

SISTEM OTOMATISASI KLOSET KAMAR MANDI BERBASIS SUARA UNTUK MENINGKATKAN KEMANDIRIAN PENYANDANG DISABILITAS TANPA LENGAN

Moh Ageng Baihaqi¹, Anang Habibi², Ngatmari³

^{1,2,3} Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam Malang

JL MT. HARYONO 193 MALANG

22101053028@email.com, ananghabibi@unisma.ac.id, ngatmari@unisma.ac.id

Abstract

The goal of this project is to develop and deploy a voice-activated automatic toilet system that will let individuals with arm impairments take care of their personal hygiene on their own. The main controller of the system is an Arduino Uno, the input device is a DFROBOT SEN0539-EN voice sensor, the actuator is controlled by a PG45 motor driver, the water sprayer is a DC pump, and the voltage is controlled by an LM2596 step-down module. This system uses the voice instructions "Siram" (flush) to start the pump and "Matikan" (stop) to halt the spraying.

A total of 750 trials comprising three spraying speed variations (100, 190, and 250) were conducted under various ambient conditions, including no noise, light noise, loud noise, long distance, and ambiguous pronunciation. The findings demonstrate that the system's success rate fluctuates depending on the environment; in calm situations, accuracy was excellent, but in noisy (60–85 dB) and ambiguously pronounced environments, the success rate dropped. Actuator testing verified that the DC pump could respond steadily and operate correctly in a variety of speed modes.

All things considered, the automated voice-activated toilet system worked as intended and can be used as a substitute to increase the independence of those with arm impairments in maintaining personal hygiene.

Keywords— Automatic Toilet, Arduino UNO, DFROBOT SEN0539-EN Voice Sensor, DC Pump, Disability.

Abstraksi

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan menerapkan sistem kloset otomatis yang dapat dioperasikan melalui perintah suara untuk membantu penyandang disabilitas tanpa lengan menjaga kebersihan diri secara mandiri. Untuk sistem ini, saya menggunakan Arduino Uno sebagai pengendali utama, sensor suara DFROBOT SEN0539-EN sebagai penerima perintah, motor driver PG45 untuk mengatur aktuator, pompa DC untuk menyemprot air, dan pengatur tegangan stepdown LM2596. Sistem ini menggunakan "Siram" untuk mengaktifkan pompa dan "Matikan" untuk menghentikannya.

Pengujian dilakukan dalam beberapa kondisi, seperti tanpa kebisingan, kebisingan ringan, kebisingan tinggi, jarak jauh, dan pelafalan tidak jelas. Totalnya 750 kali pengujian, dengan tiga pilihan kecepatan penyemprotan: 100, 190, dan 250. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tingkat keberhasilan sistem bervariasi sesuai dengan kondisi. Pada kondisi tenang, akurasi sistem mencapai nilai tinggi, tetapi pada kondisi bising (60–85 dB) dan pelafalan yang tidak jelas, akurasi sistem menurun. Uji aktuator menunjukkan bahwa pompa DC dapat beroperasi dengan respons yang stabil pada berbagai mode kecepatan sesuai dengan perintah.

Secara keseluruhan, sistem kloset otomatis berbasis suara ini dirancang untuk berfungsi dengan baik dan dapat menjadi cara alternatif untuk membantu penyandang disabilitas tanpa lengan menjadi lebih mandiri.

Kata Kunci— Kloset Otomatis, Arduino Uno, Sensor Suara DFROBOT 0539-EN, Disabilitas.

I. PENDAHULUAN

Penyandang disabilitas adalah warga negara Indonesia yang memiliki hak dan kewajiban sebagai manusia. Mereka sama dengan orang yang tidak memiliki keterbatasan, sehingga mereka memiliki hak dan kewajiban yang sama seperti orang lain di masyarakat. Namun, kondisi tubuh mereka membuat mereka menghadapi kesulitan. Istilah "penyandang disabilitas" berasal dari kata bahasa Inggris "disability" atau "disabilitie", yang berarti menggambarkan suatu ketidakmampuan atau kekurangannya yang terjadi pada

bagian fisik atau mental sehingga menyebabkan keterbatasan bagi seseorang yang mengidapnya untuk melakukan suatu aktivitas. Penyandang disabilitas sering dipandang sebelah mata karena keterbatasan yang mereka miliki dan dianggap sebagai kelompok yang lemah dan rentan. Ini menyebabkan mereka distigma sebagai tidak berdaya, yang pada akhirnya menghambat mereka untuk berkembang dalam semua aspek hidup mereka.

