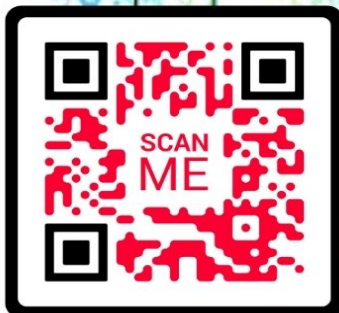


Table Of Content

Journal Cover	2
Author[s] Statement	3
Editorial Team	4
Article information	5
Check this article update (crossmark)	5
Check this article impact	5
Cite this article	5
Title page	6
Article Title	6
Author information	6
Abstract	6
Article content	7

ISSN (ONLINE) 2598-9936



INDONESIAN JOURNAL OF INNOVATION STUDIES
PUBLISHED BY
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO

Originality Statement

The author[s] declare that this article is their own work and to the best of their knowledge it contains no materials previously published or written by another person, or substantial proportions of material which have been accepted for the published of any other published materials, except where due acknowledgement is made in the article. Any contribution made to the research by others, with whom author[s] have work, is explicitly acknowledged in the article.

Conflict of Interest Statement

The author[s] declare that this article was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright Statement

Copyright © Author(s). This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors. The full terms of this licence may be seen at <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>

EDITORIAL TEAM

Editor in Chief

Dr. Hindarto, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Managing Editor

Mochammad Tanzil Multazam, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Editors

Fika Megawati, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Mahardika Darmawan Kusuma Wardana, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Wiwit Wahyu Wijayanti, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Farkhod Abdurakhmonov, Silk Road International Tourism University, Uzbekistan

Bobur Sobirov, Samarkand Institute of Economics and Service, Uzbekistan

Evi Rinata, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

M Faisal Amir, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Dr. Hana Catur Wahyuni, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Complete list of editorial team ([link](#))

Complete list of indexing services for this journal ([link](#))

How to submit to this journal ([link](#))

Article information

Check this article update (crossmark)



Check this article impact (*)



Save this article to Mendeley



(*) Time for indexing process is various, depends on indexing database platform

Smart Stick Revolutionizes Mobility for the Visually Impaired

Tongkat Pintar Merevolusi Mobilitas bagi Tunanetra

Moh. Alfian, alfian@umsida.ac.id, (0)

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Shazana Dhiya Ayuni, shazana@umsida.ac.id, (1)

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

⁽¹⁾ Corresponding author

Abstract

Visual impairment significantly hinders daily activities, necessitating innovative solutions. This study develops and tests a smart walking stick using NodeMCU ESP-8266, HCSR-04 ultrasonic sensor, DFPlayer, and GPS, monitored via the Blynk app. Employing a research and development approach, the device demonstrated 100% accuracy in obstacle detection and location tracking, providing real-time feedback through audio notifications and smartphone monitoring. This smart walking stick enhances mobility and safety for visually impaired users, representing a significant advancement in assistive technology.

Highlights:

Accurate Obstacle Detection: 100% accuracy with HCSR-04 ultrasonic sensor.

Real-time Monitoring: GPS tracking via Blynk app.

Enhanced Mobility: Increases safety and independence for visually impaired users.

Keywords: Visual impairment, Smart walking stick, Ultrasonic sensor, GPS tracking, IoT

Published date: 2024-06-11 00:00:00

Pendahuluan

Menurut pernyataan WHO, hampir sekitar 253 juta orang hidup sebagai penyandang disabilitas. Dari angka tersebut, sekitar 36 juta orang buta dan sisanya menderita sakit ringan hingga kecacatan ekstrim. Tunanetra adalah kata lain yang umumnya digunakan untuk menginterpretasikan keadaan seseorang yang mengalami kebutuhan khusus yaitu tidak berfungsinya indra visual atau penglihatan baik setengah maupun total. Seseorang yang memiliki gangguan indra penglihatan akan merasa kesulitan beraktivitas hingga tidak dapat merespon sebuah tangkapan visual yang mengakibatkan indra penglihat tidak dapat digunakan untuk melakukan aktivitas seperti menyebrang jalan secara aman [1] [2].

Berdasarkan data yang diambil pada tahun 2010, terdapat sebanyak 285 juta orang atau 4,24% populasi jika dalam hitungan persen, serta terdapat 0,58% atau 39 juta orang yang mengalami hilangnya fungsi penglihatan dan terdapat 3,65% atau 246 juta orang mengalami hilangnya fungsi penglihatan pada kelas *low vision*. Kemudian terdapat 65% orang dengan gangguan fungsi penglihatan dan yang terakhir 82% dari penyandang tuna netra yang berusia 50 tahun atau lebih [3], [4].

