

PERANCANGAN *SMART STICK* UNTUK MOBILITAS PENYANDANG TUNANETRA BERBASIS MIKROKONTROLER

Estu Prayoga[✉], Arif Setia Sandi, Khoirun Nisa

Universitas Harapan Bangsa, Banyumas, Indonesia

Email: prayogaestu628@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.46880/jmika.Vol9No2.pp210->

ABSTRACT

The development of assistive technology for visually impaired individuals is essential to enhance their mobility and safety. This research successfully designed and developed a Smart Stick based on a microcontroller, equipped with ultrasonic and water level sensors to detect obstacles and water puddles in real-time. The system provides immediate warnings through a speaker, allowing users to navigate their environment more effectively. The testing phase demonstrated that the ultrasonic sensor accurately detects obstacles within a range of 50–150 cm, while the water level sensor activates an alarm when the water reaches 40 mm. The results indicate that the Smart Stick is reliable in detecting obstacles and providing early warnings, improving the independence and security of visually impaired users. Future improvements may include IoT integration, Bluetooth headset compatibility, and enhanced sensor accuracy to optimize its functionality.

Keyword: *Smart Stick, Ultrasonic Sensor, Water Level Sensor, Visually Impaired, Microcontroller.*

ABSTRAK

Pengembangan teknologi bantu bagi penyandang tunanetra sangat penting untuk meningkatkan mobilitas dan keamanan mereka. Penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan Smart Stick berbasis mikrokontroler yang dilengkapi dengan sensor ultrasonik dan sensor ketinggian air untuk mendeteksi rintangan dan genangan secara real-time. Sistem ini memberikan peringatan langsung melalui speaker, sehingga pengguna dapat bernaligasi dengan lebih efektif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik mampu mendeteksi rintangan dalam rentang 50–150 cm, sedangkan sensor ketinggian air mengaktifkan alarm pada ketinggian 40 mm. Temuan ini membuktikan bahwa Smart Stick dapat diandalkan dalam mendeteksi hambatan dan memberikan peringatan dini, sehingga meningkatkan kemandirian serta keamanan penyandang tunanetra. Pengembangan lebih lanjut dapat mencakup integrasi IoT, kompatibilitas dengan headset Bluetooth, serta peningkatan akurasi sensor untuk mengoptimalkan fungsionalitasnya.

Kata Kunci: *Smart Stick, Sensor Ultrasonik, Sensor Ketinggian Air, Tunanetra, Mikrokontroler.*

PENDAHULUAN

Mata merupakan salah satu indera terpenting bagi manusia, karena lebih dari 80% informasi visual diperoleh melalui mata untuk mendukung berbagai aktivitas. Informasi visual ini sangat penting dalam proses pengambilan keputusan dan interaksi dengan lingkungan sekitar. Gangguan penglihatan, baik yang ringan maupun berat, dapat mempengaruhi kemampuan seseorang untuk menjalani aktivitas sehari-hari secara normal. Mulai dari rabun hingga kebutaan total, masalah ini dapat terjadi akibat penuaan, penyakit, atau cedera. *World Health Organization* (WHO) mengelompokkan gangguan penglihatan berdasarkan tingkat ketajaman visual seseorang, dengan kategori gangguan ringan hingga berat yang dapat secara signifikan mengurangi fungsi penglihatan. Kebutaan terjadi ketika ketajaman visual

seseorang kurang dari 3/60. Oleh sebab itu, pencegahan dan perawatan dini sangat penting untuk menjaga kesehatan mata dan mencegah gangguan yang lebih serius yang bisa menurunkan kualitas hidup seseorang (Tjahjono et al., n.d. 2022).

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI, 1989), Tunanetra diartikan sebagai ketidakmampuan melihat. Kata "tuna" berarti cacat atau hilang, sementara "neura" merujuk pada penglihatan atau mata. Dengan demikian, Tunanetra adalah kondisi di mana mata mengalami kerusakan, menyebabkan penglihatan berkurang atau hilang sepenuhnya (Mulyana & Wati, 2023).

WHO melaporkan bahwa jumlah gangguan penglihatan global mencapai 2,2 miliar, dengan 1,1 miliar di antaranya mengalami kebutaan total. Indonesia menempati peringkat ketiga di dunia setelah

India dan China berdasarkan jumlah penduduk tunanetra. Pada tahun 2023 penyandang disabilitas di Indonesia mencapai 22,97 juta, 4 juta diantaranya mengalami disabilitas tunanetra (Imran, 2024).

Navigasi menjadi tantangan besar bagi penyandang tunanetra. Mereka sering kesulitan mendeteksi objek, terutama di tempat yang asing, sehingga sulit mengidentifikasi area berbahaya. Selain itu, akses informasi tentang lingkungan sekitar, seperti keamanan suatu lokasi, juga terbatas karena minimnya petunjuk yang dapat diakses (Okolo et al., 2024).

