

Design of an IoT-Based Assistive Device for the Visually Impaired with Voice Guidance and Location Monitoring

[Perancangan Perangkat Asistif Tunanetra Berbasis IoT Dengan Panduan Suara Dan Pemantauan Lokasi]

M Muzzamilul Azmi¹⁾, Arief Wisaksono^{*2)}

¹⁾Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: ariefwisaksono@umsida.ac.id

Abstract. *Visually impaired individuals experience limitations in mobility and environmental orientation that can potentially pose safety risks, especially when engaging in activities independently. Conventional assistive devices such as canes still have limitations in detecting obstacles and do not support user location monitoring. Therefore, this study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based assistive device for the visually impaired that is equipped with voice guidance and real-time location monitoring features. The research method used is Research and Development (R&D), which includes the system design stage, hardware prototype development, and functional and performance testing of the system. The proposed solution is realized through the integration of ultrasonic sensors as obstacle detectors, a Neo-8 GPS module for location coordinate acquisition, an ESP32 microcontroller as the main controller, and a DFPlayer Mini module and speaker as audio output media. Location information is sent via a Wi-Fi connection to the Telegram application as a remote monitoring interface. Test results show that the ultrasonic sensor is capable of detecting objects stably at a range of 30–160 cm, while GPS testing shows a positional difference from Google Maps in the range of 3.32 to 6.28 meters. These results indicate that the system has stable performance and the potential to improve the safety and independence of visually impaired people.*

Keywords - *Visually Impaired, Internet of Things (IoT), Ultrasonic Sensors, GPS, Voice Guidance, ESP32*

Abstrak. *Penyandang tunanetra mengalami keterbatasan dalam mobilitas dan orientasi lingkungan yang berpotensi menimbulkan risiko keselamatan, khususnya saat beraktivitas secara mandiri. Alat bantu konvensional seperti tongkat masih memiliki keterbatasan dalam mendeteksi rintangan serta tidak mendukung pemantauan lokasi pengguna. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan perangkat asistif tunanetra berbasis Internet of Things (IoT) yang dilengkapi panduan suara dan fitur pemantauan lokasi secara real-time. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) yang meliputi tahap perancangan sistem, pembuatan prototipe perangkat keras, serta pengujian fungsional dan kinerja sistem. Solusi yang diusulkan diwujudkan melalui integrasi sensor ultrasonik sebagai pendeteksi rintangan, modul GPS Neo-8 untuk akuisisi koordinat lokasi, mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama, serta modul DFPlayer Mini dan speaker sebagai media keluaran audio. Informasi lokasi dikirimkan melalui koneksi Wi-Fi ke aplikasi Telegram sebagai antarmuka pemantauan jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan sensor ultrasonik mampu mendeteksi objek secara stabil pada rentang jarak 30–160 cm, sedangkan pengujian GPS menunjukkan selisih posisi terhadap Google Maps berada pada kisaran 3,32 hingga 6,28 meter. Hasil tersebut menunjukkan sistem memiliki kinerja yang stabil dan berpotensi meningkatkan keselamatan serta kemandirian penyandang tunanetra.*

Kata Kunci - *Tunanetra, Internet of Things (IoT), Sensor Ultrasonik, GPS, Panduan Suara, ESP32.*

I. PENDAHULUAN

Tunanetra merupakan kondisi ketika seseorang mengalami gangguan pada fungsi penglihatan, baik secara total maupun sebagian, sehingga tidak dapat melihat sebagaimana orang normal. Kondisi ini dapat dipicu oleh berbagai faktor, misalnya kelainan sejak lahir, kecelakaan, ataupun penyakit yang menyerang bagian penting mata seperti retina, kornea, lensa, atau saraf optik[1]. Dalam kehidupan sehari-hari, penyandang tunanetra menghadapi berbagai tantangan dalam beraktivitas, khususnya dalam hal mobilitas dan orientasi lingkungan. Untuk mengatasinya, mereka sangat bergantung pada indera lain seperti pendengaran dan peraba serta membiasakan diri dengan rutinitas dan pola tertentu agar tetap dapat beraktivitas secara mandiri[2].

Tongkat masih menjadi alat bantu navigasi yang paling umum digunakan oleh tunanetra. Namun, alat ini memiliki sejumlah keterbatasan. Tongkat hanya dapat mendeteksi objek yang berada pada permukaan tanah atau yang langsung tersentuh ujungnya, sehingga tidak efektif untuk mengenali rintangan yang berada di atas kepala atau menggantung[3]. Hal ini tentu berisiko terhadap keselamatan pengguna, terutama saat berada di lingkungan baru atau ramai. Selain itu, keterbatasan komunikasi dan pelacakan lokasi menyebabkan keluarga atau pendamping sering merasa cemas ketika penyandang tunanetra bepergian sendiri dalam waktu lama atau ke tempat yang belum dikenali.

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

Penelitian oleh Muzawi pada tahun 2020 dengan judul Prototype Kacamata Pemandu bagi Tunanetra dengan Keterbatasan Penglihatan telah mencoba menghadirkan solusi berbasis teknologi. Namun, sistem yang dikembangkan belum dilengkapi dengan modul GPS dan integrasi *Internet of Things* (IoT), sehingga belum memungkinkan pemantauan jarak jauh secara real-time[4]. Ketiadaan fitur pelacakan lokasi menyebabkan keluarga tidak dapat mengetahui posisi pengguna saat dibutuhkan. Oleh karena itu, diperlukan sistem bantu yang lebih modern dan terintegrasi, guna meningkatkan keamanan dan kemandirian mobilitas penyandang tunanetra.

Salah satu solusi potensial bagi penyandang tunanetra adalah alat bantu berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu mendeteksi rintangan sekaligus memantau lokasi pengguna. Sistem ini dirancang menggunakan sensor ultrasonik untuk mengidentifikasi objek di sekitar secara real-time, kemudian memberikan peringatan melalui umpan balik suara maupun getaran. Pemilihan sensor ultrasonik didasarkan pada kemampuannya mengukur jarak dengan akurasi tinggi tanpa kontak langsung[5]. Selain itu, modul GPS digunakan untuk menentukan koordinat posisi yang kemudian dikirim melalui jaringan *Wi-Fi* menggunakan mikrokontroler ESP32[6]. Data lokasi tersebut diteruskan ke platform pemantauan seperti Telegram, sehingga keluarga atau pendamping dapat memantau mobilitas pengguna dari jarak jauh[7].