Kemajuan inovasi dalam bidang teknologi yang dapat membantu penyandang tuna netra agar dapat beraktivitas layaknya orang normal telah banyak beredar [5]. Inovasi tersebut diantaranya adalah tongkat pintar yang mampu mendeteksi rintangan yang ditemukan menggunakan sensor IR, kemudian tongkat akan bergetar sehingga pengguna dapat menghindari rintangan dengan mudah [6]. Inovasi tongkat pintar selanjutnya adalah menggunakan sensor HCSR-04 atau sensor ultrasonik yang bekerja dengan memanfaatkan sinyal pantulan yang diterima sensor untuk mendeteksi adanya halangan di sekitar pengguna. Jika terdapat halangan, maka tongkat akan mengeluarkan bunyi melalui modul suara [7].

Inovasi tongkat pintar yang terakhir adalah tongkat pintar yang dilengkapi dengan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi halangan, *GPS Tracker* sebagai pendeteksi lokasi pengguna, dan SMS sebagai pengirim notifikasi lokasi koordinat ke nomor yang telah ditentukan sebelumnya [8].

Penelitian yang dilakukan saat ini mengedepankan pembaruan dengan implementasi *GPS Tracker* (GPS UBLOX NEO-6M) dan teknologi *Internet of Things* (NodeMCU ESP-8266) pada tongkat pintar. Kedua pembaruan ini memungkinkan lokasi pengguna dapat dipantau secara *real-time* melalui *smartphone* yang telah dipasang aplikasi Blynk. NodeMCU ESP-8266 merupakan perangkat mikrokontroler yang memungkinkan pengguna untuk menambah konektivitas internet ke perangkat yang dibuat [9], [10]. Kemudian, sensor ultrasonic, yang merupakan sensor jarak, digunakan sebagai pendeteksi jarak objek yang menghalangi tongkat pintar dan menghambat laju pengguna [11], [12]. DFplayer sebagai output suara dengan fungsi sebagai alarm untuk memberitahu pengguna bahwa ada objek di sekitar tongkat [13], [14]. Modul powerbank digunakan sebagai sumber daya alat yang memiliki mobilitas tinggi, sehingga alat bisa dibawa kemanapun dan tetap aktif dilengkapi dengan modul GPS U-blox NEO-6M sebagai detector lokasi pengguna [15], [16]. Blynk sebagai aplikasi untuk monitoring lokasi secara *real-time* yang bisa diakses kapan saja dan dimana saja menggunakan koneksi internet [17], [18]. Dengan penerapan ini, lokasi pengguna tongkat pintar dapat diketahui oleh kerabat dengan mudah.

Metode

Metode penelitian yang digunakan adalah metode *research and development* dimana peneliti melakukan pengujian keakuratan pada sensor dan pengujian reliabilitas pada alat secara keseluruhan untuk mencapai hasil yang optimal dan sesuai dengan tujuan awal penelitian [19]. Tahapan dalam metode penelitian ini diantaranya:

1. Observasi dan Identifikasi Masalah: Melakukan pengamatan pada penyandang tuna netra khususnya mengenai masalah yang mereka alami dalam berjalan di jalanan umum.
2. Studi Literatur: Mengumpulkan serta menelaah beragam literatur yang relevan dengan tujuan penelitian seperti buku, jurnal, karya ilmiah, dan artikel dengan bahasan yang meliputi penggunaan dan cara kerja sensor HCSR-04, aplikasi Blynk, implementasi *GPS Tracker*, serta protokol *Internet of Things* yang terkandung dalam mikrokontroler NodeMCU ESP-8266.
3. Perancangan Desain dan Cara Kerja: Setelah melakukan studi literatur, Langkah selanjutnya adalah membuat desain dan cara kerja alat yang optimal dan sesuai dengan tujuan penelitian.
4. Pengujian Sensor dan Alat Secara Keseluruhan: Pengujian dilakukan untuk memastikan keakuratan pembacaan sensor HCSR-04 dalam membaca jarak, *GPS Tracker* dalam mendeteksi lokasi pengguna, dan Blynk sebagai *monitoring* koordinat pengguna.
5. Revisi dan Perbaikan Alat: Revisi serta perbaikan dilakukan setelah ditemukan adanya kekurangan yang bisa ditingkatkan demi mencapai hasil alat yang optimal.