Alat bantu tradisional seperti tongkat putih, meskipun bermanfaat bagi penyandang tunanetra, tetapi memiliki keterbatasan yang signifikan. Tongkat ini hanya dapat mendeteksi rintangan di permukaan tanah melalui kontak langsung, sehingga tidak efektif untuk mengenali hambatan di atas, seperti dahan pohon atau rambu jalan, yang bisa menyebabkan cedera. Selain itu, tongkat ini tidak dapat mendeteksi bahaya di jalan, seperti genangan air. Keterbatasan ini menunjukkan perlunya inovasi teknologi seperti tongkat pintar, yang mampu memberikan deteksi lebih akurat dan peringatan *real-time* untuk meningkatkan keamanan pengguna (Said et al., 2023) (Malla et al., 2023).

Penelitian sebelumnya telah banyak mengembangkan smart stick berbasis mikrokontroler menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi hambatan di depan pengguna. Misalnya, penelitian oleh (Kazi et al., 2023) dan (Faith et al., 2020) menunjukkan efektivitas penggunaan sensor ultrasonik dengan umpan balik suara atau getaran. Namun, sebagian besar dari penelitian tersebut belum mengintegrasikan sensor pendeksi genangan air atau hanya mengandalkan buzzer sebagai media peringatan, yang kurang informatif bagi penyandang tunanetra.

Penelitian ini memperbaiki keterbatasan tersebut dengan merancang dan membangun Smart Stick yang tidak hanya menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeksi rintangan, tetapi juga menambahkan sensor ketinggian air untuk mengidentifikasi genangan yang berbahaya. Sistem ini juga dilengkapi dengan MP3 player dan speaker mini untuk memberikan umpan balik suara yang lebih jelas. Dengan desain ini, penulis berharap dapat meningkatkan akurasi deteksi dan kualitas informasi yang diterima pengguna tunanetra, sehingga mendukung navigasi yang lebih aman dan mandiri.

Perancangan *Smart Stick* berbasis mikrokontroler ini menggunakan sensor ultrasonik dan sensor air karena kemampuannya mendeksi rintangan dan genangan air secara *real-time*. Sensor ultrasonik mendeksi objek di berbagai ketinggian, meningkatkan keamanan dan kenyamanan saat pengguna berjalan. Sementara itu,

sensor air mampu mendeksi genangan atau permukaan basah yang bisa membahayakan pengguna. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3, salah satu jenis mikrokontroler Arduino yang berbasis ATmega328. Board ini dapat dihubungkan ke komputer melalui kabel USB, serta dapat beroperasi menggunakan adaptor AC-DC atau baterai sebagai sumber daya. (Kumar Reddy et al., 2024) (Sandi et al., 2021).

Dengan adanya teknologi tongkat pintar berbasis mikrokontroler ini mampu meningkatkan mobilitas, kemandirian, dan keselamatan penyandang disabilitas tunanetra. Inovasi ini merupakan langkah maju dalam upaya memberikan aksesibilitas yang lebih baik bagi penyandang tunanetra, sehingga mereka dapat menjalani aktivitas sehari-hari dengan lebih aman dan nyaman di berbagai lingkungan (S et al., 2024).

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian sebelumnya tentang alat bantu mobilitas berbasis mikrokontroler menjadi landasan bagi penelitian ini. Penelitian pertama (Rio & Wulansari, 2020) mengembangkan tongkat bantu tunanetra berbasis Arduino Nano dengan sensor ultrasonik HC-SR04. Alat ini mendeksi objek dalam jarak 5–50 cm dan memberikan peringatan melalui buzzer. Meskipun berfungsi optimal hingga 9 jam, buzzer hanya menghasilkan bunyi monotone tanpa informasi spesifik tentang jenis atau arah rintangan.

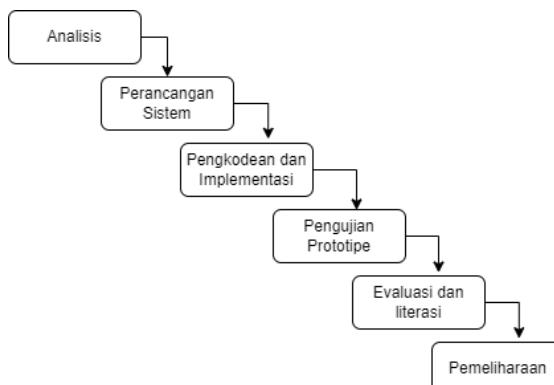
Penelitian kedua (Ramdani & Zainul Arifin, 2021) mengembangkan alat bantu berjalan berbasis Arduino dengan sensor ultrasonik dan modul DFPlayer MP3 Mini. Alat ini mendeksi hambatan dalam jarak 80 cm dan memberikan peringatan suara. Namun, penelitian ini hanya menggunakan sensor ultrasonik tanpa sensor tambahan, seperti sensor air, sehingga tidak dapat mendeksi genangan atau permukaan basah yang berisiko bagi tunanetra.

Penelitian terakhir (Kajian & Elektro, 2022) mengembangkan tongkat pintar berbasis ESP32 dengan sensor ultrasonik, sensor air, dan GPS tracking. Alat ini mendeksi hambatan di berbagai arah hingga 20 cm dan genangan air dengan kedalaman 1,5–4,5 cm. Notifikasi diberikan melalui buzzer, namun tetap memiliki keterbatasan karena hanya menghasilkan bunyi tanpa informasi spesifik mengenai hambatan.