Dengan dua fungsi utama, yaitu deteksi objek dan pelacakan lokasi, alat bantu berbasis IoT ini diharapkan mampu memberikan efektivitas dan adaptabilitas yang lebih baik dibandingkan perangkat konvensional seperti tongkat. Mikrokontroler ESP32 dipilih karena mendukung koneksi Wi-Fi, memiliki efisiensi daya, serta dapat mengirimkan data secara real-time ke server *Internet of Things* (IoT) [8][9]. Sistem ini dirancang untuk bekerja secara otomatis dan berkesinambungan tanpa memerlukan interaksi manual, sehingga mampu meningkatkan kenyamanan, keselamatan, dan kemandirian penyandang tunanetra dalam menjalani aktivitas sehari-hari.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Tunanetra Dan Mobilitas

Keterbatasan fungsi penglihatan merupakan kondisi yang menyebabkan individu mengalami hambatan dalam memperoleh informasi visual secara optimal[10]. Gangguan tersebut dapat memengaruhi kemampuan dalam mengenali objek, membaca informasi visual, serta memahami kondisi lingkungan sekitar secara mandiri. Dampak yang ditimbulkan tidak hanya berkaitan dengan aspek sensorik, tetapi juga berpengaruh terhadap tingkat kemandirian dalam menjalankan aktivitas sehari-hari.

Kemampuan orientasi dan mobilitas menjadi aspek penting dalam menunjang aktivitas individu. Orientasi berkaitan dengan kemampuan memahami posisi diri terhadap lingkungan, sedangkan mobilitas berhubungan dengan kemampuan berpindah tempat secara aman dan efisien[11]. Dalam praktiknya, pemanfaatan indera lain seperti pendengaran dan peraba digunakan sebagai sumber utama dalam mengenali situasi sekitar serta membantu mengurangi potensi bahaya yang mungkin terjadi.

B. Pengertian Teknologi Asistif

Teknologi asistif merupakan perangkat atau sistem yang dirancang untuk membantu individu dengan keterbatasan fisik dalam menjalankan aktivitas secara lebih mandiri[12]. Pengembangan teknologi ini bertujuan untuk mengurangi hambatan yang dihadapi pengguna serta meningkatkan kualitas hidup melalui penyediaan solusi yang sesuai dengan kebutuhan.

Perkembangannya mencakup pemanfaatan berbagai komponen seperti sensor, mikrokontroler, serta sistem komunikasi yang terintegrasi[13]. Dengan adanya teknologi tersebut, sistem mampu mendeteksi kondisi lingkungan dan memberikan informasi secara cepat serta akurat. Hal ini memberikan kontribusi dalam meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna dalam beraktivitas sehari-hari.

C. Sensor Ultrasonik

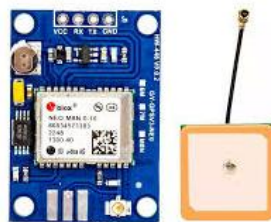
Pada penelitian ini, sensor ultrasonik digunakan sebagai komponen utama untuk mendeteksi keberadaan objek di sekitar pengguna dengan memanfaatkan prinsip pantulan gelombang suara[14]. Perbedaan waktu tempuh sinyal digunakan untuk menghitung jarak secara akurat, sehingga sistem mampu mengenali keberadaan hambatan di sekitar pengguna dan memicu mekanisme peringatan secara tepat waktu. Komponen ini di tunjukkan pada Gambar. 1.



Gambar 1. Sensor Ultrasonik

D. Modul GPS Neo-8

Modul GPS dimanfaatkan untuk memperoleh koordinat lokasi pengguna yang kemudian digunakan dalam proses pemantauan posisi secara akurat. Data koordinat lintang dan bujur yang dihasilkan secara berkelanjutan memungkinkan sistem melakukan identifikasi lokasi pengguna, serta mendukung fitur pemantauan dan pelacakan berbasis jaringan komunikasi nirkabel[15]. Komponen ini ditunjukkan pada Gambar. 2



Gambar 2. Modul GPS Neo-8

E. Modul DF Player Mini

Modul DF Player Mini digunakan sebagai perangkat pemutar audio yang berfungsi menyampaikan instruksi, panduan, maupun peringatan suara kepada pengguna[16]. Modul ini membaca file audio yang tersimpan pada media penyimpanan internal dan dikendalikan langsung oleh mikrokontroler sesuai kondisi yang terdeteksi oleh sistem, sehingga informasi dapat disampaikan secara jelas, terstruktur, dan real-time. Komponen ini ditunjukkan pada Gambar. 3



Gambar 3. Modul DF Player Mini

F. ESP 32

ESP32 berperan sebagai unit pengendali pusat yang mengintegrasikan seluruh komponen sistem. Perangkat ini bertugas melakukan akuisisi data, menjalankan proses pengolahan, mengendalikan perangkat keluaran, serta mengelola komunikasi berbasis *Internet of Things* secara efisien[17][18]. Komponen ini ditunjukkan pada Gambar. 4.



Gambar 4. ESP 32

G. Speaker

Speaker digunakan sebagai media keluaran audio untuk menyampaikan informasi dalam bentuk suara[19]. Keberadaan komponen ini memungkinkan sistem memberikan panduan dan peringatan secara langsung kepada pengguna tanpa memerlukan interaksi visual. Komponen ini ditunjukkan pada Gambar. 5.



Gambar 5. Speaker

H. Speaker

Telegram dimanfaatkan sebagai platform antarmuka komunikasi berbasis *Internet of Things*[20]. Aplikasi ini digunakan untuk menampilkan informasi lokasi serta status sistem secara daring, sehingga memungkinkan pemantauan jarak jauh serta meningkatkan aspek keamanan dan kemudahan pengawasan. Ditunjukkan pada Gambar. 6.



