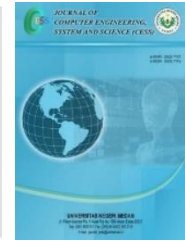


Contents list available at www.jurnal.unimed.ac.id

CESS
(Journal of Computing Engineering, System and Science)

journal homepage: <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/cess>



**Alat Bantu Navigasi Tunanetra Menggunakan Modul GPS Dan Sensor
Ultrasonik Berbasis Raspberry Pi**

***Navigation Aid for the Visually Impaired Using GPS Module and Ultrasonic
Sensor Based on Raspberry Pi***

Sri Rizky^{1*}, Tedy Rismawan², Irma Nirmala³

^{1,2,3} Program Studi Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak

email: ¹sririzky07@student.untan.ac.id, ²tedyrismawan@siskom.untan.ac.id, ³irma.nirmala@siskom.untan.ac.id

ABSTRAK

Tunanetra merupakan gangguan atau hambatan dalam fungsi indera penglihatan. Tunanetra memiliki keterbatasan dalam orientasi mobilitas, yang di mana tunanetra kurang dalam mengetahui apa yang ada didekatnya, akibatnya tunanetra tidak dapat pergi tanpa ada orang awas yang mendampingi. Selain itu, orang tua atau wali dari tunanetra juga tidak membiarkan tunanetra bepergian sendirian. Untuk mengatasi permasalahan ini, diperlukan alat bantu tunanetra yang dapat memberikan informasi halangan yang berada di sekitar tunanetra dan informasi keberadaan tunanetra. Dalam penelitian ini, dibangun sebuah alat bantu tunanetra menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi halangan di sekitar tunanetra yang menggunakan alat ini dan modul GPS untuk memberikan informasi keberadaan pengguna. Raspberry Pi memproses data tersebut, memberikan umpan balik audio kepada pengguna, dan mengirim data ke database untuk ditampilkan di website. Hasil dari pengujian didapatkan rata-rata ketepatan pada sensor ultrasonik depan sebesar 97,57%, ultrasonik kiri sebesar 98,78%, dan ultrasonik kanan sebesar 98,1%. Selain itu, pada pengujian pembacaan titik koordinat sesuai dengan lokasi alat bantu untuk tunanetra menggunakan modul GPS Neo-6M dapat memberikan lokasi dengan selisih ketepatan horizontal sejauh 5,14 m.

Kata Kunci: *Alat Bantu, Tunanetra, Sensor Ultrasonik, Modul GPS, Raspberry Pi.*

ABSTRACT

Blindness is a disorder or obstacle in the function of the sense of sight. The visually impaired have limitations in mobility orientation, where the visually impaired lack the ability to know what is nearby, as a result the visually impaired cannot go without a sighted person

*Penulis Korespondensi:

email: sririzky07@student.untan.ac.id

accompanying them. In addition, parents or guardians of the blind also do not let the blind travel alone. To overcome this problem, a blind assistive device is needed that can provide information on obstacles around the blind and information on the whereabouts of the blind. In this research, a blind assistive device is built using an ultrasonic sensor to detect obstacles around the blind using this device and a GPS module to provide information on the user's whereabouts. Raspberry Pi processes the data, provides audio feedback to the user, and sends the data to the database to be displayed on the website. The results of the test obtained an average accuracy on the front ultrasonic sensor of 97.57%, the left ultrasonic of 98.78%, and the right ultrasonic of 98.1%. In addition, in testing the reading of the coordinate point according to the location of the assistive device for the blind using the Neo-6M GPS module can provide a location with a horizontal accuracy difference of 5,14m.

Keywords: *Assistive Device, Visually Impaired, Ultrasonic Sensor, GPS Module, Raspberry Pi*

1. PENDAHULUAN

Tunanetra adalah kondisi di mana seseorang mengalami gangguan atau hambatan dalam fungsi indera penglihatannya [1]. Keterbatasan melibatkan tingkat dan keragaman konsep, kemampuan menemukan sesuatu, serta berinteraksi dengan lingkungan. Pelajaran orientasi dan mobilitas diperlukan untuk membantu tunanetra mengatasi keterbatasan tersebut [2]. Dalam berorientasi mobilitas, tunanetra mengandalkan indera lain seperti pendengaran, perabaan, dan penciuman, serta menggunakan ingatan untuk membangun gambaran mental tentang posisi dan lokasi mereka dalam lingkungan. Kemampuan ini tidak diperoleh secara langsung, melainkan melalui pembelajaran dan latihan dalam orientasi mobilitas [3].

Dalam mengatasi tantangan orientasi mobilitas tunanetra, pengembangan alat teknologi diperlukan dalam meningkatkan kemampuan tunanetra terhadap orientasi mobilitas dalam kegiatan tunanetra sehari-hari, karena dengan adanya pengembangan alat teknologi, maka tunanetra dapat mengetahui adanya halangan di sekitar tunanetra saat ingin menuju ke tempat yang dituju tersebut dengan aman, efisien, nyaman, dan mandiri [4]. Alat bantu navigasi, seperti yang menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi jarak halangan, dapat memberikan informasi yang diperlukan untuk memastikan pergerakan tunanetra aman dan efisien [5]. Penggunaan Sistem GPS atau sistem penentuan posisi melalui satelit dalam alat bantu tersebut juga memungkinkan keluarga atau pendamping tunanetra untuk memantau dan memberikan bantuan jika diperlukan [6]. Dengan adanya teknologi ini, tunanetra dapat meningkatkan kemandiriannya dalam beraktivitas sehari-hari.

