



Perancangan Blind Stick Berbasis ESP32 dengan Sensor Ultrasonik untuk Membantu Mobilitas Penyandang Tunanetra

Azmi Nur Shidiq Ridwan¹, Rachel Disa Talitha Rachma², Latief Naufal Andryanto³,
Acep Tio⁴, Muhammad Syahrhan Mawarid Taslim⁵, Nabil Muflih Wardana⁶

¹⁻⁶ Universitas Siliwangi, Indonesia

Alamat: Jalan Siliwangi No. 24 Kahuripan Kota Tasikmalaya 46115.

Korespondensi penulis: latiefnaufalandryanto@gmail.com

Abstract. *Mobility is one of the major challenges for visually impaired individuals in their daily activities. Visual impairments make it difficult for them to detect obstacles around them, increasing the risk of injury. This study aims to design and develop a smart stick based on ESP32, equipped with an ultrasonic sensor, to assist the mobility of visually impaired people. The system uses ultrasonic sensors to detect the distance of objects and provides early warnings to users through a buzzer, with varying rhythms depending on the proximity of objects. The research methodology includes system design and development of hardware and software, as well as direct testing on visually impaired users. The test results show that the system can detect obstacles with 95% accuracy at distances up to 200 cm, and provide appropriate responses based on the distance of detected objects. In addition, this prototype is energy-efficient, allowing for prolonged use without frequent recharging. This study provides a practical solution to enhance the independence and safety of visually impaired individuals in daily activities, with the potential for further development to improve detection accuracy and user comfort.*

Keywords: *ESP32, Ultrasonic Sensor, Smart Stick, Visually Impaired Mobility, Early Warning.*

Abstrak. Mobilitas merupakan salah satu tantangan terbesar bagi penyandang tunanetra dalam menjalani aktivitas sehari-hari. Keterbatasan penglihatan membuat mereka kesulitan mendeteksi rintangan di sekitarnya, yang meningkatkan risiko cedera. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan tongkat pintar berbasis ESP32 yang dilengkapi dengan sensor ultrasonik untuk membantu mobilitas penyandang tunanetra. Sistem ini menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi jarak objek dan memberikan peringatan dini kepada pengguna melalui buzzer yang ritmenya bervariasi tergantung pada kedekatan objek. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi desain dan pengembangan sistem perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian langsung pada pengguna tunanetra. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi rintangan dengan akurasi 95% pada jarak hingga 200 cm, dan memberikan respons yang sesuai berdasarkan jarak objek yang terdeteksi. Selain itu, prototipe ini juga hemat energi, memungkinkan penggunaan dalam waktu yang lama tanpa perlu sering mengisi daya. Penelitian ini memberikan solusi praktis untuk meningkatkan kemandirian dan keselamatan penyandang tunanetra dalam aktivitas sehari-hari, dengan potensi pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi deteksi dan kenyamanan pengguna.

Kata kunci: ESP32, sensor ultrasonik, tongkat pintar, mobilitas tunanetra, peringatan dini.

1. LATAR BELAKANG

Mobilitas merupakan tantangan utama bagi penyandang tunanetra dalam menjalani aktivitas sehari-hari. Keterbatasan penglihatan sering kali menyebabkan kesulitan dalam mendeteksi rintangan yang ada di sekitar mereka, sehingga meningkatkan risiko cedera. Menurut data dari World Health Organization (WHO), sekitar 2,2 miliar orang di dunia mengalami gangguan penglihatan, di mana sebagian besar dari mereka mengalami kesulitan dalam bergerak secara mandiri (WHO, 2019). Oleh karena itu, kebutuhan akan alat bantu yang efektif dan terjangkau menjadi sangat penting.

Blind stick atau tongkat pintar adalah salah satu inovasi yang dapat membantu penyandang tunanetra untuk meningkatkan mobilitas mereka. Dengan memanfaatkan perkembangan teknologi Internet of Things (IoT), perangkat ini dapat dilengkapi dengan berbagai sensor dan komponen elektronik untuk mendeteksi rintangan di sekitarnya. Salah satu komponen utama yang digunakan dalam perancangan ini adalah ESP32, sebuah mikrokontroler yang mendukung konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth serta memiliki kemampuan pemrosesan data yang cepat.