Gambar 6. Tampilan Telegram

I. Penelitian Terdahulu

Pengembangan perangkat bantu berbasis teknologi untuk mendukung mobilitas individu dengan keterbatasan penglihatan telah dilakukan melalui berbagai pendekatan. Sebagian penelitian memanfaatkan sensor untuk mendeteksi keberadaan objek di sekitar pengguna, sehingga mampu memberikan peringatan terhadap potensi hambatan. Salah satu studi mengembangkan perangkat berbentuk kaca pintar yang dilengkapi sensor untuk mengidentifikasi objek pada jarak tertentu[4]. Namun, sistem tersebut belum menyediakan informasi lokasi pengguna secara real-time.

Penelitian lain mengimplementasikan sensor ultrasonik sebagai komponen utama dalam mendeteksi rintangan. Sistem ini bekerja dengan mengukur jarak antara perangkat dan objek, kemudian menghasilkan keluaran berupa peringatan suara atau getaran. Meskipun efektif dalam membantu pengguna menghindari hambatan, cakupan penggunaannya masih terbatas pada fungsi lokal tanpa dukungan pemantauan jarak jauh.

Selain itu, beberapa penelitian telah memanfaatkan mikrokontroler sebagai pusat pengendali untuk mengintegrasikan berbagai sensor dalam satu sistem. Pendekatan ini memungkinkan pengolahan data dilakukan secara lebih terstruktur, namun sebagian besar masih berfokus pada fungsi dasar tanpa memanfaatkan konektivitas jaringan secara optimal.

Perkembangan selanjutnya menunjukkan adanya penerapan teknologi *Internet of Things* dalam sistem monitoring. Melalui pendekatan ini, data yang diperoleh dari perangkat dapat dikirimkan secara real-time ke platform tertentu untuk keperluan pemantauan. Meskipun demikian, integrasi antara deteksi objek dan pelacakan lokasi dalam satu sistem asistif masih belum banyak dikembangkan secara komprehensif.

Berdasarkan kajian tersebut, dapat diidentifikasi bahwa sebagian besar penelitian sebelumnya hanya menitikberatkan pada satu aspek tertentu. Integrasi antara kemampuan deteksi rintangan dan penentuan posisi pengguna secara real-time masih menjadi peluang pengembangan yang belum dimanfaatkan secara optimal. Selain itu, pemanfaatan komunikasi data berbasis internet untuk meningkatkan aspek keamanan juga belum sepenuhnya diimplementasikan.

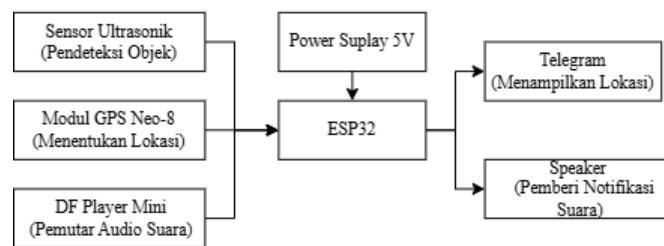
Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan pengembangan perangkat asistif berbasis *Internet of Things* yang menggabungkan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi objek dengan modul *Global Positioning System* sebagai penentu lokasi pengguna secara real-time. Pendekatan ini diharapkan mampu meningkatkan keselamatan, efektivitas navigasi, serta kemandirian pengguna secara lebih optimal dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.

III. METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D), yaitu pendekatan yang bertujuan menghasilkan produk baru atau menyempurnakan produk yang sudah ada[21][22]. R&D dipilih karena sesuai untuk merancang sistem secara bertahap, mulai dari perencanaan, pembuatan prototipe, hingga pengujian secara langsung. Metode ini memungkinkan penelitian dilakukan secara terstruktur dengan mengacu pada kebutuhan di lapangan, sehingga hasil yang diperoleh dapat diterapkan secara praktis[23]. Pendekatan ini juga membantu dalam memastikan bahwa produk yang dibuat benar-benar sesuai dengan fungsi dan tujuannya.

A. Diagram Sistem Kinerja Alat

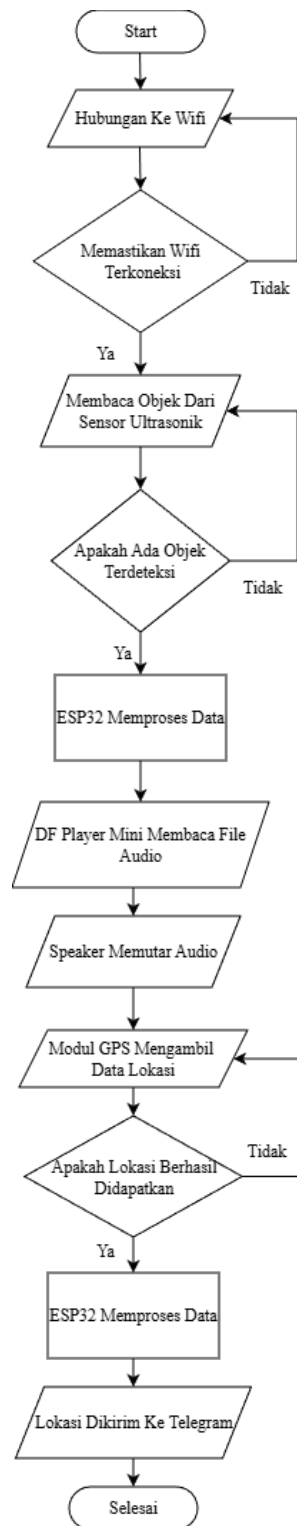
Pada sistem ini, terdapat tiga komponen utama sebagai input, yaitu sensor ultrasonik yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan objek di depan pengguna, modul GPS Ublox Neo-8 untuk memperoleh informasi lokasi secara real-time, serta modul DFPlayer Mini yang digunakan untuk memutar file audio sebagai panduan suara. Seluruh komponen tersebut terhubung ke mikrokontroler ESP32 yang berperan sebagai pusat pengolahan data. ESP32 menerima dan mengolah data dari sensor ultrasonik dan modul GPS, kemudian memberikan keluaran ke dua bagian utama. Keluaran pertama disalurkan ke speaker melalui DFPlayer Mini sebagai media peringatan dan panduan suara bagi pengguna. Keluaran kedua dikirimkan ke platform IoT Telegram melalui koneksi Wi-Fi untuk menampilkan informasi lokasi pengguna secara jarak jauh. Sistem ini memperoleh pasokan daya dari sumber tegangan 5V agar seluruh komponen dapat beroperasi secara stabil, sebagaimana pada Gambar. 7.