METODE PENELITIAN

Alat yang ditunjukkan pada gambar 1 menunjukkan penelitian ini menggunakan pendekatan *Water Fall* perancangan *Smart Stick* untuk mobilitas penyandang tunanetra. Metode ini memungkinkan pengembangan prototipe secara bertahap, yang diuji

dan disempurnakan melalui iterasi hingga mencapai hasil yang optimal. Tahapan penelitian dimulai dari analisis kebutuhan hingga pengujian dan pemeliharaan alat.



Gambar 1. Metode Water Fall

Keterangan:

- Analisis Kebutuhan: Tahap ini melibatkan pengumpulan informasi tentang masalah yang akan dipecahkan dan menentukan kebutuhan pengguna. Dalam konteks penelitian tongkat tunanetra berbasis mikrokontroler, analisis kebutuhan mencakup identifikasi kebutuhan pengguna tunanetra dan fitur yang diharapkan dari *Smart Stick*.
- Perancangan Sistem: Pada tahap ini, spesifikasi teknis alat dirancang berdasarkan hasil analisis kebutuhan. Sistem mulai dirancang dengan menentukan komponen seperti Arduino, sensor ultrasonik, sensor air, dan buzzer.
- Pengkodean dan Implementasi: Setelah desain selesai, proses pengkodean dilakukan untuk membuat program yang menjalankan fungsi-fungsi dari alat yang dirancang. Pada tahap ini, sistem diintegrasikan dengan perangkat keras untuk memungkinkan deteksi rintangan dan pemberian notifikasi kepada pengguna.
- Pengujian Prototipe: Tahap ini melibatkan uji coba prototipe di lapangan untuk memastikan bahwa sistem bekerja sesuai dengan spesifikasi yang dirancang. Pengujian meliputi deteksi rintangan dan kondisi lingkungan seperti genangan air.
- Evaluasi dan Iterasi: Berdasarkan hasil pengujian, dilakukan evaluasi terhadap kinerja alat. Jika terdapat kekurangan, sistem diperbaiki dan kembali diuji hingga mencapai hasil yang diinginkan.
- Pemeliharaan: Pada tahap pemeliharaan, peneliti melakukan pemantauan berkala terhadap kinerja alat untuk memastikan bahwa seluruh komponen (seperti sensor ultrasonic, water level sensor,

buzzer, dan MP3 player) tetap berfungsi secara optimal. Kegiatan pemeliharaan meliputi pengecekan ulang sambungan kabel, kalibrasi ulang sensor jika diperlukan, serta penggantian komponen yang mengalami kerusakan selama uji coba. Selain itu, penyesuaian perangkat lunak dilakukan jika ditemukan bug minor selama penggunaan.

RANCANGAN SISTEM

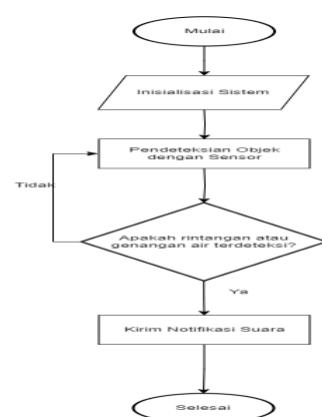
Smart Stick berbasis mikrokontroler ini dirancang untuk membantu tunanetra dengan fitur modern yang meningkatkan keamanan dan mobilitas. Gambar 2 menunjukkan tongkat dilengkapi Arduino sebagai pusat kendali, tiga sensor ultrasonik untuk mendeteksi rintangan, serta sensor water level untuk mendeteksi genangan air. Semua komponen bekerja bersama untuk memberikan peringatan suara guna mendukung navigasi yang aman.



Gambar 2. Desain *Smart Stick*

Alur Kerja Sistem

Alur proses kerja sistem *Smart Stick* yang dirancang untuk memfasilitasi mobilitas penyandang tunanetra tertuang pada gambar 3.



Gambar 3. Alur Kerja Sistem

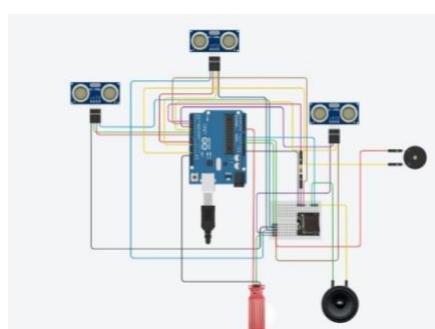
- a. Mulai: Proses dimulai dengan menyala sistem.
- b. Inisialisasi Sistem: Tahap ini sistem melakukan inisialisasi atau pengaturan untuk mempersiapkan semua komponen yang digunakan agar bekerja dengan baik.
- c. Pendekslsian Objek dengan Sensor: Sistem kemudian mulai mendekslsi lingkungan sekitarnya menggunakan sensor ultrasonik dan sensor air.
- d. Keputusan - Apakah rintangan atau genangan air terdeteksi?: Pada tahap ini sistem memeriksa apakah ada rintangan atau genangan air yang terdeteksi. Jika tidak ada, sistem akan terus melakukan deteksi secara berulang. Jika ada yang terdeteksi, sistem akan mengirimkan notifikasi suara.
- e. Kirim Notifikasi Suara: Jika ada deteksi, sistem akan memberikan peringatan kepada pengguna melalui notifikasi suara yang dikirimkan melalui notifikasi suara yang berasal dari speaker.
- f. Selesai: Setelah notifikasi diberikan, sistem akan kembali ke siklus deteksi ulang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan perancangan yang telah dilakukan, pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja *Smart Stick* dalam mendekslsi rintangan dan genangan air. Hasil deteksi ditampilkan melalui sistem peringatan suara, memungkinkan penyandang tunanetra untuk bernaligasi dengan lebih aman dan efektif.