Dalam penelitian ini, sistem blind stick dirancang menggunakan ESP32 yang terintegrasi dengan sensor ultrasonik untuk mendeteksi jarak objek di sekitar pengguna. Sensor ini akan mengukur jarak antara tongkat dan rintangan, kemudian memberikan peringatan berupa bunyi buzzer jika rintangan terdeteksi dalam jarak tertentu. Dengan menggunakan breadboard dan kabel jumper untuk menghubungkan komponen, alat ini dapat dirakit dengan fleksibilitas yang tinggi dan biaya yang terjangkau.

Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan solusi praktis dan efektif untuk meningkatkan kemandirian dan keselamatan penyandang tunanetra dalam aktivitas sehari-hari. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa penggunaan sensor ultrasonik dalam alat bantu mobilitas dapat meningkatkan akurasi deteksi rintangan serta memberikan respons yang cepat dan real-time (Rahman et al., 2021). Dengan demikian, implementasi teknologi ini diharapkan dapat memberikan dampak positif dalam meningkatkan kualitas hidup penyandang tunanetra.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini berfokus pada pengembangan dan implementasi teknologi berbasis ESP32 dengan sensor ultrasonik untuk mendukung mobilitas penyandang tunanetra (Rahman & Wibowo 2021). Penelitian dilakukan dengan pendekatan kuantitatif dan eksperimen, dimulai dari identifikasi kebutuhan pengguna hingga pengujian perangkat yang dirancang. Studi literatur dari penelitian serupa terkait alat bantu tunanetra juga dilakukan untuk menentukan celah penelitian dan pendekatan yang lebih inovatif (Firmansyah & Susanti 2020).

A. Desain dan Pengembangan Sistem

Penelitian ini menggunakan metode rekayasa perangkat keras dan lunak. Proses awal dimulai dengan desain sistem yang mencakup komponen ESP32 sebagai kontrol utama, sensor ultrasonik untuk deteksi jarak, serta buzzer dan motor getar sebagai output

(Rahman & Wibowo 2021). Desain perangkat lunak dibuat menggunakan pemrograman Arduino IDE untuk mengintegrasikan seluruh komponen perangkat keras. Prototipe awal kemudian diujicobakan di laboratorium untuk memastikan sistem berfungsi sesuai spesifikasi (Putri & Nugraha 2022).

a) Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui pengujian langsung terhadap prototipe alat. Subjek uji terdiri dari individu penyandang tunanetra yang dipilih melalui purposive sampling (Surya & Hidayat 2019). Data meliputi efektivitas deteksi objek oleh sensor ultrasonik, tingkat respon output (buzzer dan getaran), serta masukan dari pengguna mengenai kenyamanan dan kemudahan penggunaan alat.

b) Pengujian dan Analisis Data

Pengujian dilakukan dalam lingkungan terkontrol dan simulasi dunia nyata, seperti di dalam ruangan dan area luar ruangan. Pengujian melibatkan evaluasi akurasi deteksi sensor dalam jarak tertentu, kecepatan respon sistem, serta ketahanan perangkat (Santoso & Setiawan 2020). Analisis data dilakukan dengan metode statistik deskriptif untuk mengukur performa alat, dan dilakukan uji signifikan terhadap masukan pengguna untuk menilai keberhasilan implementasi (Firmansyah & Susanti 2020).

c) Pengembangan Iteratif

Berdasarkan hasil pengujian awal, perangkat diperbaiki untuk mengatasi kelemahan yang ditemukan, seperti sensitivitas sensor dalam kondisi cahaya tertentu atau respons output yang kurang optimal. Pendekatan iteratif ini memastikan perangkat yang dikembangkan memiliki tingkat keandalan dan kenyamanan yang tinggi bagi pengguna akhir (Putri & Nugraha 2022).

B. Evaluasi Dan Kesimpulan

a) Studi Kelayakan Teknis dan Ergonomi

Sebelum mengembangkan prototipe, dilakukan analisis kelayakan teknis untuk memastikan bahwa teknologi yang digunakan, seperti ESP32 dan sensor ultrasonik, sesuai dengan kebutuhan dan lingkungan pengguna (Sari & Hidayat 2020). Studi ini juga mencakup kelayakan ekonomi, untuk menilai apakah perangkat dapat diproduksi dengan biaya terjangkau.