Gambar 7. Diagram Blok Sistem

B. Flowchart Sistem

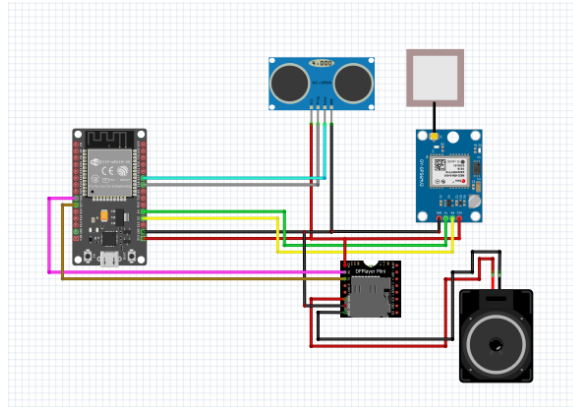
Pada Gambar. 8 Flowchart, alur sistem dimulai dari proses aktivasi perangkat, di mana ESP32 melakukan pengecekan konektivitas jaringan hingga terhubung dengan WiFi. Setelah koneksi berhasil, sensor ultrasonik bekerja melakukan pengukuran jarak sebagai dasar identifikasi keberadaan objek di lingkungan sekitar. Apabila hasil pembacaan tidak menunjukkan adanya objek, pengukuran akan diulang secara terus-menerus. Ketika objek terdeteksi, ESP32 memproses data tersebut dan mengendalikan DF Player Mini untuk mengakses data audio yang disalurkan melalui speaker sebagai informasi suara bagi pengguna. Pada tahap selanjutnya, modul GPS memperoleh koordinat posisi terkini yang kemudian diolah oleh ESP32 sebelum dikirimkan ke aplikasi Telegram untuk keperluan pemantauan lokasi secara real-time. Setelah seluruh proses selesai, sistem kembali ke kondisi awal sehingga dapat melakukan pemantauan secara berulang dan berkesinambungan.



Gambar 8. Flowchart

C. Rangkaian Perangkat Keras

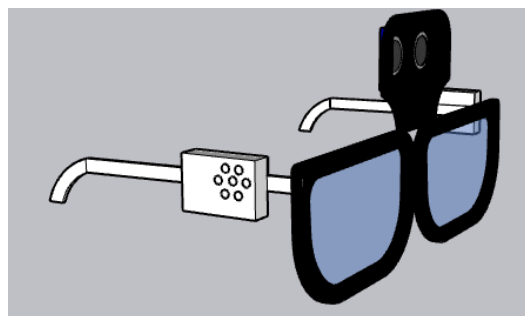
Rangkaian perangkat keras terdiri atas ESP32 sebagai pengendali utama yang terhubung dengan sensor ultrasonik, modul GPS, dan DF Player Mini. Sensor ultrasonik berfungsi mendeteksi keberadaan objek berdasarkan pengukuran jarak, sedangkan modul GPS digunakan untuk memperoleh koordinat lokasi secara real-time. DF Player Mini berperan sebagai pemutar audio yang terhubung ke speaker sebagai media keluaran suara. Seluruh komponen dirangkai dengan sistem catu daya dan jalur sinyal yang sesuai sehingga mampu bekerja secara terpadu.



Gambar 9. Rangkaian Perangkat Keras

D. Desain Perangkat Keras

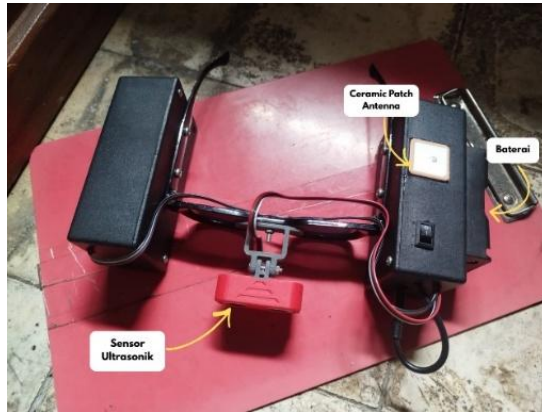
Prototipe perangkat asistif tunanetra dirancang dalam bentuk kacamata pintar yang menyerupai kacamata konvensional untuk mendukung kenyamanan dan mobilitas pengguna. Sistem perangkat keras menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 yang dipasang pada bagian depan rangka kacamata dengan jangkauan deteksi efektif 2-400 cm untuk mengenali rintangan di sekitar pengguna. Seluruh data diproses oleh mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan modul *Global Positioning System* (GPS) Neo-8 M8N dengan tingkat akurasi posisi hingga $\pm 2,5$ meter dan mendukung pembaruan data secara real time. Panduan nonvisual disampaikan melalui modul DFPlayer Mini yang terhubung dengan speaker mini untuk menghasilkan peringatan suara sesuai kondisi lingkungan. Catu daya sistem berasal dari dua baterai lithium-ion tipe 18650 masing-masing berkapasitas 1200 mAh yang disusun untuk memenuhi kebutuhan daya perangkat, serta ditempatkan pada bagian tangkai kacamata agar desain tetap ringkas dan portabel. Rancangan ini diharapkan mampu menghasilkan perangkat asistif tunanetra yang efisien, responsif, dan mendukung pemantauan lokasi berbasis *Internet of Things* (IoT).