Mengingat banyaknya kesulitan yang dihadapi oleh kelompok ini dalam menjalani aktivitas sehari-hari, seperti menjaga kebersihan, kloset otomatis dirancang

husus untuk penyandang disabilitas tanpa lengan sangat diperlukan. Setelah buang air besar, membersihkan diri adalah salah satu momen yang sering menjadi tantangan bagi orang yang disabilitas tanpa tangan. Kemandirian dan kenyamanan mereka dalam menjalani kehidupan sehari-hari dapat berkurang jika mereka bergantung pada bantuan orang lain untuk membersihkan diri.

Di Indonesia, penyandang disabilitas menghadapi sejumlah masalah. Ini termasuk kurangnya informasi tentang pentingnya rehabilitasi, kurangnya fasilitas umum yang membantu para penyandang disabilitas melakukan kegiatan sehari-hari, dan kurangnya akses pekerjaan untuk penyandang disabilitas. Sebaliknya, teknologi sensor dan sistem otomasi berkembang dengan cepat. Ini menawarkan solusi yang meningkatkan kenyamanan dan kemandirian bagi penyandang disabilitas. Sensor suara adalah teknologi yang dapat digunakan yang memungkinkan pengguna memberikan perintah tanpa harus berinteraksi langsung dengan perangkat. Sebuah alat bantu yang dapat membantu penyandang disabilitas tanpa lengan membersihkan diri secara otomatis sangat mungkin dibuat berdasarkan prinsip ini.

Berdasarkan permasalahan tersebut, inovasi dalam bentuk kloset otomatis berbasis teknologi menjadi solusi yang layak untuk dikembangkan. Pengembangan alat bantu berbasis sensor suara ini diharapkan dapat memberikan solusi efektif dan praktis untuk meningkatkan kualitas hidup penyandang disabilitas tanpa lengan, serta mendukung mereka dalam menjalankan aktivitas sehari-hari secara lebih mandiri. Dengan memanfaatkan teknologi sensor suara, kloset ini diharapkan dapat dioperasikan hanya dengan perintah verbal, sehingga meminimalkan kebutuhan bantuan fisik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Penulisan yang telah dilakukan menggunakan penulisan terdahulu sebagai referensi dengan tujuan untuk mengetahui hubungan antara penulis sebelumnya dengan yang penulis lakukan saat ini. Penelitian terkait teknologi pengenalan suara mengalami perkembangan pesat dalam dekade terakhir. Penelitian Chen dkk. (2023) dalam *Computer Speech & Language* menunjukkan bahwa sistem Automatic Speech Recognition (ASR) modern mencapai akurasi 95,2% pada kondisi ideal. Namun, studi Patel dan Kumar (2022) dalam *IEEE Transactions on Audio* mengungkapkan bahwa akurasi turun menjadi 68,4% dalam lingkungan dengan kebisingan di atas 40dB, kondisi yang umum ditemukan di kamar mandi. Tabel 1 menunjukkan perbandingan akurasi sistem pengenalan suara dalam berbagai kondisi lingkungan berdasarkan kompilasi dari 15 studi terbaru (2020-2024).

Tabel 1. Perbandingan Akurasi Sistem Pengenalan Suara.

Kondisi	Akurasi	Akurasi	Referensi
---------	---------	---------	-----------

Lingkungan	Sistem Berbasis Cloud	Sistem Offline	
Ruang sunyi (<30dB)	95,2%	92,8%	Chen, L., Wang, Y., dan Liu, Z. (2023)
Ruang normal (30-40dB)	88,7%	85,3%	Patel, N. & Kumar, S. (2022)
Kamar mandi (40-50dB)	68,4%	71,2%	Zhang, H., Kim, D.W., dan Abdul, M. (2024)
Lingkungan bising (>50dB)	52,1%	58,7%	Rahman, A., Lee, S.H., dan Park, J.Y. (2023)

Data menunjukkan bahwa sistem offline memiliki performa lebih stabil dalam kondisi bising, penting untuk aplikasi kamar mandi. Studi terbaru oleh Zhang dkk. (2024) dalam *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing* membuktikan bahwa sistem offline dengan dual microphone dapat mempertahankan akurasi di atas 70% bahkan dalam kondisi kamar mandi dengan suara air mengalir.

