

# Rancang Bangun Tongkat Tunanetra Pintar Berbasis Kamera Dan GPS Dengan Notifikasi Telegram

Kurnia Juliza<sup>1</sup>, Novita Lestari Anggreini<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Komputer - Politeknik TEDC Bandung

Jl. Politeknik-Pesantren KM2 Cibabat Cimahi Utara – Cimahi Jawa Barat - Indonesia

[kurniajuliza@gmail.com](mailto:kurniajuliza@gmail.com), [novitalestari@poltektedc.ac.id](mailto:novitalestari@poltektedc.ac.id)

**Abstrak**— Penyandang tunanetra memiliki keterbatasan dalam memperoleh informasi visual sehingga berisiko mengalami kesulitan saat melakukan mobilitas dan mengenali kondisi lingkungan sekitar. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun tongkat tunanetra pintar berbasis kamera dan Global Positioning System (GPS) dengan notifikasi Telegram sebagai sistem berbasis Internet of Things (IoT). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah User Centered Design (UCD), yang meliputi identifikasi kebutuhan pengguna, perancangan sistem, implementasi, dan evaluasi. Sistem menggunakan ESP32-WROOM-DA sebagai mikrokontroler utama, sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi hambatan, buzzer sebagai media peringatan suara, modul GPS Neo-6M untuk pelacakan lokasi, serta ESP32-CAM untuk pengambilan gambar lingkungan sekitar. Informasi lokasi dan gambar dapat dikirimkan melalui aplikasi Telegram berdasarkan permintaan pengguna atau keluarga. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik memiliki tingkat keberhasilan deteksi sebesar 85%, modul GPS memiliki tingkat keberhasilan pengiriman lokasi sebesar 75%, dan ESP32-CAM memiliki tingkat keberhasilan pengiriman gambar sebesar 50%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan fungsi utama sesuai dengan kebutuhan pengguna, yaitu mendeteksi hambatan, mengirimkan lokasi, dan memberikan informasi visual lingkungan sekitar. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat membantu meningkatkan keamanan, kemandirian, dan kemudahan pemantauan penyandang tunanetra secara jarak jauh.

**Kata Kunci**— *Tunanetra, Internet of Things, ESP32, GPS, Telegram, ESP32-CAM.*

**Abstract**— Visually impaired individuals have limitations in obtaining visual information, which may cause difficulties in mobility and environmental awareness. This study aims to design and develop a smart blind cane based on a camera and Global Positioning System (GPS) with Telegram notifications as an Internet of Things (IoT) system. The research employed the User Centered Design (UCD) method, which consists of user needs identification, system design, implementation, and evaluation. The system utilizes an ESP32-WROOM-DA as the main controller, an HC-SR04 ultrasonic sensor for obstacle detection, a buzzer for audio warnings, a Neo-6M GPS module for location tracking, and an ESP32-CAM for capturing environmental images. Location data and images can be transmitted through the Telegram application based on requests from users or family members. Testing results showed that the ultrasonic sensor achieved an obstacle detection success rate of 85%, the GPS module achieved

a location transmission success rate of 75%, and the ESP32-CAM achieved an image transmission success rate of 50%. These results indicate that the proposed system successfully performs its primary functions, including obstacle detection, location tracking, and environmental image delivery. Therefore, the developed system can improve safety, independence, and remote monitoring capabilities for visually impaired individuals.

**Keywords**— *Visually Impaired, Internet of Things, ESP32, GPS, Telegram, ESP32-CAM.*

## I. PENDAHULUAN

Mata berperan sebagai fotoreseptor yang berperan dalam penglihatan [1]. Indera penglihatan merupakan salah satu bagian penting dalam kehidupan manusia yang berfungsi untuk melihat serta memahami lingkungan di sekitarnya. Proses penglihatan terjadi melalui mata sebagai organ utama yang memiliki peranan besar dalam menjalankan berbagai aktivitas sehari-hari. Dengan adanya fungsi penglihatan, manusia dapat melakukan kegiatan seperti belajar, bekerja, dan berkomunikasi dengan lebih mudah. Namun, apabila mata mengalami gangguan atau kelainan, kondisi tersebut dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap kualitas hidup seseorang [2].

Fakta bahwa masih banyak masyarakat Indonesia yang mengalami keterbatasan penglihatan menunjukkan pentingnya keberadaan tongkat tunanetra sebagai alat bantu untuk mendukung aktivitas sehari-hari [3].