Beberapa penelitian terkait alat bantu untuk tunanetra menggunakan sensor ultrasonik telah dilakukan, diantaranya penelitian [7] membuat tongkat tunanetra dengan sensor ultrasonik yang mengirim data ke Arduino Nano dan memberikan peringatan melalui *buzzer* saat mendeteksi halangan. Selanjutnya penelitian [8] juga menggunakan sensor ultrasonik pada tongkat dengan output suara manusia berdasarkan rekaman yang disimpan pada DFPlayer mini. Penelitian [9] menghasilkan alat bantu tunanetra yang dapat mendeteksi halangan maksimum 80 cm. Penelitian lainnya yang melibatkan pemanfaatan modul GPS yaitu pada penelitian [10] yang dirancang untuk membantu mengetahui keberadaan pengguna. Dalam penelitian ini, modul GPS digunakan sebagai pengirim titik koordinat ke pengguna melalui SMS, dan modul *Global System for Mobile Communications* (GSM) digunakan untuk menginisialisasi keabsahan kode yang dikirimkan oleh pengguna melalui SMS. Arduino

berperan sebagai mikrokontroler yang menerima dan mengelola data dari modul GPS. Penelitian selanjutnya yang menggunakan modul GPS, yaitu penelitian [11] yang menghasilkan alat pendeteksi keberadaan nelayan menggunakan modul GPS.

Dengan dasar informasi yang telah dijelaskan, penelitian dilakukan dengan merancang sistem informasi halangan yang berada di sekitar tunanetra berjudul "Alat Bantu Navigasi Tunanetra Menggunakan Modul GPS dan Sensor Ultrasonik Berbasis Raspberry Pi." Tujuannya adalah untuk dapat memudahkan tunanetra mengetahui halangan disekitarnya dengan memberikan informasi halangan bagi individu tunanetra. Selain itu juga dapat memberikan informasi keberadaan tunanetra yang menggunakan alat bantu sehingga pendamping atau orang tua dari tunanetra tidak khawatir [12].

2. DASAR/TINJAUAN TEORI

2.1 Raspberry Pi

Raspberry Pi merupakan komputer mini yang di desain berbasis arsitektur *Advanced RISC Machine* (ARM) dan menjalankan sistem operasi Linux. Raspberry Pi memiliki berbagai *port* yang dapat dihubungkan dengan berbagai perangkat tambahan seperti kamera, layar, dan perangkat pengendali [13]. Pada penelitian ini, Raspberry Pi digunakan sebagai memproses data dari sensor, lalu mengumpan balik ke audio. Selain itu Raspberry Pi juga digunakan untuk mengirim hasil data sensor ke *database*.

2.2 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang mampu mengukur atau membaca jarak mulai dari 2 cm sampai 4 m dan memiliki akurasi mencapai nilai 3 mm. Cara kerja dari sensor ultrasonik adalah mengubah bunyi menjadi listrik atau sebaliknya [14]. Pada penelitian ini, sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi jarak halangan di sekitar alat bantu tunanetra.

2.3 Modul GPS Neo-6M

Modul *Global Positioning System* (GPS) Ublox NEO-6M merupakan penerima sinyal GPS yang dapat mendeteksi lokasi dengan menangkap dan memproses sinyal dari satelit navigasi. Modul GPS menggunakan antarmuka *Universal Asynchronous Receiver Transmitter* (UART) komunikasi [15]. Pada penelitian ini, data modul GPS berupa titik koordinat desimal (lintang dan bujur).

2.4 Earphone

Earphone berfungsi sebagai perangkat yang mengubah energi listrik menjadi gelombang suara, dan biasanya digunakan untuk mendengarkan suara dan berkomunikasi melalui perangkat komunikasi atau komputer [16]. Pada penelitian ini, earphone digunakan sebagai media informasi jika ada halangan di sekitar alat bantu.

3. METODE

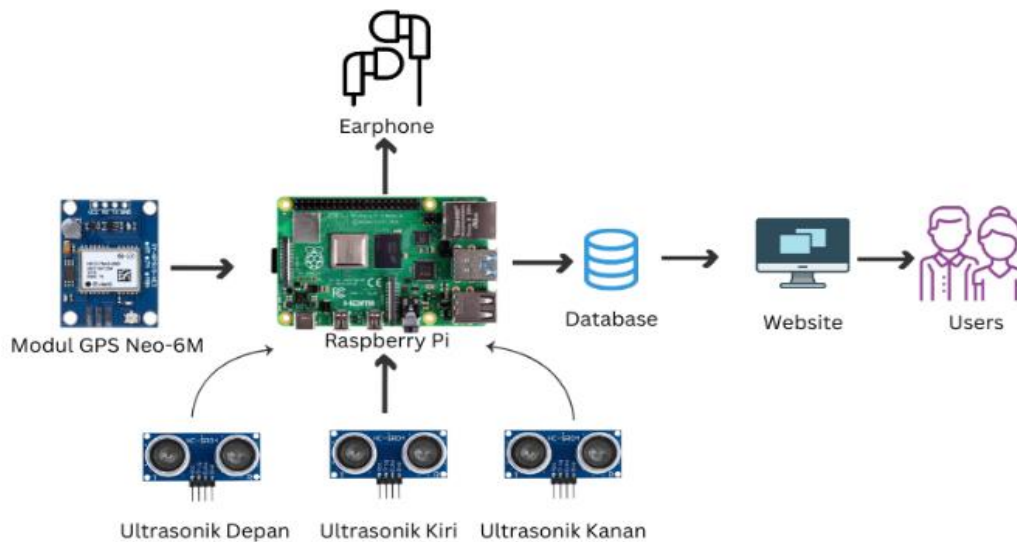
3.1 Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan metode observasi, yang bertujuan untuk memperoleh informasi dan data dengan cara mengamati langsung keadaan di lapangan. Melalui pendekatan ini, peneliti dapat memverifikasi kebenaran data secara langsung. Pengumpulan data dilakukan langsung kepada tunanetra di Yayasan Arrahmah, sebuah yayasan tunanetra di Pontianak. Data yang terkumpul dari penggunaan alat bantu

navigasi kemudian diolah dengan tujuan menghasilkan informasi yang memiliki nilai dan relevansi tinggi bagi penelitian ini.