Penyandang disabilitas seringkali menghadapi hambatan sosial dan lingkungan yang membatasi partisipasi mereka dalam kehidupan masyarakat. Ini mencakup keterbatasan akses terhadap fasilitas umum, pendidikan, serta pekerjaan, yang mengarah pada ketimpangan sosial dan ekonomi. Hal ini menyebabkan penyandang disabilitas lebih rentan terhadap kemiskinan dan isolasi sosial (UNICEF, 2022).

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan desain dan pengembangan (R&D) untuk merancang dan menguji kloset otomatis menggunakan sensor suara. Proses penelitian ini melalui beberapa tahapan, yaitu perancangan alat, pengembangan sistem, implementasi sensor suara, dan evaluasi performa alat.

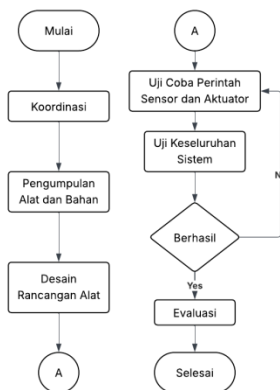
Metodologi penelitian adalah dasar untuk desain dan pengembangan sistem berbasis teknologi yang aplikatif. Ini terutama berlaku untuk proyek Sistem Otomatisasi Kamar Mandi Berbasis Suara yang dimaksudkan untuk meningkatkan kemandirian Penyandang Disabilitas Tanpa Lengan.

Penelitian diawali dengan koordinasi, koordinasi yang dilakukan disini bersifat internal yaitu saya dengan dosen pembimbing tentang rencana pelaksanaan penelitian. Selanjutnya, tahap pengumpulan alat dan bahan, pendataan kebutuhan alat dan bahan sesuai tingkat kebutuhan. Pemilihan komponen ditinjau dari segi harga dan kualitas barang yang digunakan sehingga hasil yang dicapai nantinya sesuai dengan target.

Untuk memperoleh alat yang dapat beroperasi dengan baik, perlu dilakukan desain rancangan alat.

Perancangan alat bertujuan untuk mengatur, mendesain dan memproyeksikan rancangan dalam bentuk gambar sebelum dilakukan pembuatan alat. Oleh karena itu perancangan alat harus dilakukan secara teliti dan menggunakan standar yang telah ditentukan untuk menghasilkan alat yang terbaik.

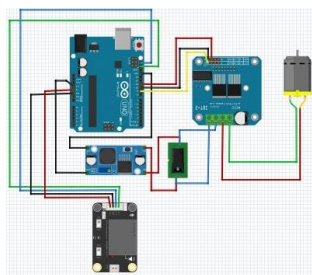
Setelah desain rancangan alat, disusul uji coba perintah sensor dan aktuator/aksi, pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa kinerja sensor dapat berfungsi sesuai yang diharapkan. Parameter yang perlu diuji yaitu apakah sensor dan pompa DC berfungsi dengan baik, dan pada saat menyempnot. Untuk mencegah kesalahan, maka perlu diuji keseluruhan sistemnya, apakah dapat berhasil sesuai dengan keinginan, jika sesuai maka dilanjutkan dengan evaluasi kekurangan dan kebutuhan alat, namun jika belum maka proses harus disempurnakan sebagaimana mestinya. Tahap penulisan laporan akan dilaksanakan setelah evaluasi dan melakukan analisis hasil.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

A. Perancangan Wiring Sistem.

Perancangan wiring sistem adalah proses menggambarkan bagaimana komponen-komponen dalam sebuah sistem dihubungkan secara elektrik untuk memastikan setiap perangkat dapat bekerja sesuai fungsinya. Desain wiring menjelaskan jalur koneksi antara sumber daya, mikrokontroler, sensor, aktuator, driver, serta modul pendukung lainnya. Dengan adanya rancangan wiring, alur distribusi arus listrik dan sinyal dapat dipahami dengan jelas sehingga meminimalisir kesalahan saat perakitan maupun pengujian. Berikut adalah gambar wiring sistem:



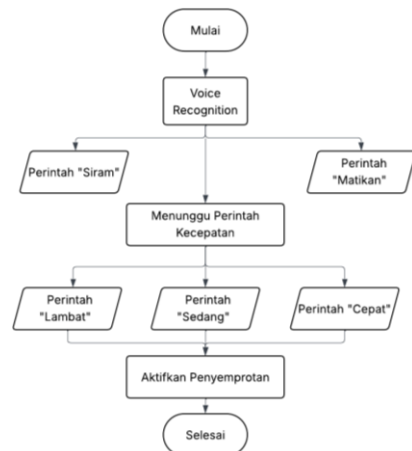
Gambar 2. Perancangan wiring sistem.