A. Flowchart

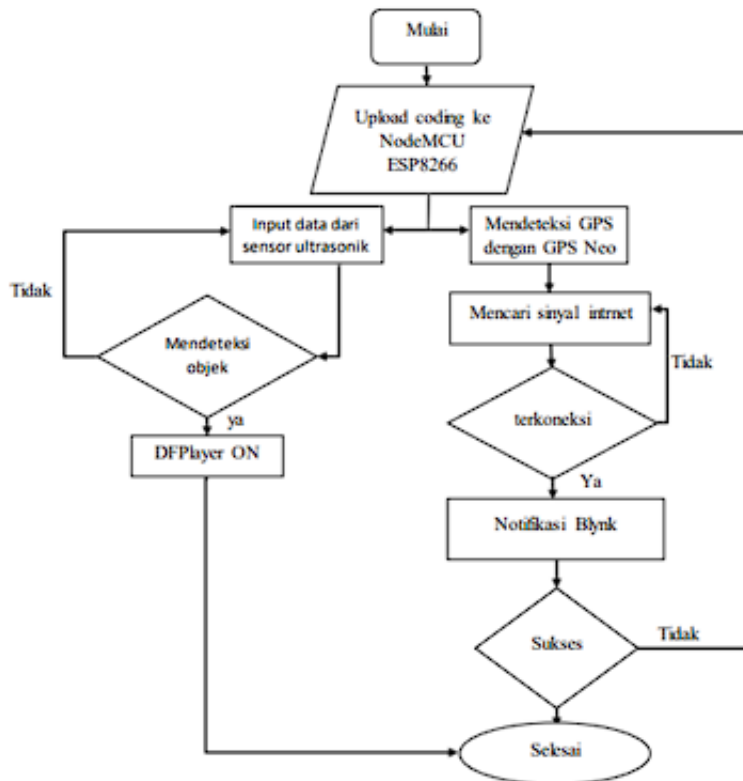


Figure 1. Flowchart Sistem

Mula-mula, pengguna menekan *switch* ON pada alat, lalu program yang ada pada mikrokontroler NodeMCU ESP-8266 akan bekerja setelah menerima input data dari sensor ultrasonik, dimana ketika sensor mendeteksi objek, maka DF Player akan mengeluarkan suara. Jika sensor tidak mendeteksi apapun, DF Player akan diam. Lalu data pembacaan GPS dari UBLOX NEO-6M akan terus dikirimkan ke aplikasi Blynk dengan menggunakan koneksi internet. Jika tidak dapat terhubung ke internet, maka sistem akan kembali mencari koneksi hingga berhasil. Setelahnya notifikasi akan muncul pada aplikasi Blynk berupa titik koordinat pengguna.

B. Blok diagram

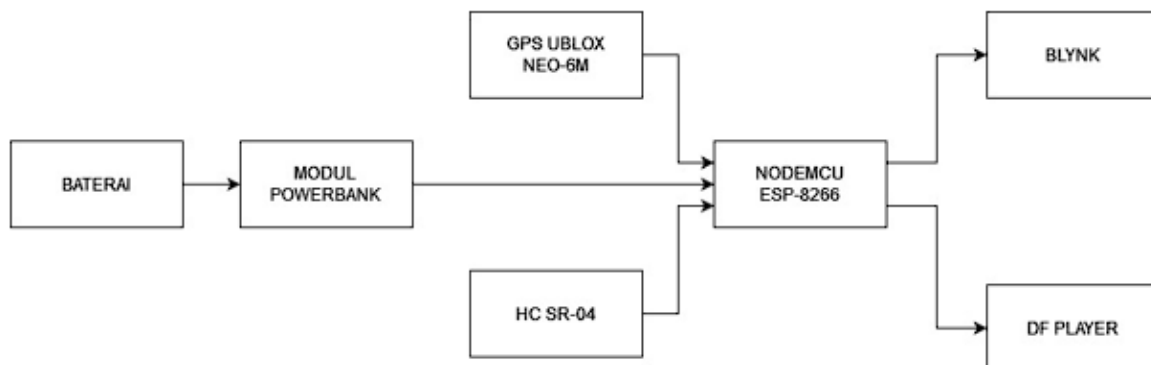


Figure 2. Blok Diagram

Tongkat pintar menggunakan baterai yang terhubung dengan modul *powerbank* sebagai sumber daya dari mikrokontroler NodeMCU ESP-8266, kemudian GPS U-blox NEO-6M berfungsi sebagai *GPS Tracker* dan sensor ultrasonik (HCSR-04) sebagai pendeteksi halangan dari tongkat. Output yang dihasilkan adalah bunyi dari DF Player ketika terdapat halangan di sekitar, serta Blynk sebagai *monitoring* koordinat pengguna yang dapat

dipantau secara *real-time* melalui *smartphone*.

