

Tongkat Pintar ESP32 dengan Deteksi Hambatan Multiarah dan Audio-Haptik Adaptif bagi Tunanetra

Gilang Permana^{*a)}, Reza Rahmadian^{a)}, Aditya Chandra Hermawan^{a)}, Mahendra Widyartono^{a)},
Ayusta Lukita Wardani^{a)}

(Received 30 Januari 2026 || Revised 6 Juli 2026 || Published 9 Juli 2026)

Abstract: *Mobility is a major challenge faced by people with visual impairments in their daily activities. Conventional white canes commonly used still have limitations in detecting obstacles, especially those above ground level and uneven road surfaces. This study aims to develop an ESP32-based smart cane capable of detecting obstacles and road surface conditions while providing effective warnings to users. The system employs multiple ultrasonic sensors positioned at the front, left, right, and bottom of the cane. Sensor data are processed by the ESP32 microcontroller and conveyed through vibration and audio feedback. The research method includes hardware design, software development, and system testing covering sensor accuracy and response time evaluation. The test results indicate that the proposed system achieved obstacle detection with sensor error rates ranging from 0.2% to 0.6% and response times ranging from 0.7 s to 1.2 s, demonstrating reliable performance for mobility assistance. Therefore, the proposed smart cane has the potential to improve safety and independence for people with visual impairments during walking activities.*

Keywords: *smart cane, visual impairment, ESP32, ultrasonic sensor, Assistive Device, Object Detection*

1. Pendahuluan

Penyandang tunanetra merupakan kelompok disabilitas yang mengalami keterbatasan penglihatan secara parsial maupun total sehingga menghadapi berbagai hambatan dalam menjalani aktivitas sehari-hari, khususnya dalam hal mobilitas mandiri [1]. Penyandang tunanetra menghadapi berbagai tantangan dalam mobilitas sehari-hari karena keterbatasan dalam mendeteksi rintangan di lingkungan sekitarnya, sehingga diperlukan teknologi bantu yang dapat meningkatkan keselamatan dan kemandirian mereka [2]. Kondisi tersebut menyebabkan penyandang tunanetra memiliki risiko kecelakaan yang lebih tinggi, seperti menabrak objek di depan, tersandung permukaan jalan yang tidak rata, atau terperosok ke dalam lubang yang tidak terdeteksi [3].

Alat bantu jalan yang paling umum digunakan oleh penyandang tunanetra adalah tongkat konvensional atau white cane. Tongkat ini berfungsi sebagai alat peraba untuk mendeteksi rintangan di permukaan tanah melalui sentuhan langsung [4]. Meskipun sederhana dan mudah digunakan, tongkat konvensional memiliki keterbatasan dalam mendeteksi rintangan yang berada di atas permukaan tanah, seperti cabang pohon, papan reklame, atau objek menggantung lainnya [5]. Selain itu, tongkat konvensional juga kurang efektif dalam memberikan informasi terkait kondisi permukaan jalan, seperti lubang atau perbedaan ketinggian permukaan.

Seiring dengan perkembangan teknologi elektronika dan mikrokontroler, berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan alat bantu jalan berbasis teknologi yang dikenal sebagai tongkat pintar [6]. Tongkat pintar dirancang untuk meningkatkan kemampuan deteksi rintangan dengan memanfaatkan sensor dan sistem kendali tertanam, sehingga informasi lingkungan dapat disampaikan kepada pengguna secara lebih cepat dan akurat [7]. Penggunaan mikrokontroler memungkinkan integrasi berbagai sensor dan aktuator dalam satu sistem yang ringkas, portabel, serta hemat daya [8].

Salah satu sensor yang banyak digunakan dalam pengembangan tongkat pintar adalah sensor ultrasonik. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip pemantulan gelombang suara frekuensi tinggi untuk mengukur jarak suatu objek secara non-kontak [9]. Keunggulan sensor ultrasonik antara lain kemudahan integrasi dengan sistem mikrokontroler, harga yang relatif

terjangkau, serta kemampuan pengukuran jarak dengan tingkat akurasi yang cukup baik. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sensor ultrasonik HC-SR04 memiliki tingkat kesalahan pengukuran yang relatif kecil pada rentang jarak tertentu sehingga layak digunakan sebagai sensor pendeteksi rintangan [10].

