, seperti sensor ultrasonik untuk mendeteksi rintangan, water level sensor untuk mengenali genangan air, dan modul GPS untuk menentukan lokasi pengguna secara real-time.

3.4.3.3 Integrasi Sistem

Pada tahap Integrasi Sistem, dilakukan penggabungan perangkat keras dan perangkat lunak untuk memastikan data dari alat bantu tunanetra dapat dikirim dan diterima secara real-time. Mikrokontroler ESP32 membaca data dari sensor ultrasonik, water level sensor, dan modul GPS, lalu mengirimkannya melalui koneksi GPRS menggunakan modul SIM800L. Data ini dikirim ke broker MQTT di server dan diteruskan ke aplikasi pemantauan keluarga tunanetra. Dengan integrasi ini, keluarga dapat memantau lokasi pengguna secara akurat dan menerima peringatan darurat dengan cepat, meningkatkan keamanan dan kemandirian penyandang tunanetra.

3.4.3.4 Pengujian sistem

Pengujian menggunakan teknik *blackbox testing* untuk memastikan bahwa semua fungsi alat berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Pengujian dilakukan berdasarkan skenario yang mengacu pada kebutuhan sistem. Berikut adalah skenario pengujian *blackbox testing*.

Tabel 3.8 Skenario Pengujian *Blackbox Testing*

No.	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan
1.	Deteksi Rintangan	Mengarahkan alat pada objek dalam jarak < 125 cm	Buzzer berbunyi sebagai peringatan
2.	Deteksi Genangan Air	Menempatkan alat di atas genangan air dengan ketinggian > 0.3 cm	Buzzer berbunyi sebagai peringatan
3.	Koneksi perangkat MQTT	Mematikan dan menghidupkan kembali perangkat koneksi	Data dikirim ulang perangkat kembali menyala
4.	Pelacakan Lokasi GPS	Memantau lokasi alat di area terbuka dengan sinyal GPS yang kuat	Lokasi terkirim dan ditampilkan di aplikasi
5.	Tombol Notifikasi Darurat	Menekan tombol darurat selama 2.5 detik	Notifikasi terkirim ke aplikasi pengguna
6.	Daya Tahan Baterai	Menyalakan perangkat hingga baterai habis	Perangkat dapat bertahan minimal 3 jam

3.4.4 Cutover

Fase *cutover* adalah tahap akhir dalam pengembangan sistem, di mana semua komponen yang telah dikembangkan dan diuji sebelumnya diintegrasikan serta diluncurkan untuk digunakan oleh pengguna akhir. Fase ini memiliki beberapa tahap diantaranya:

3.4.4.1 Persiapan Implementasi

Pada tahap ini, dilakukan pelatihan bagi penyandang tunanetra dan keluarganya mengenai cara mengoperasikan tongkat, termasuk penggunaan sensor, tombol darurat, dan aplikasi pemantauan yang bertujuan memastikan pengguna memahami

cara menggunakan alat bantu tunanetra secara efektif. Selain itu, disediakan dokumentasi lengkap berupa panduan pengguna untuk memudahkan pemahaman tentang fungsi dan cara kerja alat, sehingga pengguna dapat memanfaatkan sistem secara optimal dalam aktivitas sehari-hari.