Implementasi Sistem

Proses perakitan perangkat keras dan pemrograman mikrokontroler dilakukan untuk memastikan setiap komponen *Smart Stick* berfungsi sesuai rancangan. Gambar 4 menunjukkan bahwa sistem ini dirancang untuk membantu mobilitas penyandang tunanetra dengan sensor ultrasonik yang mendekslsi rintangan dan sensor water level yang mengenali genangan air. Data dari sensor diproses oleh mikrokontroler dan diterjemahkan menjadi output suara sebagai peringatan bagi pengguna.



Gambar 4. Rancangan *Smart Stick*

Tabel 1. Port Modul

No	Nama Modul	Jenis Modul	Port Mikrokontroler
1	Sensor Ultrasonic (Depan)	HC-SR04	Vcc: 5v, Gnd: Gnd, Trig: D9, Echo: D10
2	Sensor Ultrasonic (Kanan)	HC-SR04	Vcc: 5v, Gnd: Gnd, Trig: D4, Echo: D5
3	Sensor Ultrasonic (Kiri)	HC-SR04	Vcc: 5v, Gnd: Gnd, Trig: D6, Echo: D7
4	Water Level Sensor	Water Level Sensor	S: A0, (+): 5V, (-): Gnd
5	Buzzer	Buzzer	(-): Gnd, (+): D13
6	Speaker	Speaker	(+): Spk 1, (-): Spk 2
7	DFPlayer Mini	Mp3 Tf 16 P	Vcc: 5v, Gnd: Gnd, Rx: D2, Tx: D3

Desain kotak sistem sebagai komponen utama *Smart Stick* yang melindungi dan mengorganisir mikrokontroler, sensor ultrasonik, sensor air, serta modul daya. Gambar Kotak ini dirancang ergonomis dan kokoh untuk kenyamanan serta keamanan penyandang tunanetra. Gambar 5 menunjukkan 3 sensor ultrasonik diposisikan strategis untuk mendekslsi rintangan, sementara sensor air di sisi kotak mendekslsi genangan dengan indikator LED merah. Sakelar utama di bagian atas memudahkan pengguna dalam mengoperasikan perangkat.



Gambar 5. Desain Kotak Sistem

Smart Stick pada Gambar 6 dirancang untuk meningkatkan mobilitas penyandang tunanetra dengan teknologi canggih. Kotak pada pegangan berfungsi sebagai pusat pemrosesan, mengintegrasikan sensor untuk mendekslsi lingkungan secara otomatis. Selain sebagai alat bantu jalan, *Smart Stick* juga memberikan perlindungan tambahan dengan mendekslsi rintangan di berbagai posisi, memungkinkan pengguna bergerak lebih bebas dan percaya diri dalam aktivitas sehari-hari.



Gambar 6. *Smart Stick*

Hasil Pengujian Ultrasonic

Dilakukan pengujian sensor ultrasonik pada *Smart Stick* untuk mengevaluasi kemampuannya dalam mendeteksi hambatan. Pengujian ini bertujuan memastikan sistem berfungsi dengan akurat dan responsif dalam berbagai kondisi lingkungan.

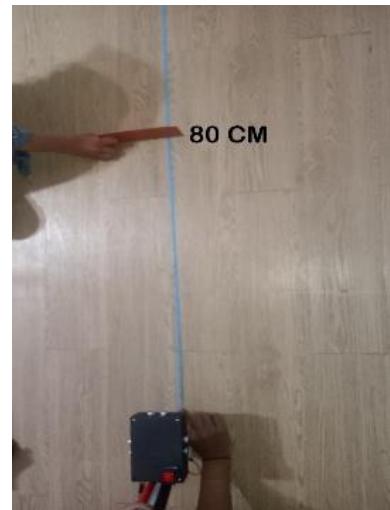
Alat diletakkan di permukaan datar dengan penghalang pada jarak 50 cm. Gambar 7 menunjukkan bahwa sensor ultrasonik berhasil mendeteksi penghalang dengan akurat. Respons sistem sesuai dengan jarak terukur, membuktikan bahwa *Smart Stick* dapat mendeteksi objek dengan baik untuk membantu penyandang tunanetra menghindari hambatan saat berjalan.



Gambar 7. Pengujian dalam Jarak 50 cm

Pengujian dengan penghalang pada jarak 80 cm menunjukkan bahwa sensor ultrasonik tetap mendeteksi objek dengan baik. Sistem merespons sesuai dengan data yang terdeteksi, membuktikan bahwa *Smart Stick* memiliki jangkauan deteksi luas dan

dapat memberikan peringatan akurat. Gambar 8 menunjukkan bahwa alat berfungsi optimal dalam berbagai kondisi penggunaan.