C. Wiring diagram

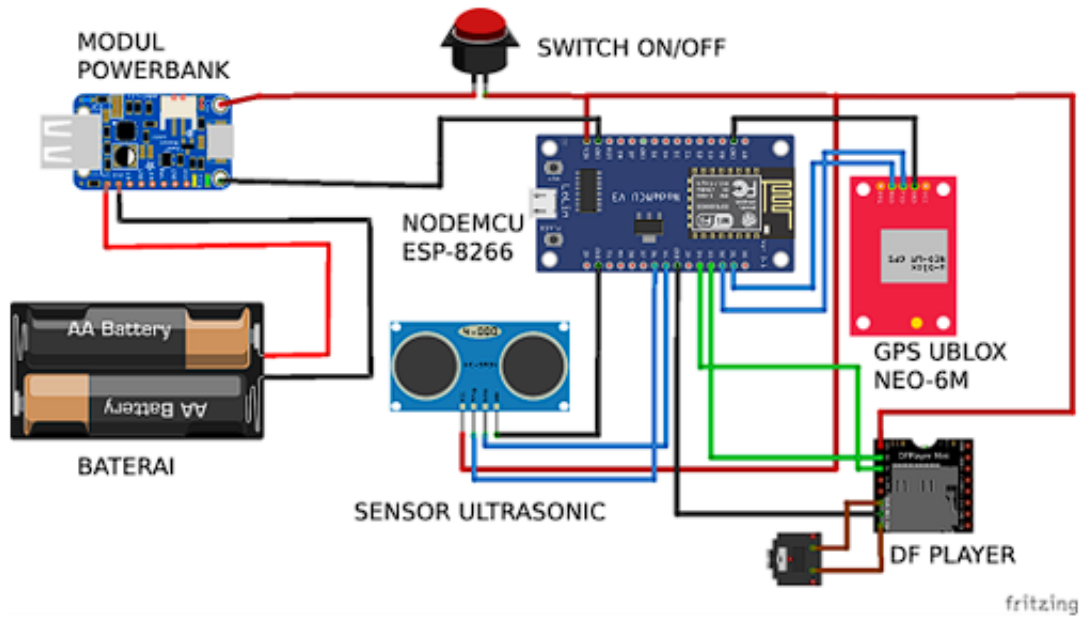


Figure 3. *Wiring Diagram*

Gambar 3 di atas menunjukkan wiring diagram keseluruhan dari alat penelitian yang dibuat. Detail mengenai pin-pin yang digunakan dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

No.	Keterangan Hardware	Keterangan Pin pada Hardware	Alamat Pin pada NodeMCU
1.	GPS U-blox Neo-6M	RX	D1
		TX	D2
		VCC	3,3 V
		GND	GND
2.	Ultrasonik HC-SR04	VCC	Vin
		GND	GND
		Trig	D6
		Echo	D5
3.	DF Player	VCC	Vin
		GND	GND
		RX	D3
		TX	D4

Table 1. *Wiring Diagram Alat Tongkat Cerdas Berbasis GPS*

Seperti yang terlihat pada Tabel 1, GPS U-blox Neo-6M yang dihubungkan pada mikrokontroler NodeMCU dengan menggunakan port pin D2 untuk TX dan pin D1 untuk RX dari GPS. Untuk tegangan pada pin VCC akan masuk pada pin 3,3 V dari mikrokontroler NodeMCU. Sensor ultrasonik menggunakan pin D5 untuk pin *echo* dan pin D6 untuk pin *trigger*. Kemudian, DF Player memanfaatkan pin D3 sebagai RX dan pin D4 sebagai TX.

Hasil dan Pembahasan

A. Pengujian NodeMCU-ESP8266

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan mikrokontroler dalam komunikasi melalui protokol IoT ke aplikasi Blynk yang terpasang pada *smartphone* pengguna.

No.	Jenis Smartphone	Provider	Percobaan Ke - S					Standart Deviasi
			1	2	3	4	5	
1.	Iphone 11 pro 128 gb ios 15	XL	1	1	1	1	1	0
2.	Iphone 6s 128 gb ios 14	Telkomsel	1	1	1	1	1	0
3	Oppo A12 3 gb	Indosat	1	1	1	1	1	0

Table 2. Pengujian Koneksi NodeMCU-ESP 8266 dengan Blynk

Keterangan: 1 terbaca dan 0 tidak terbaca

Berdasarkan lima kali pengujian pada *device* yang berbeda, hasil menunjukkan bahwa NodeMCU ESP-8266 dapat terhubung dengan baik pada aplikasi Blynk di *smartphone* pengguna.