3.4.4.2 Peluncuran Sistem

Pada tahap ini, alat bantu tunanetra secara resmi diserahkan dan siap digunakan oleh pengguna akhir. Peluncuran bertujuan memberikan akses penuh kepada penyandang tunanetra dan keluarganya untuk memanfaatkan fitur-fitur alat, seperti deteksi rintangan, pelacakan lokasi *real-time*, dan tombol darurat, guna meningkatkan keamanan dan kemandirian dalam beraktivitas sehari-hari. Fase ini akan dianggap berhasil jika sistem dapat digunakan oleh pengguna tanpa kendala besar, memenuhi kebutuhan fungsional, dan mendapatkan umpan balik positif dari pengguna.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Tongkat pintar berbasis IoT berhasil dikembangkan dengan mengintegrasikan mikrokontroler ESP32, sensor ultrasonik, *water level sensor*, modul GPS, sensor INA219, serta modul komunikasi *WiFi* dan SIM800L. Integrasi ini memungkinkan sistem untuk mendeteksi rintangan hingga jarak ± 125 cm dengan memberikan peringatan melalui buzzer dengan pola nada yang jelas, serta mendeteksi genangan air dengan kedalaman lebih dari 0,3 cm, sehingga mendukung peningkatan keselamatan pengguna dalam beraktivitas..
2. Fitur pemantauan lokasi dan tombol darurat berfungsi sesuai kebutuhan, GPS mampu memberikan koordinat lokasi dengan tingkat akurasi $\pm 4-7$ meter sehingga posisi pengguna dapat dipantau secara *real-time* melalui aplikasi. Selain itu, tombol darurat berhasil mengirimkan pesan darurat serta koordinat GPS ke broker MQTT.
3. Fitur komunikasi dua arah melalui *callback* berhasil diimplementasikan, memungkinkan keluarga atau pendamping memberikan respons berupa perintah jemput atau tolak melalui aplikasi. Perintah ini diterima oleh broker MQTT dan diproses oleh ESP32 untuk mengaktifkan *buzzer* dengan pola nada berbeda sesuai respons, sehingga meningkatkan interaksi dan keamanan pengguna.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian serta rangkaian pengujian yang telah dilaksanakan, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan sistem di masa mendatang sebagai berikut :

1. Mengembangkan desain tongkat yang lebih ergonomis, misalnya membuat *box* lebih kecil dan menggunakan tongkat lipat sehingga lebih praktis untuk penyimpanan dan penggunaan sehari-hari..
2. Menggunakan *buzzer* dengan ukuran dan daya yang lebih besar sehingga dapat menghasilkan suara yang lebih keras dan mudah didengar oleh pengguna.
3. Menambahkan fitur getaran (*vibration motor*) sebagai alternatif peringatan bagi tunanetra, terutama ketika berada di lingkungan yang bising.
4. Mengembangkan fitur *callback* lebih lanjut agar dapat mengirimkan pesan suara dari tunanetra ke aplikasi atau bahkan integrasi fitur panggilan darurat secara langsung dari tongkat ke aplikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ramli, A. M., and Gatra, S., “Fasilitas Akses Penyandang Tuna Netra atas Objek Hak Cipta.” Accessed: Jan. 13, 2025. [Online]. Available: <https://nasional.kompas.com/read/2023/01/15/16070311/fasilitas-akses-penyandang-tunanetra-atas-objek-hak-ciata-berdasar?page=all>
- [2] Fadli, Fardian, and Aulia Rahman, “Rancang Bangun Penentu Arah dengan Rambu Pada Koridor Untuk Penyandang Tunanetra dengan Output Suara Berbasis Raspberry Pi,” *KITEKRO: Jurnal Online Teknik Elektro*, vol. 2. No.3, pp. 77–84, 2017.[Online].Available:https://informatika.usk.ac.id/webinf/?page_id=2412
- [3] Dinie Ratri Desiningrum, *Psikologi Anak Berkebutuhan Khusus*. Yogyakarta: Psikosain, 2016. [Online]. Available: https://eprints.undip.ac.id/51629/1/Dinie_Ratri_Buku_Psikologi_ABK_2016.pdf
- [4] Mia Wimala and Kineta Imanuela, “Perkembangan Internet of Things di Industri Konstruksi,” *JOSC: Journal of Sustainable Construction*, vol. 1, no. 2, pp. 43–51, 2022, doi: 10.26593/josc.v1i2.5701.
- [5] J. Manyika *et al.*, “Unlocking the potential of the Internet of Things,” *McKinsey Global Institute*, vol. 1, pp. 1–2, 2015. [Online]. Available: https://aegex.com/images/uploads/white_papers/Unlocking_the_potential_of_the_Internet_of_Things___McKinsey___Company.pdf
- [6] I. R. Nugraha, W. H. N. Putra, and E. Setiawan, “A Comparative Study of HTTP and MQTT for IoT Applications in Hydroponics,” *J. RESTI (Rekayasa Sist. Teknol. Inf.)*, vol. 8, no. 1, pp. 119–126, Feb. 2024, doi: 10.29207/resti.v8i1.5561.
- [7] Muhammad Salman Al Farisi, “Pengaruh Quality of Service (QoS) Protokol MQTT terhadap Reliabilitas Pengiriman Data pada Sistem IoT Solar Dryer,”