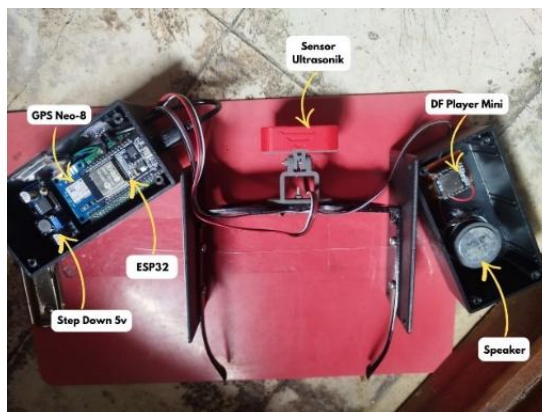
Gambar 10. Desain Perangkat Keras

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 11 dan Gambar 12 ditampilkan realisasi dari prototipe perangkat yang telah dikembangkan. Prototipe tersebut memperlihatkan integrasi rangka perangkat, sensor ultrasonik, modul GPS, mikrokontroler ESP32, serta sistem keluaran audio yang berfungsi sebagai media peringatan bagi pengguna. Seluruh komponen dirancang dan dirakit dalam satu kesatuan sistem yang kompak sehingga mampu bekerja secara terkoordinasi. Perancangan ini memungkinkan perangkat untuk mendeteksi kondisi lingkungan di sekitar pengguna secara langsung serta memberikan respons yang sesuai dengan hasil pendeteksian.



Gambar 11. Tampak Luar Prototipe Alat Bantu Tunanetra



Gambar 12. Tampak Dalam Prototipe Alat Bantu Tunanetra

Pengujian sistem dan pengambilan data dilakukan melalui beberapa tahap percobaan dengan kriteria yang berbeda untuk mengevaluasi kinerja perangkat secara menyeluruh. Penggunaan beragam kriteria dalam proses pengujian bertujuan untuk memastikan bahwa sistem serta perangkat keras yang digunakan mampu beroperasi sesuai dengan rancangan dan fungsi yang telah ditetapkan. Melalui tahapan tersebut, dapat diketahui tingkat keandalan sistem dalam berbagai kondisi pengujian sehingga hasil yang diperoleh dapat merepresentasikan kinerja perangkat secara lebih akurat.

Pengujian alat dilakukan sebagai tahapan evaluasi untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan mampu beroperasi sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. Proses pengujian bertujuan untuk menilai tingkat kesiapan perangkat sebelum digunakan pada kondisi penggunaan yang sesungguhnya serta untuk mengetahui kinerja sistem secara keseluruhan. Pelaksanaan pengujian disusun secara terstruktur agar setiap fungsi utama dapat dievaluasi dengan jelas. Tahapan pengujian meliputi pengujian kinerja sensor ultrasonik dalam mendeteksi keberadaan objek, pengamatan respon speaker terhadap hasil pendeteksian sebagai media panduan suara, serta pengujian ketepatan modul GPS dalam membaca dan mengirimkan informasi lokasi pengguna. Hasil dari pengujian tersebut digunakan sebagai dasar analisis untuk memastikan bahwa perangkat dapat bekerja secara stabil dan sesuai dengan tujuan perancangan.

A. Pengujian Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek di sekitar pengguna melalui pengukuran jarak berdasarkan pantulan gelombang suara yang dipancarkan dan diterima kembali oleh sensor. Prinsip kerja tersebut memungkinkan sistem mengenali objek tanpa kontak langsung, sehingga aman digunakan dalam perangkat asistif bagi penyandang tunanetra. Kinerja sensor sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, seperti permukaan objek, sudut datang gelombang, serta jarak objek terhadap arah pancaran sensor. Selain itu, posisi sensor terhadap pengguna juga berpengaruh terhadap keakuratan pembacaan jarak yang dihasilkan. Oleh karena itu, pengujian dilakukan dengan variasi jarak tertentu untuk mengevaluasi respons sensor serta menentukan batas sensitivitas yang sesuai dengan kebutuhan sistem. Hasil pengujian sensor ultrasonik pada berbagai jarak tersebut disajikan pada Tabel 1

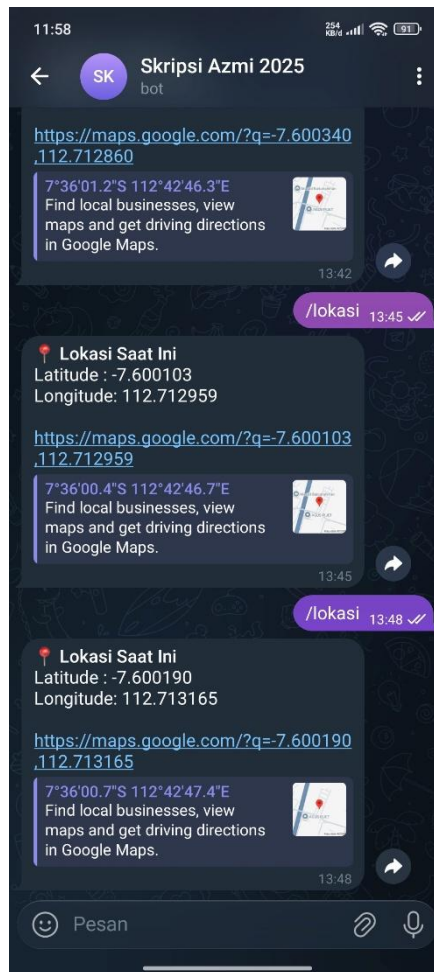
Tabel 1. Pengujian Sensor Ultrasonik Saat Pendeteksi Objek

Pengujian Ke-	Jarak Objek	Jarak Terdeteksi Sensor	Sensor Terdeteksi	Status Speaker
	(cm)	(cm)		
1	30	30	Terdeteksi	ON
2	50	50	Terdeteksi	ON
3	70	70	Terdeteksi	ON
4	90	90	Terdeteksi	ON
5	110	110	Terdeteksi	ON
6	120	120	Terdeteksi	ON
7	140	140	Terdeteksi	ON
8	160	160	Terdeteksi	ON
9	180	180	Tidak Terdeteksi	OFF
10	200	200	Tidak Terdeteksi	OFF

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, sensor ultrasonik mampu mendeteksi objek secara stabil pada rentang jarak 30 cm hingga 160 cm. Pada jarak kurang dari 100 cm, sistem mengklasifikasikan kondisi sebagai keadaan berbahaya sehingga peringatan suara berupa pesan “awas ada halangan” diaktifkan. Selanjutnya, pada jarak 100 cm hingga 160 cm, objek berada pada kondisi aman terbatas dan sistem hanya memberikan notifikasi sebagai pengingat keberadaan rintangan tanpa menandainya sebagai kondisi berbahaya. Sementara itu, pada jarak lebih dari 160 cm, objek dikategorikan dalam kondisi aman sehingga sistem tidak menghasilkan keluaran peringatan. Penerapan ambang batas jarak tersebut dirancang untuk membedakan tingkat risiko secara terprogram, menjaga stabilitas sistem, serta meningkatkan kenyamanan pengguna. Dengan demikian, sensor ultrasonik dinilai telah memenuhi kebutuhan sistem sebagai komponen pendeteksi objek pada perangkat asistif bagi pengguna tunanetra.

