



## Perbandingan Logika *Fuzzy* Mamdani dan *Thresholding* dalam Sistem Peringatan Suara pada Tongkat Pintar Tunanetra Berbasis Arduino Uno

Desi Luvita Sari Ritonga<sup>1</sup>, Mulkan Azhari<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia

\*Corresponding Author e-mail: [desiluvitasari970@gmail.com](mailto:desiluvitasari970@gmail.com)

### Abstrak

Penyandang tunanetra membutuhkan alat bantu yang mampu mendeteksi rintangan secara cepat dan memberikan informasi yang mudah dipahami saat berjalan. Penelitian ini bertujuan membandingkan metode *Thresholding* dan Logika Fuzzy Mamdani pada sistem tongkat pintar berbasis Arduino Uno dalam menerjemahkan data jarak menjadi peringatan suara. Sistem menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, sensor Proximity Infrared E18-D80NK, dan sensor air untuk mendeteksi rintangan serta genangan, dengan keluaran suara melalui DFPlayer Mini dan speaker. Pengujian dilakukan melalui simulasi logika program pada beberapa variasi jarak (10, 20, 30, 35, 40, 50, dan 70 cm) dengan waktu komputasi diukur menggunakan fungsi `micros()`. Hasil penelitian menunjukkan metode *Thresholding* menghasilkan waktu respons rata-rata 234,00 mikrodetik, jauh lebih cepat dibandingkan Logika Fuzzy Mamdani yang membutuhkan 108.135,83 mikrodetik (selisih  $\pm 462$  kali). Titik potong deteksi *Thresholding* berada pada 50 cm, sedangkan Fuzzy Mamdani pada  $\pm 37$  cm. Estimasi stabilitas output pada zona batas menunjukkan Fuzzy Mamdani lebih stabil (3,67 fluktuasi/20 detik) dibandingkan *Thresholding* (12,00 fluktuasi/20 detik). Ditemukan pula bahwa skenario jalan sempit pada aturan Fuzzy tidak pernah tereksekusi akibat urutan evaluasi kondisi pada program. Secara keseluruhan, metode *Thresholding* menunjukkan performa yang lebih unggul dan andal untuk diterapkan pada sistem peringatan suara tongkat pintar tunanetra berbasis Arduino Uno.

**Kata Kunci:** Tongkat Pintar Tunanetra; Arduino Uno; *Thresholding*; Logika Fuzzy Mamdani

### Abstract

Visually impaired individuals require an assistive device capable of detecting obstacles quickly and providing information that is easy to understand while walking. This study aims to compare the *Thresholding* method and Mamdani Fuzzy Logic in an Arduino Uno-based smart cane system for translating distance data into voice warnings. The system uses HC-SR04 ultrasonic sensors, a Proximity Infrared E18-D80NK sensor, and a water sensor to detect obstacles and puddles, with voice output produced through a DFPlayer Mini and speaker. Testing was carried out through program-logic simulation at several distances (10, 20, 30, 35, 40, 50, and 70 cm), with computation time measured using the `micros()` function. The results show that the *Thresholding* method produced an average response time of 234.00 microseconds, far faster than Mamdani

### Article History

Received: Juni 2026

Reviewed: Juli 2026

Published: Juli 2026

Plagiarism Checker No 235

Prefix DOI :

[10.8734/Kohesi.v1i2.365](https://doi.org/10.8734/Kohesi.v1i2.365)

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



Fuzzy Logic, which required 108,135.83 microseconds (a difference of about 462 times). The effective detection cut-off point of Thresholding was at 50 cm, while that of Fuzzy Mamdani was at approximately 37 cm. Stability estimation at the boundary zone showed that Fuzzy Mamdani was more stable (3.67 fluctuations/20 seconds) than Thresholding (12.00 fluctuations/20 seconds). It was also found that the narrow-path scenario in the Fuzzy rule base could never be executed due to the order of condition evaluation in the program. Overall, the Thresholding method showed superior and more reliable performance for application in the voice warning system of an Arduino Uno-based smart cane for the visually impaired.

