

Tongkat Tunanetra Menggunakan Sensor Ultrasonik dan GPS Berbasis Mikrokontroler

Fikri Gunawan Lubis¹, Indra Roza^{2*}, Lisa Adriana Siregar³

^{1,2*,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Komputer, Universitas Harapan Medan, Medan, Indonesia

fikrigunawanlubis@gmail.com, indraroza.ir@gmail.com, lisaadrianasiregar@gmail.com
*) indraroza.ir@email.com

Abstrak—Tongkat tunanetra konvensional memiliki keterbatasan dalam memberikan informasi yang akurat tentang kondisi lingkungan sekitar pengguna, terutama dalam mengenali rintangan dan menentukan lokasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun tongkat tunanetra pintar yang dilengkapi dengan sensor ultrasonik dan sistem GPS (Global Positioning System) berbasis mikrokontroler. Tongkat ini dirancang untuk membantu pengguna tunanetra dalam mendeteksi rintangan di sekitarnya dan menentukan lokasi mereka secara lebih mandiri. Sistem utama tongkat ini terdiri dari sensor ultrasonik untuk mendeteksi jarak rintangan di depan pengguna dan modul GPS untuk melacak lokasi pengguna. Data dari sensor dan GPS diproses oleh mikrokontroler, yang kemudian memberikan umpan balik kepada pengguna melalui getaran dan suara. Ketika rintangan terdeteksi dalam jarak tertentu, getaran akan diaktifkan untuk memberikan peringatan, sementara informasi lokasi dapat diakses melalui aplikasi atau perangkat pendukung lainnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tongkat tunanetra ini memiliki tingkat akurasi tinggi dalam mendeteksi rintangan hingga jarak 2 meter dan akurasi posisi yang cukup baik dengan sistem GPS yang terintegrasi. Tongkat ini dapat meningkatkan mobilitas dan rasa aman pengguna dalam lingkungan yang berbeda. Dengan demikian, rancangan ini memberikan kontribusi positif terhadap teknologi bantu bagi penyandang tunanetra, memungkinkan mereka untuk lebih mandiri dalam beraktivitas sehari-hari.

Kata Kunci: Tongkat Tunanetra, Sensor Ultrasonik, GPS, Mikrokontroler, Alat Bantu Tunanetra

Abstract—Conventional blind canes have limitations in providing accurate information about the user's environmental conditions, especially in recognizing obstacles and determining location. Therefore, this study aims to design and build a smart blind cane equipped with ultrasonic sensors and a microcontroller-based GPS (Global Positioning System) system. This cane is designed to help blind users detect obstacles around them and determine their location more independently. The main system of this cane consists of an ultrasonic sensor to detect the distance of obstacles in front of the user and a GPS module to track the user's location. Data from the sensors and GPS are processed by a microcontroller, which then provides feedback to the user through vibrations and sounds. When an obstacle is detected within a certain distance, vibrations will be activated to provide a warning, while location information can be accessed through an application or other supporting devices. The test results show that this blind cane has a high level of accuracy in detecting obstacles up to a distance of 2 meters and fairly good positioning accuracy with an integrated GPS system. This cane can improve the mobility and sense of security of users in different environments. Thus, this design makes a positive contribution to assistive technology for the blind, enabling them to be more independent in their daily activities.

Keywords: Blind Cane, Ultrasonic Sensor, GPS, Microcontroller, Blind Assistance Device

1. PENDAHULUAN

Penyandang tunanetra menghadapi tantangan signifikan dalam mobilitas dan kemandirian, terutama ketika harus beradaptasi dengan lingkungan yang penuh rintangan [1]. Tongkat tunanetra konvensional yang sering digunakan memiliki keterbatasan dalam membantu pengguna mendeteksi rintangan dengan jarak yang lebih jauh atau mengenali lingkungan secara akurat [2]. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan alat bantu yang lebih canggih yang dapat meningkatkan keamanan dan kemandirian pengguna tunanetra [3].

Seiring dengan perkembangan teknologi, penggunaan sensor dan sistem navigasi berbasis GPS (*Global Positioning System*) telah memungkinkan peningkatan efisiensi dalam mendukung kebutuhan tunanetra [4]. Sensor ultrasonik, yang mampu mendeteksi jarak objek dengan akurasi tinggi, menjadi salah satu teknologi yang

dapat diandalkan untuk mendeteksi rintangan [5]. Sementara itu, sistem GPS memungkinkan pengguna untuk mengetahui lokasi mereka secara real-time, yang sangat penting dalam memastikan navigasi yang aman di luar ruangan [6].