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan tongkat pintar berbasis Arduino dengan satu sensor ultrasonik untuk mendeteksi rintangan di depan pengguna. Penelitian lain menambahkan lebih dari satu sensor untuk memperluas cakupan deteksi, namun masih terbatas pada arah depan dan samping. Selain keterbatasan jumlah sensor, sebagian penelitian hanya menggunakan satu jenis media peringatan, seperti getaran atau suara, yang dinilai kurang optimal dalam menyampaikan informasi kondisi lingkungan secara intuitif kepada pengguna [11].

Media peringatan dalam sistem tongkat pintar memegang peranan penting dalam menyampaikan informasi kepada penyandang tunanetra. Motor getar sering digunakan sebagai indikator adanya rintangan karena dapat dirasakan secara langsung oleh pengguna tanpa mengganggu indera pendengaran [12]. Di sisi lain, penggunaan modul suara memungkinkan penyampaian informasi yang lebih spesifik, namun perlu mempertimbangkan kenyamanan pengguna serta potensi gangguan terhadap lingkungan sekitar [13]. Kombinasi antara getaran dan suara dinilai dapat meningkatkan efektivitas sistem peringatan pada alat bantu jalan tunanetra [14]. Selain aspek teknis, pengembangan tongkat pintar juga perlu mempertimbangkan kondisi dan kebutuhan pengguna tunanetra dari sisi sosial dan psikologis. Lingkungan yang kurang ramah terhadap penyandang tunanetra dapat memengaruhi rasa percaya diri dan kemandirian mereka dalam beraktivitas [3]. Oleh karena itu, alat bantu mobilitas yang aman, andal, dan mudah digunakan diharapkan mampu meningkatkan kualitas hidup serta kemandirian penyandang tunanetra [15].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini mengusulkan perancangan dan implementasi tongkat pintar berbasis ESP32 yang dilengkapi beberapa sensor ultrasonik yang ditempatkan pada bagian depan, samping kiri, samping kanan, dan bagian bawah tongkat. Mikrokontroler ESP32 dipilih karena memiliki kemampuan pemrosesan yang baik, konsumsi daya rendah, serta mendukung pengembangan sistem tertanam yang kompleks. Informasi jarak hasil pembacaan sensor diproses oleh ESP32 dan

*Korespondensi: gilangpermana.21047@mhs.unesa.ac.id

a) Prodi Teknik Listrik, Jurusan Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

disampaikan kepada pengguna melalui kombinasi media peringatan berupa getaran dan suara. Kontribusi utama penelitian ini adalah perancangan sistem tongkat pintar dengan cakupan deteksi multi-arah dan sistem peringatan ganda yang diharapkan mampu meningkatkan keamanan serta kemandirian mobilitas penyandang tunanetra[16].

2. Metode

2.1 Langkah Penelitian

Penelitian yang dilakukan melewati beberapa tahapan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. yang diawali dengan studi literature yang dimana pada tahapan ini dilakukan dengan mencari bahan referensi dari jurnal dan website yang terkait dengan pembuatan tongkat bantu pintar untuk penyandang tunanetra berbasis ESP32. Tahap kedua yaitu analisis dan identifikasi kebutuhan alat yang mencakup pada pemilihan komponen sesuai spesifikasi dan kebutuhan sistem. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dilakukan tahap yang ketiga yaitu perancangan sistem yang kemudian dilanjutkan dengan pengujian alat untuk memastikan bahwa sistem berfungsi sesuai dengan apa yang telah direncanakan. Tahap keempat yaitu analisis dan pengumpulan data dari hasil pengujian alat sebagai dasar evaluasi kinerja sistem. Data yang diperoleh selanjutnya disajikan dan dibahas pada bagian hasil dan pembahasan untuk mendapatkan kesimpulan dari penelitian.