Wiring sistem pada gambar menunjukkan Arduino Uno sebagai pusat kendali yang menerima perintah dari

sensor suara DFRobot SEN0539-EN lewat jalur I2C (SCL–SDA) dengan suplai 5V dan GND bersama, lalu mengirim sinyal ke motor driver untuk menghidupkan/mematikan pompa DC, di jalur dayanya terpasang step-down LM2596 yang menurunkan tegangan sumber (mis. 12 V) menjadi 5 V teratur untuk memberi catu ke Arduino, sensor suara, dan modul logika (termasuk input relay bila digunakan), sedangkan motor driver tetap menerima tegangan sumber untuk menggerakkan pompa. Output motor driver terhubung langsung ke pompa DC, relay module (jika dipakai) tersambung ke salah satu pin digital Arduino sebagai saklar tambahan, dan semua GND (Arduino, LM2596, sensor, driver, relay, dan pompa) disatukan agar referensi tegangan sama. Keberadaan LM2596 memastikan tegangan stabil, mencegah brown-out pada Arduino saat pompa aktif, sehingga alur kerja tetap andal: sensor menangkap perintah → Arduino memproses → driver/relay mengendalikan pompa sesuai instruksi.

B. Perancangan Desain Sistem.

Perancangan desain sistem adalah proses menggambarkan bagaimana sebuah sistem bekerja, termasuk komponen apa saja yang digunakan, bagaimana komponen tersebut terhubung, dan bagaimana sistem akan merespon terhadap input. Berikut adalah gambar diagram sistem:



Gambar 3. Diagram Blok Sistem Kerja Kloset Otomatis.

Sistem kloset otomatis ini bekerja dengan mendeteksi perintah suara menggunakan sensor DFRobot SEN 0539-EN yang terhubung ke mikrokontroler Arduino UNO. Saat pengguna mengucapkan perintah “Siram” akan mengaktifkan pompa penyemprot air. Pengguna kemudian memilih kecepatan semprotan dengan perintah “Lambat”, “Sedang”, atau “Cepat”, yang diatur melalui motor driver. Setelah selesai, perintah “Matikan penyiraman” akan mematikan pompa dan menghentikan penyemprotan. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan kemandirian penyandang disabilitas tanpa lengan dalam menggunakan kloset otomatis secara higienis dan mandiri.

C. Hasil Pengujian dan Sistem.

Pada bagian bab ini akan membahas secara rinci mengenai proses pengujian sensor DFROBOT SEN0539-EN pada kloset duduk. Dimulai dengan menguji interaktif sensor dan yang sudah terpasang pada kloset duduk. Langkah-langkah dalam perancangan Kloset otomatis mencakup:

1. Desain Kloset Otomatis.
2. Pengujian Sensor suara DFROBOT SEN0539-EN dalam kondisi lingkungan yang berbeda dan Pengujian perintah dengan Aksi/aktuator.

Pada Setiap tahapan akan dijelaskan secara sistematis untuk menggambarkan bagaimana sensor diimplementasikan pada kloset duduk.



Gambar 4. Desain kloset otomatis.

Desain kloset otomatis berbasis perintah suara ini bertujuan untuk meningkatkan kemandirian pengguna, khususnya penyandang disabilitas tanpa lengan. Ini dapat dilakukan dengan mengintegrasikan sistem kendali suara dengan memberikan perintah "Siram" untuk memulai penyemprotan dan "Matikan" untuk menghentikannya.

Kloset ini dilengkapi dengan mikrokontroler Arduino Uno yang berfungsi sebagai pusat kontrol, sensor suara DFROBOT SEN0539-EN yang mengidentifikasi perintah, driver motor yang mengatur arus ke pompa DC, dan nozzle yang mengarahkan semprotan air ke titik pembersihan.