**Keywords:** *Smart Cane for the Visually Impaired; Arduino Uno; Thresholding; Mamdani Fuzzy Logic*

## PENDAHULUAN

Penyandang tunanetra menghadapi hambatan mobilitas karena keterbatasan informasi visual untuk mengenali rintangan dan menjaga keselamatan saat berjalan. Alat bantu yang paling umum digunakan adalah tongkat putih (konvensional), tetapi tongkat ini bekerja terutama melalui kontak fisik dan jangkauannya terbatas pada area dekat permukaan, sehingga rintangan sering terdeteksi ketika sudah sangat dekat. Penelitian pilot study tahun 2025 tentang aksesoris tongkat pintar menegaskan bahwa tongkat konvensional cenderung tidak efektif mendeteksi rintangan di atas pinggang (*above-waist obstacles*) (mis. palang, dahan, bagian kendaraan) yang berisiko menyebabkan benturan dan menurunkan keamanan mobilitas di luar ruang (Malla et al. 2023).

Perkembangan teknologi asistif mendorong pengembangan tongkat pintar (*smart cane*) yang menggabungkan sensor, pemrosesan keputusan, dan umpan balik (audio/haptik) untuk meningkatkan keselamatan serta kemandirian. *Review* terbuka tahun 2025 menekankan bahwa smart cane modern dibangun dari sinergi persepsi-pengambilan keputusan-*feedback* dengan pendekatan desain berpusat pada pengguna. Pada implementasinya, sensor ultrasonik banyak digunakan karena mampu mengukur jarak rintangan secara *real-time* sehingga peringatan dapat diberikan sebelum terjadi kontak fisik; riset 2025 juga menunjukkan penerapan sistem yang menggabungkan ultrasonik untuk estimasi jarak dan menghasilkan peringatan berbasis jarak serta tingkat bahaya (*severity*) secara *real-time*.

Namun, keberhasilan sistem peringatan suara tidak hanya ditentukan oleh sensor, tetapi juga oleh metode yang menerjemahkan data jarak menjadi keluaran peringatan. Metode *thresholding* sederhana dan cepat karena membandingkan jarak dengan ambang tertentu, tetapi perubahan output bisa terasa mendadak (mis. “on-off” di sekitar batas ambang) sehingga berpotensi mengganggu kenyamanan pengguna. Sebagai alternatif, Logika Fuzzy Mamdani memetakan jarak ke label linguistik (dekat-jarak aman) melalui aturan, sehingga transisi keluaran lebih halus dan adaptif. Hal ini didukung oleh studi 2025 di JESTEC yang menggunakan pendekatan Mamdani Type-1 *fuzzy* untuk meningkatkan deteksi rintangan dan mengatur respons umpan balik secara lebih adaptif pada konteks navigasi tunanetra (Ibrahim et al. 2025).

Metode *thresholding* dan logika fuzzy Mamdani memiliki perbedaan utama dalam cara pengambilan keputusan dari data jarak. *Thresholding* bekerja dengan membandingkan nilai input terhadap batas ambang tertentu sehingga menghasilkan keputusan yang cepat dan sederhana, namun perubahan output bersifat kaku dan terjadi secara tiba-tiba ketika melewati nilai ambang. Sebaliknya, logika fuzzy Mamdani menggunakan pendekatan berbasis himpunan fuzzy dan aturan linguistik (IF-THEN) yang mampu menangani ketidakpastian serta menghasilkan output yang lebih halus dan adaptif terhadap perubahan nilai input. Metode fuzzy



Mamdani juga melibatkan proses fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi sehingga lebih kompleks dibanding thresholding, tetapi mampu merepresentasikan pengetahuan manusia dalam bentuk aturan dan memberikan hasil yang lebih stabil pada sistem non-linear. Oleh karena itu, thresholding lebih unggul dari segi kesederhanaan dan kecepatan komputasi, sedangkan *fuzzy* Mamdani lebih unggul dalam fleksibilitas dan kualitas keputusan yang dihasilkan (Rumalowak, Lesnussa, and Rumlawang 2023).

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *prototype-based iterative development*, yaitu pembuatan prototipe awal yang kemudian diuji, dievaluasi, dan disempurnakan secara berulang. Tahapan penelitian meliputi identifikasi kebutuhan, perancangan sistem dan algoritma (*Thresholding* dan *Fuzzy Mamdani*), perakitan prototipe perangkat keras, implementasi program pada Arduino Uno, pengujian pada beberapa variasi jarak, serta analisis hasil untuk membandingkan performa kedua metode.