3.2 Perancangan Sistem

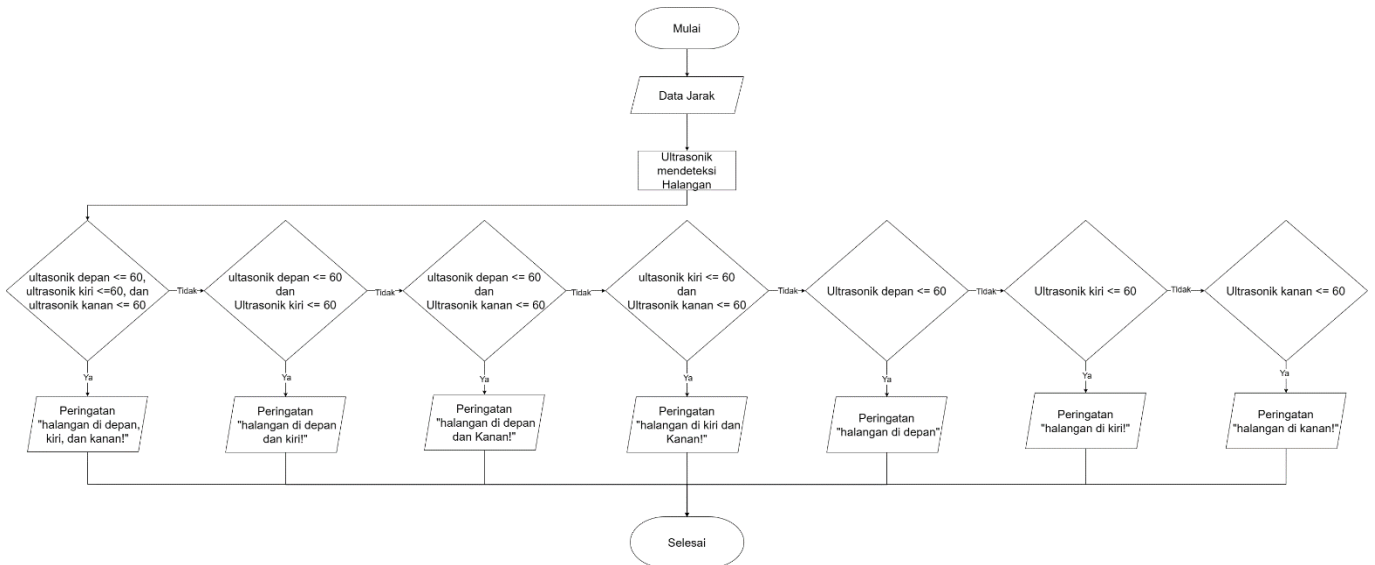
Tahapan perancangan sistem ini terfokus pada perangkat keras dan perangkat lunak, dimana komponennya memiliki fungsi untuk berjalannya sistem ini. Diantaranya, yaitu mikroprosesor yang digunakan Raspberry Pi sebagai komputer mini [17]. Raspberry Pi disambungkan sensor ultrasonik, dimana ultrasonik digunakan sebagai mengukur jarak antara sensor ultrasonik dengan halangan di depan sensor ultrasonik [18]. Jika sensor ultrasonik mendeteksi halangan kurang dari sama dengan 60cm, maka Raspberry Pi mengumpukan balik ke earphone. Selain itu, Raspberry Pi juga disambungkan ke modul GPS, yang dimana modul GPS digunakan untuk mendapatkan data koordinat desimal [19]. Setelah mendapatkan data koordinat desimal, Raspberry Pi mengirim data tersebut ke *database*, yang dimana *database* merupakan tempat pengumpulan data, dan dilanjutkan pengiriman ke *website* [20]. Dimana *website* merupakan kumpulan beberapa halaman yang mengandung informasi dalam format digital [21] dan *website* digunakan untuk menampilkan lokasi terkini keberadaan alat bantu tunanetra kepada *user*. Gambar 1 mencakup arsitektur sistem alat bantu navigasi tunanetra.



Gambar 1. Rancangan Arsitektur Sistem Alat Bantu Navigasi Tunanetra

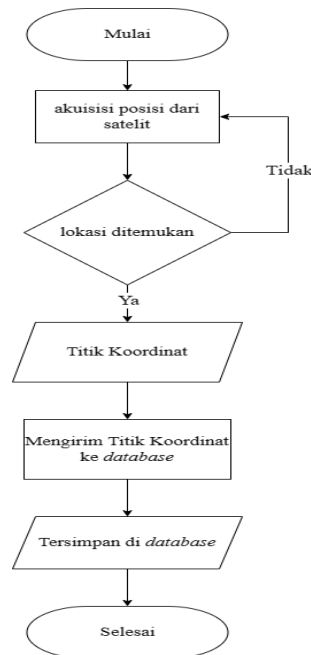
3.3.1 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak ini dirancang untuk menghubungkan Raspberry Pi dengan modul GPS dan sensor ultrasonik, memungkinkan pengambilan data koordinat dan pengukuran jarak ke halangan. Program ini memastikan efektivitas komunikasi antara Raspberry Pi dan perangkat keras. Sensor ultrasonik terus-menerus mengukur jarak ke halangan, dan jika jaraknya di bawah atau sama dengan 60 cm, Raspberry Pi memberikan informasi berupa suara melalui earphone. Selain itu, perangkat lunak dapat mengintegrasikan titik koordinat ke dalam database dan menampilkan informasi lokasi pengguna melalui halaman *website*. Diagram alir sensor ultrasonik pada alat bantu tunanetra dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Sensor Ultrasonik

Pada diagram alir modul GPS, GPS akuisisi posisi dari satelit atau GPS mencari sinyal dari satelit untuk menentukan lokasi yang tepat. Jika lokasi tidak ditemukan maka kembali ke proses GPS akuisisi posisi dari satelit, jika lokasi ditemukan, maka data lokasi dikirim ke *database* secara *realtime*. Data yang dikirim berupa titik koordinat (lintang dan bujur). Gambar 3 memuat diagram alir kerja Raspberry Pi pada pembacaan titik koordinat pada alat bantu tunanetra.