Universitas Muhammadiyah Malang, Aug. 2025, [Online]. Available: <https://eprints.umm.ac.id/id/eprint/21361>

[8] Surya Purba Wijaya, Yuli Christiyono, and Sukiswo, “Alat Pelacak Lokasi Berbasis GPS Via Komunikasi Seluler,” *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 12, no. 2, pp. 82–86, 2010. [Online]. Available: https://eprints.undip.ac.id/32535/1/Surya_Purba_Wijaya.pdf

[9] M. N. Nizam, Haris Yuana, and Zunita Wulansari, “Mikrokontroler ESP32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web,” *jati*, vol. 6, no. 2, pp. 767–772, Oct. 2022, doi: 10.36040/jati.v6i2.5713.

[10] M. Muliadi, A. Imran, and M. Rasul, “Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan ESP32,” *Metrik*, vol. 17, no. 2, pp. 73–79, Nov. 2024, doi: 10.59562/metrik.v17i2.5398.

[11] F.- Puspasari, I.- Fahrurrozi, T. P. Satya, G.- Setyawan, M. R. Al Fauzan, and E. M. D. Admoko, “Sensor Ultrasonik HCSR04 Berbasis Arduino Due Untuk Sistem Monitoring Ketinggian,” *JFA*, vol. 15, no. 2, p. 36, June 2019, doi: 10.12962/j24604682.v15i2.4393.

[12] Agung Pangestu, Sumardi, and Sudjadi, “Perancangan Alat Pengaman Dan Tracking Kendaraan Sepeda Motor Dengan Menggunakan Mikrokontroler AtMega644PA,” *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 3, no. 4, pp. 433–441, 2014.[Online].Available:<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/viewFile/7182/6949>

[13] I. Romadhon, “Analisis Konsumsi Energi Baterai Pada Node Menggunakan Lora,” Doctoral dissertation, Universitas Dinamika, Surabaya, 2022. [Online]. Available: <https://repository.dinamika.ac.id/id/eprint/6653/1/17410200026-2022-UNIVERSITASDINAMIKA.pdf>

[14] A. P. Zanofo, R. Arrahman, M. Bakri, and A. Budiman, “Pintu Gerbang Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO R3,” *JTIKOM*, vol. 1, no. 1, pp. 22–27, June 2020, doi: 10.33365/jtikom.v1i1.76.

- [15] Liam Aljundi, “Arduino IDE Guide,” Starting Guide The Arduino Software IDE. Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://docs.arduino.cc/learn/starting-guide/the-arduino-software-ide/>
- [16] “Penggunaan Git dan Github.” Accessed: Jan. 31, 2025. [Online]. Available: <https://binus.ac.id/bekasi/2024/11/penggunaan-git-dan-github/>
- [17] S. Aswati, M. S. Ramadhan, A. U. Firmansyah, and K. Anwar, “Studi Analisis Model Rapid Application Development Dalam Pengembangan Sistem Informasi,” *Matrik*, vol. 16, no. 2, p. 20, July 2017, doi: 10.30812/matrik.v16i2.10.
- [18] M. L. Despa, “Comparative Study on Software Development Methodologies,” vol. V(3), Database systems journal, 2014, pp. 37–56. [Online]. Available: <https://dbjournal.ro/archive/17/17.pdf#page=38>
- [19] Apporva Mishra and Deepty Dubey, “A Comparative Study of Different Software Development Life Cycle Models in Different Scenarios,” *IJARCSMS*, vol. 1, no. 5, Oct. 2013, [Online]. Available: <https://www.academia.edu/download/34194116/V1I5-0008.pdf>
- [20] D. I. Sensuse, H. N. Rochman, S. Al Hakim, and W. Winarni, “Knowledge management system design method with joint application design (JAD) adoption,” *VJIKMS*, vol. 51, no. 1, pp. 27–46, Feb. 2021, doi: 10.1108/VJIKMS-10-2018-0083.
- [21] M. T. Prihandoyo, “Unified Modeling Language (UML) Model Untuk Pengembangan Sistem Informasi Akademik Berbasis Web,” *JPIT*, vol. 3, no. 1, pp. 126–129, Jan. 2018, doi: 10.30591/jpit.v3i1.765.
- [22] W. N. Cholifah, Y. Yulianingsih, and S. M. Sagita, “Pengujian Black Box Testing pada Aplikasi Action & Strategy Berbasis Android dengan Teknologi Phonegap,” *STRING*, vol. 3, no. 2, p. 206, Dec. 2018, doi: 10.30998/string.v3i2.3048.
- [23] T. G. Purwanto and S. N. Wahid, “Rancang Bangun Alat Bantu Navigasi Tuna Netra Berbasis Arduino Dengan Sensor Ultrasonik,” *quateknika*, vol. 13, no. 1, pp. 91–101, May 2023, doi: 10.35457/quateknika.v13i1.2157.