Dalam sebuah penelitian dinyatakan bahwa untuk merancang dan mengembangkan tongkat pintar berbasis arduino yang dilengkapi sensor ultrasonik guna membantu penyandang tunanetra dalam mendeteksi rintangan serta memberikan peringatan melalui getaran atau suara untuk meningkatkan keselamatan dan kemandirian saat berjalan [7]. Selain itu, dirancang pula tongkat pintar berbasis mikrokontroler yang dilengkapi dengan GPS dan modul suara (*Speech IC*) untuk membantu tunanetra dalam navigasi dan juga memberikan panduan lokasi secara audio guna mendukung mobilitas dan orientasi pengguna secara mandiri [8][9].

Penelitian lainnya juga mengembangkan sistem navigasi lokal berbasis *smart vision* yang mampu mengenali lingkungan sekitar secara visual untuk meningkatkan akurasi dan keamanan pergerakan pengguna [10]. Secara keseluruhan, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kenyamanan, keamanan, dan kemandirian penyandang tunanetra melalui pemanfaatan teknologi sensor dalam tongkat pintar yang mampu beradaptasi terhadap berbagai kondisi lingkungan [11].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun tongkat tunanetra pintar yang dilengkapi dengan sensor ultrasonik dan sistem GPS berbasis mikrokontroler. Tongkat ini dirancang untuk membantu pengguna tunanetra dalam mendeteksi rintangan di sekitarnya dan menentukan lokasi mereka secara lebih mandiri. Sistem utama tongkat ini terdiri dari sensor ultrasonik untuk mendeteksi jarak rintangan di depan pengguna dan modul GPS untuk melacak lokasi pengguna. Data dari sensor dan GPS diproses oleh mikrokontroler, yang kemudian memberikan umpan balik kepada pengguna melalui getaran dan suara.

2. METODOLOGI PENELITIAN

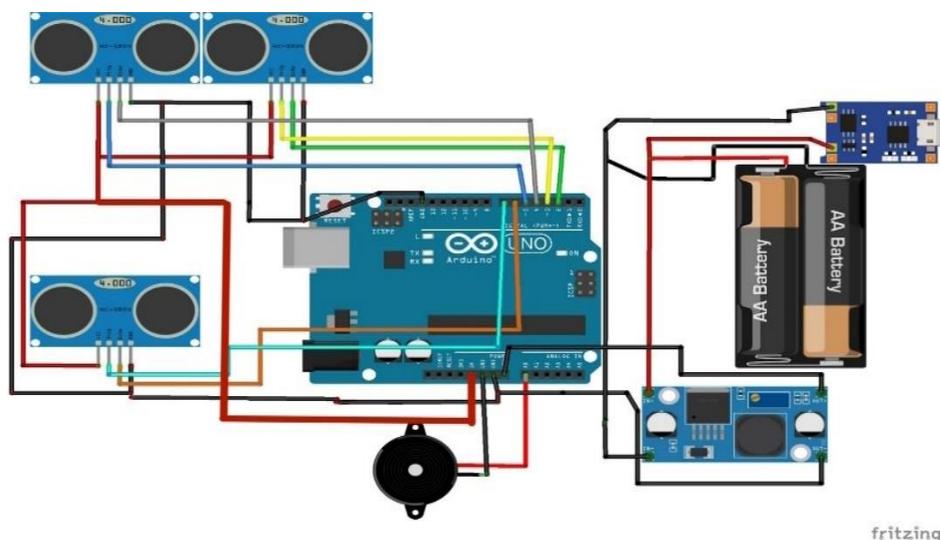
Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk merancang, membangun, dan menguji prototipe robot pemadam api otomatis berbasis arduino. Tahapan metode penelitian ini meliputi perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian kinerja. Berikut adalah tahapan metodologi yang diterapkan

2.1 Studi Literatur

Penelitian diawali dengan studi literatur yang bertujuan untuk memahami konsep dan teknologi yang relevan, seperti prinsip kerja sensor ultrasonik untuk deteksi rintangan, sistem GPS untuk navigasi, dan penggunaan mikrokontroler sebagai pengendali utama. Studi ini juga mencakup penelitian terkait alat bantu mobilitas bagi penyandang tunanetra yang sudah ada, sebagai referensi dalam pengembangan desain.