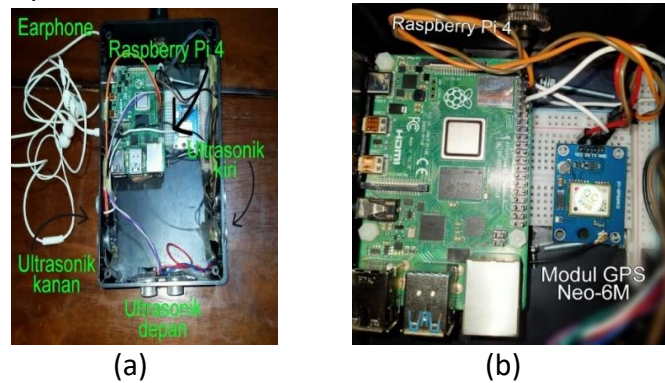
Gambar 3. Alur Kerja Raspberry Pi Pada Pembacaan Titik Koordinat

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Perangkat Keras

Komponen yang diperlukan pada implementasi pengukuran jarak alat bantu terhadap halangan pada sistem adalah sensor ultrasonik HC-SR04 yang terhubung dengan Raspberry pi. Sensor ultrasonik diletakkan pada bagian depan, kiri, dan kanan alat bantu untuk tunanetra yang berfungsi untuk mengukur jarak halangan. Nilai yang didapatkan sensor ultrasonik

berupa satuan sentimeter. Komponen pada sistem pembacaan titik koordinat adalah modul GPS yang terhubung pada Raspberry pi. Modul GPS menerima data pada satelit GPS dengan nilai keluaran yang diterima berupa titik koordinat desimal (lintang dan bujur) dengan satuan derajat. Implementasi sistem perangkat keras pada pembacaan jarak dan pembacaan titik koordinat dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. (a) Implementasi Sistem Pembacaan Jarak, (b) Implementasi Sistem Pembacaan Titik Koordinat

4.2 Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi perangkat lunak yang dibangun mencakup pembuatan kode program untuk memberikan informasi keberadaan pengguna menggunakan *website* berupa tampilan *maps*. Tampilan antarmuka *website* informasi keberadaan pengguna dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Antarmuka *Website* Keberadaan Pengguna

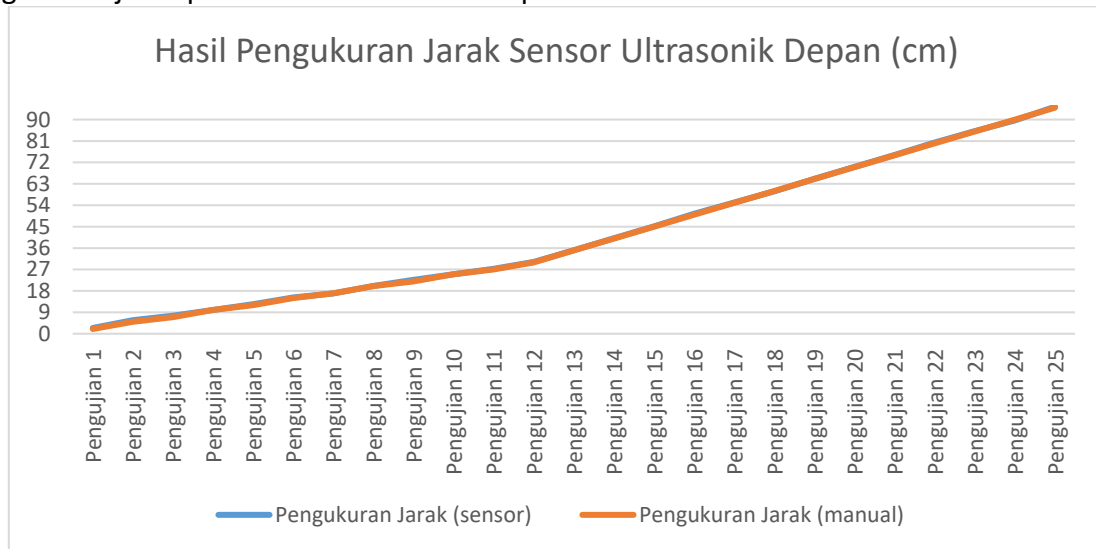
4.3 Pengujian Pembacaan Jarak

Pengujian jarak Alat Bantu Tunanetra terhadap halangan dilakukan untuk mengetahui nilai error dari sensor ultrasonik dalam mendeteksi jarak. Pada penelitian ini, pengujian menggunakan tiga sensor ultrasonik yang terletak pada depan, kiri, dan kanan. Pengujian dilakukan sebanyak 25 kali pada masing-masing sensor dengan rentang jarak 2 – 95 cm.

4.3.1 Pengujian Pembacaan Jarak Pada Sensor Ultrasonik Depan

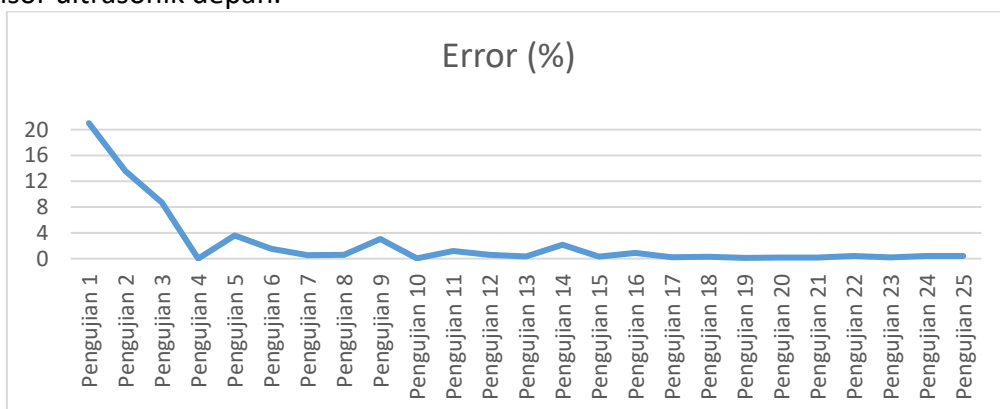
Hasil pengujian sensor ultrasonik depan selama 25 kali pengujian menunjukkan variasi selisih antara pengukuran jarak manual dan pengukuran jarak dari sensor ultrasonik. Pengujian ke-4 mencatat nilai selisih terkecil, yaitu 0 cm, menunjukkan bahwa pada kondisi tersebut sensor ultrasonik memberikan pembacaan jarak yang sangat akurat dan konsisten dengan pengukuran manual. Sementara itu, pada pengujian ke-2 tercatat selisih terbesar sebesar 0,68 cm, yang mungkin disebabkan oleh faktor-faktor seperti ketidakstabilan

lingkungan atau gangguan eksternal pada sensor. Analisis lebih lanjut perlu dilakukan untuk memahami penyebab variasi selisih antara pengukuran manual dan sensor ultrasonik pada setiap pengujian, sehingga dapat diterapkan perbaikan atau peningkatan pada kinerja sensor dalam situasi tertentu. Rata-rata keseluruhan selisih sebesar 0,26 cm mencerminkan akurasi yang relatif baik dari sensor ultrasonik dalam pengukuran jarak. Gambar 6 memuat hasil pengukuran jarak pada sensor ultrasonik depan.