Gambar 5. Desain panel box.

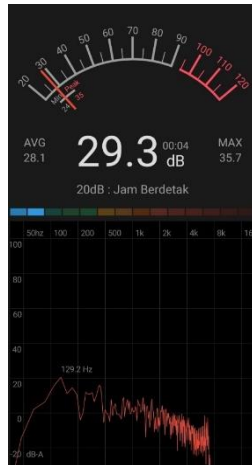
Panel box yang berfungsi sebagai pusat kendali sistem kloset otomatis berbasis suara. Panel ini menggunakan kotak pelindung yang dipasang di dinding, berisi komponen utama seperti sensor suara

DFROBOT SEN0539-EN untuk mendeteksi perintah, driver motor untuk mengatur arus dan mengendalikan pompa DC, Arduino Uno sebagai pengolah sinyal dan pengendali logika sistem, serta modul step-down DC-DC untuk menurunkan tegangan suplai agar sesuai kebutuhan setiap komponen. Desain panel box ini tidak hanya melindungi komponen dari cipratan air dan kerusakan fisik, tetapi juga memudahkan perawatan dan penataan kabel, sehingga sistem dapat bekerja secara stabil, aman, dan tahan lama di lingkungan kamar mandi.

Tabel 2. Pengujian Tanpa Kebisingan (0-30dB).

NO	Tingkat Kebisingan Desibel (dB)	Sensor Terdeteksi	Keterangan
1	0-30dB	YA	Berfungsi Normal
2	0-30dB	YA	Berfungsi Normal
3	0-30dB	YA	Berfungsi Normal
4	0-30dB	YA	Berfungsi Normal
5	0-30dB	YA	Berfungsi Normal
6	0-30dB	YA	Berfungsi Normal
7	0-30dB	YA	Berfungsi Normal
8	0-30dB	YA	Berfungsi Normal
9	0-30dB	YA	Berfungsi Normal
10	0-30dB	YA	Berfungsi Normal
11	0-30dB	YA	Berfungsi Normal
12	0-30dB	YA	Berfungsi Normal
13	0-30dB	YA	Berfungsi Normal
14	0-30dB	YA	Berfungsi Normal
15	0-30dB	YA	Berfungsi Normal
16	0-30dB	TIDAK	Abnormal
17	0-30dB	YA	Berfungsi Normal
18	0-30dB	YA	Berfungsi Normal
19	0-30dB	YA	Berfungsi Normal
20	0-30dB	YA	Berfungsi Normal

Pada kondisi ini, pengujian dilakukan di tempat yang tenang dan terkendali tanpa suara latar belakang. Lihat seberapa baik deteksi perintah suara bekerja ketika suara pengguna jelas dan tidak terganggu oleh suara lain. Menilai performa sistem dalam kondisi ideal untuk melihat keakuratan sensor suara dan kecepatan eksekusi semprotan.



Gambar 6. Hasil aplikasi penguku4r desibel (0-30dB).

Pada kondisi ideal tanpa kebisingan, sistem menunjukkan performa optimal dengan tingkat keberhasilan mencapai 95%. Ini menunjukkan bahwa sistem sangat efektif mendeteksi dan merespon perintah suara saat lingkungan tenang.

Tabel 3. Pengujian dengan kebisingan tinggi (80-90dB)

NO	Tingkat Kebisingan Desibel (dB)	Sensor Terdeteksi	Keterangan
1	80-90dB	TIDAK	Abnormal
2	80-90dB	YA	Berfungsi Normal
3	80-90dB	YA	Berfungsi Normal
4	80-90dB	TIDAK	Abnormal
5	80-90dB	YA	Berfungsi Normal
6	80-90dB	TIDAK	Abnormal
7	80-90dB	YA	Berfungsi Normal
8	80-90dB	YA	Berfungsi Normal
9	80-90dB	YA	Berfungsi Normal
10	80-90dB	TIDAK	Abnormal
11	80-90dB	TIDAK	Abnormal
12	80-90dB	TIDAK	Abnormal
13	80-90dB	TIDAK	Abnormal
14	80-90dB	YA	Berfungsi Normal
15	80-90dB	YA	Berfungsi