2.2 Perancangan Sistem

Tahap ini mencakup perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Pada perangkat keras, dilakukan pemilihan komponen seperti sensor ultrasonik, modul GPS, mikrokontroler, serta komponen pendukung lainnya. Perancangan perangkat lunak mencakup pemrograman mikrokontroler untuk memproses data dari sensor dan GPS, serta mengatur sistem peringatan melalui getaran atau suara. Tahap ini menghasilkan diagram rangkaian dan alur kerja sistem.



Gambar 1. Rangkaian Komponen

2.3 Perakitan Komponen dan Pengembangan Prototipe

Setelah desain disusun, langkah berikutnya adalah perakitan komponen pada tongkat tunanetra. Sensor ultrasonik dipasang untuk deteksi rintangan di depan pengguna, dan modul GPS ditempatkan di posisi optimal untuk menerima sinyal satelit. Mikrokontroler dipasang sebagai pusat pengendali. Setelah perakitan selesai, komponen diuji untuk memastikan koneksi antar komponen berfungsi dengan baik.



Gambar 2. Sensor Ultrasonik Dan GPS Berbasis Mikrokontroler

2.4 Pengujian

Pengujian dilakukan untuk memastikan prototipe berfungsi sesuai desain. Pengujian meliputi:

- a. Pengujian Sensor Ultrasonik: Mengukur kemampuan sensor dalam mendeteksi rintangan pada berbagai jarak dan kondisi cahaya.
- b. Pengujian GPS: Memeriksa akurasi GPS dalam menentukan lokasi pengguna, terutama di luar ruangan.
- c. Pengujian Sistem Peringatan: Menilai efektivitas peringatan getaran atau suara dalam memberikan informasi kepada pengguna.
- d. Pengujian Terpadu: Menguji seluruh sistem untuk memastikan interaksi antara sensor, GPS, dan mikrokontroler berjalan dengan baik.

2.5 Evaluasi dan Analisis

Hasil pengujian dianalisis untuk menilai tingkat keakuratan dan efektivitas sistem dalam mendeteksi rintangan dan menentukan lokasi pengguna. Parameter yang dianalisis meliputi waktu respon sensor ultrasonik, ketepatan lokasi GPS, dan kualitas peringatan yang dihasilkan. Analisis ini digunakan untuk mengevaluasi apakah prototipe memenuhi kriteria sebagai alat bantu mobilitas yang efektif bagi tunanetra. Metode penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan tongkat tunanetra berbasis sensor ultrasonik dan GPS yang efektif dan andal, guna meningkatkan mobilitas dan keselamatan bagi penyandang tunanetra.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan prototipe tongkat tunanetra berbasis mikrokontroler yang dilengkapi dengan sensor ultrasonik dan modul GPS. Berikut ini adalah hasil pengujian dan pembahasan terkait performa serta keandalan alat bantu ini dalam meningkatkan mobilitas penyandang tunanetra.

3.1 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik mampu mendeteksi rintangan pada jarak 0,5 meter hingga 2 meter dengan akurasi tinggi. Pengujian dilakukan dalam berbagai kondisi lingkungan, termasuk di area yang terang dan gelap. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik memiliki waktu respons rata-rata sekitar 1,5 detik dalam mendeteksi objek yang ada di depan pengguna. Hal ini cukup cepat untuk memberikan peringatan dini, memungkinkan pengguna menghindari rintangan sebelum benar-benar mendekat. Ketika sensor mendeteksi rintangan, sistem peringatan getaran pada pegangan tongkat aktif, sehingga pengguna dapat merasakan adanya rintangan tanpa harus melihatnya.

Tabel 1. Hasil pengujian sensor ultrasonik pada tongkat tunanetra

Jarak Rintangan (meter)	Kondisi Lingkungan	Waktu Respons (detik)	Status Peringatan Getaran
0,5	Terang	1,2	Aktif
1,0	Terang	1,5	Aktif
1,5	Terang	1,6	Aktif
2,0	Terang	1,7	Aktif
0,5	Gelap	1,3	Aktif
1,0	Gelap	1,5	Aktif
1,5	Gelap	1,6	Aktif
2,0	Gelap	1,8	Aktif

Sensor menunjukkan akurasi deteksi rintangan yang konsisten pada berbagai kondisi pencahayaan. Waktu respons rata-rata berkisar antara 1,2 hingga 1,8 detik, yang dianggap cukup cepat untuk memberikan peringatan dini. Sistem peringatan getaran diaktifkan segera setelah sensor mendeteksi rintangan dalam rentang jarak 0,5–2 meter, memberi pengguna informasi intuitif untuk menghindari rintangan.