Gambar 8. Pengujian dalam Jarak 80 cm

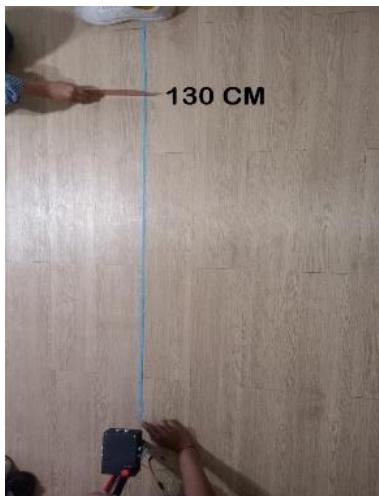
Pengujian dengan penghalang pada jarak 100 cm, seperti pada Gambar 9, menunjukkan bahwa sensor ultrasonik tetap mendeteksi objek dengan akurat. Sistem merespons sesuai harapan, menegaskan bahwa *Smart Stick* memiliki sensitivitas tinggi dalam mengenali hambatan. Keberhasilan ini semakin memperkuat efektivitas alat dalam membantu mobilitas penyandang tunanetra dengan memberikan peringatan dini terhadap rintangan di sekitarnya.



Gambar 9. Pengujian dalam jarak 100 cm

Pada pengujian selanjutnya, penghalang ditempatkan pada jarak 130 cm, seperti ditunjukkan pada gambar 10. Hasilnya menunjukkan bahwa sensor ultrasonik tetap mendeteksi objek dengan baik dan merespons sesuai yang diharapkan. Keberhasilan ini membuktikan bahwa *Smart Stick* memiliki jangkauan

sensor yang luas, memungkinkan peringatan lebih awal bagi pengguna. Dengan demikian, alat ini semakin menunjukkan keandalannya dalam membantu penyandang tunanetra mengenali hambatan dari berbagai jarak.



Gambar 10. Pengujian dalam Jarak 130 cm

Pengujian berikutnya ditunjukkan pada Gambar 11, sensor ultrasonik diuji dengan penghalang pada jarak 150 cm. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem tetap berfungsi dengan baik dalam mendeteksi objek pada jarak tersebut. Keberhasilan ini menegaskan bahwa *Smart Stick* memiliki sensitivitas tinggi dan mampu mengenali hambatan dari jarak yang cukup jauh. Dengan demikian, alat ini dapat memberikan peringatan dini yang optimal, memungkinkan pengguna merespons lebih cepat dan meningkatkan mobilitas saat berjalan.



Gambar 11. Pengujian dalam Jarak 150 cm

Pengujian dilakukan untuk memastikan sensor Ultrasonic dapat menjangkau jarak yang lebih jauh yang ditunjukkan pada gambar 12, di mana pada jarak

200 cm alarm berbunyi menandakan bahwa sensor berhasil mendeteksi objek dalam batas yang telah ditentukan. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem bekerja sesuai dengan parameter yang diatur, memastikan bahwa sensor dapat beroperasi dengan baik dalam mendeteksi objek pada jarak yang lebih jauh.



Gambar 12. Pengujian dalam Jarak 200 cm

Dilakukan pengujian pada jarak 400cm pada gambar 13, untuk memastikan jarak maksimum yang dapat dijangkau oleh sensor Ultrasonic. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor berhasil mendeteksi objek pada jarak tersebut, yang menandakan bahwa sistem mampu beroperasi dengan baik dalam rentang deteksi yang lebih luas. Keberhasilan ini menunjukkan bahwa sensor memiliki sensitivitas yang cukup untuk mendeteksi objek dalam jarak yang lebih jauh, sesuai dengan kebutuhan sistem yang dirancang.



Gambar 13. Pengujian dalam Jarak 400 cm

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonic

No	Pengukuran (cm)	Alarm
1.	400	Berbunyi
2.	200	Berbunyi
3.	150	Berbunyi
4.	130	Berbunyi
5.	100	Berbunyi
6.	80	Berbunyi
7.	50	Berbunyi

Berdasarkan hasil pengujian pada berbagai jarak, yaitu 50 cm, 80 cm, 100 cm, 130 cm, dan 150 cm, dapat disimpulkan bahwa sensor ultrasonik pada *Smart Stick* bekerja dengan baik dalam mendeteksi hambatan dalam rentang tersebut. Keberhasilan deteksi pada setiap pengujian menunjukkan bahwa alat ini memiliki tingkat akurasi dan responsivitas yang tinggi dalam mengenali objek di sekitarnya. Dengan demikian, *Smart Stick* ini dapat diandalkan untuk membantu penyandang tunanetra dalam mendeteksi rintangan dari jarak dekat hingga jarak yang lebih jauh, sehingga meningkatkan keamanan dan kenyamanan pengguna saat berjalan.

Untuk memastikan keakuratan pengujian jarak, dilakukan pengujian kembali sebanyak 10 kali di setiap jarak yang sudah ditentukan. Pendekatan ini bertujuan untuk memverifikasi konsistensi hasil sensor Ultrasonic serta memastikan bahwa deteksi rintangan berfungsi dengan baik.