Penyandang tunanetra merupakan salah satu kelompok masyarakat yang memerlukan perhatian khusus guna meningkatkan kualitas hidup mereka. Keterbatasan dalam kemampuan melihat dapat menjadi kendala yang cukup besar dalam menjalankan aktivitas sehari-hari, terutama terkait mobilitas dan kemandirian. Oleh karena itu, berbagai inovasi dan perkembangan teknologi terus dikembangkan sebagai solusi untuk membantu penyandang tunanetra dalam mengatasi berbagai hambatan yang dihadapi [4].

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan terciptanya sistem pintar yang dapat membantu aktivitas manusia, termasuk dalam bidang alat bantu tunanetra [2]. Alat ini dikembangkan untuk membantu penyandang tunanetra dalam meningkatkan kemampuan berjalan serta mengenali kondisi lingkungan di sekitarnya, sehingga dapat meminimalkan risiko terjadinya kecelakaan [3].

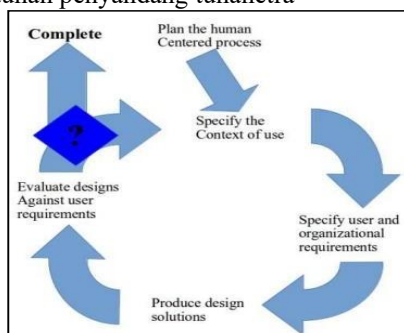
Pada penelitian sebelumnya, telah dikembangkan sebuah tongkat cerdas sebagai alat bantu mobilitas bagi penyandang tunanetra [5][6][7][8][9] dengan memanfaatkan mikrokontroler Arduino dengan sensor ultrasonik HC-SR04, LiDAR sebagai pendeteksi halangan atau objek, Sistem ini dilengkapi dengan sensor ultrasonik HC-SR04 yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan objek atau hambatan di sekitar pengguna, serta sensor water level yang digunakan untuk mendeteksi adanya genangan air yang berpotensi membahayakan. Selain itu, alat ini menggunakan buzzer sebagai indikator suara ketika terdeteksi rintangan dan panel surya sebagai sumber energi tambahan untuk pengisian baterai. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tongkat cerdas tersebut mampu mendeteksi objek pada jarak kurang dari 50 cm serta mendeteksi genangan air hingga 40 mm, sehingga dapat membantu meningkatkan keselamatan dan kemandirian penyandang tunanetra dalam melakukan aktivitas sehari-hari. [10].

Namun, penelitian tersebut masih memiliki beberapa keterbatasan, yaitu sistem yang dikembangkan belum dilengkapi dengan fitur pelacakan lokasi dan pemantauan kamera. Hal ini menyebabkan pengguna tunanetra masih memiliki keterbatasan dalam memperoleh informasi lokasi serta kondisi lingkungan di sekitarnya secara lebih luas [3].

Oleh karena itu, penelitian ini dikembangkan dengan menambahkan modul kamera sebagai fitur pendukung untuk menangkap informasi visual mengenai kondisi lingkungan di sekitar pengguna, serta modul GPS yang terintegrasi dengan sistem notifikasi Telegram untuk melakukan pelacakan lokasi. Pengembangan sistem ini diharapkan tidak hanya mampu memberikan peringatan terhadap adanya rintangan, tetapi juga dapat menyediakan informasi visual dan posisi pengguna, sehingga mampu meningkatkan keamanan, kenyamanan, dan kemandirian penyandang tunanetra dalam beraktivitas.

## II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *User Centered Design* (UCD) [11]. Metode UCD dipilih karena berfokus pada kebutuhan, karakteristik, dan pengalaman pengguna sehingga sistem yang dikembangkan dapat sesuai dengan kebutuhan penyandang tunanetra



Gbr. 1 Proses *User Centered Design* (UCD)

Berdasarkan Gbr. 1, metode *User Centered Design* (UCD) terdiri dari empat tahapan utama yaitu:

1) *Plan The Human Centered Process*: tahapan ini peneliti memiliki tujuan bahwa rancang bangun yang dibuat

berpusat kepada pengguna atau *user* yaitu seorang tunanetra yang mengalami masalah penglihatan pada matanya, yang di mana sangat mengetahui betul tentang masalah yang sering di alami oleh seorang tunanetra Ketika sedang berjalan dimanapun.

2) *Specify The Centered Of Use*: Pada proses tahapan ini yaitu berdasarkan identifikasi alat, karakteristik alat, identifikasi alat, penggunaan alat dan memahami sistem alat tersebut yang di mana untuk mendapatkan informasi tentang berbagai jenis teknologi yang sudah ada dengan berbagai pencarian melalui sebuah media internet yang tersedia, dan mengumpulkan setiap data yang di peroleh untuk membuat atau membangun sebuah alat untuk tunanetra agar mempermudah Ketika tunanetra pergi dan berjalan kemanapun menggunakannya untuk kemanapun.