B. Pengujian Akurasi Modul GPS Neo-8

Modul GPS digunakan untuk memperoleh informasi posisi pengguna secara real-time melalui koordinat lintang dan bujur yang merepresentasikan lokasi geografis secara akurat. Kinerja modul ini dipengaruhi oleh kualitas penerimaan sinyal satelit, kondisi lingkungan sekitar, serta durasi akuisisi data yang dibutuhkan untuk memperoleh koordinat yang stabil. Oleh karena itu, pengujian dilakukan dengan pengambilan data secara berulang untuk melihat konsistensi hasil pembacaan lokasi. Proses pengujian memanfaatkan aplikasi Telegram sebagai media antarmuka pengiriman informasi lokasi, sehingga koordinat yang diperoleh dapat dipantau secara langsung. Pada tahap ini, sistem mengirimkan data koordinat GPS ke Telegram setelah perintah lokasi diberikan oleh pengguna. Visualisasi proses pengiriman koordinat ditunjukkan pada Gambar 12, sedangkan hasil pengujian koordinat modul GPS disajikan pada Tabel 2 sebagai dasar analisis ketepatan pembacaan lokasi.



Gambar 13. Tampilan Pengiriman Koordinat GPS Melalui Aplikasi Telegram

Tabel 2. Pengujian Modul GPS Neo-8 dan Google Maps

Pengujian	Koordinat GPS Alat		Koordinat Google Maps	
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
1	-7.600190	112.713165	-7.600183	112.713136
2	-7.600190	112.713165	-7.600183	112.713136
3	-7.600190	112.713165	-7.600183	112.713136
4	-7.600103	112.712959	-7.600069	112.712914
5	-7.600103	112.712959	-7.600069	112.712914
6	-7.600103	112.712959	-7.600069	112.712914
7	-7.600103	112.712959	-7.600069	112.712914
8	-7.600340	112.712860	-7.600316	112.712906
9	-7.600340	112.712860	-7.600316	112.712906
10	-7.600340	112.712860	-7.600316	112.712906

Berdasarkan data koordinat yang disajikan pada Tabel 2, dilakukan perhitungan selisih posisi untuk memperoleh nilai error pengukuran sebagai indikator ketepatan modul GPS. Perhitungan selisih posisi tersebut bertujuan untuk mengetahui perbedaan antara koordinat hasil pembacaan sistem dengan koordinat acuan yang digunakan. Proses perhitungan dilakukan menggunakan persamaan (1) sampai dengan (4) yang merepresentasikan tahapan konversi dan pengukuran jarak antar koordinat. Nilai error yang dihasilkan dari perhitungan tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar analisis untuk mengevaluasi kinerja modul GPS dalam menentukan posisi pengguna secara akurat.

$$\Delta\text{Latitude} = \text{Latitude}_{\text{GPS}} - \text{Latitude}_{\text{Maps}} \quad (1)$$

$$\Delta\text{Longitude} = \text{Longitude}_{\text{GPS}} - \text{Longitude}_{\text{Maps}} \quad (2)$$

$$Z = \sqrt{(\Delta\text{Latitude})^2 + (\Delta\text{Longitude})^2} \quad (3)$$

$$\text{Error(m)} = Z \times 111,320 \quad (4)$$

Dimana Persamaan (1) dan (2) menunjukkan perbedaan koordinat lintang dan bujur, persamaan (3) digunakan untuk menghitung jarak linear antar titik (Z) dalam satuan derajat, sedangkan persamaan (4) berfungsi mengkonversi jarak tersebut ke dalam satuan meter dengan menggunakan faktor konversi rata-rata, yaitu 1° lintang setara dengan 111.320 meter. Hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan posisi antara koordinat yang diperoleh dari modul GPS dengan titik referensi yang diambil dari Google Maps. Berdasarkan data pada Tabel 3, nilai selisih jarak berada pada rentang 3,32 meter hingga 6,28 meter, di mana nilai 3,32 meter muncul pada pengujian pertama hingga ketiga, nilai 6,28 meter terlihat pada pengujian keempat sampai ketujuh, dan nilai 5,78 meter terdapat pada pengujian kedelapan hingga kesepuluh. Rentang nilai tersebut menunjukkan bahwa modul GPS memiliki tingkat akurasi yang relatif konsisten, sehingga kesalahan pengukuran masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima dan sesuai untuk diterapkan pada aplikasi navigasi berbasis lokasi.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Selisih Posisi GPS dengan Google Maps

Pengujian Ke-	$\Delta\text{Latitude}$	$\Delta\text{Longitude}$	Z	Selisih Jarak (m)
1	0.000007	0.000029	0.00002983	3,32
2	0.000007	0.000029	0.00002983	3,32
3	0.000007	0.000029	0.00002983	3,32
4	0.000037	0.000045	0.00005640	6,28
5	0.000037	0.000045	0.00005640	6,28
6	0.000037	0.000045	0.00005640	6,28
7	0.000037	0.000045	0.00005640	6,28
8	0.000024	-0.000046	0.00005188	5,78
9	0.000024	-0.000046	0.00005188	5,78
10	0.000024	-0.000046	0.00005188	5,78

Berdasarkan data selisih jarak yang disajikan pada Tabel 3, dilakukan perhitungan persentase error untuk mengevaluasi tingkat akurasi pengukuran posisi yang dihasilkan oleh modul GPS. Perhitungan persentase error ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai besarnya kesalahan pengukuran terhadap nilai acuan yang digunakan. Proses perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan (5), sehingga nilai error yang diperoleh dapat dianalisis secara sistematis. Hasil perhitungan tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menilai kinerja modul GPS serta kesesuaiannya untuk diterapkan pada sistem navigasi berbasis lokasi.