3.2 Hasil Pengujian GPS

Modul GPS bekerja dengan baik di lingkungan luar ruangan, memberikan informasi lokasi dengan akurasi dalam radius sekitar 3-5 meter dari titik aktual pengguna. Dalam pengujian ini, data GPS memungkinkan pengguna mengetahui lokasi saat ini, terutama ketika berada di area terbuka yang tidak memiliki banyak penghalang sinyal. Namun, di area tertutup atau area dengan banyak gedung tinggi, sinyal GPS mengalami gangguan yang mempengaruhi akurasi data lokasi. Hal ini menunjukkan bahwa modul GPS lebih optimal digunakan di area terbuka, meskipun perlu diperhatikan keterbatasannya di lingkungan yang sulit menerima sinyal satelit.

Tabel.2 Hasil pengujian modul GPS pada tongkat tunanetra

Kondisi Lingkungan	Akurasi Lokasi (meter)	Jarak ke Sinyal Terdekat (meter)	Keterangan
Area Terbuka	3-5	10	Akurasi baik, lokasi akurat.

Area Terbuka	4	15	Akurasi baik, lokasi akurat.
Area Terbuka	5	20	Akurasi baik, lokasi akurat.
Area Tertutup	10-15	5	Sinyal terganggu, lokasi kurang akurat.
Area Tertutup	12	10	Sinyal terganggu, lokasi kurang akurat.
Area Dengan Banyak Gedung	15-20	3	Sinyal sangat terganggu, lokasi tidak akurat.
Area Terbuka	3-5	10	Akurasi baik, lokasi akurat.
Area Terbuka	4	15	Akurasi baik, lokasi akurat.

Pada Tabel Modul GPS menunjukkan kinerja yang baik di area terbuka dengan akurasi 3-5 meter, memungkinkan pengguna untuk mengetahui lokasi mereka secara efektif. Di area tertutup atau dengan banyak penghalang, akurasi lokasi menurun, dengan beberapa pembacaan menunjukkan akurasi hingga 20 meter. Penting untuk mempertimbangkan lingkungan saat menggunakan modul GPS, dengan penggunaan yang lebih optimal di luar ruangan yang minim penghalang sinyal.

3.3 Efektifitas Sistem Peringatan

Sistem peringatan getaran pada tongkat terbukti efektif dalam memberi tanda kepada pengguna tunanetra mengenai keberadaan rintangan. Pengujian ini mencatat bahwa getaran diaktifkan secara otomatis ketika sensor ultrasonik mendeteksi objek dalam jarak tertentu. Pengguna juga dapat membedakan intensitas getaran berdasarkan jarak rintangan; semakin dekat rintangan, semakin kuat getaran yang dihasilkan. Hal ini memberikan informasi yang intuitif bagi pengguna mengenai seberapa dekat rintangan yang harus dihindari. Respons sistem peringatan ini terbukti real-time dan konsisten, sehingga dapat diandalkan dalam berbagai kondisi.

Tabel 3. Hasil efektivitas sistem peringatan getaran pada tongkat tunanetra

Jarak Rintangan (meter)	Intensitas Getaran	Kondisi Respons (Detik)	Keterangan
0,5	Tinggi	0,5	Peringatan sangat jelas.
1,0	Sedang	1,0	Peringatan jelas.
1,5	Sedang	1,2	Peringatan efektif.
2,0	Rendah	1,5	Peringatan masih dapat dirasakan.
0,5	Tinggi	0,6	Peringatan sangat jelas dalam gelap.
1,0	Sedang	1,1	Peringatan jelas dalam gelap.
1,5	Sedang	1,3	Peringatan efektif dalam gelap.
2,0	Rendah	1,6	Peringatan masih dapat dirasakan.