Sistem tongkat pintar menggunakan dua sensor ultrasonik HC-SR04 pada sisi kiri dan kanan untuk mendeteksi rintangan lateral, sensor *Proximity Infrared* E18-D80NK yang menghadap ke depan bawah untuk mendeteksi rintangan langsung di depan pengguna, serta sensor genangan air pada permukaan jalan. Keluaran suara dikendalikan oleh modul DFPlayer Mini yang diperkuat oleh amplifier PAM8403 sebelum diteruskan ke speaker mini, dengan suplai daya dari baterai 18650 dan regulator tegangan XL4005 (Ali Topan, Bahri, & Fardila, 2024). Rincian komponen utama beserta fungsinya disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Komponen Perangkat Keras Utama**

| No | Komponen                                 | Fungsi                                                                                                                |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Arduino Uno (ATmega328P)                 | Pusat kontrol: membaca data sensor, memproses metode Thresholding & Fuzzy Mamdani, mengatur keluaran peringatan suara |
| 2  | Sensor Ultrasonik HC-SR04 (kiri & kanan) | Mengukur jarak rintangan lateral secara real-time                                                                     |
| 3  | Sensor Proximity Infrared E18-D80NK      | Mendeteksi rintangan langsung di depan pengguna pada jarak dekat                                                      |
| 4  | Sensor Air                               | Mendeteksi keberadaan genangan air di permukaan jalan                                                                 |
| 5  | DFPlayer Mini, PAM8403, Speaker Mini     | Memutar dan menguatkan sinyal audio peringatan                                                                        |
| 6  | Baterai 18650 & Regulator XL4005         | Menyediakan suplai daya yang stabil bagi seluruh komponen                                                             |

*Thresholding* diimplementasikan melalui perbandingan langsung nilai pembacaan sensor terhadap ambang statis 50 cm untuk sensor ultrasonik, serta kondisi *LOW* untuk sensor IR dan sensor air. Urutan prioritas notifikasi ditentukan melalui struktur *if-else if* berjenjang dengan urutan: genangan air, rintangan depan (IR), rintangan kiri, dan rintangan kanan. Sementara itu, Logika *Fuzzy Mamdani* diimplementasikan menggunakan pustaka *Fuzzy.h* dengan satu variabel input (jarak), satu variabel output (status), fungsi keanggotaan trapesium, defuzzifikasi metode *centroid*, dan tiga aturan dasar sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Rule Base Logika Fuzzy Mamdani**

| No | IF (Antecedent)      | THEN (Consequent)   | Keterangan                     |
|----|----------------------|---------------------|--------------------------------|
| 1  | Jarak bersifat DEKAT | Status = PERINGATAN | Rintangan dekat pada satu sisi |



| No | IF (Antecedent)                        | THEN (Consequent)   | Keterangan                     |
|----|----------------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| 2  | Jarak bersifat AMAN                    | Status = DIAM       | Tidak ada rintangan signifikan |
| 3  | Jarak Kiri DEKAT AND Jarak Kanan DEKAT | Status = PERINGATAN | Skenario jalan sempit          |

Pengujian dilakukan melalui simulasi logika program pada platform Arduino dengan nilai jarak diinput sesuai skenario yang dirancang, yaitu 10, 20, 30, 35, 40, 50, dan 70 cm untuk masing-masing sisi (kiri dan kanan), ditambah skenario deteksi sensor IR depan, sensor air, dan kombinasi prioritas multi-sensor. Setiap skenario diuji sebanyak lima kali pengulangan untuk masing-masing metode agar data yang diperoleh lebih konsisten. Parameter yang dicatat meliputi waktu respons komputasi (diukur menggunakan fungsi `micros()` pada Arduino sehingga merepresentasikan beban komputasi riil mikrokontroler), keputusan sistem (PERINGATAN/DIAM), parameter delay pasca-notifikasi, serta urutan prioritas ketika beberapa sensor aktif secara bersamaan. Data hasil pengujian selanjutnya dianalisis untuk membandingkan performa kedua metode dari sisi kecepatan respons, jangkauan deteksi efektif, dan estimasi stabilitas keluaran suara di sekitar titik batas keputusan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Keputusan pada Berbagai Jarak Uji