$$\frac{\text{Selisih Jarak}}{\text{Jarak Refrensi}} \times 100\% \quad (5)$$

Selanjutnya, nilai rata-rata error dihitung menggunakan persamaan (6) untuk mengetahui tingkat kesalahan pengukuran posisi secara keseluruhan. Perhitungan nilai rata-rata dilakukan dengan mengolah seluruh data error yang diperoleh pada setiap pengujian sehingga mampu merepresentasikan kinerja modul GPS secara umum. Nilai rata-rata error tersebut digunakan sebagai indikator untuk menilai tingkat ketelitian sistem dalam menentukan posisi pengguna serta sebagai bahan pertimbangan dalam mengevaluasi keandalan modul GPS.

$$\text{Rata - Rata Error} = \frac{\text{Total Persentase Error}}{\text{Jumlah Pengujian}} \quad (6)$$

Hasil perhitungan persentase error ditampilkan pada Tabel 4, yang menunjukkan bahwa nilai error sebesar 3 persen diperoleh pada pengujian pertama hingga ketiga, sedangkan nilai tertinggi sebesar 6 persen terjadi pada pengujian keempat sampai ketujuh. Pada pengujian kedelapan hingga kesepuluh, persentase error berada pada kisaran 5 persen. Perbedaan nilai error tersebut dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar serta kualitas penerimaan sinyal satelit pada saat proses pengambilan data berlangsung. Secara keseluruhan, diperoleh nilai rata-rata persentase error sebesar 4,8 persen, yang menunjukkan bahwa modul GPS memiliki tingkat akurasi yang relatif stabil dan kesalahan pengukuran masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima untuk mendukung aplikasi navigasi berbasis lokasi.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Persentase Error Posisi GPS

Pengujian	Selisih	Persentase
Ke-	Jarak (m)	Error (%)
1	3,32	3 %
2	3,32	3 %
3	3,32	3 %
4	6,28	6 %
5	6,28	6 %
6	6,28	6 %
7	6,28	6 %
8	5,78	5 %
9	5,78	5 %
10	5,78	5 %
Rata-Rata Error %		4,8%

C. Pengujian Respon Speaker Terhadap Deteksi Objek

Sistem audio digunakan untuk memberikan panduan suara kepada pengguna ketika objek terdeteksi oleh sensor sebagai bentuk peringatan dini terhadap keberadaan rintangan. Pengujian sistem audio dilakukan secara berulang untuk mengevaluasi konsistensi hasil deteksi objek serta kesesuaian respons suara yang dihasilkan dengan kondisi jarak yang terukur. Melalui pengujian ini, dapat diketahui apakah pesan suara yang dikeluarkan sistem dapat terdengar dengan jelas dan tepat waktu. Hasil pengujian sistem audio tersebut disajikan pada Tabel 5 sebagai dasar analisis kinerja keluaran suara pada perangkat.

Tabel 5. Hasil Pengujian Deteksi Objek dan Respons Suara Sistem

Pengujian	Objek	Suara	Respon
Ke-	Terdeteksi	Terdengar	Cepat
1	Terdeteksi	Terdengar	Cepat
2	Terdeteksi	Terdengar	Cepat
3	Terdeteksi	Terdengar	Cepat
4	Terdeteksi	Terdengar	Cepat
5	Terdeteksi	Terdengar	Cepat
6	Terdeteksi	Terdengar	Cepat
7	Terdeteksi	Terdengar	Cepat
8	Terdeteksi	Terdengar	Cepat
9	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdengar	Tidak Ada
10	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdengar	Tidak Ada

Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 5, sistem berhasil mendeteksi keberadaan objek dan mengeluarkan panduan suara dengan respons yang cepat pada pengujian pertama hingga kedelapan. Pada pengujian kesembilan dan kesepuluh, objek tidak terdeteksi sehingga sistem tidak mengaktifkan keluaran suara, yang menunjukkan bahwa perangkat bekerja sesuai dengan desain dalam membedakan kondisi aman tanpa memberikan respons yang tidak diperlukan. Hasil tersebut menandakan bahwa sistem mampu menjalankan fungsi deteksi dan pemberian panduan audio secara tepat dan konsisten. Dengan demikian, sistem audio yang terintegrasi memiliki tingkat keberhasilan yang tinggi dalam mendukung fungsi peringatan pada perangkat asistif yang dikembangkan.

V. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perangkat asistif tunanetra berbasis Internet of Things (IoT) yang dikembangkan mampu berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian dengan mengintegrasikan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi rintangan, modul GPS Neo-8 sebagai penentu lokasi, mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama, modul DFPlayer Mini sebagai penyedia panduan suara, serta aplikasi Telegram sebagai antarmuka pemantauan lokasi secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik mampu mendeteksi keberadaan objek secara stabil pada rentang jarak 30 cm hingga 160 cm dengan respons suara yang cepat dan sesuai dengan kondisi lingkungan, sementara pada kondisi aman sistem tidak menghasilkan keluaran audio yang tidak diperlukan. Selain itu, pengujian modul GPS menunjukkan selisih posisi terhadap titik referensi Google Maps berada pada kisaran 3,32 meter hingga 6,28 meter, yang menandakan tingkat akurasi pembacaan lokasi yang konsisten dan masih berada dalam batas toleransi untuk aplikasi navigasi berbasis lokasi. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan memiliki kinerja yang stabil dan berpotensi meningkatkan keselamatan, kemandirian, serta rasa aman bagi penyandang tunanetra dalam menjalankan aktivitas sehari-hari, meskipun pengembangan lanjutan masih dapat dilakukan untuk optimalisasi sistem dan peningkatan efektivitas perangkat di masa mendatang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak/Ibu Dosen Pembimbing atas bimbingan, arahan, dan dukungan yang diberikan selama proses penelitian ini sehingga penelitian dapat berjalan dengan lancar. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada rekan-rekan di Laboratorium Teknik Elektro yang telah menyediakan fasilitas, membantu pengambilan data, serta mendukung kegiatan penelitian dengan penuh kerjasama. Bantuan dan dukungan dari semua pihak sangat berarti bagi kelancaran penelitian ini