Hasil pengujian pada tabel 3, sensor Ultrasonic pada berbagai jarak menunjukkan tingkat keberhasilan yang bervariasi. Pada jarak 400 cm dan 80 cm, sensor mencapai tingkat keberhasilan 100%, sedangkan pada jarak 200 cm dan 100 cm, tingkat keberhasilannya sedikit menurun menjadi 90%. Sementara itu, pada jarak 150 cm dan 50 cm, sensor berhasil mendeteksi dengan akurasi 80%, dan pada jarak 130 cm, tingkat keberhasilan terendah tercatat sebesar 70%. Secara keseluruhan, rata-rata keberhasilan sensor dalam pengujian ini adalah 87.14% dan juga simpangan baku sebanyak 0.0839, yang menunjukkan bahwa sensor mampu bekerja dengan baik dalam mendeteksi objek pada berbagai jarak, meskipun terdapat sedikit penurunan akurasi pada jarak tertentu.

Hasil pengujian sensor Ultrasonic yang ditampilkan dalam Tabel 3, pendekatan pada jarak 150 cm dipilih sebagai standar karena jarak ini ideal tidak terlalu jauh dan tidak terlalu dekat. Dengan tingkat keberhasilan sebesar 80%, sensor masih mampu mendeteksi objek dengan cukup baik pada jarak tersebut, sekaligus menjaga keseimbangan antara sensitivitas dan keakuratan. Selain itu, pemilihan jarak

150 cm juga mempertimbangkan konsistensi hasil pada berbagai pengujian, di mana sensor tetap berfungsi dengan baik tanpa mengalami penurunan akurasi yang signifikan.

Tabel 3. Hasil Pengujian 10 kali Sensor Ultrasonic

No	Pengukuran (cm)	Presentasi Keberhasilan	Simpangan Baku
1.	400	100%	0.0000
2.	200	90%	0.0949
3.	150	80%	0.1265
4.	130	70%	0.1449
5.	100	90%	0.0949
6.	80	100%	0.0000
7.	50	80%	0.1265
Rata-rata		87.14%	0.0839

Hasil Pengujian Sensor pada Ketinggian Air

Pada pengujian sensor terhadap ketinggian air, dilakukan serangkaian eksperimen dengan variasi ketinggian mulai dari 10 mm hingga 40 mm. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan sensor dalam mendeteksi perubahan ketinggian air secara akurat dan memberikan respons yang sesuai. Hasil dari pengujian ini menjadi acuan dalam menilai keandalan sensor dalam berbagai kondisi lingkungan serta memastikan efektivitasnya dalam mendukung fungsi *Smart Stick*.

Sensor water level diuji pada ketinggian air 10 mm, seperti ditunjukkan pada gambar 12. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alarm tidak berbunyi, meskipun sensor telah terendam sebagian dalam air. Hal ini mengindikasikan bahwa pada ketinggian 10 mm, sensor belum mencapai ambang batas deteksi yang diperlukan untuk memicu alarm, sehingga diperlukan ketinggian air yang lebih tinggi agar sistem dapat merespons dengan baik.



Gambar 14. Pengujian pada Ketinggian 10 mm

Pada pengujian kedua dengan ketinggian air 20 mm, seperti ditunjukkan pada gambar 13, hasil yang diperoleh masih menunjukkan bahwa alarm tidak berbunyi. Hal ini mengindikasikan bahwa sensor belum mencapai ambang batas deteksi meskipun ketinggian air telah meningkat. Kemungkinan besar, sensor memerlukan ketinggian yang lebih tinggi agar dapat mengaktifkan alarm. Pengujian ini juga menunjukkan bahwa respons sensor terhadap level air masih perlu dianalisis lebih lanjut untuk menentukan titik ketinggian minimum yang efektif dalam mendeteksi keberadaan air dan memicu alarm.



Gambar 15. Pengujian pada Ketinggian 20 mm

Pada pengujian ketiga dengan ketinggian air 30 mm, seperti ditunjukkan pada Gambar 14, hasilnya masih menunjukkan bahwa alarm tidak berbunyi. Hal ini semakin memperkuat indikasi bahwa sensor belum mencapai ambang batas deteksi yang diperlukan untuk mengaktifkan alarm. Meskipun ketinggian air telah bertambah secara bertahap dari 10 mm, 20 mm, hingga 30 mm, sensor masih belum memberikan respons, sehingga diperlukan pengujian lebih lanjut untuk menentukan ketinggian minimum yang dapat memicu alarm secara efektif.



Gambar 16. Pengujian pada Ketinggian 30 mm

Pada pengujian keempat dengan ketinggian air 40 mm, seperti ditunjukkan pada gambar 15, alarm akhirnya berbunyi. Hal ini menunjukkan bahwa sensor

mulai merespons ketika air mencapai tinggi 40 mm, yang kemungkinan merupakan ambang batas deteksi sensor. Berdasarkan hasil pengujian sebelumnya, di mana alarm tidak berbunyi pada ketinggian 10 mm, 20 mm, dan 30 mm, dapat disimpulkan bahwa sensor memerlukan level air minimal 40 mm untuk mengaktifkan alarm, menandakan bahwa sistem bekerja sesuai dengan batas deteksi yang telah ditentukan.