3) *Produce Design Solution*: Pada tahapan ini penulis melakukan rancangan desain yang merupakan bagian penting yaitu pembuatan rancang bangun untuk sebuah tahapan dari rancangan alat yang sudah di desain dan di program, mulai dari peletakan sebuah sensor yang mendeteksi halangan yang ada di depan, sensor yang di samping kanan ataupun kiri untuk mengetahui sebuah halangan berupa batu ataupun gundukan tanah dengan output yang berbeda dari setiap pembacaan sensornya. dan ketika sudah di lakukan rancangan desain dari beberapa komponen yang sudah di pasang, selanjutnya penulis juga melakukan pengujian terhadap alat yang sudah dibuat agar menghasilkan suatu solusi dari permasalahan yang sering di dapatkan oleh seorang tunanetra ketika sedang berjalan dari rancang bangun yang telah diprogram dan dibuat sedemikian rupa sesuai dengan kebutuhan tunanetra.

4) *Evaluate Design Against User Requerments*: Pada tahapan ini penulis melakukan tahapan evaluasi terhadap desain yang telah dibuat, diprogram dan di rancang pada tahapan sebelumnya. dan sudah sesuai dengan keinginan pengguna yaitu seorang tunanetra yang dimana telah dilakukan pengujian pada rancangan yang sudah penulis buat sebelumnya apakah sudah sesuai dengan keinginan dan kebutuhan pengguna tunanetra atau belum.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Seluruh komponen perangkat keras (*hardware*) pada rancang bangun tongkat tunanetra pintar berbasis kamera dan GPS dengan notifikasi Telegram dirakit menjadi satu kesatuan sistem yang terintegrasi. Perangkat lunak (*software*) dikembangkan untuk menjalankan logika sistem, termasuk pembacaan data dari sensor ultrasonik, pengolahan koordinat dari modul GPS, pengambilan gambar melalui ESP32-CAM.

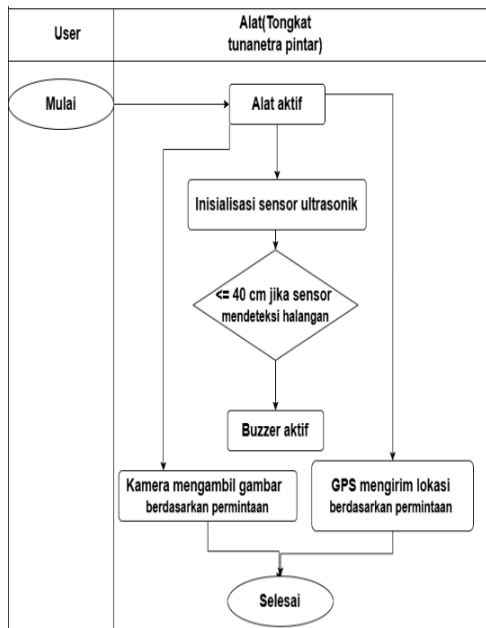
Implementasi sistem ini bertujuan untuk membuktikan bahwa rancangan yang dibuat dapat berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu membantu penyandang tunanetra dalam mendeteksi hambatan di sekitar, mengetahui posisi melalui GPS, serta mengirimkan gambar kondisi lingkungan berdasarkan permintaan kepada pihak keluarga melalui notifikasi Telegram.

**A. Analisis**

Rancang bangun tongkat tunanetra pintar berbasis kamera dan GPS dengan notifikasi Telegram dirancang untuk membantu penyandang tunanetra dalam meningkatkan keamanan dan kemandirian saat melakukan aktivitas sehari-hari. Berdasarkan hasil analisis terhadap alat bantu jalan tunanetra yang telah dikembangkan sebelumnya, masih terdapat keterbatasan dalam memberikan informasi kondisi lingkungan sekitar serta lokasi pengguna. Oleh karena itu, dikembangkan sebuah sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32-CAM, sensor ultrasonik, modul GPS, dan Telegram sebagai media notifikasi. Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek atau hambatan di sekitar pengguna, sedangkan kamera berfungsi untuk mengambil gambar kondisi lingkungan sekitar. Modul GPS digunakan untuk mengetahui lokasi pengguna, kemudian informasi berupa lokasi dan hasil tangkapan kamera dikirimkan melalui Telegram kepada keluarga atau pendamping. Sistem ini diharapkan mampu memberikan peringatan terhadap hambatan, menyediakan informasi lingkungan, serta membantu proses pemantauan pengguna sehingga dapat meningkatkan keselamatan dan kemandirian penyandang tunanetra.