B. Pengujian sensor ultrasonik dalam mendeteksi objek

Pengujian dilakukan guna mengetahui kemampuan serta akurasi pembacaan sensor ultrasonik terhadap objek yang menghalanginya. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali pada tiga jarak yang berbeda.

Jarak pada penggaris (Cm)	Tampilan pada Blynk (c m)					Rata-rata	Standart deviasi	Akurasi %
	1	2	3	4	5			
30	30	30	30	30	30	30	0	100 %
15	15	15	15	15	15	15	0	100 %
57	57	57	57	57	57	57	0	100 %

Table 3. Pengujian Sensor Ultrasonik Dalam Mendeteksi Objek

Berdasarkan hasil pengujian pada tiga jarak berbeda dengan masing-masing lima kali pengujian menunjukkan bahwa hasil pembacaan sensor memiliki tingkat akurasi 100% ketika dibandingkan dengan jarak pada penggaris. Tingkat akurasi ini tentunya berdampak positif bagi pengguna tongkat pintar.

C. Pengujian GPS U-blox NEO-6M

Pengujian GPS dilakukan pada tiga lokasi berbeda dengan masing-masing lokasi dilakukan lima kali pengujian untuk memastikan akurasi dari modul GPS tersebut.

Pengujian di jalan raya sumorame

Pengujian yang pertama dilakukan di Jalan Raya Sumorame, Gelam, Sidoarjo. Hasil pengujian ditampilkan melalui gambar dan tabel berikut:

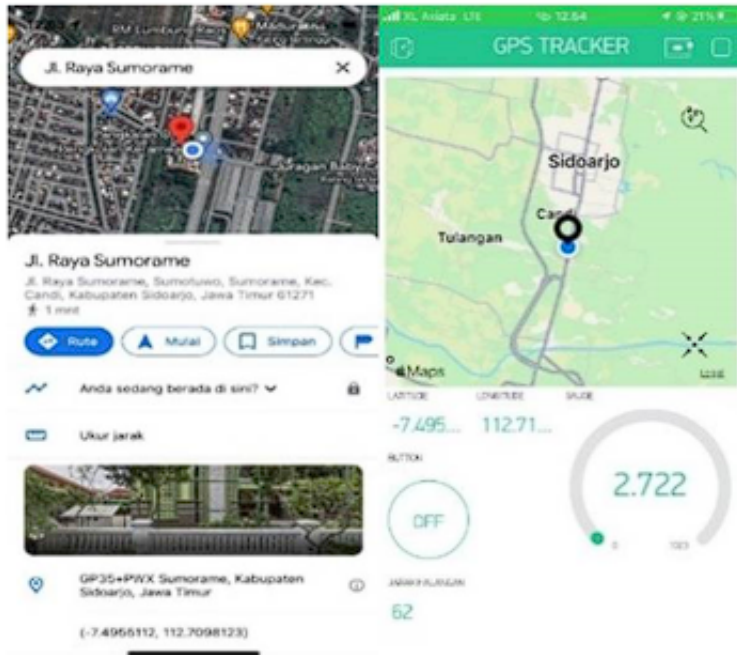


Figure 4. Pengujian GPS U-blox NEO-6M di Jalan Raya Sumorame

Gambar 4 menunjukkan hasil perbandingan tampilan lokasi dari aplikasi Blynk dengan aplikasi Google Maps. Dimana latitude dan longitude yang ada pada Google Maps sama dengan yang ada pada aplikasi Blynk di Jalan Raya Sumorame.

Pengujian	Sensor GPS U- Blox Neo 6m		Google Maps		Akurasi (%)		Kesalahan (%)		Lokasi di Widget Blynk
	Lat	Long	Lat	Long	Lat	Long	Long	Lat	
1.	-7.49	112.71	-7.49	112.709	100	0.999	0	0,01	Terbaca
2.	-7.49	112.71	-7.49	112.709	100	0.999	0	0,01	Terbaca
3.	-7.49	112.71	-7.49	112.709	100	0.999	0	0,01	Terbaca
4.	-7.49	112.71	-7.49	112.709	100	0.999	0	0,01	Terbaca
5.	-7.49	112.71	-7.49	112.709	100	0.999	0	0,01	Terbaca
Rata-rata	-7.49	112.71	-7.49	112.709	100	0.999	0	0,01	Terbaca

Table 4. Pengujian GPS U-blox NEO-6M di Jalan Raya Sumorame

Keterangan: Lat = Latitude dan Long = Longitude

Tabel 4 menunjukkan perbandingan akurasi latitude dan longitude antara Blynk dan Google Maps. Hasilnya, terdapat perbedaan nilai 0,01 pada latitude sehingga akurasi sensor GPS dalam pembacaan latitude mempunyai nilai 100% sedangkan dalam pembacaan longitude mempunyai nilai 0,999%. Adapun kesalahan pembacaan pada latitude yaitu 0% sedangkan pada longitude sebesar 0,01%.