- [24] S. N. Sari, B. S. Ginting, and Novriyenni, “Rancang Bangun Alat Bantu Jalan Untuk Penyandang Tunanetra Menggunakan Fuzzylogic Berbasis Arduino,” *JTIK: Jurnal Teknik Informatika kaputama*, vol. 6, no. 2, pp. 528–543, 2022. [Online]. Available: <http://journals.upi-yai.ac.id/index.php/ikraithinformatika/article/view/1575/1290>
- [25] B. Tjahjono, A. Cahyo, and B. Irawan, “Pengembangan Alat Bantu Tuna Netra Berbasis Arduino,” *IKRA-ITH Informatika: Jurnal Komputer dan Informatika*, vol. 6, no. 2, pp. 53–58, 2022. [Online]. Available: <http://journals.upi-yai.ac.id/index.php/ikraith-informatika/article/view/1575/1290>
- [26] N. W. Rhomadhona, M. A. Muhammad, P. B. Wintoro, and Y. Mulyani, “Penerapan Metode Rapid Application Development Untuk Sistem Informasi Event Berbasis Web Pada Universitas Lampung,” *JITET*, vol. 13, no. 1, Jan. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5597.
- [27] R. P. Anggara and A. J. Taufiq, “Rancang Bangun Alat Bantu Mobilitas Tunanetra Dan Penentu Lokasi Menggunakan Global Positioning System Tracking Berbasis Internet Of Things,” *JRRE*, vol. 3, no. 2, Dec. 2021, doi: 10.30595/jrre.v3i2.11627.
- [28] F. Syaifurrahman, “Rancang Bangun Tongkat Pintar Sebagai Alat Bantu Para Penyandang Tunanetra Dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino,” *Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau*, 2020, [Online]. Available: <https://repository.uin-suska.ac.id/37934/>
- [29] Amesanggeng Pataropura, Daniel Adhinugraha W, Marchel Fernando, and Yusuf Kurnia, “Perancangan Tongkat Pintar Sebagai Alat Bantu Jalan untuk Meningkatkan Kualitas Hidup Peyandang Tunanetra,” *RUBINSTEIN: Jurnal Multidisplin*, vol. 1, no. 2, pp. 91–102, 2023. [Online]. Available: <https://digilib.buddhidharma.ac.id/index.php/rubin/article/view/2133>
- [30] A. Syahnanda, “Tongkat Perekam Jejak Untuk Tunanetra Berbasis Internet Of Things Menggunakan Sinyal GPRS,” *Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 2023, [Online]. Available: <https://eprints.ums.ac.id/109377/2/naspub%20fix%20dengan%20scan%20halaman%20pengesahan.pdf>