Gambar 17. Pengujian pada Ketinggian 40 mm

Hasil pengujian Water Level Sensor pada berbagai ketinggian air dari data yang diperoleh, tabel 4 menunjukkan alarm tidak berbunyi pada ketinggian air 10 mm, 20 mm, dan 30 mm, sedangkan pada ketinggian 40 mm, alarm mulai berbunyi. Hal ini terjadi karena dalam pemrograman sensor, ambang batas deteksi telah ditetapkan pada 40 mm. Ketinggian air 10-30 mm dianggap masih terlalu rendah dan dapat dilalui tanpa risiko signifikan, sehingga sensor belum diaktifkan. Asumsi penulis didasarkan pada bahwa ketinggian tersebut masih dalam batas aman bagi pengguna untuk berjalan tanpa gangguan berarti, serta tidak menimbulkan risiko besar terhadap stabilitas atau kenyamanan dalam penggunaan tongkat. Oleh karena itu, peneliti menetapkan ambang batas pada 40 mm untuk memastikan alarm hanya berbunyi ketika ketinggian air mencapai titik yang berpotensi mengganggu atau membahayakan.

Tabel 4. Hasil Pengujian Water Level Sensor

No	Ketinggian air (mm)	Alarm
1.	10	tidak berbunyi
2.	20	tidak berbunyi
3.	30	tidak berbunyi
4.	40	berbunyi

Untuk memastikan keakuratan pengujian ketinggian air, dilakukan pengujian kembali sebanyak

10 kali pada ketinggian 40mm. Pendekatan ini bertujuan untuk memverifikasi konsistensi hasil Water Level Sensor serta memastikan bahwa deteksi ketinggian air berfungsi dengan baik.

Berdasarkan hasil pengujian Water Level Sensor pada ketinggian air 40 mm yang dilakukan pada tabel 4.12 sebanyak 10 kali, alarm berbunyi pada sebagian besar pengujian, meskipun terdapat beberapa percobaan di mana alarm tidak aktif. Hal ini menunjukkan bahwa sensor berfungsi dengan baik dalam mendekripsi ketinggian air, tetapi masih terdapat kemungkinan ketidakkonsistenan dalam beberapa kondisi tertentu. Secara keseluruhan, rata-rata hasil menunjukkan bahwa alarm berbunyi sebanyak 60% dan simpangan baku 0.1549, sehingga sensor dapat dikatakan bekerja sesuai dengan ambang batas yang telah ditentukan.

Tabel 5. Hasil Pengujian 10 kali Water Level Sensor (40mm)

No	Ketinggian air (mm)	Alarm	Simpangan Baku
1.	40	berbunyi	0,1549
2.	40	berbunyi	0,1549
3.	40	Tidak berbunyi	0,1549
4.	40	berbunyi	0,1549
5.	40	Tidak berbunyi	0,1549
6.	40	Tidak berbunyi	0,1549
7.	40	berbunyi	0,1549
8.	40	Berbunyi	0,1549
9.	40	Tidak berbunyi	0,1549
10.	40	berbunyi	0,1549
Rata-rata		berbunyi (60%)	0,1549

KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil merancang dan mengembangkan Smart Stick berbasis mikrokontroler yang bertujuan untuk membantu penyandang tunanetra dalam mendekripsi rintangan di luar jangkauan alat bantu tradisional. Alat ini dirancang dengan sistem sensor yang mampu mengenali berbagai jenis hambatan di sekitar pengguna serta memberikan peringatan yang cepat. Smart Stick diharapkan dapat meningkatkan mobilitas serta kemandirian pengguna dalam menjalani aktivitas sehari-hari. Selain itu, penggunaan teknologi berbasis mikrokontroler menjadikan alat ini lebih fleksibel dan mudah dikembangkan untuk mendukung berbagai kondisi

penggunaan, baik di dalam ruangan maupun di luar ruangan. Inovasi ini diharapkan dapat menjadi solusi efektif bagi penyandang tunanetra dalam meningkatkan kenyamanan dan keselamatan mereka saat berjalan di lingkungan yang beragam.

Dibandingkan dengan tongkat tradisional, Smart Stick memiliki keunggulan dalam mendekripsi rintangan dan genangan air secara otomatis, tanpa memerlukan kontak langsung. Hal ini memberikan tingkat keamanan dan kenyamanan yang lebih tinggi bagi pengguna, terutama bagi penyandang disabilitas yang mengandalkan alat bantu navigasi dalam mobilitas sehari-hari.

Hasil pengujian yang telah dilakukan sebanyak 10 kali menunjukkan bahwa Smart Stick memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi dalam mendekripsi rintangan pada jarak 50-400 cm serta ketinggian air antara 10-40 mm. Sensor yang digunakan mampu merespons dengan baik sesuai parameter yang telah ditetapkan. Meskipun demikian, terdapat beberapa kondisi di mana sensor tidak selalu aktif, sehingga masih diperlukan penyempurnaan agar kinerjanya lebih optimal. Dari hasil uji coba, alarm terbukti berfungsi dengan baik pada batas ketinggian tertentu, mengindikasikan bahwa sistem pendekripsi telah berjalan sesuai dengan perancangan awal. Namun, terdapat kekurangan pada sensor water level, di mana setelah dicelupkan ke dalam air dan diangkat kembali, sensor masih tetap berbunyi selama beberapa detik karena masih dalam kondisi basah. Hal ini dapat diatasi dengan menambahkan delay atau debounce pada pemrograman agar sensor tidak langsung merespons setelah kontak dengan air. Alternatif lain adalah dengan mengusap atau mengeringkan sensor menggunakan kain atau tisu setelah dicelupkan untuk mempercepat proses penghentian alarm.