Pengujian di jalan raya Surabaya - Malang 106

Pengujian yang kedua dilakukan di Jalan Raya Surabaya - Malang 106. Hasil pengujian ditampilkan melalui gambar dan tabel berikut:

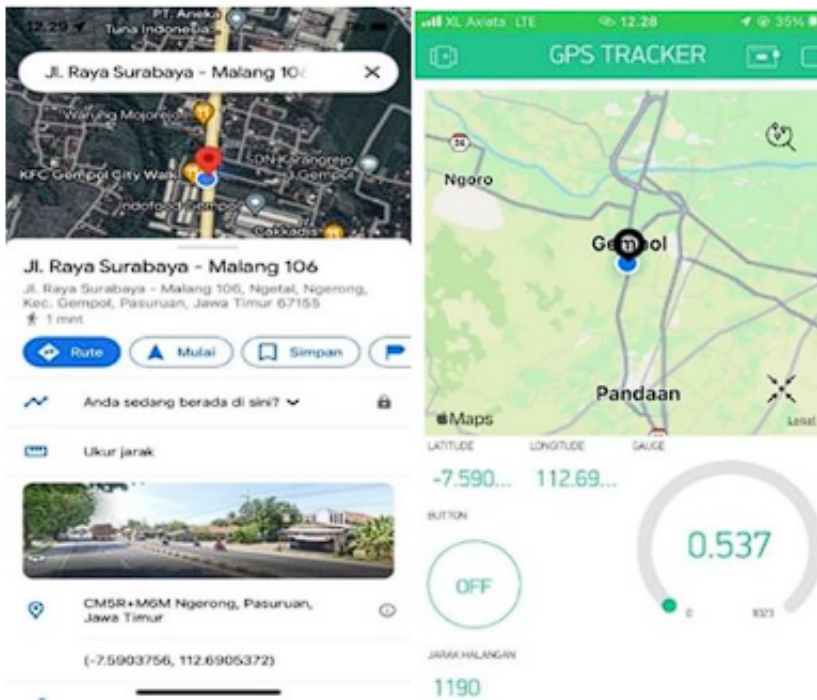


Figure 5. Pengujian GPS U-blox NEO-6M di Jalan Raya Surabaya-Malang 106

Gambar 5 menunjukkan hasil perbandingan tampilan lokasi dari aplikasi Blynk dengan aplikasi Google Maps. Dimana latitude dan longitude yang ada pada Google Maps sama dengan yang ada pada aplikasi Blynk di Jalan Raya Surabaya-Malang 106.

Pengujian	Sensor GPS U- Blox Neo 6m		Google Maps		Akurasi (%)		Kesalahan (%)		Lokasi di Widget Blynk
	Lat	Long	Lat	Long	Lat	Long	Long	Lat	
1.	-7.59	112.69	-7.59	112.69	100	100	0	0	Terbaca
2.	-7.59	112.69	-7.59	112.69	100	100	0	0	Terbaca
3.	-7.59	112.69	-7.59	112.69	100	100	0	0	Terbaca
4.	-7.59	112.69	-7.59	112.69	100	100	0	0	Terbaca
5.	-7.59	112.69	-7.59	112.69	100	100	0	0	Terbaca
Rata-rata	-7.59	112.69	-7.59	112.69	100	100	0	0	Terbaca

Table 5. Pengujian GPS U-blox NEO-6M di Jalan Raya Surabaya-Malang 106

Keterangan: Lat = Latitude dan Long = Longitude

Tabel 5 menunjukkan perbandingan akurasi latitude dan longitude antara Blynk dan Google Maps. Hasilnya, tidak terdapat perbedaan baik pada latitude maupun longitude sehingga akurasi sensor GPS dalam pembacaan latitude mempunyai nilai 100% sedangkan dalam pembacaan longitude mempunyai nilai 100%. Adapun kesalahan pembacaan pada latitude yaitu 0% sedangkan pada longitude sebesar 0%.