2.2 Lokasi Penelitian

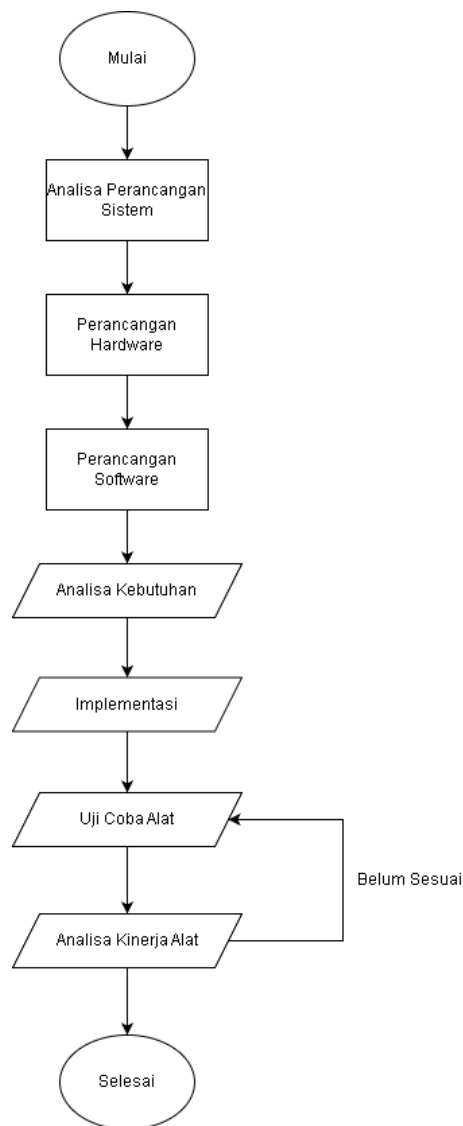
Penelitian ini dilaksanakan di sebuah Sekolah Luar Biasa (SLB) Negei Gedangan yang ada di Jalan Pasir Indah Tumampel, Wedi, Kecamatan Gedangan, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur 61254.

Penelitian yang melibatkan pengguna tunanetra dilaksanakan setelah mendapatkan izin dari pihak guru pendamping dan pengurus sekolah. Selama proses pengujian, peserta didampingi oleh guru atau pendamping untuk memastikan keamanan dan kenyamanan. Seluruh prosedur dirancang dengan melakukan diskusi dari dua belah pihak agar tidak menimbulkan risiko bagi peserta.

2.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan cara menyusun algoritma kerja sistem yang diimplementasikan pada mikrokontroler ESP32. Perangkat lunak dikembangkan untuk mengoordinasikan proses pembacaan sensor, pengolahan data jarak, pengambilan keputusan, serta pengendalian aktuator keluaran.

Alur kerja perangkat lunak secara keseluruhan digambarkan dalam bentuk flowchart, yang menunjukkan urutan proses mulai dari inialisasi sistem, perancangan sensor, pengolahan data, pengambilan keputusan, hingga pemberian peringatan kepada pengguna.



GAMBAR 2.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN

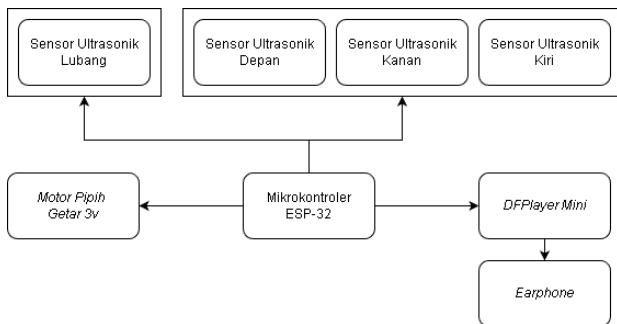
2.4 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras pada penelitian ini dengan blok diagram blok sistem seperti pada Gambar 2.2 bertujuan untuk menghasilkan sistem tongkat pintar yang mampu mendeteksi rintangan dan kondisi permukaan jalan secara akurat serta memberikan peringatan yang mudah dipahami oleh penyandang tunanetra. Perangkat keras dirancang dengan mempertimbangkan aspek fungsionalitas, kemudahan penggunaan, ukuran yang ringkas, serta konsumsi daya yang efisien dengan skematik rangkaian seperti di Gambar 2.3. Pemilihan spesifikasi komponen dapat dilihat di Tabel 2.1 dengan fungsi beberapa komponen seperti berikut ini.