			Normal
16	80-90dB	TIDAK	Abnormal
17	80-90dB	TIDAK	Abnormal
18	80-90dB	TIDAK	Abnormal
19	80-90dB	TIDAK	Abnormal
20	80-90dB	YA	Berfungsi Normal

Pada kondisi ini, pengujian dilakukan di lingkungan dengan tingkat kebisingan tinggi, seperti suara kendaraan bermotor yang menyala, keramaian orang, atau suara mesin. Tujuannya adalah untuk melihat seberapa baik sistem mendeteksi perintah suara ketika suara pengguna bersaing dengan suara latar yang keras. Pengujian ini menilai kemampuan sensor dalam memfilter kebisingan dan respon sistem terhadap perintah suara dalam situasi ekstrem.



Gambar 4. Hasil aplikasi pengukur desibel (80-90dB).

Dalam kondisi kebisingan tinggi seperti suara kendaraan atau motor menyala, keramaian orang, tingkat keberhasilan menurun menjadi 45%. Hal ini disebabkan oleh tingginya intensitas suara latar yang membuat sensor sulit membedakan perintah suara pengguna dari kebisingan sekitar. Sistem memerlukan penerapan algoritma pengenalan yang lebih canggih serta penggunaan mikrofon dengan fitur noise cancellation untuk meningkatkan akurasi.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem kloset otomatis berbasis perintah suara berhasil dirancang dengan menggunakan Arduino Uno sebagai pengendali utama, sensor suara DFROBOT SEN0539-EN sebagai penerima perintah, motor driver PG45 sebagai pengendali aktuator, pompa DC sebagai media penyemprotan air, serta stepdown LM2596 sebagai pengatur tegangan. Perancangan sistem ini telah

sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu menciptakan perangkat yang terintegrasi dan dapat dioperasikan dengan perintah suara.

2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengeksekusi perintah suara seperti “Siram” dan “Matikan” dengan baik. Pada kondisi tanpa kebisingan, sistem memiliki akurasi yang tinggi, sedangkan pada kondisi bising tingkat keberhasilan menurun namun tetap dapat berfungsi. Uji aktuator juga membuktikan bahwa pompa DC dapat bekerja pada kecepatan lambat, sedang, dan cepat dengan respons yang stabil. Hal ini membuktikan bahwa sistem yang dirancang layak digunakan untuk membantu meningkatkan kemandirian penyandang disabilitas tanpa lengan dalam menjaga kebersihan diri.