Pengujian di jalan raya Arteri Gempol

Pengujian yang ketiga dilakukan di Jalan Raya Arteri Gempol. Hasil pengujian ditampilkan melalui gambar dan tabel berikut:

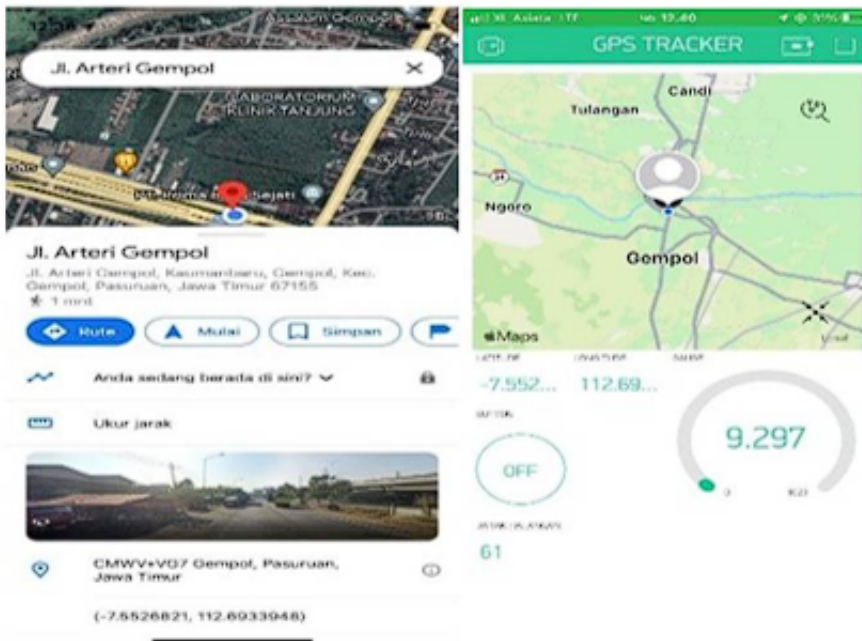


Figure 6. Pengujian GPS U-blox NEO-6M di Jalan Raya Arteri Gempol

Gambar 6 menunjukkan hasil perbandingan tampilan lokasi dari aplikasi Blynk dengan aplikasi Google Maps. Dimana latitude dan longitude yang ada pada Google Maps sama dengan yang ada pada aplikasi Blynk di Jalan Raya Arteri Gempol.

Pengujian	Sensor GPS U- Blox Neo 6m		Google Maps		Akurasi (%)		Kesalahan (%)		Lokasi di Widget Blynk
	Lat	Long	Lat	Long	Lat	Long	Long	Lat	
1.	-7.62	112.69	-7.62	112.69	100	100	0	0	Terbaca
2.	-7.62	112.69	-7.62	112.69	100	100	0	0	Terbaca
3.	-7.62	112.69	-7.62	112.69	100	100	0	0	Terbaca
4.	-7.62	112.69	-7.62	112.69	100	100	0	0	Terbaca
5.	-7.62	112.69	-7.62	112.69	100	100	0	0	Terbaca
Rata-rata	-7.62	112.69	-7.62	112.69	100	100	0	0	Terbaca

Table 6. Pengujian GPS U-blox NEO-6M di Jalan Raya Arteri Porong

Keterangan: Lat = Latitude dan Long = Longitude

Tabel 6 menunjukkan perbandingan akurasi latitude dan longitude antara Blynk dan Google Maps. Hasilnya, tidak terdapat perbedaan baik pada latitude maupun longitude sehingga akurasi sensor GPS dalam pembacaan latitude mempunyai nilai 100% sedangkan dalam pembacaan longitude mempunyai nilai 100%. Adapun kesalahan pembacaan pada latitude yaitu 0% sedangkan pada longitude sebesar 0%.

Simpulan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik mampu secara optimal mendeteksi objek yang menghalangi tongkat dengan tingkat akurasi 100% ketika dibandingkan dengan jarak dari penggaris. Lalu DF Player sebagai output suara berhasil mengeluarkan bunyi ketika sensor ultrasonik mendeteksi objek sehingga memudahkan pengguna dapat menggunakan tongkat tanpa takut mengenai objek tertentu. Modul GPS U-blox Neo 6M berhasil secara akurat mengirimkan data koordinat lokasi pengguna dengan tingkat akurasi 100% setelah diuji pada tiga lokasi berbeda. Blynk sebagai aplikasi monitoring yang berjalan secara real-time mampu menunjukkan lokasi pengguna secara optimal.