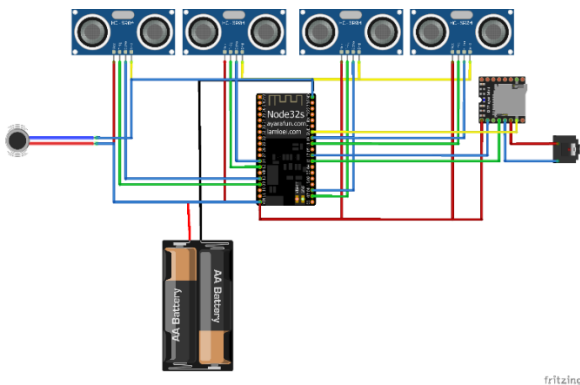
- 1) Mikrokontroler ESP32, berfungsi sebagai kendali utama sistem yang bertugas membaca data dari seluruh sensor, memproses informasi jarak, dan mengendalikan aktuator keluaran. Pemilihan ESP32 didasarkan pada kemampuannya dalam pengolahan data yang cepat, konsumsi daya yang relative rendah, serta kemudahan integrasi dengan berbagai sensor.
- 2) Sensor Ultrasonik HC-SR04, berfungsi sebagai komponen

masukan sistem yang bertugas untuk mendeteksi jarak rintangan secara non-kontak. Dengan penempatan sensor yang berada pada bagian depan, samping kiri, samping kanan dan bawah untuk memberikan cakupan deteksi multi-arrah, sehingga sistem mampu mengenali rintangan di sekitar pengguna.

- 3) Aktuator keluaran, yang terdiri dari motor getar dan modul suara. Motor getar digunakan untuk memberikan peringatan berupa getaran ketika sebuah jalan yang berlubang atau jalan yang curam terdeteksi, sedangkan modul suara digunakan untuk memberikan peringatan jika bagian depan, kiri, dan kanan mendeteksi objek. Kombinasi kedua aktuator ini bertujuan agar informasi dapat diterima oleh pengguna secara lebih efektif.
- 4) Catu Daya, berfungsi sebagai sumber tegangan bagi seluruh komponen sistem. Sumber catu daya berasal dari battery shield 18650 yang dirancang agar portable dan mampu menopang kebutuhan daya ESP32, sensor, serta aktuator selama sistem digunakan



GAMBAR 2.2 DIAGRAM BLOK SISTEM



GAMBAR 2.3 SKEMATIK RANGKAIAN

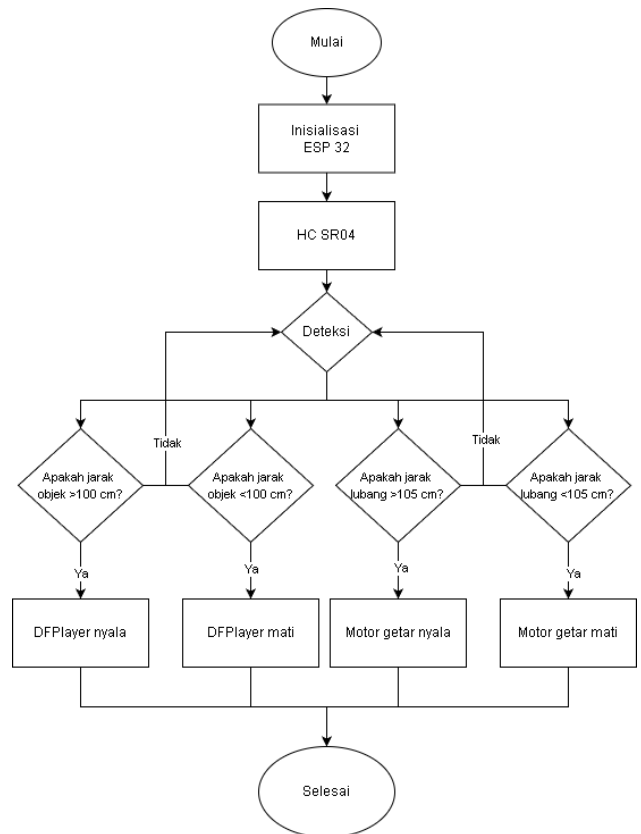
TABEL 2.1 PEMILIHAN KOMPONEN

Komponen	Tipe	Spesifikasi
ESP32	Devkit V1	Dual-core 240 MHz, WIFI, Bluetooth
Sensor	HC-SR04	Jarak 2-400 cm
Motor Getar	Coin Vibration motor 3v	Tegangan 3V
DFPlayer Mini	MP3 Module	Output audio
Speaker	8Ω 3W	Output suara
Baterai	Li-ion 18650	3,7V 2600MAH