Simulasi logika program dilakukan untuk menghitung derajat keanggotaan dan nilai defuzzifikasi Logika Fuzzy Mamdani pada setiap jarak uji, kemudian dibandingkan dengan keputusan metode *Thresholding*. Hasil simulasi disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Keputusan Sistem pada Berbagai Jarak Uji**

| Jarak (cm) | Nilai Defuzzifikasi Fuzzy | Keputusan Fuzzy | Keputusan Thresholding |
|------------|---------------------------|-----------------|------------------------|
| 10         | 10,46                     | PERINGATAN      | PERINGATAN             |
| 20         | 10,46                     | PERINGATAN      | PERINGATAN             |
| 30         | 10,23                     | PERINGATAN      | PERINGATAN             |
| 35         | 7,40                      | PERINGATAN      | PERINGATAN             |
| 40         | 1,75                      | DIAM            | PERINGATAN             |
| 50         | 1,54                      | DIAM            | DIAM                   |
| 70         | 1,54                      | DIAM            | DIAM                   |

Sumber: Simulasi logika program, 2026

Temuan penting terdapat pada jarak 40 cm: metode *Thresholding* masih menghasilkan keputusan PERINGATAN (karena  $40 < 50$ ), sementara Logika Fuzzy Mamdani menghasilkan keputusan DIAM dengan nilai defuzzifikasi 1,75 yang jauh di bawah ambang 5,0. Titik potong (*crossover*) Logika Fuzzy Mamdani berada di antara 35 cm dan 40 cm, atau diestimasi melalui interpolasi linear berada di sekitar 37 cm, sedangkan titik potong *Thresholding* tegas pada 50 cm. Selisih jangkauan deteksi sekitar 13 cm ini setara dengan satu langkah pada kecepatan jalan manusia normal, sehingga dari perspektif ergonomi mobilitas tunanetra, *Thresholding* memberikan keunggulan praktis berupa peringatan yang lebih dini.

### Perbandingan Waktu Respons Sistem

Waktu respons diukur sebagai waktu komputasi murni algoritma keputusan menggunakan fungsi `micros()` pada Arduino. Tabel 4 merangkum rata-rata waktu respons pada seluruh jarak pengujian.

**Tabel 4. Perbandingan Rata-Rata Waktu Respons**

| Jarak (cm) | Waktu Thresholding ( $\mu$ s) | Waktu Fuzzy Mamdani ( $\mu$ s) | Rasio  |
|------------|-------------------------------|--------------------------------|--------|
| 10         | 276                           | 107.064                        | 387,9x |
| 20         | 276                           | 107.064                        | 387,9x |
| 30         | 272                           | 105.172                        | 386,7x |
| 35         | 272                           | 114.048                        | 419,3x |
| 40         | 272                           | 108.140                        | 397,6x |
| 50         | 120                           | 110.424                        | 920,2x |
| 70         | 124                           | 110.424                        | 890,5x |
| Rata-rata  | 234,00                        | 108.135,83                     | 462,1x |

Sumber: Simulasi logika program, 2026

Metode *Thresholding* secara konsisten jauh lebih unggul dalam kecepatan komputasi, dengan rata-rata 234,00 mikrodetik dibandingkan Logika *Fuzzy Mamdani* yang membutuhkan rata-rata 108.135,83 mikrodetik, atau selisih sekitar 462 kali lipat. Hal ini disebabkan mikrokontroler ATmega328P pada Arduino Uno tidak memiliki unit pemroses titik-mengambang perangkat keras (*FPU*), sehingga seluruh operasi bilangan desimal pada proses fuzzifikasi dan defuzzifikasi *centroid* dieksekusi melalui emulasi perangkat lunak yang jauh lebih lambat (Sinha, 2024). Meskipun demikian, kedua nilai waktu respons (di bawah 110 milidetik) masih berada di bawah ambang persepsi reaksi manusia.

### Perbandingan Parameter Delay dan Prioritas Notifikasi

Selain waktu komputasi, parameter delay pasca-notifikasi memiliki dampak langsung terhadap responsivitas sistem dalam mendeteksi rintangan baru. Tabel 5 membandingkan parameter delay pada kedua metode.