b) Metode Co-Design dengan Pengguna

Melibatkan penyandang tunanetra dalam proses desain sejak awal. Ini memastikan alat yang dirancang sesuai dengan kebutuhan dan preferensi pengguna akhir (Rahayu & Wibisono 2019). Pendekatan ini melibatkan sesi brainstorming, prototyping cepat, dan pengujian langsung oleh pengguna untuk mendapatkan umpan balik selama pengembangan.

c) Validasi Sistem dengan Simulasi

Sebelum uji coba langsung, simulasi komputer dilakukan untuk memvalidasi algoritma kontrol yang digunakan pada ESP32, seperti respons sistem terhadap data dari sensor ultrasonik (Firmansyah & Setyawan 2021). Hal ini membantu mengidentifikasi masalah potensial tanpa risiko terhadap pengguna.

d) Studi Literatur dan Meta-Analisis

Melakukan analisis mendalam terhadap penelitian-penelitian serupa untuk menemukan gap penelitian, tren teknologi terkini, serta tantangan umum dalam pengembangan alat bantu untuk tunanetra (Surya & Pratama 2020).

e) Metode Pengukuran Ergonomi

Penelitian juga bisa melibatkan uji ergonomi untuk memastikan desain fisik alat, seperti ukuran, bobot, dan cara pengoperasiannya, cocok untuk penyandang tunanetra (Nugraha & Santoso 2021). Metode ini menggunakan alat pengukur ergonomi dan survei pengguna untuk mengumpulkan data.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Sistem

Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe tongkat pintar berbasis ESP32 dengan sensor ultrasonik memiliki kinerja yang sangat baik dalam mendeteksi rintangan dan memberikan peringatan dini kepada pengguna. Sensor ultrasonik mampu mendeteksi rintangan dengan tingkat akurasi rata-rata 95% pada jarak hingga 200 cm. Sistem memberikan respons melalui buzzer dengan ritme yang bervariasi sesuai jarak rintangan: semakin dekat rintangan, semakin cepat frekuensi bunyi buzzer. Pada jarak lebih dari 200 cm, sistem tidak memberikan peringatan karena dianggap aman, sedangkan pada jarak 0–10 cm, buzzer berbunyi sangat cepat sebagai peringatan bahaya langsung. Selain itu, pengujian menunjukkan bahwa perangkat memiliki efisiensi daya yang baik, memungkinkan penggunaan dalam jangka waktu yang lama tanpa perlu sering diisi

ulang. Meskipun efektif, beberapa kendala seperti keterbatasan sensor dalam mendeteksi objek transparan dan keterbatasan buzzer di lingkungan bising juga teridentifikasi, yang dapat diatasi dengan pengembangan tambahan seperti penggunaan sensor inframerah dan opsi headset untuk notifikasi.

a) Jarak Deteksi Rintangan

Sistem Smart Blind Stick menggunakan sensor ultrasonik yang diatur untuk mendeteksi rintangan dalam beberapa kategori jarak:

Tabel 1. Pengaturan dan Hasil Uji Jarak Sensor Ultrasonik

Jarak (cm)	Frekuensi Buzzer (Hz)	Durasi Suara (ms)	Durasi Jeda (ms)	Keterangan
> 200	-	-	-	Tidak ada suara
150 - 200	500	500	500	Suara lambat
100 - 150	800	300	300	Suara normal
50 - 100	1000	200	200	Suara lebih cepat
20 - 50	1300	100	100	Suara agak cepat
10 - 20	1500	70	70	Suara cepat
0 - 10	1700	50	50	Suara sangat cepat

Sumber: Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Dari pengujian, sensor ultrasonik bekerja dengan akurasi rata-rata 95% dalam mendeteksi rintangan pada jarak hingga 200 cm. Pada jarak kurang dari 5 cm, sistem memberikan respons cepat untuk peringatan dini.

b) Respon Sistem

Berikut adalah hasil pengamatan respons sistem berdasarkan kategori jarak:

Tabel 2. Pengujian Respon Sistem

Kategori	Ritme	Jeda Ritme
> 200 cm	Tidak ada suara karena dirasa aman.	-
150 - 200 cm	Ritme sangat lama karena dirasa masih aman.	500 ms
100 - 150 cm	Ritme jeda cukup lama, pengguna diharap berhati-hati.	300 ms
50 - 100 cm	Ritme bertambah sedikit cepat pengguna diharapkan agar bersiap siap.	200 ms
20 - 50 cm	Ritme bertambah cepat pengguna diharapkan agar bersiap siap akan rintangan yang akan dilalui.	100 ms
10 - 20 cm	Ritme semakin cepat pengguna diharapkan menghindari jalan tersebut, atau berhenti.	70 ms
0 - 10 cm	Ritme akan sangat cepat menandakan bahaya di depan pengguna, pengguna dianjurkan untuk berhenti.	50 ms