**B. Analisis yang Sedang Berjalan:**

Analisis sistem yang sedang berjalan dilakukan untuk mengetahui kondisi, fungsi, serta kekurangan pada alat bantu tunanetra yang telah ada sebelumnya agar dapat dikembangkan menjadi sistem yang lebih baik dan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Alur sistem dapat dilihat pada Gbr. 2.



Gbr. 2 Flowmap Analisis yang Sedang Berjalan

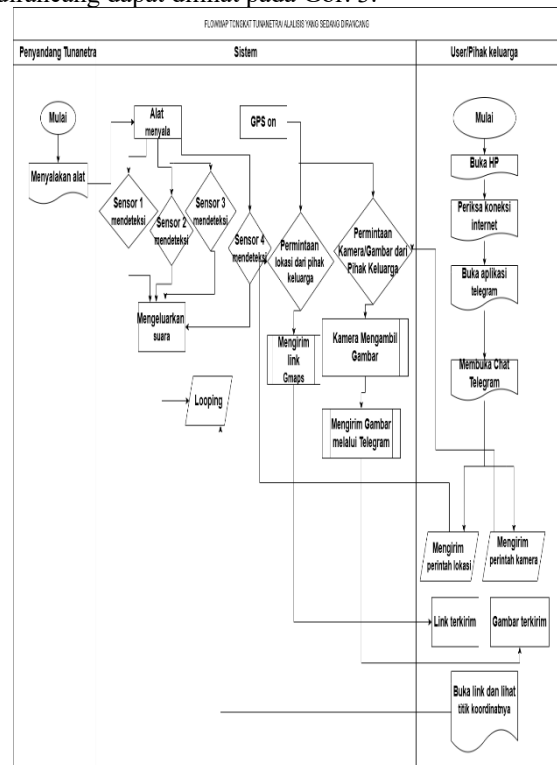
**C. Analisis yang akan dirancang:**

Prinsip kerja sistem pada rancang bangun tongkat tunanetra pintar berbasis kamera dan GPS dengan notifikasi Telegram melibatkan beberapa komponen yang saling terintegrasi. ESP32-CAM berfungsi sebagai pusat kendali yang mengatur

proses pembacaan sensor, pengambilan gambar, dan pengiriman informasi.

Saat alat dinyalakan, sistem melakukan inialisasi dan modul GPS akan mengambil koordinat lokasi pengguna. Sensor ultrasonik kemudian mendeteksi hambatan di sekitar tongkat. Jika terdapat objek pada jarak tertentu, ESP32-CAM akan memproses data dan mengaktifkan buzzer sebagai peringatan suara bagi pengguna.

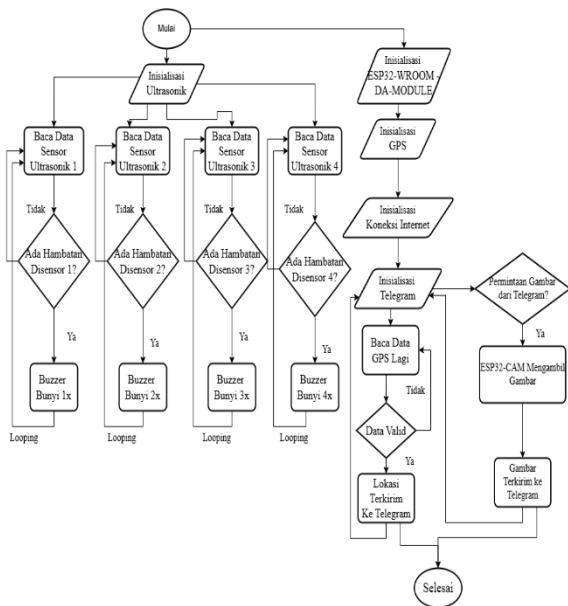
Sistem juga terhubung dengan Telegram melalui internet. Keluarga atau pendamping dapat meminta informasi lokasi maupun gambar lingkungan sekitar pengguna. Data lokasi dari GPS akan dikirim dalam bentuk tautan Google Maps, sedangkan gambar dari kamera dikirim melalui Telegram sebagai informasi visual. Setelah proses selesai, sistem kembali ke mode pemantauan secara berulang. *Flowmap* analisis yang akan dirancang dapat dilihat pada Gbr. 3.