Tabel 5. Perbandingan Parameter Delay Sistem

| Parameter Delay                  | Thresholding | Fuzzy Mamdani | Implikasi                                             |
|----------------------------------|--------------|---------------|-------------------------------------------------------|
| Delay setelah alarm rintangan    | 1.500 ms     | 7.000 ms      | Thresholding 4,67x lebih cepat siap mendeteksi ulang  |
| Delay setelah alarm genangan air | 2.000 ms     | 7.000 ms      | Thresholding 3,5x lebih cepat siap mendeteksi ulang   |
| Delay akhir loop (jeda minimum)  | 100 ms       | 500 ms        | Thresholding 5x lebih sering melakukan polling sensor |

Delay alarm 7.000 ms pada implementasi *Fuzzy* berarti sistem tidak akan merespons rintangan baru selama tujuh detik penuh setelah suatu notifikasi diputar, yang pada kecepatan jalan manusia normal ( $\pm 1,2$  m/detik) setara dengan jarak sekitar 8,4 meter yang tidak termonitor. Pengujian kombinasi multi-sensor juga mengonfirmasi bahwa urutan prioritas notifikasi berbeda antar kedua metode: pada *Thresholding*, genangan air dievaluasi lebih dahulu, sedangkan pada *Fuzzy*, rintangan depan (IR) memperoleh prioritas tertinggi. Lebih lanjut, analisis struktur kondisi *if-else if* pada program *Fuzzy* menunjukkan bahwa skenario jalan sempit (Rule 3 pada Tabel 2) tidak pernah dapat tereksekusi, karena kondisi rintangan kiri secara individual dievaluasi terlebih dahulu dan langsung menghentikan pemeriksaan kondisi berikutnya. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya verifikasi logika program secara menyeluruh, tidak hanya mengandalkan asumsi bahwa rancangan *rule base* telah berjalan sesuai desain.

### Estimasi Stabilitas Output dan Ringkasan Perbandingan



Estimasi stabilitas dilakukan pada zona batas masing-masing metode (50 cm untuk *Thresholding*;  $\pm 37$  cm untuk *Fuzzy*) berdasarkan spesifikasi umum *noise* sensor HC-SR04. Hasil estimasi menunjukkan *Thresholding* berpotensi mengalami rata-rata 12,00 kali fluktuasi keputusan per 20 detik, sedangkan Logika *Fuzzy Mamdani* hanya 3,67 kali, sehingga secara teoritis *Fuzzy Mamdani* lebih stabil pada zona batas keputusan. Ringkasan menyeluruh perbandingan kedua metode pada seluruh parameter evaluasi disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 6. Ringkasan Perbandingan Performa Kedua Metode**

| Parameter Evaluasi                            | Thresholding          | Fuzzy Mamdani           | Unggul        |
|-----------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|
| Waktu respons ( $\mu$ s)                      | 234,00                | 108.135,83              | Thresholding  |
| Batas deteksi efektif                         | 50 cm                 | $\pm 37$ cm             | Kontekstual   |
| Estimasi stabilitas output (fluktuasi/20 dtk) | 12,00                 | 3,67                    | Fuzzy Mamdani |
| Delay respons alarm                           | 1.500-2.000 ms        | 7.000 ms                | Thresholding  |
| Kelengkapan skenario (bug Rule 3)             | Tidak ada bug         | Rule 3 tidak terjangkau | Thresholding  |
| Kompleksitas implementasi & memori            | Sederhana, $\pm 2$ KB | Moderat, $\pm 8$ KB     | Thresholding  |