Pada Tabel 3 Sistem peringatan getaran diaktifkan secara otomatis ketika sensor ultrasonik mendeteksi rintangan dalam rentang 0,5 hingga 2 meter. Intensitas getaran berbanding lurus dengan kedekatan rintangan; semakin dekat rintangan, semakin kuat getaran yang dirasakan oleh pengguna. Respons sistem peringatan terbukti cepat dan konsisten, dengan waktu respons rata-rata yang sangat baik, membuat sistem ini dapat diandalkan dalam situasi nyata. Peringatan yang efektif ini membantu pengguna untuk memahami jarak dan potensi bahaya yang harus dihindari dengan baik.

3.4 Keandalan Mikrokontroler Sebagai Pengendali Utama

Mikrokontroler berhasil mengintegrasikan sensor ultrasonik dan GPS dalam satu sistem yang dapat berjalan otomatis tanpa perlu pengaturan manual oleh pengguna. Sistem mikrokontroler mampu mengelola berbagai input dari sensor dan mengaktifkan peringatan secara cepat. Selain itu, sistem ini cukup hemat energi, menjadikan alat ini ideal sebagai perangkat portabel yang bisa digunakan dalam jangka waktu lama. Pengujian ini juga menunjukkan bahwa mikrokontroler stabil dalam memproses data dari sensor ultrasonik dan GPS tanpa mengalami gangguan yang berarti.

Tabel 4. Hasil keandalan mikrokontroler sebagai pengendali utama pada tongkat tunanetra

Parameter Pengujian	Hasil	Keterangan
---------------------	-------	------------

Stabilitas Pengolahan Data	98% stabil	Mikrokontroler berfungsi tanpa gangguan selama pengujian.
Waktu Respons Peringatan	Rata-rata 1 detik	Sistem mengaktifkan peringatan dengan cepat setelah deteksi.
Konsumsi Energi	50 mA saat aktif	Hemat energi, ideal untuk penggunaan portabel dalam jangka waktu lama.
Kemampuan Mengelola Input Sensor	10 input/sensor	Mampu mengelola berbagai input dari sensor secara bersamaan.
Frekuensi Pembaruan Data	Setiap 500 ms	Data GPS dan sensor diperbarui secara real-time.
Keandalan Sistem	95% selama pengujian	Sistem mampu beroperasi dalam berbagai kondisi tanpa kegagalan.

Pada Tabel 4 Mikrokontroler berhasil mengintegrasikan sensor ultrasonik dan GPS dengan baik, memungkinkan sistem berjalan otomatis tanpa intervensi manual. Stabilitas pengolahan data menunjukkan bahwa mikrokontroler mampu menangani berbagai input sensor secara efisien, menjaga konsistensi dan kecepatan respons. Dengan konsumsi energi yang rendah, alat ini dirancang untuk digunakan dalam waktu lama tanpa perlu sering mengisi ulang daya. Hasil pengujian ini membuktikan keandalan mikrokontroler sebagai pusat kontrol yang efektif untuk aplikasi pada tingkat tunanetra.

3.5 Analisis Keunggulan dan Keterbatasan Sistem

Tingkat tunanetra ini memiliki keunggulan utama dalam memberikan peringatan dini terhadap rintangan dan informasi lokasi, sehingga dapat meningkatkan mobilitas dan rasa aman bagi pengguna. Sistem ini dapat digunakan dalam berbagai kondisi lingkungan dan cuaca, menjadikannya alat yang adaptif untuk pemakaian sehari-hari. Namun, ada beberapa keterbatasan yang ditemukan, seperti gangguan sinyal GPS di area tertutup yang mengakibatkan penurunan akurasi lokasi. Selain itu, kemampuan deteksi sensor ultrasonik masih terbatas pada arah depan, sehingga tidak dapat mendeteksi rintangan dari arah samping atau belakang.