Gbr. 3 Flowmap Analisis Yang akan Dirancang

**D. Perancangan Sistem**

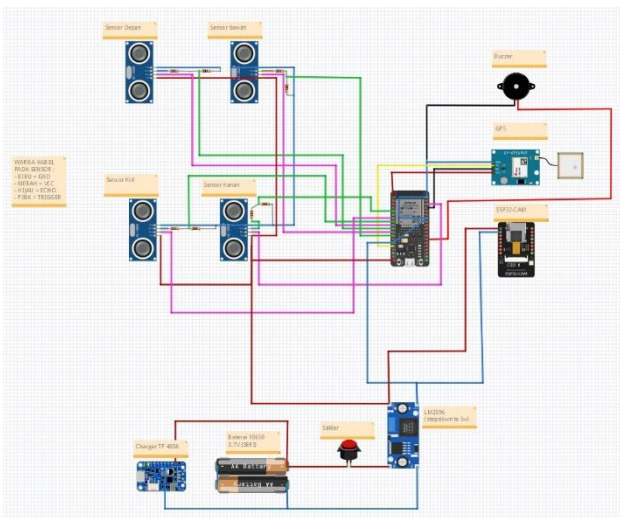
Pada bagian ini dijelaskan mengenai perancangan perangkat keras yang digunakan pada sistem tongkat tunanetra pintar, meliputi sensor ultrasonik, modul GPS, buzzer, dan modul kamera ESP32-CAM. Seluruh komponen dihubungkan dan dikendalikan oleh ESP32 WROOM-DA Module sebagai pusat pengolahan data sehingga sistem dapat menghasilkan input dan output sesuai dengan fungsi yang dirancang. Alur ditunjukkan pada Gbr.4.



Gbr. 4 Flowchart Sistem

E. Perancangan Hardware

Perancangan sistem tongkat tunanetra pintar berbasis kamera dan GPS dengan notifikasi Telegram memanfaatkan beberapa komponen perangkat keras berbasis *Internet of Things* (IoT) yang saling terintegrasi, seperti terlihat pada Gbr. 5.



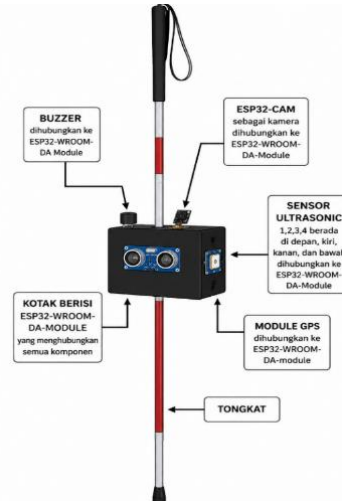
Gbr. 5 Wiring Diagram Sistem

F. Perancangan Interface

Penelitian ini merancang *interface* sistem pada perangkat tongkat tunanetra pintar berbasis kamera dan GPS dengan notifikasi Telegram. Interface dirancang untuk memudahkan interaksi antara sistem dan pengguna, khususnya pihak keluarga penyandang tunanetra sebagai pemantau kondisi dan lokasi pengguna. Sistem ini memanfaatkan komunikasi berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali yang terhubung ke jaringan internet.

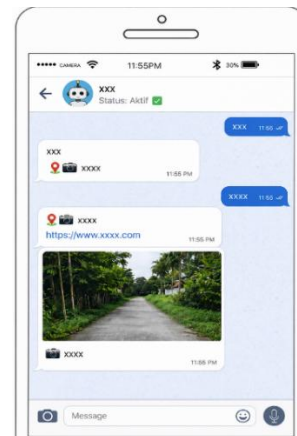
Komunikasi antara sistem dan pengguna dilakukan melalui aplikasi Telegram. Sistem menerima perintah dari pengguna, seperti permintaan lokasi atau permintaan gambar kondisi sekitar, kemudian mengirimkan respons berupa data koordinat dari modul GPS dalam bentuk tautan Google Maps serta gambar hasil tangkapan dari modul ESP32-CAM. Seluruh data tersebut dikirim secara otomatis melalui bot Telegram sehingga dapat diakses secara cepat berdasarkan permintaan dari keluarga/user.

Pendekatan ini menggabungkan teknologi IoT, GPS, kamera, dan Telegram untuk menciptakan sistem bantu navigasi tunanetra yang lebih interaktif, informatif, dan mudah digunakan.



Gbr. 6 Interface pada Alat

Pada Gbr. 6 di atas merupakan tampilan *interface* dari alat yang akan dibuat, dimana terdapat beberapa komponen.