- [31] Arif Kusriandi Putra, “Alat Bantu Tuna Netra Berbasis IoT,” Doctoral dissertation, Universitas Widya Husada Semarang, 2023. [Online]. Available: <https://eprints.uwhs.ac.id/2005/1/ARIF%20KUSRIANDI%20PUTRA.pdf>
- [32] Sandi Difa Ramadhan, “Pelacak Tongkat Tunanetra Menggunakan Modul GPS Berbasis ESP8266,” Doctoral dissertation, Politeknik Harapan Bersama Tegal, 2021. [Online]. Available: <http://eprints.poltektegal.ac.id/438/1/Laporan%20Sandi.pdf>
- [33] S. Ahmed *et al.*, “An Intelligent and Multi-Functional Stick for Blind People Using IoT,” in *2022 3rd International Conference on Intelligent Engineering and Management (ICIEM)*, London, United Kingdom: IEEE, Apr. 2022, pp. 326–331. doi: 10.1109/ICIEM54221.2022.9853012.
- [34] K. Jivrajani *et al.*, “AIoT-Based Smart Stick for Visually Impaired Person,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 72, pp. 1–11, 2022, doi: 10.1109/TIM.2022.3227988.
- [35] K. Saisubramanyam, A. J. Rani, and P. Scholar, “IoT Based Smart Walking Stick For Blind or Old Aged People With GPS Tracking Location,” *JES: Journal of Engineering Sciences*, vol. 11, no. 1, pp. 501–505, 2020. [Online]. Available: <https://www.jespublication.mlsoft.in/upload/2020-1101077.pdf>
- [36] A. Turnip, F. R. Pebriansyah, T. Simarmata, P. Sihombing, and E. Joeliyanto, “Design of smart farming communication and web interface using MQTT and Node.js,” *Open Agriculture*, vol. 8, no. 1, p. 20220159, Oct. 2023, doi: 10.1515/opag-2022-0159.
- [37] S. Malla, P. K. Sahu, S. Patnaik, and A. K. Biswal, “Obstacle Detection and Assistance for Visually Impaired Individuals Using an IoT-Enabled Smart Blind Stick,” *RIA*, vol. 37, no. 3, pp. 783–794, June 2023, doi: 10.18280/ria.370327.
- [38] M. Nirmala and Mathan Kumar A, “IoT Based Alert System for Visually Impaired Person,” *JCMPS*, vol. 6, no. 3, 2023, doi: 10.46253/jcmps.v6i3.a2.

- [39] M. S. Farooq *et al.*, “IoT Enabled Intelligent Stick for Visually Impaired People for Obstacle Recognition,” *Sensors*, vol. 22, no. 22, p. 8914, Nov. 2022, doi: 10.3390/s22228914.
- [40] A. S. Romadhon and A. K. Husein, “Smart Stick For the Blind Using Arduino,” *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 1569, no. 3, p. 032088, July 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1569/3/032088.
- [41] T. S. Aravinth, “WiFi and Bluetooth based Smart Stick for Guiding Blind People,” in *2020 3rd International Conference on Intelligent Sustainable Systems (ICISS)*, Thoothukudi, India: IEEE, Dec. 2020, pp. 317–320. doi: 10.1109/ICISS49785.2020.9316084.
- [42] Amira. A. Elsonbaty, “Smart Blind Stick Design and Implementation,” *IJEAT*, vol. 10, no. 5, pp. 17–20, June 2021, doi: 10.35940/ijeat.D2535.0610521.
- [43] S. Grover, A. Hassan, K. Yashaswi, and N. K. Shinde, “Smart Blind Stick,” *International Journal of Electronics and Communication Engineering*, vol. 7, no. 5, pp. 19–23, 2020. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Namita-Shinde-2/publication/342399208_Smart_Blind_Stick.pdf
- [44] Y. A. Singgalen, “Coastal and Marine Tourism Monitoring System Design using Rapid Application Development (RAD),” *JOSH: Journal of Information System Research*, vol. 5, no. 2, pp. 468–479, 2024, doi: 10.47065/josh.v5i2.4720.
- [45] M. I. Fauzi, Y. Shalahuddin, and D. Erwanto, “Perancangan Solar Garden System untuk Penerangan dan Pengisian Daya Handphone pada Taman Terbuka Hijau,” *Fuse-teknik Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 70–79, Dec. 2022, doi: 10.52434/jft.v2i2.2133.