Sumber: Hasil Pengujian Sistem

Uji coba menunjukkan bahwa respons sistem sangat baik dalam memberikan peringatan kepada pengguna berdasarkan tingkat bahaya yang dihadapi. Pengaturan ritme buzzer membantu pengguna memahami situasi di sekitar mereka tanpa harus melihat atau meraba alat, sehingga sangat memudahkan mobilitas.

c) Penggunaan Energi

Penggunaan energi pada prototipe ini diuji dengan menggunakan power bank sebagai sumber daya portabel. Hasilnya menunjukkan bahwa konsumsi daya sistem cukup efisien selama operasi normal. Dengan efisiensi daya yang baik, sistem dapat bekerja secara portabel untuk waktu yang cukup lama tanpa sering membutuhkan pengisian ulang daya. Hal ini menjadikan Smart Blind Stick nyaman digunakan dalam aktivitas sehari-hari oleh pengguna.

B. Pembahasan

Tongkat pintar berbasis ESP32 dengan sensor ultrasonik yang dikembangkan dalam penelitian ini memberikan solusi efektif untuk mendukung mobilitas penyandang tunanetra. Dengan mengintegrasikan teknologi Internet of Things (IoT), sistem ini mampu mendeteksi rintangan dengan akurasi tinggi hingga 95% pada jarak maksimal 200 cm, serta memberikan peringatan dini melalui buzzer dengan ritme yang bervariasi

sesuai jarak rintangan. Penggunaan sensor ultrasonik memungkinkan deteksi rintangan secara real-time, sementara desain prototipe yang hemat energi memungkinkan pengguna untuk memanfaatkan perangkat dalam waktu yang lama tanpa sering mengisi daya.

Namun, beberapa kendala ditemukan, seperti keterbatasan sensor ultrasonik dalam mendeteksi objek transparan seperti kaca dan kurangnya efektivitas buzzer di lingkungan bising. Solusi yang diusulkan meliputi penambahan sensor inframerah atau LIDAR untuk meningkatkan akurasi deteksi, serta integrasi headphone atau headset untuk memberikan notifikasi audio yang lebih personal. Proses pengembangan menggunakan metode iteratif dan melibatkan penyandang tunanetra sejak awal, sehingga prototipe yang dihasilkan lebih sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Penelitian ini membuktikan potensi teknologi modern dalam mendukung disabilitas, khususnya tunanetra, untuk menjalani aktivitas sehari-hari dengan lebih aman dan mandiri. Dengan berbagai rekomendasi pengembangan, seperti peningkatan ergonomi desain dan pengujian di medan yang lebih bervariasi, tongkat pintar ini memiliki peluang besar untuk diadopsi secara luas dan memberikan dampak positif bagi masyarakat.

a) Efektifitas Sistem

Logika kerja yang diimplementasikan melalui kode program ESP32 telah terbukti efektif memberikan peringatan berbasis jarak. Penyesuaian ritme buzzer pada berbagai kategori jarak memberikan informasi yang intuitif bagi pengguna tunanetra.

b) Kendala Dalam Sistem

1. Sensor ultrasonik kurang akurat untuk mendeteksi permukaan transparan seperti kaca. Solusi yang diusulkan adalah dengan menambahkan sensor inframerah untuk melengkapi deteksi.
2. Keterbatasan buzzer, untuk lingkungan yang bising kurang efektif karena bisa saja tidak terdengar oleh pengguna dan untuk di lingkungan yang sedang mengadakan acara yang dirasa jangan mengeluarkan suara dikhawatirkan mengganggu. Solusi yang diusulkan adalah dengan menambahkan dengan menambahkan opsi headphone atau headset.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa Smart Blind Stick berbasis ESP32 dan sensor ultrasonik dapat mendeteksi rintangan dengan akurasi 95% pada jarak maksimal 200 cm dan memberikan peringatan melalui buzzer yang intensitasnya meningkat sesuai dengan kedekatan rintangan. Alat ini hemat energi dan dapat digunakan dalam waktu lama tanpa sering mengisi daya. Namun, ada kekurangan, seperti ketidakmampuan sensor ultrasonik mendeteksi permukaan transparan, yang bisa diatasi dengan sensor inframerah atau LIDAR. Selain itu, buzzer kurang efektif di lingkungan bising, sehingga disarankan untuk menambahkan headphone atau headset. Meskipun demikian, prototipe ini menunjukkan potensi untuk meningkatkan kemandirian penyandang tunanetra. Rekomendasi pengembangan mencakup desain lebih ergonomis dan uji coba di berbagai medan untuk meningkatkan adopsi. Penelitian ini juga menunjukkan potensi teknologi IoT dalam mendukung disabilitas dan membuka peluang inovasi lebih lanjut.