References

1. M. V. G. Gayathri, "Smart Walking Stick for Visually Impaired," *International Journal of Engineering and Computer Science*, vol. 3, no. 3, Mar. 2014.
2. M. Friend and W. D. Bursuck, *Including Students with Special Needs: A Practical Guide for Classroom Teachers*, 8th ed. New York, NY, USA: Pearson, 2018.
3. E. D. Talita and P. Pamuji, "Penggunaan Tongkat dalam Meningkatkan Keterampilan Orientasi dan Mobilitas Tunanetra," *Jurnal Pendidikan Khusus*, vol. 16, no. 3, 2021.
4. M. T. Harimukthi and K. S. Dewi, "Eksplorasi Kesejahteraan Psikologis Individu Dewasa Awal Penyandang Tunanetra," *Jurnal Psikologi Undip*, vol. 13, no. 1, pp. 64-77, Apr. 2014, doi: 10.14710/jpu.13.1.64-77.
5. D. Pascolini and S. P. Mariotti, "Global Estimates of Visual Impairment: 2010," *Br. J. Ophthalmol.*, vol. 96, no. 5, pp. 614-618, May 2012, doi: 10.1136/bjophthalmol-2011-300539.
6. S. D. Ayuni, S. Syahririni, and J. Jamaaluddin, "Lapindo Embankment Security Monitoring System Based on IoT," *ELINVO*, vol. 6, no. 1, pp. 40-48, Sep. 2021, doi: 10.21831/elinvo.v6i1.40429.
7. P. Akhil, R. Akshara, R. Athira, S. P. Kamalesh Kumar, M. Thamotharan, and S. S. Christila, "Smart Blind Walking Stick with Integrated Sensor," in *Proc. 2nd Int. Conf. Innovative Res. Renewable Energy Technol. (IRRET)*, MDPI, Sep. 2022, p. 12, doi: 10.3390/materproc2022010012.
8. Y. Oktarina, "Alat Bantu Mobilitas Tunanetra Menggunakan Sensor Ultrasonik yang Diaplikasikan pada Sabuk Pinggang," *DIELEKTRIKA*, vol. 2, no. 2, pp. 114-123, 2015.
9. A. Farhan, U. Sunarya, and D. N. Ramadan, "Perancangan dan Implementasi Alat Bantu Tunanetra dengan Sensor Ultrasonik dan Global Positioning System (GPS)," *eProceedings of Applied Science*, vol. 1, no. 2, Aug. 2015.
10. T. B. Pamungkas, "Rancang Bangun Tongkat Ultrasonik Pendeteksi Halangan dan Jalan Berlubang untuk Penyandang Tunanetra Berbasis ATmega16," *Undergraduate Thesis*, Universitas Negeri Yogyakarta, 2013.
11. A. Soni and A. Aman, "Distance Measurement of an Object by Using Ultrasonic Sensors with Arduino and GSM Module," *International Journal of Science Technology & Engineering*, vol. 4, no. 11, 2018.
12. H. D. Septama, T. Yulianti, and W. E. Sulistiono, "Smart Warehouse: Sistem Pemantauan dan Kontrol Otomatis Suhu serta Kelembaban Gudang," in *Proc. Seminar Nasional Inovasi, Teknologi dan Aplikasi (SeNITiA)*, Bengkulu, Indonesia, Sep. 2018, pp. 189-192.
13. U-blox, "NEO-6 u-blox 6 GPS Modules Data Sheet," 2023.
14. H. Shull, "The Overhead Headache," *Science*, vol. 195, no. 4279, pp. 639-639, Feb. 1977, doi: 10.1126/science.195.4279.639.
15. H. H. I. Ramadhan, "Rancang Bangun Alat Pengaman Sepeda Motor Menggunakan GPS Berbasis IoT," *Jurnal JEETech*, vol. 1, no. 2, pp. 14-24, Nov. 2020, doi: 10.48056/jeetech.v1i2.8.
16. P. A. Topan, D. Fardila, S. A. Rohman, S. Bahri, J. Jenal, and Y. Febriansyah, "Pemanfaatan Teknologi Arduino dan DFPlayer Mini untuk Perangkat Pemutar Audio di Masjid Raudhatul Jannah Desa Gontar, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat," *JAI*, vol. 9, no. 4, pp. 1797-1807, Dec. 2022, doi: 10.29303/abdiinsani.v9i4.829.
17. A. Manggini, "Perancangan dan Pengujian Portable Photovoltaic Power Bank," *Undergraduate Thesis*, Universitas Mataram, 2016.
18. K. W. Beard, *Linden's Handbook of Batteries*, 5th ed. New York, NY, USA: McGraw Hill, 2019.
19. T. M. Herninda, "Analisa Sistem Manajemen Termal Berdasarkan Pengaruh Variasi Jumlah Tube dan Laju Aliran Massa Sistem Pendingin Bermedia Air pada Sel Baterai Berbentuk Silinder Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD)," *Undergraduate Thesis*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.