2.4.1 Algoritma Sistem

Diagram alir sistem dapat dilihat di Gambar 2.4 dengan proses pengolahan data di ESP32 seperti berikut:

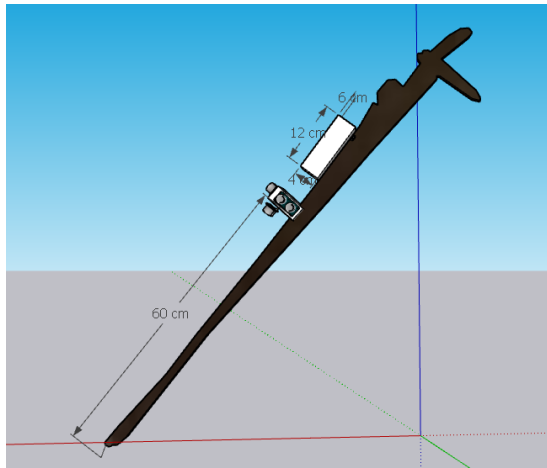
- a) ESP32 membaca data seluruh sensor ultrasonik;
- b) data dibandingkan dengan batas deteksi objek 60 cm dan lubang 25 cm (dari jarak sensor);
- c) jika terdapat objek:
 - sensor depan = audio "Depan"
 - sensor kiri = audio "Kiri"
 - sensor depan = audio "Kanan"
 - sensor bawah = motor getar aktif (tanda ada lubang atau jalan curam).
- d) Jika tidak ada objek, sistem kembali melakukan pembacaan.



GAMBAR 2.4 FLOWCHART SISTEM

Desain alat ditunjukkan di Gambar 2.5 dengan konfigurasi sensor seperti berikut:

- a) Sensor depan 0°: ditempatkan untuk mendeteksi hambatan yang berada tepat dihadapan pengguna, sehingga dapat memberikan peringatan dini dan mengurangi risiko tabrakan
- b) Sensor kiri 90°: dipergunakan untuk memperluas cakupan deteksi pada sisi kiri pengguna, sehingga dapat menghindari hambatan yang tidak terjangkau oleh sensor depan.
- c) Sensor Kanan -90°: berfungsi untuk mendeteksi hambatan pada sisi kanan pengguna sehingga cakupan deteksinya menjadi lebih luas dan menambah keselamatan pengguna
- d) Sensor bawah 45° mengarah kebawah: ditempatkan untuk mendeteksi perubahan elevasi permukaan jalan, seperti lubang, jalan menurun, atau anak tangga turun, yang sulit dideteksi oleh sensor yang menghadap ke depan namun berpotensi menyebabkan pengguna jatuh.



GAMBAR 2.5 DESAIN ALAT

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini akan menampilkan hasil dari perangkat lunak, pengujian, hasil percobaan dan pengukuran. Gambar 3.1, menunjukkan gambar hasil akhir dari rancang bangun tongkat tunanetra dengan sensor ultrasonik (HC-SR04) yang berbasis ESP32.



GAMBAR 3.1 ALAT

3.1 Pengujian Alat

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan tongkat pintar dalam mendeteksi berbagai jenis objek pada beberapa kondisi. Setiap scenario pengujian dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan untuk memperoleh hasil yang konsisten. Pengujian meliputi deteksi objek di depan, samping kiri, samping kanan, dan bawah tongkat dengan variasi jenis objek seperti dinding, manusia, kursi, tiang, tangga naik, dan tangga turun. Serta dengan variasi jenis jarak yang berbeda. Dengan kondisi pengujian yang berlokasi di koridor dan aula SLB, dengan keadaan permukaan menggunakan keramik datar dan dilakukan pada pagi hingga siang hari.

Tabel 3.1 menunjukkan hasil pengujian akurasi sensor ultrasonik yang digunakan pada tongkat pintar. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan jarak yang sebenarnya.