Gbr. 7 Interface pada Telegram

Pada Gbr. 7 di atas *Interface* ini merupakan tampilan pada aplikasi Telegram yang digunakan oleh user atau pihak keluarga penyandang tunanetra untuk mengetahui keberadaan dan kondisi lingkungan sekitar penyandang. Proses pemantauan dilakukan berdasarkan permintaan, di mana pihak keluarga mengirimkan perintah tertentu melalui aplikasi

Telegram kepada sistem. Setelah perintah diterima, sistem akan memproses permintaan tersebut, kemudian modul GPS mengirimkan informasi lokasi dalam bentuk tautan (*link*) yang dapat diakses melalui peta digital. Selain itu, sistem juga dapat mengambil gambar kondisi lingkungan sekitar menggunakan modul ESP32-CAM dan mengirimkannya melalui aplikasi Telegram. Dengan mekanisme berbasis permintaan ini, pihak keluarga dapat memantau lokasi dan kondisi lingkungan penyandang tunanetra secara fleksibel sesuai kebutuhan.

**G. Pengujian sistem**

Pengujian sistem merupakan tahap akhir yang dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh perangkat keras dan perangkat lunak pada rancang bangun tongkat tunanetra pintar berbasis kamera dan GPS dengan notifikasi Telegram telah berfungsi dengan baik sesuai dengan perancangan. Pengujian ini dilakukan dalam skenario nyata maupun simulasi yang mendekati kondisi penggunaan sebenarnya oleh penyandang tunanetra.

Pengujian meliputi beberapa aspek penting, yaitu pengujian fungsional untuk memastikan setiap komponen seperti sensor ultrasonik, modul GPS, ESP32-CAM, buzzer, dan komunikasi Telegram bekerja sesuai fungsinya, pengujian kinerja untuk melihat kecepatan respon sistem dalam mendeteksi hambatan serta mengirimkan data lokasi dan gambar, serta pengujian konsistensi data untuk memastikan informasi yang diterima pada aplikasi Telegram sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan.

Dengan adanya tahap pengujian ini, dapat diketahui tingkat keberhasilan sistem dalam membantu navigasi penyandang tunanetra serta memastikan sistem dapat berjalan secara stabil, akurat, dan dapat diandalkan dalam penggunaan sehari-hari.



Gbr. 8 Kotak Terisi Komponen

Setelah semua komponen dimasukkan ke dalam kotak langkah selanjutnya adalah menutup komponen lalu sediakan tongkat untuk dipasang seperti yang terlihat pada Gbr. 9 dibawah ini:



Gbr. 9 Kotak Komponen dan Tongkat

Setelah tongkat disediakan langkah selanjutnya adalah memasang kotak komponen pada tongkat seperti pada Gbr. 10 dibawah ini:



Gbr. 10 Kotak telah terpasang pada tongkat

**1. Pengujian Pada Sensor Ultrasonic HC-SR04**

TABEL I  
PENGUJIAN SENSOR ULTRASONIC HC-SR04

Uji Coba	Sensor Ultrasonik	Jarak (Cm)	Keterangan
1	1	20	Berhasil
	2	20	Berhasil
	3	20	Berhasil
	4	20	Berhasil
2	1	30	Berhasil
	2	30	Berhasil
	3	30	Berhasil
	4	30	Berhasil
3	1	40	Berhasil
	2	40	Berhasil
	3	40	Berhasil
	4	40	Berhasil
4	1	50	Berhasil
	2	50	Berhasil
	3	50	Tidak
	4	50	Berhasil

5	1	60	Tidak
	2	60	Berhasil
	3	60	Tidak
	4	60	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel I yang telah dilakukan, sensor ultrasonik mampu mendeteksi jarak objek dengan baik pada rentang 20 cm hingga 50 cm. Pada pengujian jarak 20 cm, 30 cm, dan 40 cm seluruh percobaan menunjukkan hasil berhasil. Sedangkan pada jarak 50 cm dan 60 cm terdapat beberapa percobaan yang tidak berhasil, sehingga dapat disimpulkan bahwa tingkat akurasi sensor mulai menurun pada jarak yang lebih jauh. Namun secara keseluruhan, sensor masih dapat bekerja dengan cukup baik dalam mendeteksi keberadaan objek di sekitar pengguna.

2. Pengujian Pada GPS

TABEL II  
PENGUJIAN PADA GPS

Uji Coba	Mengirim Permintaan lokasi	Waktu Respon	Link Terkirim	Keterangan
1	Ya	-	Tidak	Gagal Koneksi Gps
2	Ya	2-3 detik	Ya	Terkirim
3	Ya	2-4 detik	Ya	Terkirim
4	Ya	2 detik	Ya	Terkirim

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel II, pengujian dilakukan sebanyak empat kali dengan kondisi pengiriman permintaan lokasi melalui Telegram. Pada uji coba pertama, sistem tidak berhasil mengirimkan link lokasi karena terjadi kegagalan koneksi GPS, sehingga waktu respon tidak terbaca.