Berdasarkan Tabel 6, kedua metode memiliki keunggulan masing-masing. *Thresholding* unggul pada kecepatan respons, jangkauan deteksi lebih dini, delay alarm yang lebih responsif, kesederhanaan implementasi, konsumsi memori, dan kebebasan dari bug logika. Logika *Fuzzy Mamdani* hanya unggul pada estimasi stabilitas output di sekitar titik batas keputusan, yang masih memerlukan validasi empiris lebih lanjut. Mengingat keunggulan *Thresholding* mencakup hampir seluruh parameter krusial yang berkaitan langsung dengan keselamatan dan responsivitas mobilitas, metode ini menunjukkan performa keseluruhan yang lebih baik untuk diaplikasikan pada sistem peringatan suara tongkat pintar tunanetra berbasis Arduino Uno pada kondisi perangkat keras saat ini.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi, pengujian, dan analisis perbandingan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kedua metode berhasil diimplementasikan pada prototipe tongkat pintar tunanetra berbasis Arduino Uno. Metode *Thresholding* menghasilkan waktu respons rata-rata jauh lebih cepat (234,00 mikrodetik) dibandingkan Logika *Fuzzy Mamdani* (108.135,83 mikrodetik), akibat ketiadaan unit pemroses titik-mengambang perangkat keras pada mikrokontroler ATmega328P. Kedua metode juga memiliki titik potong deteksi yang berbeda, yaitu 50 cm pada *Thresholding* dan  $\pm 37$  cm pada *Fuzzy Mamdani*, sehingga *Thresholding* memberikan peringatan lebih dini kepada pengguna.

Estimasi stabilitas output di sekitar titik batas keputusan menunjukkan Logika *Fuzzy Mamdani* berpotensi lebih stabil dibandingkan *Thresholding*, namun ditemukan pula bahwa skenario jalan sempit pada aturan *Fuzzy* tidak pernah dapat tereksekusi akibat urutan evaluasi kondisi pada program. Secara keseluruhan, metode *Thresholding* menunjukkan performa yang lebih unggul dan lebih andal untuk diterapkan pada sistem peringatan suara tongkat pintar tunanetra berbasis Arduino Uno, sementara Logika *Fuzzy Mamdani* memerlukan perbaikan bug dan optimasi komputasi lebih lanjut, misalnya melalui penggunaan tabel pencarian (*lookup*