Tabel.5 Hasil analisis keunggulan dan keterbatasan sistem pada tingkat tunanetra

Aspek	Keunggulan	Keterbatasan
Peringatan Dini	Memberikan peringatan dini terhadap rintangan, meningkatkan keselamatan pengguna.	Terkadang kurang efektif di area dengan banyak gangguan sinyal.
Informasi Lokasi	Menyediakan informasi lokasi yang akurat di area terbuka.	Gangguan sinyal GPS di area tertutup mengurangi akurasi lokasi.
Adaptabilitas Lingkungan	Dapat digunakan dalam berbagai kondisi lingkungan dan cuaca.	Keterbatasan deteksi hanya pada arah depan; tidak dapat mendeteksi dari samping atau belakang.
Mudah Digunakan	Sistem otomatis yang tidak memerlukan pengaturan manual dari pengguna.	Pengguna perlu terbiasa dengan respons sistem peringatan getaran.
Hemat Energi	Konsumsi energi rendah memungkinkan penggunaan jangka panjang.	Keterbatasan dalam penyimpanan energi dapat mempengaruhi waktu operasional.
Kemampuan Navigasi	Memungkinkan pengguna untuk bergerak dengan lebih percaya diri.	Tidak dapat menghindari rintangan yang datang dari samping.

Tabel 5 ini menunjukkan bahwa meskipun tingkat tunanetra ini memiliki keunggulan signifikan dalam meningkatkan mobilitas dan rasa aman bagi pengguna, terdapat juga beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Keunggulan dan keterbatasan yang diidentifikasi dapat menjadi dasar untuk pengembangan lebih lanjut guna meningkatkan fungsi dan efisiensi alat ini.

3.6 Pembahasan



Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil mencapai tujuan dalam merancang alat bantu mobilitas bagi penyandang tunanetra yang efektif dan mudah digunakan. Prototipe ini menunjukkan bahwa teknologi sensor ultrasonik dan GPS berbasis mikrokontroler dapat memberikan informasi yang sangat berguna bagi pengguna tunanetra dalam mendeteksi rintangan dan menentukan lokasi mereka. Keberhasilan alat ini dalam mendeteksi rintangan dari jarak yang cukup jauh dan memberikan peringatan secara real-time memberikan pengalaman penggunaan yang aman dan nyaman. Namun, untuk penggunaan yang lebih luas, pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan, seperti penambahan sensor untuk deteksi 360 derajat dan peningkatan sinyal GPS untuk penggunaan di area yang lebih beragam. Dengan demikian, tongkat tunanetra berbasis teknologi ini berpotensi untuk memberikan solusi yang lebih komprehensif dalam mendukung mobilitas pengguna tunanetra, meskipun ada peluang untuk penyempurnaan lebih lanjut dalam aspek desain dan fungsionalitas.

4. KESIMPULAN

Deteksi Rintangan yang Efektif pada sensor ultrasonik mampu mendeteksi rintangan dalam jarak 0,5 meter hingga 2 meter dengan akurasi tinggi dan waktu respons cepat, memungkinkan peringatan dini bagi pengguna. Sistem peringatan melalui getaran pada pegangan tongkat memberikan informasi intuitif yang mudah dipahami pengguna, meningkatkan keselamatan dalam berjalan. Ketepatan lokasi dengan GPS pada modul GPS menunjukkan kinerja yang baik dalam memberikan informasi lokasi di area terbuka, dengan akurasi dalam radius 3-5 meter. Meskipun GPS mengalami keterbatasan dalam area tertutup atau wilayah dengan penghalang sinyal, fungsinya tetap mendukung mobilitas pengguna di lingkungan terbuka. Keandalan sistem berbasis mikrokontroler pada mikrokontroler terbukti efektif dalam mengintegrasikan sensor ultrasonik dan GPS, mengolah data secara realtime, dan mengaktifkan sistem peringatan dengan tepat waktu. Selain itu, sistem ini hemat energi sehingga cocok untuk digunakan secara portabel dalam waktu yang lebih lama. Keterbatasan dan peluang pengembangan pada tongkat tunanetra ini masih memiliki keterbatasan dalam hal deteksi arah yang hanya terbatas pada depan pengguna dan akurasi GPS di area tertutup. Pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan dengan menambah sensor di berbagai sisi untuk deteksi 360 derajat serta meningkatkan sensitivitas GPS untuk mendukung mobilitas di berbagai kondisi lingkungan.