Gambar 6. Hasil Pengukuran Jarak Pada Sensor Ultrasonik Depan

Berdasarkan hasil dari 25 kali pengujian menunjukkan variasi kinerja pada sensor, dengan nilai *error* tertinggi mencapai 21% pada pengujian pertama. Pada pengujian awal ini, tegangan yang belum mencapai kestabilan yang menyebabkan sensor mengalami *error* yang signifikan. Sebaliknya, pengujian ke-4 menunjukkan nilai *error* terkecil, yakni 0%, karena tegangan pada saat itu sudah mencapai kestabilan, menghasilkan pembacaan sensor yang akurat tanpa adanya kesalahan. Meskipun terdapat variasi dalam nilai *error* pada setiap pengujian, rata-rata *error* dari 25 kali uji coba adalah sebesar 2,42%. Secara keseluruhan, sensor menunjukkan kinerja yang cukup konsisten. Gambar 7 memuat hasil perhitungan *error* dari sensor ultrasonik depan.

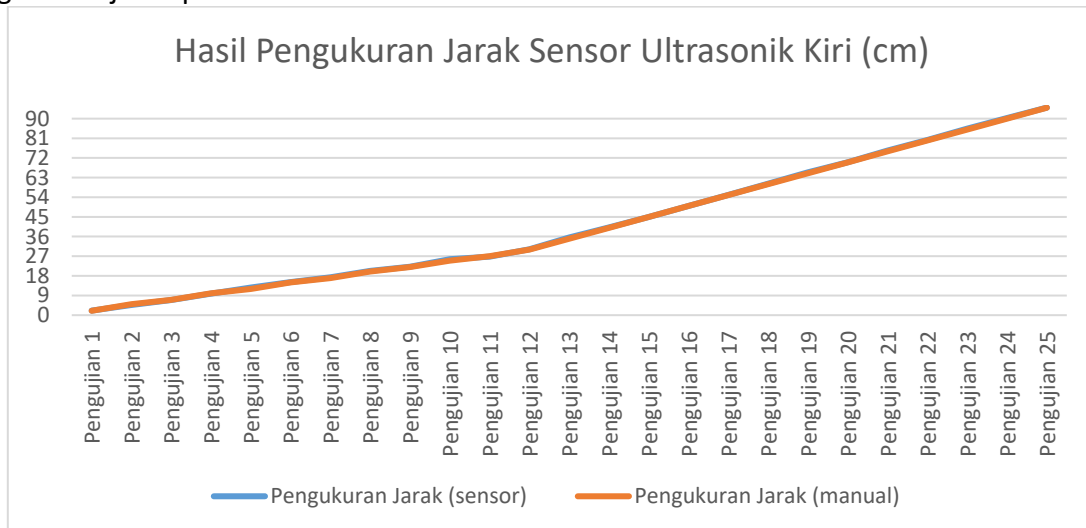


Gambar 7. Hasil Perhitungan *Error* dari Sensor Ultrasonik Depan

4.3.2 Pengujian Pembacaan Jarak Pada Ultrasonik Kiri

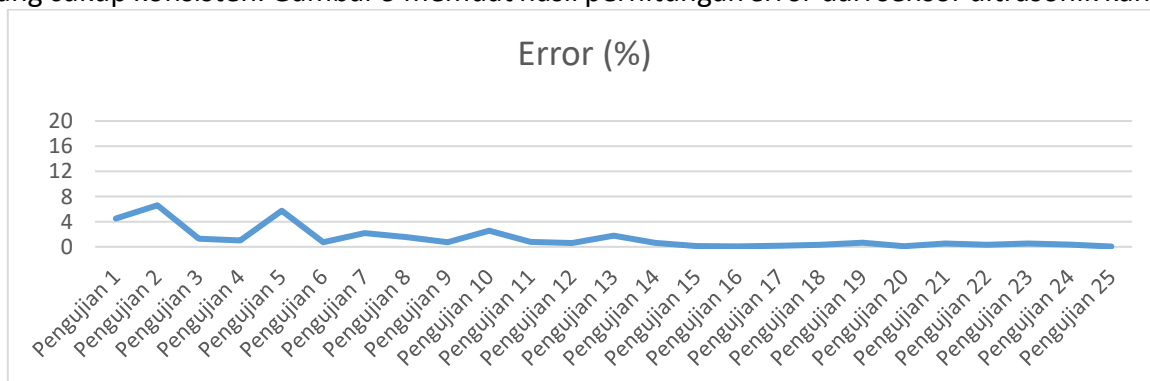
Hasil pengujian sensor ultrasonik depan selama 25 kali pengujian menunjukkan variasi selisih antara pengukuran jarak manual dan pengukuran jarak dari sensor ultrasonik. Pengujian ke-16 mencatat nilai selisih terkecil, yaitu 0,04 cm, menunjukkan bahwa pada

kondisi tersebut sensor ultrasonik memberikan pembacaan jarak yang akurat dan konsisten dengan pengukuran manual. Sementara itu, pada pengujian ke-5 tercatat selisih terbesar sebesar 0,69 cm, yang mungkin disebabkan oleh faktor-faktor seperti ketidakstabilan lingkungan atau gangguan eksternal pada sensor. Analisis lebih lanjut perlu dilakukan untuk memahami penyebab variasi selisih antara pengukuran manual dan sensor ultrasonik pada setiap pengujian, sehingga dapat diterapkan perbaikan atau peningkatan pada kinerja sensor dalam situasi tertentu. Rata-rata keseluruhan selisih sebesar 0,26 cm mencerminkan akurasi yang relatif baik dari sensor ultrasonik dalam pengukuran jarak. Gambar 8 memuat hasil pengukuran jarak pada sensor ultrasonik kiri.