table) atau migrasi ke mikrokontroler dengan unit pemroses titik-mengambang perangkat keras, sebelum dapat diaplikasikan secara optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali Topan, Paris, Syamsul Bahri, and Dinda Fardila. 2024. "Implementasi Modul Dfplayer Mini Mp3 Untuk Mempermudah Pemutaran Audio Surah Al-Quran Di Masjid Al-Kahfi Universitas Teknologi Sumbawa." *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)* 8(3): 3140-48. <http://journal.ummat.ac.id/index.php/jmm>.
- Chowdary, Mokshith, Manyam Haritha, and Mangala Venkata Sreekanth. 2023. "ANDROID BASED SMART BLIND STICK USING ULTRASONIC SENSOR IOT." 8(11): 183-86.
- Czerniak, Jacek, Anna Gacek, and Zbigniew Ziembik. 2025. "Experimental Evaluation and Analysis of 18650 Battery Energy Capacity and Performance Parameters." *Scientific Papers of Silesian University of Technology. Organization and Management Series* 2025(218): 111-26. doi:10.29119/1641-3466.2025.218.5.
- H.P, HEMA, and Dr.SUSHMA P.S. 2024. "Distance Measurment Using Ultrasonic Sensor and Fpga." *Ijireeice* 12(6): 37-42. doi:10.17148/ijireeice.2024.12605.
- Hemanth, M., S. Gowtham, and R. Hari Haran. 2023. "Smart Stick for Visually Impaired People." *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences* 2016: 164-66.
- Ibrahim, Aisyah, Siti F. Toha, Nor H.D. Nordin, and Mohammad O. Tokhi. 2025. "Enhancing Navigation for the Visually Impaired: A Mamdani Type 1 Fuzzy Logic Approach To Obstacle Detection." *Journal of Engineering Science and Technology* 20(1): 271-87.
- Kurundkar, Sangeeta. 2021. "Enhancing Accessibility : A Smart Blind Stick with Arduino and Ultrasonic Sensor Technology." *Enhancing Accessibility: A Smart Blind Stick with Arduino and Ultrasonic Sensor Technology*.
- Malla, Sangam, Prabhat Kumar Sahu, Srikanta Patnaik, and Anil Kumar Biswal. 2023. "Obstacle Detection and Assistance for Visually Impaired Individuals Using an Iot-Enabled Smart Blind Stick." *Revue d'Intelligence Artificielle* 37(3): 783-94. doi:10.18280/ria.370327.
- Mishra, Padmini, Amolina Mohanty, Snehanjali Dash, Jyotirmayee Sahu, and Jyotirmayee Panigrahi. 2024. "Design and Simulation Analysis of Smart Blind Stick Using Arduino Nano." *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*: 114-17. [www.irjet.net](http://www.irjet.net).
- Ms. B. Asha, and S. Madhumitha. 2022. "Ultrasonic Blind Walking Stick." *International Journal of Scientific Research in Science and Technology* 10(12): 52-55. doi:10.32628/ijrst229271.
- Overview, Audio Amplifier, and Detailed Description. 2025. "PAM8403 5V Two-Channel Stereo 3W + 3W Audio Amplifier." *PAM8403 5V Two-channel Stereo 3W+3W Audio Amplifier*: 3-5.
- Quazi, Aamer, Mr Sakhare, Amardeep Datta, Amit Santosh, Mr Pandit, and Avinash Kamlakar. 2023. "Dengue Disease Treatment And Prevention." *IJRAR23B2440 International Journal of Research and Analytical Reviews* 11(5): 293. [www.ijrar.org](http://www.ijrar.org).
- Rumalowak, Diana, Yopi Andry Lesnussa, and Francis Yunito Rumlawang. 2023. "Penerapan Logika Fuzzy Metode Mamdani Untuk Menentukan Jumlah Produksi Ayudes (Studi Kasus: CV. Abadi Tiga Mandiri Ambon)." *Pattimura International Journal of Mathematics (PIJMath)* 2(1): 25-32. doi:10.30598/pijmathvol2iss1pp25-32.
- Sayed, Hussain K. 2024. "Modeling and Control of a Buck DC-DC Converter Based on Artificial Neural Network." *International Journal of Scientific and Engineering Research* 4(11): 1224-33.
- Sinha, Tanu. 2024. "Developments in the Design of Microcontroller- Based Embedded Systems." *Journal of Advanced Research in Embedded System* 11(1): 11-17.
- Soberano, Engr. Prince Jaminn A., Engr. Charmaine L. Robles, PECE, and Dr. Ma. Magdalena V. Gatdula. 2025. "Design and Validation of a Mamdani-Type Fuzzy Inference System for Dynamic Indoor Climate Balancing." *International Journal of Research and Scientific Innovation* 12(11): 427-34. doi:10.51244/ijrsi.2025.12110039.
- Sreenadh, S, N Chandrasekhara Achari, B Sumalatha, and P D Selvi. 2023. "OBERBECK



- CONVECTION OF A CASSON NANOFLUID IN A VERTICAL CHANNEL.” 10(8): 753-62.
- Suresh, Pise Shital, Dake Vaishnavi Arjun, and Giri Priyanka Subhash. 2025. “Design and Implementation of a Smart Blind Stick Using Sensor-Based Assistive Technology.” *International Journal of Innovative Science and Research Technology* 10(11): 248-49. doi:10.38124/ijisrt/25nov162.
- Test, Practical. 2024. “Measuring MEMS Microspeakers a X.” *Measuring MEMS Microspeakers* (June): 52-55.
- Thilagavathi, G., R. Guru Ragavendaran, K. Jananitharan, and R. Pratheep. 2024. “Smart Blind Stick.” *15th International Conference on Advances in Computing, Control, and Telecommunication Technologies, ACT 2024* 1: 786-94. doi:10.48175/ijarsct-2950.
- Yao, Yao, Xu Peng, Lei Gao, Haozhe Xing, Xiaohui Xu, Juan Gu, Lu Liu, et al. 2025. “Experimental and Simulation-Based Study on Thermal Runaway Characteristics of 18650 Lithium-Ion Batteries and Thermal Propagation Patterns in Battery Packs.” *Batteries* 11(5): 1-14. doi:10.3390/batteries11050202.
- Zade, Author Anant, Suraj Tidke, Pratik Bidkar, Avinash Shinde, Prathamesh Wagh, and Milind Rane. 2025. ““ Obstacle Detecting Blind Stick Created Using Arduino .”” *Obstacle Detecting Blind Stick Created Using Arduino* 13(3): 922-26.