SARAN

1. Integrasi dengan Internet of Things (IoT)
2. Penggunaan Headset Bluetooth
3. Peningkatan Sensor dengan Teknologi Multi-Sensor
4. Implementasi Getaran sebagai Peringatan Tambahan
5. Daya Tahan dan Efisiensi Energi
6. Uji Coba di Berbagai Lingkungan
7. Personalisasi dan Kustomisasi untuk Pengguna

Dengan menerapkan berbagai saran ini, *Smart Stick* dapat dikembangkan menjadi alat bantu yang lebih canggih, adaptif, dan efektif dalam membantu mobilitas penyandang tunanetra.

DAFTAR PUSTAKA

- Faith, E., Bermudo, C., Andrew, P., Nahiwan, D., Ernest, B., Redoble, J. S., Carlos, B., Reyes, J. M., Paulo, J., Singzon, Y., Asaba, H. M., & Ong, C. Y. (2020). *Developing an Assistive Device for the Visually Impaired Using Ultrasonic Sensors for Distance and Solidity Determination*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/s17030565>
- Imran, M. (2024). Peningkatan Pemberdayaan Penyandang Tunanetra melalui Perancangan Social Media Newsletter di Yayasan Sosial Tunanetra. In *Jurnal Komunitas : Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat* (Vol. 6, Issue 2).
<https://doi.org/https://doi.org/10.31334/jks.v6i2.3587>
- Kazi, W., Limu, T. J., & Md. Rakibuzzaman. (2023). Smart Cane: A Low Cost Assistive Device for the Visually Impaired. *EAI Endorsed Transactions on Internet of Things*, 8(4), e5.
<https://doi.org/10.4108/eaiot.v8i4.1707>
- Kumar Reddy, B. S., Jyothika, K., Prathyusha, B., Shravani, B., Ganitha, G., & Manogna, G. (2024). Accident avoiding and vehicle control system using aurdino with ultrasonic sensors. In *Futuristic Trends in Artificial Intelligence Volume 3 Book 2* (pp. 132–137). Iterative International Publishers, Selfypage Developers Pvt Ltd.
<https://doi.org/10.58532/V3BDAI2P2CH7>
- Malla, S., Sahu, P. K., Patnaik, S., & Biswal, A. K. (2023). Obstacle detection and assistance for visually impaired individuals using an iot-enabled smart blind stick. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 37(3), 783–794.
<https://doi.org/10.18280/ria.370327>
- Mulyana, D. I., & Wati, S. S. (2023). Penerapan Alat Bantu Tunanetra Menggunakan Metode Fuzzy Logic Dengan Teknologi IoT Dalam Meningkatkan Kemandirian Dan Mobilitas Pengguna The Application of Blind Aids Using Fuzzy Logic Methods with IoT Technology in Increasing User Independence and Mobility. *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, 6(2).
<https://doi.org/https://doi.org/10.31539/intecoms.v6i2.7883>
- Okolo, G. I., Althobaiti, T., & Ramzan, N. (2024). Assistive Systems for Visually Impaired Persons: Challenges and Opportunities for Navigation Assistance. *Sensors*, 24(11), 3572.
<https://doi.org/10.3390/s24113572>
- Ramdani, S., & Zainul Arifin, M. (2021). *Alat Bantu Berjalan Tunanetra Berbasis Mikrokontroler Arduino*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.32764/saintekbu.v13i02.665>
- Rio, M., & Wulansari, Z. (2020). Tongkat Bantu Jalan Tunanetra Pendekripsi Halangan Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano. In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 4, Issue 2).
<https://doi.org/https://doi.org/10.36040/jati.v4i2.3168>
- S, M. D., Niveditha, G., Pinto, N. A., & Sinha, S. (2024). Enhancing Mobility: A Smart Cane with Integrated Navigation System and Voice-Assisted Guidance for the Visually Impaired. *2024 IEEE 13th International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT)*, 1124–1129.
<https://doi.org/10.1109/CSNT60213.2024.10546111>
- Said, Y., Atri, M., Albahar, M. A., Ben Atitallah, A., & Alsariera, Y. A. (2023). Obstacle Detection System for Navigation Assistance of Visually Impaired People Based on Deep Learning Techniques. *Sensors*, 23(11).
<https://doi.org/10.3390/s23115262>
- Sandi, A. S., Ashari, I. A., Setiawan, R. A., & Sumantri, R. B. B. (2021). IMPLEMENTASI SENSOR MQ-2 SEBAGAI ALAT DETEKSI ASAP ROKOK MENGGUNAKAN ATMEGA328. *METHOMIKA Jurnal Manajemen Informatika Dan Komputerisasi Akuntansi*, 5(2), 110–115.
<https://doi.org/10.46880/jmika.Vol5No2.pp110-115>
- Tjahjono, B., Cahyo Adhi, A., & Irawan, B. (2022). Pengembangan Alat Bantu Tuna Netra Berbasis Arduino.
<https://doi.org/https://doi.org/10.24036/voteteknika.v10i1.116455>