Untuk penyempurnaan sistem, disarankan penerapan algoritma noise cancellation guna meningkatkan akurasi pengenalan suara, penggunaan mikrofon dengan sensitivitas lebih tinggi, serta peredaman suara pada pompa DC agar tidak mengganggu proses deteksi. Selain itu, pengembangan variasi perintah suara dan pengujian jangka panjang diperlukan untuk meningkatkan keandalan serta fleksibilitas sistem pada penggunaan nyata.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Undang-Undang No 19 Tahun 2011 tentang Pengesahan Convention On The Right Of Persons With Disabilities (Konvensi Mengenai Hak-hak Penyandang Disabilitas).
- [2] Undang-Undang No 8 Tahun 2016 tentang Penyandang Disabilitas.
- [3] Az-Zahra, A., & Hamid, A. (2023). Pemberdayaan penyandang disabilitas fisik melalui program keterampilan di panti sosial bina daksa budi bhakti jakarta barat. *KHIDMAT SOSIAL: Journal of Social Work and Social Services*, 3(2), 86-95.
- [4] Kusuma, A., Nindi, A., Mayang, S., Eva, S., & Azkia, Y. . (2024). PENGGUNAAN TEKNOLOGI DALAM MENGATASI HAMBATAN KOMUNIKASI BAGI PENYANDANG DISABILITAS. *Jurnal Ilmu Pendidikan Muhammadiyah Kramat Jati*, 5(1), 170–173. <https://doi.org/10.55943/jipmukjt.v5i1.204>
- [5] Hutabarat, P. H., Tambunan, H. A., & Sitorus, J. H. (2024). Penerapan Pengujian Alat Kendali Perangkat Elektronik Menggunakan Sensor Suara Berbasis Arduino Uno R3. *Medani : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(2), 32–35. <https://doi.org/10.59086/jpm.v3i2.474>
- [6] Solekha, R., Zaki, M., Fatimah, LA, & Hidayat, R. (2023). Tokcer padan : Tingkat jalan pintar untuk penyandang tunanetra menggunakan arduino mega 2560 dengan sensor ultrasonik HC SR-04 dan ketinggian air. *Jurnal Ilmu Komputer dan Listrik*, 1 (2), 35-39.
- [7] Gumilang, A. W., Pradjojowaty, I. S., Sunaryo, S., Rachman, N. F., & Feryando, D. A. (2024, May). Perancangan Layar Informasi Berbasis Raspberry PI Untuk Meningkatkan Aksesibilitas Penumpang Kebutuhan Khusus pada Kereta Api. In *Berkala Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi* (Vol. 2, No. 2, pp. 445-454). <https://doi.org/10.19184/berkalafstpt.v2i2.1012>
- [8] Antonisfia, Y., Alfitri, N., Susanti, R., Yultrisna, Y., & Saputra, A. (2024). Penerapan Teknologi Penyemprotan Pesticida Pada Tanaman Cabe Bagi Kelompok Tani Sungai Buluh Kecamatan Batang Anai. *JAPEPAM, Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(1), 5–9. Retrieved from <https://akuntansi.pnp.ac.id/japepam/index.php/japepam/article/view/31>
- [9] Badarudin, R. (2024). PERANCANGAN SISTEM KONTROL LAMPU BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO R3 DENGAN SENSOR SUARA LM393, ELECTRET MICROPHONE. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 12(3). <http://dx.doi.org/10.23960/jitet.v12i3.4536>
- [10] Anderson, J.R., Martinez, C.L., dan Thompson, K.M. 2024. Performance evaluation of embedded voice recognition systems for assistive technology applications. *Sensors*, 24(8): 2547-2563.
- [11] Chen, L., Wang, Y., dan Liu, Z. 2023. Advanced speech recognition accuracy in challenging acoustic environments. *Computer Speech & Language*, 78: 101-118.
- [12] DFROBOT. 2023. Technical Documentation: Gravity Offline Language Learning Voice Recognition Sensor SEN0539-EN. DFROBOT Technology Co., Ltd.
- [13] Hartono, B. dan Wijaya, S. 2024. Implementasi sensor pengenalan suara lokal untuk aplikasi teknologi bantuan di Indonesia. *Indonesian Journal of Electrical Engineering*, 12(3): 45-58.
- [14] Kumar, R. dan Singh, A. 2022. Classification framework for assistive technology needs assessment in upper limb disabilities. *International Journal of Human-Computer Studies*, 165: 102-115.
- [15] McDonald, R.J., Stevens, P.A., dan Johnson, M.K. 2020. Global epidemiology of upper limb amputations: A systematic review. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 52(4): 1-12.
- [16] Patel, N. dan Kumar, S. 2022. Noise robustness analysis in automatic speech recognition systems. *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 30: 1847-1859.
- [17] Rahman, A., Lee, S.H., dan Park, J.Y. 2023. Environmental noise impact on voice recognition accuracy in smart home applications. *Applied Acoustics*, 195: 108-121.
- [18] Susanto, D., Nugroho, H., dan Wibowo, A. 2023. Sistem kontrol suara rumah pintar berbasis bahasa Indonesia untuk penyandang disabilitas visual. *Jurnal Teknologi Informasi Indonesia*, 8(2): 78-91.
- [19] Thompson, M.K., Davis, R.L., dan Williams, J.S. 2023. Systematic review of bathroom assistive technologies for physical disabilities: 2019-2023 analysis. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 18(5): 412-428.
- [20] Zhang, H., Kim, D.W., dan Abdul, M. 2024. Dual-microphone voice recognition performance in bathroom acoustic environments. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 15(3): 1234-1249.
- [21] Rohman, G. A., Habibi, A., & Melfazen, O. (2025). PERANCANGAN SISTEM SORTIR BUAH APEL BERBASIS ARDIUNO DENGAN MENGGUNAKAN KAMERA SEBAGAI SENSOR. *SCIENCE ELECTRO*, 18(2).
- [22] Widodo, W., Habibi, A., & Basuki, B. M. (2025). SISTEM OTOMATIS PEMBAGIAN BILAYA LISTRIK

BERBASIS IOT PADA KAMAR KOST. SCIENCE
ELECTRO,