Pada uji coba kedua hingga keempat, sistem berhasil mengirimkan link lokasi ke Telegram dengan baik. Waktu respon yang dihasilkan berkisar antara 2-4 detik, yang menunjukkan bahwa proses pembacaan data GPS dan pengiriman lokasi berjalan cukup cepat dan stabil setelah koneksi berhasil.

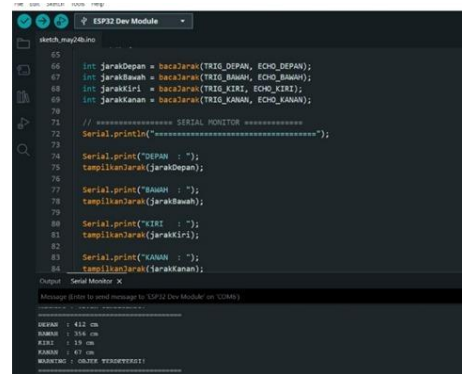
3. Pengujian Pada ESP32-CAM

TABEL III  
PENGUJIAN PADA ESP32-CAM

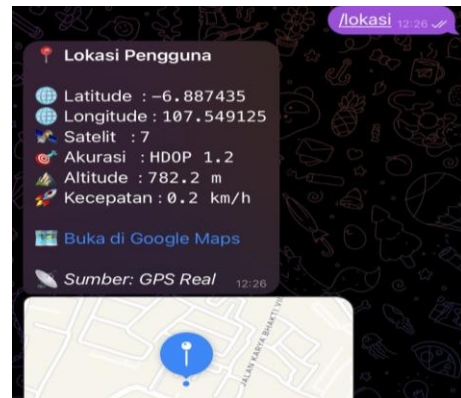
Uji Coba	Mengirim Permintaan Gambar	Terkirim ke Telegram	Waktu Respon	Keterangan
1	Ya	Ya	2 detik	Stabil
2	Ya	Tidak	-	Kamera Tidak Bisa Mengambil Gambar
3	Ya	Tidak	-	Kamera Tidak Aktif
4	Ya	Ya	4 detik	Normal

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel III, ESP32-CAM, sistem mampu mengirimkan gambar ke aplikasi Telegram dengan baik ketika perangkat terhubung ke internet. Pada saat koneksi internet tidak tersedia, gambar yang diminta oleh user tidak dapat terkirim. Namun ketika koneksi internet aktif, ESP32-CAM berhasil mengambil gambar dan mengirimkannya ke Telegram secara real-time sesuai perintah yang diberikan.

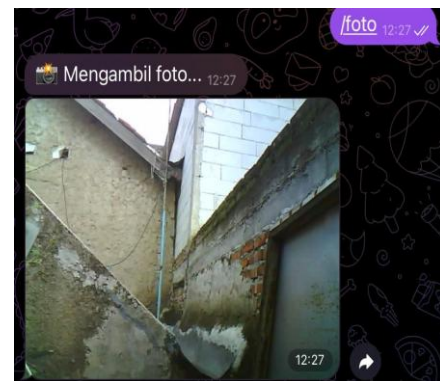
Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, Rancang Bangun Tongkat Tunanetra Pintar Berbasis Kamera dan GPS dengan Notifikasi Telegram dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang dirancang. Sensor ultrasonik mampu mendeteksi adanya halangan pada jarak tertentu dengan cukup baik sehingga dapat membantu pengguna dalam mengetahui objek di sekitar. Selain itu, modul GPS berhasil mengirimkan informasi lokasi, sedangkan ESP32-CAM mampu mengambil serta mengirimkan gambar melalui aplikasi Telegram ketika perangkat terhubung dengan internet. Dengan adanya sistem ini, informasi lokasi dan kondisi sekitar pengguna dapat dipantau melalui Telegram sehingga dapat membantu meningkatkan keamanan dan kemudahan mobilitas penyandang tunanetra. pada Serial Monitor dan Telegram ditunjukkan pada Gambar dibawah ini:



Gbr. 11 Tampilan Serial Monitor



Gbr. 12 Hasil Pengujian Lokasi Telegram



Gbr. 13 Hasil Pengujian Gambar Telegram

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa alat Rancang Bangun Tongkat Tunanetra Pintar Berbasis Kamera dan GPS dengan Notifikasi Telegram berhasil dirancang dan dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04, modul GPS, ESP32-CAM, dan buzzer sebagai sistem peringatan.