TABEL 3.1 HASIL PENGUJIAN AKURASI SENSOR ULTRASONIK

Pengujian	Posisi Sensor	Rentang Jarak (cm)	Error (%)
1.	Depan	60-150	0,2-0,6
2.	Samping Kiri	60-150	0,3-0,5
3.	Samping Kanan	60-150	0,3-0,5
4.	Bawah	25-60	0,2-0,4

Tabel 3.1 menunjukkan hasil pengukuran akurasi sensor ultrasonik pada masing-masing posisi sensor. Sensor yang ditempatkan pada bagian depan, samping kiri, dan samping kanan memiliki rentang pengujian antara 60-150 cm. Rentang ini dipilih karena merupakan jarak aman yang masih memungkinkan pengguna untuk bereaksi terhadap adanya rintangan. Sensor bagian bawah diuji pada rentang jarak 25-60 cm yang disesuaikan dengan kebutuhan deteksi lubang atau perubahan ketinggian permukaan jarak.

Berdasarkan data yang terdapat pada Tabel 3.1, sensor ultrasonik pada seluruh posisi menunjukkan nilai error yang relative rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa sensor mampu memberikan informasi jarak yang cukup akurat untuk digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan oleh sistem. Nilai error yang kecil juga menunjukkan bahwa pantulan gelombang ultrasonik dari permukaan objek dapat diterima dengan baik oleh sensor, meskipun terdapat perbedaan sudut dan posisi pemasangan sensor pada tongkat.

Hal tersebut sejalan dengan penelitian [2] yang menyatakan bahwa sensor ultrasonik mampu memberikan pembacaan jarak yang akurat untuk mendukung mobilitas penyandang tunanetra. Namun, penelitian ini menggunakan empat sensor ultrasonik yang ditempatkan pada bagian depan, kiri, kanan, dan bawah tongkat sehingga cakupan deteksi lebih luas dibandingkan penelitian sebelumnya yang menggunakan konfigurasi sensor yang lebih sederhana.

Selain akurasi sensor, dilakukan pula pengujian waktu respon sistem dari saat rintangan terdeteksi hingga peringatan diberikan kepada pengguna. Hasil pengujian waktu respon sistem ditunjukkan pada Tabel 3.2

TABEL 3.2 WAKTU RESPON SISTEM

Pengujian	Kondisi Deteksi	Waktu Respon
1.	Rintangan Depan	1,2
2.	Rintangan Samping Kiri	1,1
3.	Rintangan Samping Kanan	1,2
4.	Lubang atau Jalan Curam	0,9

Hasil pengujian waktu respon sistem ditunjukkan pada Tabel 3.2, berdasarkan hasil yang ditampilkan, sistem mampu memberikan peringatan dalam waktu kurang dari 1,5 detik untuk seluruh kondisi pengujian. Waktu respon tercepat diperoleh pada deteksi lubang atau permukaan jalan, sedangkan waktu respon terlama terjadi pada deteksi rintangan depan. Perbedaan waktu respon ini dipengaruhi oleh jumlah proses yang harus dilakukan sistem serta jenis aktuator yang diaktifkan.

Secara keseluruhan, waktu respon sistem dinilai cukup cepat untuk mendukung mobilitas pengguna. Dengan waktu respon

tersebut, pengguna masih memiliki waktu yang memadai untuk mengambil tindakan menghindari rintangan yang terdeteksi. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengolahan data pada ESP32 mampu bekerja secara efisien dalam memproses data dari beberapa sensor secara bersamaan.

Waktu respons sistem yang berada di bawah 1,5 detik menunjukkan bahwa ESP32 mampu memproses data dari beberapa sensor secara efisien. Penelitian [17] juga menunjukkan bahwa sensor ultrasonik dapat dimanfaatkan sebagai pendeteksi rintangan pada tongkat pintar. Namun, penelitian ini menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama yang mampu memproses beberapa masukan sensor sekaligus untuk menghasilkan respons yang cepat.