Gambar 8. Hasil Pengukuran Jarak Pada Ultrasonik Kiri

Berdasarkan hasil dari 25 kali pengujian menunjukkan variasi kinerja pada sensor, dengan nilai *error* tertinggi mencapai 5,75% pada pengujian ke-2. Pada pengujian awal ini, tegangan yang belum stabil menyebabkan sensor mengalami *error* yang signifikan. Sebaliknya, pengujian ke-25 menunjukkan nilai *error* terkecil, yakni 0,05%, karena tegangan pada saat itu sudah mencapai kestabilan, menghasilkan pembacaan sensor yang akurat mendekati tanpa kesalahan. Meskipun terdapat variasi dalam nilai *error* pada setiap pengujian, rata-rata *error* dari 25 kali uji coba adalah sebesar 1,22%. Secara keseluruhan, sensor menunjukkan kinerja yang cukup konsisten. Gambar 9 memuat hasil perhitungan *error* dari sensor ultrasonik kanan.

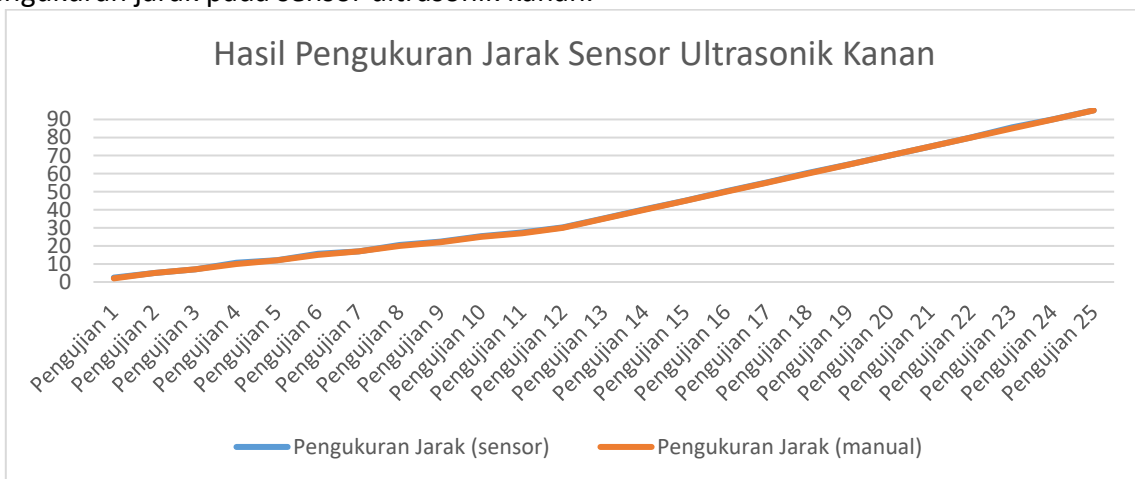


Gambar 9. Hasil Perhitungan *Error* dari Sensor Ultrasonik Kiri

4.3.3 Pengujian Pembacaan Jarak Pada Sensor Ultrasonik Kanan

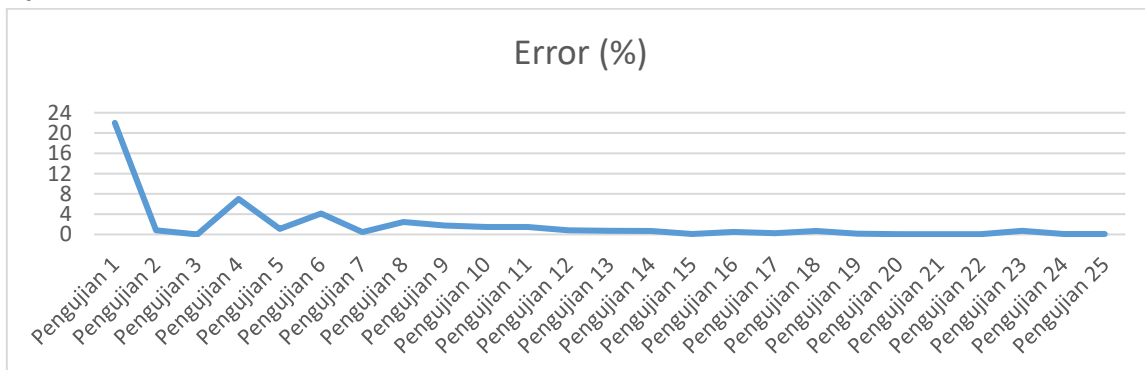
Hasil pengujian sensor ultrasonik depan selama 25 kali pengujian menunjukkan variasi selisih antara pengukuran jarak manual dan pengukuran jarak dari sensor ultrasonik.

Pengujian ke-3 mencatat nilai selisih terkecil, yaitu 0 cm, menunjukkan bahwa pada kondisi tersebut sensor ultrasonik memberikan pembacaan jarak yang akurat dan konsisten dengan pengukuran manual. Sementara itu, pada pengujian ke-6 tercatat selisih terbesar sebesar 0,62 cm, yang mungkin disebabkan oleh faktor-faktor seperti ketidakstabilan lingkungan atau gangguan eksternal pada sensor. Analisis lebih lanjut perlu dilakukan untuk memahami penyebab variasi selisih antara pengukuran manual dan sensor ultrasonik pada setiap pengujian, sehingga dapat diterapkan perbaikan atau peningkatan pada kinerja sensor dalam situasi tertentu. Rata-rata keseluruhan selisih sebesar 0,24 cm mencerminkan akurasi yang relatif baik dari sensor ultrasonik dalam pengukuran jarak. Gambar 10 memuat hasil pengukuran jarak pada sensor ultrasonik kanan.



Gambar 10. Hasil Pengukuran Jarak Pada Ultrasonik Kanan

Berdasarkan hasil dari 25 kali pengujian menunjukkan variasi kinerja pada sensor, dengan nilai *error* tertinggi mencapai 22% pada pengujian pertama. Pada pengujian awal ini, tegangan yang belum mencapai kestabilan yang menyebabkan sensor mengalami *error* yang signifikan. Sebaliknya, pengujian ke-3 menunjukkan nilai *error* terkecil, yakni 0%, karena tegangan pada saat itu sudah mencapai kestabilan, menghasilkan pembacaan sensor yang akurat tanpa adanya kesalahan. Meskipun terdapat variasi dalam nilai *error* pada setiap pengujian, rata-rata *error* dari 25 kali uji coba adalah sebesar 1,9%. Secara keseluruhan, sensor menunjukkan kinerja yang cukup konsisten. Gambar 7 memuat hasil perhitungan *error* dari sensor ultrasonik depan. Gambar 11 memuat hasil perhitungan *error* dari sensor ultrasonik kanan.