Penelitian ini memiliki beberapa kekurangan yang perlu diperbaiki melalui pengembangan lebih lanjut. Salah satu masalah utama adalah keterbatasan sensor ultrasonik dalam mendeteksi objek transparan, yang dapat diatasi dengan menambahkan sensor inframerah atau LIDAR untuk meningkatkan akurasi deteksi. Untuk peringatan di lingkungan bising, sistem output dapat dikembangkan menjadi multimodal dengan menggabungkan buzzer, motor getar, dan notifikasi audio melalui headphone atau headset. Meskipun perangkat sudah cukup efisien dalam konsumsi daya, penggunaan modul hemat energi atau algoritma manajemen daya yang lebih optimal perlu dieksplorasi untuk memperpanjang durasi penggunaan. Peningkatan akurasi deteksi pada jarak dekat dapat dicapai dengan sensor beresolusi lebih tinggi atau filter data untuk meningkatkan stabilitas. Sistem kalibrasi otomatis juga disarankan untuk menjaga performa perangkat di berbagai kondisi lingkungan. Pengujian lapangan di medan yang lebih beragam, seperti area perkotaan atau medan tidak rata, juga penting untuk menguji keandalan perangkat. Terakhir, perbaikan desain ergonomis diperlukan agar perangkat lebih ringan, nyaman, dan mudah digunakan oleh penyandang tunanetra, dengan fokus pada bahan yang ergonomis dan desain yang kompak.

DAFTAR REFERENSI

- Dewata, H. C., & Pratama, F. (n.d.). Alat bantu jalan tunanetra menggunakan sensor ultrasonik. *Jurnal Teknologi dan Sistem*, 5(2), 123–130.
<https://doi.org/10.47970/siskom-kb.v7i1.452>
- Firmansyah, F., & Setyawan, B. (2021). Simulasi sistem deteksi ultrasonik pada alat bantu berbasis IoT. *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi*, 9(1), 45–54.
- Nugraha, R., & Santoso, D. (2021). Evaluasi ergonomi dalam desain alat bantu mobilitas untuk tunanetra. *Jurnal Teknik Industri*, 15(3), 67–78.
- Putri, A., & Nugraha, R. (2022). Rancang bangun tongkat elektronik untuk penyandang tunanetra berbasis microcontroller. *Jurnal Ilmiah Teknik Informatika*, 10(4), 89–97.
- Rahayu, P., & Wibisono, A. (2019). Pendekatan co-design dalam pengembangan teknologi assistive untuk disabilitas. *Jurnal Desain Produk Indonesia*, 6(2), 95–103.
- Rahman, M., & Wibowo, S. (2021). Desain tongkat pintar berbasis Arduino untuk penyandang disabilitas netra. *Jurnal Elektronika dan Robotika Indonesia*, 9(1), 55–63.
- Santoso, A., & Setiawan, H. (2020). Sistem peringatan dini untuk tunanetra berbasis IoT. *Jurnal Teknologi dan Komunikasi*, 8(2), 233–241.
- Sari, E., & Hidayat, T. (2020). Analisis kelayakan teknis dan ekonomi pengembangan alat bantu tunanetra berbasis Arduino. *Jurnal Teknologi Elektro*, 12(3), 78–85.
- Surya, D., & Hidayat, T. (2019). Implementasi sensor ultrasonik pada alat bantu tunanetra. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Andalas*, 6(2), 112–120.
- Surya, D., & Pratama, R. (2020). Meta-analisis alat bantu untuk tunanetra berbasis teknologi modern di Indonesia. *Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, 7(4), 112–123.