REFERENSI

- [1] Ayuningtyas Adelia, "Mengenal Lebih Dekat Anak Tunanetra: Karakteristik, Dampak Perkembangan, Metode Pembelajaran," *Res. Gate*, pp. 01–06, 2023.
- [2] D. A. Dewi, S. puji Lestari, A. A. Lia, Z. Fahmy, and I. Masfia, "Pola Asuh Orang Tua Dalam Membentuk Kemandirian Pada Anak Penyandang Tunanetra Ganda," *Incrementapedia J. Pendidik. Anak Usia Dini*, vol. 6, no. 2, pp. 71–78, 2024.
- [3] Y. Marito *et al.*, "Alat Bantu yang digunakan Anak Tuna Netra dalam Proses Pembelajaran di SLB Negeri Pembina Medan," *JICN J. Intelek dan Cendekiawan Nusantara*, vol. 1, no. 6, pp. 10081–10092, 2025.
- [4] R. Muzawi, S. Imardi, and Y. Efendi, "Prototype Kacamata Pemandu bagi Tunanetra dengan Keterbatasan Penglihatan," *SATIN - Sains dan Teknol. Inf.*, vol. 6, no. 1, pp. 106–113, 2020.
- [5] D. Hariyanto *et al.*, "ANALISIS KINERJA TERMOMETER NONKONTAK BERBASIS SENSOR IR MLX90614 DAN SENSOR ULTRASONIK YANG," vol. 13, no. 3, 2025.
- [6] D. Wahyudi, A. K. N, P. B. Utomo, J. Komputer, and A. Komunitas, "Deteksi Lokasi Kendaraan Menggunakan GPS dan GSM Berbasis Mikrokontroler," vol. 4, no. 1, pp. 1–12, 2023.
- [7] Mutiarani and rironga, "Sistem Kontrol LED IoT Menggunakan Wi-Fi melalui Bot Telegram IoT LED Control System Implementation and Optimization Using Wi-Fi Through a Telegram Bot," *J. Comput. Sci. Informatics Eng. | Cosie*, vol. 04, no. 1, pp. 10–20, 2025.
- [8] I. M. Ivan Wiyarta Cakra Sujana, R. S. Rahmany, and Y. C. Batubara, "Pengembangan Sistem Monitoring IoT Microbubble Generator Berbasis ESP 32 Untuk Mendukung Akuakultur," *J. Mek. Terap.*, vol. 6, no. 2, pp. 99–108, 2025.
- [9] Krisna Gilang Prakoso and B. Sisephaputra, "Pengembangan Sistem Monitoring Ruang Kuliah Berbasis Nfc Dan Iot (Studi Kasus Universitas Negeri Surabaya)," *J. Sist. Inf. dan Bisnis Cerdas*, vol. 17, no. 2, pp. 189–197, 2024.
- [10] A. Hikmawati and H. Setyatna, "Menganalisis Kebutuhan Khusus Anak Dengan Gangguan Penglihatan," vol. 4, no. 4, 2025.
- [11] M. Rachman, U. N. Makassar, and A. Info, "PENINGKATAN KEMAMPUAN PENGUASAAN LANDMARK MELALUI," vol. 2, no. 3, pp. 16–29, 2024.
- [12] L. F. Zen, H. A. Rachim, and N. C. Apsari, "PENGGUNAAN TEKNOLOGI ASISTIF : PENINGKATAN KEMANDIRIAN PENYANDANG DISABILITAS FISIK," 2025.
- [13] K. A. Gitakarma, M Santo, "PERAN MIKROKONTROLER DALAM PENGEMBANGAN APLIKASI IOT : THE ROLE OF MICROCONTROLLERS IN IOT APPLICATION DEVELOPMENT :," vol. 3, no. 2, pp. 18–24, 2024.
- [14] M. Alamsyah, I. Anshory, A. Ahfas, D. Hadidjaja, and R. Saputra, "Sabuk Pengaman Tunanetra untuk Mendeteksi Objek Penghalang Menggunakan Sensor Ultrasonic dan GPS," vol. xx, no. xx, pp. 115–123, 2023.
- [15] V. No, D. Hal, and M. F. Ulum, "Pengembangan Aplikasi Mobile Tracking dengan Integrasi GPS Realtime," vol. 1, no. 1, pp. 31–38, 2025.
- [16] R. Borahima, S. Paembonan, M. Muhallim, R. Suppa, and K. Palopo, "Rancang Bangun Tongkat Tunanetra Berbasis Arduino," vol. 12, no. 3, 2024.
- [17] Dharma Ekita Putra Febrian, Arief Wisaksono, Izza Anshory, Jamaaluddin, "Sistem Monitoring Gas Dan Suhu Pada Biogas Digester Untuk Meningkatkan Kinerja Kompor," vol. 13, no. 2, 2025.
- [18] Arief Wisaksono, "SNTE-FORTEI Bangun Sistem Pemantauan Getaran Jembatan Berbasis IoT untuk Keamanan Struktur," pp. 343–352, 2025.
- [19] E. Jurnal, I. G. Agung, M. Yoga, P. Alit, W. Santiary, and I. K. Swardika, "Analisis Temporal Gerakan Kata BISINDO Menggunakan Landmark Tangan dan LSTM dengan Keluaran Suara Berbasis ESP32 Secara Real-time," vol. 18, no. 2, pp. 176–187, 2025.
- [20] A. W. Daeng Dwi Prasojo, "Pet Tracking System Using Telegram Notification," vol. 8, no. 1, pp. 1–10, 2026.
- [21] Okpatrioka, "Research And Development (R&D) Penelitian Yang Inovatif Dalam Pendidikan," *DHARMA ACARIYA Nusantara. J. Pendidikan, Bhs. dan Budaya*, vol. 1, no. 1, pp. 86–100, 2023.
- [22] E. A. S. Aji, J. Jamaaluddin, A. Ahfas, and S. D. Ayuni, "Leak Monitoring in Split Duct Air Conditioner Based on Internet of Things," *JEEE-U (Journal Electr. Electron. Eng.*, vol. 7, no. 2, pp. 176–187, 2023.
- [23] N. Rivaldi, R. T. Mangesa, and F. Adiba, "Pengembangan Teknologi Pakan Ikan Otomatis Berbasis IOT Dengan Menggunakan NodeMCU Esp8266 Dan Android MQTT," *J. Mediat.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–10, 2024.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.