Gambar 11. Hasil Perhitungan *Error* dari Sensor Ultrasonik Kanan

4.4 Pengujian Pembacaan Halangan yang Tidak Rata

Pengujian dilakukan pada sensor ultrasonik terhadap benda yang rata dan tidak rata. Benda yang rata seperti dinding datar, lemari, meja, tiang listrik, dan lain-lain. Sedangkan benda yang tidak rata adalah gordena, kipas, kantong plastik, motor, sudut dinding, dan lain-lain. Pada pengujian ke benda-benda tersebut, didapat bahwa ultrasonik dapat mendeteksi adanya benda-benda tersebut sebagai halangan, hanya sudut dinding yang tidak dapat dideteksi oleh ultrasonik. Selain benda tidak bergerak, pengujian juga dilakukan pada manusia sebagai halangan. Gambar 12 mencakup pengujian terhadap halangan yang tidak rata.



Gambar 12. Pengujian Terhadap Halangan Tidak Rata

4.5 Pengujian Pembacaan Titik Koordinat

Pengujian pada modul GPS dilakukan dengan maksud mengidentifikasi perbedaan antara data lokasi dari modul GPS Neo-6M dan data lokasi yang diberikan oleh *Google Maps* sebagai patokan akurat. Proses ini melibatkan perbandingan koordinat geografis dari modul GPS dengan informasi lokasi dari *Google Maps*. Uji coba melibatkan pengambilan 20 titik koordinat yang berbeda di sekitar Pontianak, dengan hasil dalam bentuk koordinat desimal (lintang dan bujur). Hasil dari pengujian pembacaan titik koordinat modul GPS dan *google maps* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian, Konversi, dan MSE Pada Pembacaan Titik Koordinat

Koordinat dari alat		Koordinat dari <i>Google Maps</i>		Alat		Google maps		MSE	
<i>Latitude</i> (°)	<i>Longitude</i> (°)	<i>Latitude</i> (°)	<i>Longitude</i> (°)	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	x	y
-0,057069333	109,3449813	-0,057223	109,345701	315814	9993688	315812	9993689	4	1
-0,065952	109,3485105	-0,065954	109,348449	316207	9992697	316201	9992702	36	25
-0,042053667	109,3382127	-0,042187	109,338264	315061	9995347	315051	9995352	100	25
-0,029440667	109,3352813	-0,029362	109,335141	314728	9996740	314726	9996745	4	25
-0,023760333	109,3385222	-0,023838	109,338359	315093	9997372	315089	9997368	16	16
-0,032967167	109,3459835	-0,032947	109,345932	315921	9996946	315919	9996951	4	25
-0,039219667	109,3480575	-0,039211	109,347983	316154	9995646	316156	9995660	4	19 6
-0,049427	109,3571623	-0,049461	109,357169	317167	9994534	317168	9994528	1	36
-0,0641	109,3569918	-0,064139	109,357016	317147	9992910	317149	9992904	4	36
-0,073112667	109,3667517	-0,073112	109,36467	318230	9991920	318231	9991909	1	121
-0,086135833	109,3685667	-0,086163	109,369452	318435	9990462	318434	9990478	1	256
-0,042922	109,3310407	-0,042942	109,330949	314259	9995259	314260	9995250	1	81

-0,041082667	109,3263905	-0,041213	109,326413	313743	9995457	313740	9995458	9	1
-0,051089	109,3159342	-0,051219	109,316012	312574	9994341	312578	9994350	16	81
-0,054328	109,3041565	-0,054405	109,30421	311262	9993997	311267	9993993	25	16
-0,044762	109,3104872	-0,044768	109,310587	311965	9995049	311971	9995056	36	49
-0,036595667	109,317551	-0,036691	109,31764	312756	9995952	312762	9995944	36	64
-0,031349	109,3241033	-0,031413	109,324179	313486	9996537	313484	9996537	4	0
-0,025074	109,3262968	-0,025066	109,326327	313732	9997227	313729	9997224	9	9
-0,020876833	109,3262872	-0,020919	109,326298	313729	9997692	313729	9997691	0	1

Setelah memperoleh titik koordinat dalam format desimal, langkah berikutnya adalah mengonversinya ke dalam sistem *Universal Transverse Mercator* (UTM) dengan satuan meter. Proses konversi ini bertujuan untuk memudahkan perbandingan dan analisis selisih ketepatan horizontal antara data dari modul GPS Neo-6M dan *Google Maps*. Hasil konversi tersebut digunakan untuk mencari nilai *Mean Squared Error* (MSE), di mana jumlah nilai x (*Easting*) adalah 311 m dan jumlah nilai y (*Northing*) adalah 1064 m. Dari nilai MSE tersebut, diperoleh rata-rata MSE_x sebesar 16,55 m dan rata-rata MSE_y sebesar 20,07 m. Selanjutnya, dari nilai MSE_x dan MSE_y, dihitung nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk masing-masing sumbu, yaitu RMSE_x sebesar 2,55 m dan RMSE_y sebesar 4,47 m. Pencarian RMSE total (RMSE_r) dengan menjumlahkan RMSE_x dan RMSE_y dan mengakarkannya menghasilkan nilai 5,14 m. Hasil RMSE_r tersebut mencerminkan selisih ketepatan horizontal antara data GPS dan *Google Maps*, memberikan informasi kritis untuk mengevaluasi akurasi perangkat GPS dan memahami posisi geografis dengan lebih tepat dalam konteks peta *Google Maps*.