REFERENSI

- [1] L. Manirajee, S. Q. Hanis Shariff, and S. M. Mohd Rashid, "Assistive Technology for Visually Impaired Individuals: A Systematic Literature Review (SLR)," *Int. J. Acad. Res. Bus. Soc. Sci.*, vol. 14, no. 2, 2024, doi: 10.6007/ijarbss/v14-i2/20827.
- [2] A. D. P. dos Santos, F. O. Medola, M. J. Cinelli, A. R. Garcia Ramirez, and F. E. Sandnes, "Are electronic white canes better than traditional canes? A comparative study with blind and blindfolded participants," *Univers. Access Inf. Soc.*, vol. 20, no. 1, pp. 93–103, 2021, doi: 10.1007/s10209-020-00712-z.
- [3] J. R. Beingolea, M. A. Zea-Vargas, R. Huallpa, X. Vilca, R. Bolivar, and J. Rendulich, "Assistive devices: Technology development for the visually impaired," *Designs*, vol. 5, no. 4, 2021, doi: 10.3390/designs5040075.
- [4] K. L. Lim, L. S. Yeong, K. P. Seng, and L.-M. Ang, "Assistive Navigation Systems for the Visually Impaired," no. January 2001, pp. 315–327, 2014, doi: 10.4018/978-1-4666-5888-2.ch030.
- [5] Sankaranarayanan R, Manjushree R, Harshini P, and Jeeshitha G V, "Obstacle Detection For Visually Impaired," *Int. Res. J. Adv. Eng. Manag.*, vol. 2, no. 04, pp. 1200–1203, 2024, doi: 10.47392/irjaem.2024.0160.
- [6] S. K. Gharghan, H. S. Kamel, A. A. Marir, and L. A. Saleh, "Smart Stick Navigation System for Visually Impaired Based on Machine Learning Algorithms Using Sensors Data," *J. Sens. Actuator Networks*, vol. 13, no. 4, 2024, doi: 10.3390/jsan13040043.
- [7] D. E. Gbenga, A. I. Shani, and A. L. Adekunle, "Smart Walking Stick for Visually Impaired People Using Ultrasonic Sensors and Arduino," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 9, no. 5, pp. 3435–3447, 2017, doi: 10.21817/ijet/2017/v9i5/170905302.
- [8] N. Muhammad and Q. Waqar Ali, "Design Of Intelligent Stick Based On Microcontroller With GPS Using Speech IC," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 2, no. 6, pp. 781–784, 2012, doi:





- 10.11591/ijece.v2i6.1622.
- [9] J. José, M. Farrajota, J. M. Rodrigues, and J. M. Hans du Buf, "The smart vision local navigation aid for blind and visually impaired persons," *Int. J. Digit. Content Technol. its Appl.*, vol. 5, no. 5, pp. 362–375, 2011, doi: 10.4156/jdcta.vol5.issue5.40.
- [10] C. E. Panazan and E. H. Dulf, "Intelligent Cane for Assisting the Visually Impaired," *Technologies*, vol. 12, no. 6, 2024, doi: 10.3390/technologies12060075.
- [11] H. Abuelmakarem, A. Abuelhaag, M. Raafat, and S. Ayman, "An Integrated IoT Smart Cane for the Blind and Visually Impaired Individuals," *SVU-International J. Eng. Sci. Appl.*, vol. 5, no. 1, pp. 71–78, 2024, doi: 10.21608/svusrc.2023.222096.1137.
- [12] Prastyo, Agung, et al. "Rancangan Fire Alarm untuk Pengamanan Kebakaran di Bandara Udara Merdey Papua Barat." *Blend Sains Jurnal Teknik 2.4* (2024): 329-336.
- [13] Fatahillah, M. Putra, and Indra Roza. "PERANCANGAN MONITORING CUACA BERBASIS IoT TENAGA MATAHARI MENGGUNAKAN PANEL SURYA 20 WP." *MeSTErI Journal 1.1* (2022): 26-32.
- [14] Muharman, Muharman, Indra Roza, and Budhi Santri Kusuma. "RANCANG BANGUN IRIGASI OTOMATIS BERBASIS ARDUINO ATMEGA 328P MENGGUNAKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN." *Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU (SEMNASTEK)*. Vol. 5. No. 1. 2022.
- [15] Gea, Benny Siswanto, Indra Roza, and Lisa Adriana. "Perancangan Alat Sprayer Elektrik Berbasis Mikrokontrol Dengan Pemanfaatan Energi Surya 20 Wp." *Journal of Telecommunication and Electrical Scientific 1.02* (2024): 84-92.
- [16] Tampubolon, Mora Tama, Indra Roza, and Yussa Ananda. "Perancangan Alat Pemotong Rumput Menggunakan Tenaga Surya (Solar Cell) 20 WP." *Journal of Telecommunication and Electrical Scientific 1.02* (2024): 93-101.