Analisis dari kinerja sistem secara keseluruhan menunjukkan bahwa kombinasi penggunaan beberapa sensor ultrasonik dengan dua jenis media peringatan memberikan keunggulan dibandingkan sistem dengan satu sensor atau satu jenis peringatan. Sensor multi-arah memungkinkan sistem mendeteksi rintangan dari berbagai arah, sedangkan kombinasi lingkungan secara intuitif. Dengan demikian, tongkat pintar yang dikembangkan pada penelitian ini berpotensi meningkatkan tingkat keamanan dan kemandirian penyandang tunanetra dalam melakukan aktivitas berjalan.

Hasil pengujian ini juga menunjukkan bahwa sistem yang dirancang memiliki stabilitas kinerja yang baik selama pengujian dilakukan. Sehingga sistem dapat dinyatakan layak untuk digunakan sebagai alat bantu mobilitas bagi penyandang tunanetra.

4. Kesimpulan

Perancangan sistem pada alat bantu jalan tunanetra berupa tongkat guna meningkatkan mobilitas dan kemandirian berhasil dilakukan melalui proses perakitan komponen-komponen hardware. Proses ini berupa menyambungkan beberapa komponen menjadi alat yang berfungsi dengan baik dan sesuai dengan tujuan awalnya. Komponen yang terlibat dalam alat ini meliputi 4 sensor ultrasonik untuk membaca jarak dari halangan dan mendeteksi hambatan dari berbagai arah (depan, kiri, dan kanan) serta mendeteksi adanya jalan berlubang atau jalan yang curam, sehingga dapat menginformasikan pengguna secara efektif. Sistem juga memberikan umpan balik berupa suara dan getaran melalui modul dfplayer mini, earphone, dan motor pipih 3v. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa mikrokontroler ESP32 dapat diintegrasikan dengan baik ke dalam tongkat pintar sebagai pusat pemrosesan sistem. ESP32 mampu menerima data dari sensor ultrasonik HC-SR04 yang ditempatkan pada bagian depan, kiri, kanan, dan bawah tongkat, kemudian mengolah data tersebut untuk menghasilkan keluaran berupa peringatan suara dan getaran sesuai dengan kondisi lingkungan. Sistem terbukti dapat memberikan informasi arah rintangan dan keberadaan lubang secara real-time kepada pengguna. Meskipun pada beberapa kondisi tertentu masih terjadi kegagalan pendeteksian, hal tersebut lebih disebabkan oleh keterbatasan karakteristik sensor ultrasonik, seperti objek bercelah dan jarak yang terlalu dekat, bukan karena kinerja mikrokontroler ESP32 itu sendiri. Hasil pengujian alat ini menunjukkan bahwa tongkat pintar memiliki kinerja yang baik dan layak digunakan sebagai alat bantu jalan tunanetra. Pengujian sistem menunjukkan bahwa sensor ultrasonik mampu bekerja dengan baik dan memiliki tingkat akurasi yang tinggi, dengan rata-

rata error pengukuran di bawah 1%. Waktu respon sistem juga berada dalam batas yang aman dan nyaman bagi pengguna. Sistem berhasil memberikan peringatan yang sesuai dengan arah dan posisi objek, sehingga dapat membantu pengguna dalam menghindari halangan dan meningkatkan rasa aman, kepercayaan diri, serta kemandirian dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Namun memiliki keterbatasan pada lingkungan dengan ruang sempit karena meningkatnya frekuensi peringatan yang dihasilkan. Hal tersebut bisa dijadikan sebagai dasar pengembangan penelitian ini di masa mendatang.