Sensor ultrasonik yang dipasang pada beberapa sisi tongkat dapat mendeteksi rintangan di sekitar pengguna dengan baik, dan buzzer mampu memberikan peringatan saat terdapat objek pada jarak tertentu. Modul GPS juga berhasil mengirimkan lokasi pengguna ke Telegram secara akurat, sedangkan ESP32-CAM dapat digunakan untuk mengambil dan mengirim gambar kondisi lingkungan sebagai media monitoring.

Secara keseluruhan, sistem yang dirancang menunjukkan kinerja yang cukup stabil dalam pengujian, meskipun masih terdapat beberapa keterbatasan sehingga perlu pengembangan lebih lanjut, seperti penambahan modul GSM agar sistem tidak bergantung pada hotspot, pengembangan fitur pengenalan objek berbasis kamera, penambahan output audio seperti earphone agar notifikasi lebih jelas, penambahan sensor air untuk mendeteksi genangan, serta pengembangan sistem kamera menjadi *real-time* monitoring agar pemantauan kondisi pengguna dapat dilakukan dengan lebih optimal.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Meirlan, N. Zefanya, T. A. Haryono, and A. Mahmud, "Pengaruh Derajat Miopi terhadap Konsentrasi Belajar pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Yarsi dan Tinjauan dalam Pandangan Islam," *Sci. J.*, vol. 5, no. 1, pp. 18–27, 2026.
- [2] S. Subagio, F. Harahap, and S. Samsir, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Rabun Mata Menggunakan Metode Certainty Factor ( CF ) di Puskesmas Tanjung Sarang Elang," *CSRID J.*, vol. 17, no. 2, pp. 204–216, 2025.
- [3] I. Purwanto, M. Tachyul, and Q. Ramadhani, "Teknologi Internet of Things untuk Meningkatkan Mobilitas Penyandang Tunanetra Tanpa Batasan Ruang dan Waktu," *Komputika J. Sist. Komput.*, vol. 14, no. 1, pp. 115–124, 2025.
- [4] A. Pataropura, D. A. W, M. Fernando, and Y. Kurnia, "Perancangan Tongkat Pintar Sebagai Alat Bantu Jalan untuk Meningkatkan Kualitas Hidup Peyandang Tunanetra," *Rubinstein J. Multidisiplin*, vol. 1, no. 2, pp. 91–102, 2023.
- [5] L. Affandy, Andy, N. Ilman, M, and M. Saiye, Serdjion, "Rancang Bangun Tongkat Tunanetra Cerdas Berbasis Arduino Dilengkapi Dengan GPS," *J. IT*, vol. 14, no. 3, pp. 19–28, 2023.
- [6] R. M. Dwiutari, "Rancang bangun Tongkat Penyandang Tuna netra Untuk Mendeteksi Objek Penghalang Serta Mengetahui Lokasi Berbasis Internet Of Things," Politeknik Negeri Sriwijaya, 2024.
- [7] C. Mufit and I. Hambali, "Rancang Bangun Alat Bantu Tongkat Tunanetra Berbasis Esp32," *J. Kaji. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 64–69, 2022.
- [8] R. R. Parirak and Y. Kolyaan, "Design And Development Of The Smart Stick As A Walk Aid For The Basic Persons Based On Arduino Microcontroller," *J. Sci. Res. Dev.*, vol. 4, no. 2, pp. 269–275, 2022.
- [9] D. Aryani, A. I. Gunawan, K. Nisa, and A. Zubair, "Alat Bantu Jalan Tunanetra Menggunakan Sensor Light Detection And Ranging ( LiDAR ) berbasis Arduino," *J. Teknol. Elekterika*, vol. 20, no. 2, pp. 35–40, 2023.
- [10] R. Solekha, M. Zaki, L. A. Fatimah, and R. Hidayat, "TOKCER BANTALAN: Tongkat Cerdas Alat Bantu Jalan Penyandang Tunanetra Menggunakan Arduino Mega 2560 dengan Sensor Ultrasonic HC SR-04 dan Water Level," *J. Komput. dan Elektro Sains*, vol. 1, no. 2, pp. 35–39, 2023.
- [11] I. Sandra, Y. Saputri, M. Fadhli, and I. Surya, "Penerapan Metode UCD ( User Centered Design ) pada E-Commerce Putri Intan Shop Berbasis Web," *J. Nas. Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 3, no. 2, pp. 269–278, 2017.