5. KESIMPULAN

Pengujian jarak alat bantu untuk tunanetra terhadap halangan menggunakan 3 sensor ultrasonik telah berhasil dilakukan. Alat bantu dapat memberikan informasi tentang halangan di depan, kiri, dan kanan, dengan 25 kali pengujian pada masing-masing sensor dalam rentang 2cm hingga 95cm. Hasil pengujian sensor ultrasonik depan menunjukkan rata-rata error sebesar 2,42% dan ketepatan 97,57%. Pengujian sensor ultrasonik kiri menghasilkan rata-rata error 1,22% dengan ketepatan 98,78%, sedangkan sensor ultrasonik kanan memiliki rata-rata error 1,90% dengan ketepatan 98,1%. Pengukuran jarak terhadap halangan menunjukkan kinerja yang baik. Sensor ultrasonik juga dapat mendeteksi benda yang rata maupun tidak rata. Selanjutnya, pada pengujian pembacaan titik koordinat menggunakan modul GPS Neo-6M, alat bantu untuk tunanetra mampu memberikan lokasi dengan selisih ketepatan horizontal sebesar 5,14 m. Titik koordinat hasil pengukuran dapat diakses melalui *website* dan ditampilkan pada peta sesuai lokasi yang diperoleh.

REFERENSI

- [1] Amit, "Penggunaan Tongkat Pada Peserta Didik Tunanetra SMALB Dalam Melakukan Mobilitas," *Universitas Pendidikan Indonesia*, p. 5, 2018.
- [2] Asrori, *Psikologi Pendidikan Pendekatan Multidisipliner*, Banyumas: Pena Persada, 2020.
- [3] d. Yuwono, "The Effects of Guidance and ounseling Programs On The Learning Processes of Visually Impaired High School Students," *International Journal of Special Education*. vol 32, 2017.

- [4] A. Brebahama and R. A. Listyandini, "Gambaran Tingkat Kesejahteraan Psikologis Penyandang Tunanetra Dewasa Muda," *Mediapsi*, vol. 2, no. 1, pp. 1-10, 2016.
- [5] A. A. Ayuningtyas, M. I. Maulania, F. N. Fauziah and O. P. Ramdhani, "Mengenal Lebih Dekat Anak Tunanetra: Karakteristik, Dampak, Perkembangan, Metode Pembelajaran," p. 1, 2023.
- [6] P. Perkasa, "Penggunaan Global Positioning System (GPS) Untuk Dasar Survey Pada Mahasiswa," *Pendidikan Teknologi dan Kejuruan BALANGA*, vol. 7, no. 1, pp. 22-33, 2019.
- [7] R. Soekarta, D. Yapari and M. I. Zulkaedi, "Rancang Bangun Alat Bantu Tuna Netra Menggunakan," *Insect*, pp. 7-8, 2021.
- [8] S. Hadi, Saniman and S. Yakub, "Rancang Bangun Alat Bantu Pemandu Tunanetra Menggunakan Sensor Ultrasonik Dengan Suara Berbasis Mikrokontroler," *CyberTech*, pp. 7-8, 2020.
- [9] S. Ramdani, M. Z. Arifin and Sujon, "Alat Bantu Berjalan Tunanetra Berbasis Mikrokontroler Arduino," *Sains dan Teknologi*, vol. 13, no. 02, pp. 22-33, 2021.
- [10] M. R. Ambagapuri, F. N. S. Putra, M. Thahira and U. Fadlilah, "Pelacak Orang Hilang Menggunakan Sepatu dengan," *Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, pp. 43-46, 2018.
- [11] I. G. M. N. Desnanjaya, I. M. A. Nugraha and S. Hadi, "Sistem Pendeteksi Keberadaan Nelayan Menggunakan GPS Berbasis Arduino," *Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, vol. 5, no. 2, pp. 157-168, 2021.
- [12] P. Ramadani and R. Mukhaiyar, "Tongkat Cerdas Tunanetra Menggunakan Sensor Ultrasonik," *Teknik Elektro Indonesia*, vol. 3, no. 2, pp. 416-424, 2022.
- [13] M. Riadi, "Raspberry Pi (Definisi, Fungsi, Jenis, Spesifikasi dan Pemrograman)," 17 Desember 2020. [Online]. Available: <https://www.kajianpustaka.com/2020/12/Raspberry-Pi.html>.
- [14] M. Amin, "Sistem Cerdas Kontrol Kran Air Menggunakan Mikrokontroler Arduino dan Sensor Ultrasonic," *Jurnal Nasional Teknologi dan Jaringan*, 2020.
- [15] Firdaus and Ismail, "Komparasi Akurasi Global Position System(GPS) Receiver U-blox Neo-6M dan U-bloxNeo-M8N pada Navigasi Quadcopter," *Elektron Jurnal Ilmiah Volume 12*, pp. 12-15, 2020.
- [16] T. R. Zain, N. Wanto and M. Masri, "Gambaran Perilaku Remaja Terhadap Penggunaan Earphone Pada Siswa SMA Negeri Kota Padang," *Artikel Penelitian*, p. 739, 2016.
- [17] I. Maulana, "Implementasi Raspberry Pi 4 Sebagai Server E-Learning," *Media Aplikom*, vol. 13, no. 2, pp. 1-14, 2021.
- [18] M. Hardjianto, D. Ariyanto and A. Aryasanti, "Penerapan Sensor Ultrasonik HC-SR04 dan Hujan untuk MemantauKetinggian Air dan Pendeteksi Hujan," *Media Informatika Budidarma*, vol. 6, no. 1, pp. 251-257, 2022.
- [19] Y. Yuniati, M. Ulvan and M. Azzahra, "Implementasi Modul Global Positioning System (Gps) pada Sistem Tracking Bus Rapid Transit (BRT) Lampung Menuju Smart Transportation," *Sains, Teknologi dan Industri*, vol. 14, no. 2, pp. 150-156, 2017.
- [20] H. Priyandanu, M. Tabrani, Suhardi And Z. Mutaqin, "Manajemen Persediaan Bahan Baku Berbasis Pada Pt. Tuffindo Nittoku Autoneum Karawang," *Ilmiah M-Progress*, Vol. 10, No. 1, Pp. 90-99, 2020.

- [21] S. Laugi, "Sistem Informasi berbasis Web dalam Penyelenggaran Lembaga Pendidikan," *Shautut Tarbiyah*, vol. 24, no. 1, pp. 109-126, 2018.