Referensi

- [1] D. I. Baktara, and W. Setyawan. "Fasilitas Pendidikan Bagi Anak Tunanetra dengan Pendekatan Indera." *Jurnal Sains dan Seni ITS*, vol. 9, no. 2, 2020, doi:[10.12962/23373520.v9i2.54801](https://doi.org/10.12962/23373520.v9i2.54801).
- [2] R. Yauri, K. Alvarez, J. Cotaquispe, J. Ynquilla, and O. Llerena, "Guidance device for visually impaired people based on ultrasonic signals and open hardware," vol. 13, no. 3, pp. 520–527, 2024, doi: 10.11591/ijres.v13.i3.pp520-527.
- [3] W. Lestari and R. Fitly, "Citra Diri Penyandang Tunanetra terhadap Diskriminasi dari Lingkungan Sosial," *Psikol. Konseling*, vol. 19, no. 2, p. 1159, 2021, doi: 10.24114/konseling.v19i2.30476.
- [4] S. Report, "Available Online at www.ijarcs.info International Journal of Advanced Research in Computer Science AN INTEGRATED ULTRASONIC SENSOR BASED SMART CANE FOR," vol. 8, no. 0976, pp. 2015–2018, 2017.
- [5] D. Raharja, "Oleh : Djadja Rahardja JURUSAN PENDIDIKAN LUAR BIASA," pp. 1–18, 2021.
- [6] A. Haslindah, S. Sukirman, A. W. Hakis, and N. I. T. Sa'na, "Pengembangan Alat Bantu Jalan Tunanetra Dengan Tongkat Cerdas Berbasis Arduino," *ILTEK J. Teknol.*, vol. 19, no. 01, pp. 12–17, 2024, doi: 10.47398/iltek.v19i01.108.
- [7] T. Kusuma and M. T. Mulia, "Perancangan Sistem Monitoring Infus Berbasis Mikrokontroler Wemos D1 R2," *Konf. Nas. Sist. Inf.* 2018, vol. 1, no. 1, pp. 1422–1425, 2018.
- [8] A. Wagya, "Prototipe Modul Praktik untuk Pengembangan Aplikasi Internet of Things (IoT)," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 8, no. 2, p. 238, 2019, doi: 10.36055/setrum.v8i2.6561.
- [9] T. N. Arifin, G. Febriyani Pratiwi, and A. Janrafasih, "Sensor Ultrasonik Sebagai Sensor Jarak," *J. Tera*, vol. 2, no. 2, pp. 55–62, 2022, [Online]. Available: <http://jurnal.undira.ac.id/index.php/jurnaltera/>
- [10] A. Amrullah, "Perbandingan Tingkat Akurasi Pengukuran Ketinggian Air," vol. 7, no. 1, pp. 1–5, 2022.
- [11] S. BETA and S. Astuti, "MODUL TIMBANGAN BENDA DIGITAL DILENGKAPI LED RGB DAN DFPLAYER MINI," *Orbit*, vol. 15, no. 1, pp. 10–15, 2019.
- [12] I. E. A. Pakpahan, P. Sihombing, and M. K. M. Nasution, "Analysis of the Sw-420 Vibration Sensor Performance on Vibration Tools by using a Fuzzy Logic Method," no. Cesit 2020, pp. 543–550, 2021, doi: 10.5220/0010336005430550.
- [13] M. Erlanda Putra Negara, I. Triansyah, D. Hasni, and B. Yulhasfi Febrianto, "Hubungan Intensitas Penggunaan Earphone Dengan Derajat Gangguan Pendengaran Pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Baiturrahmah," *Sci. J.*, vol. 1, no. 3, pp. 229–236, 2022, doi: 10.56260/sciena.v1i3.49.

- [14] M. S. Rumetna, T. N. Lina, and A. B. Santoso, "Rancang Bangun Aplikasi Koperasi Simpan Pinjam Menggunakan Metode Research and Development," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 11, no. 1, pp. 119–128, 2020, doi: 10.24176/simet.v11i1.3731.
- [15] R. N. Muthmainnah, "Pemahaman Siswa Tunanetra (Buta Total Sejak Lahir Dan Sejak Waktu Tertentu) Terhadap Bangun Datar Segitiga," *J. Pendidikan Mat. Mat.*, vol. 1, no. 1, pp. 15–27, 2015, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/fbc/article/view/1625/1378>
- [16] F. Azim, A. Ullah, and A. Faizal, "Implementasi Kendali PID pada Kecepatan Motor DC Sebagai Media Pembelajaran Berbasis Arduino dan LabVIEW Implementation of PID Control on DC Motor Speed as Learning Media Based on Arduino and LabVIEW," vol. 06, no. 02, pp. 139–151, 2024.
- [17] R. Soekarta, D. Yapari, and B. Mikrokotroller, "Rancang Bangun Alat Bantu Tuna Netra Menggunakan Tongkat Dengan Sensor Ultrasonik 1,3," vol. 7, no. 1, 2021.