

Integrasi OCR dan Raspberry Pi dalam Sistem Pemindai Otomatis untuk Aksesibilitas Digital

¹Liveio Amanda Kusuma Putra, ²Desriyanti, ³Moh.Muhsin

^{1,2,3} Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah, Ponorogo

¹kakz.gaming@gmail.com, ²desri77@umpo.ac.id, ³mmuhsin69@gmail.com

Abstract - Persons with disabilities, especially those who are visually impaired, face limitations in accessing printed information such as books, magazines, and brochures, which are generally intended for the sighted public. Although Braille has become the standard solution for blind individuals to read, the limited availability of Braille reading materials, uneven distribution, and the requirement for special learning make it less efficient and not entirely inclusive. According to data from the 2015 Intercensal Population Survey (SUPAS) by Statistics Indonesia, around 6.36% of the Indonesian population has visual impairments, with 0.13% experiencing total blindness. This data highlights the importance of developing alternative technologies that offer easier and more practical access to information for the visually impaired. This study aims to design and implement an Automatic Text and Image Reading Scanner Based on Raspberry Pi. The device works by capturing text and images through a Raspberry Pi camera, then processing them using a Raspberry Pi 3 Model B computing system, and converting them into voice output that can be heard through a speaker. The system is also equipped with an HC-SR04 ultrasonic sensor to maintain the optimal distance for image capture. The expected result is a portable device that helps visually impaired individuals read printed text without the need for Braille, providing the information in audio form. Through the development of this tool, it is expected to offer a more inclusive and efficient solution for visually impaired individuals to access information independently, while also contributing to the advancement of assistive technology.

Keywords — Visually Impaired, Raspberry Pi, Camera, HC-SR04, Voice Information

Abstrak - Penyandang disabilitas, khususnya tuna netra, memiliki keterbatasan dalam mengakses informasi dari media cetak seperti buku, majalah, dan brosur, yang umumnya ditujukan bagi masyarakat umum. Meskipun huruf Braille telah menjadi solusi standar bagi tuna netra untuk membaca, keterbatasan dalam ketersediaan bahan bacaan Braille, distribusi yang tidak merata, serta kebutuhan akan pembelajaran khusus membuatnya kurang efisien dan tidak sepenuhnya inklusif. Berdasarkan data SUPAS 2015 dari Badan Pusat Statistik, sekitar 6,36% masyarakat Indonesia mengalami gangguan penglihatan, di mana 0,13% mengalami kebutaan total. Data ini menunjukkan pentingnya pengembangan teknologi alternatif dalam penyampaian informasi yang mudah dan praktis bagi penyandang tuna netra. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan Pemindai Otomatis Pembacaan Teks dan Gambar Berbasis Raspberry Pi. Alat ini bekerja dengan menangkap teks dan gambar melalui kamera Raspberry Pi, kemudian mengolahnya melalui sistem komputasi Raspberry Pi 3 Model B, dan mengubahnya menjadi output suara yang dapat didengar melalui speaker. Sistem ini juga dilengkapi dengan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengatur jarak ideal dalam pengambilan gambar. Hasil yang diharapkan adalah perangkat portabel yang mampu membantu tuna netra membaca teks cetak tanpa memerlukan huruf Braille, dengan keluaran informasi berbentuk suara. Dengan pengembangan alat ini, diharapkan dapat memberikan solusi nyata yang lebih inklusif dan efisien bagi penyandang tuna netra dalam mengakses informasi secara mandiri, sekaligus menjadi kontribusi dalam bidang teknologi asistif.

Kata Kunci—Tuna Netra, Raspberry Pi, Kamera, HCSR-04, Informasi Suara

I. PENDAHULUAN

Informasi merupakan kebutuhan penting bagi semua kalangan, termasuk penyandang disabilitas penglihatan (tuna netra). Namun, media cetak seperti buku dan majalah umumnya ditujukan bagi masyarakat umum yang dapat melihat. Solusi konvensional berupa huruf Braille masih memiliki keterbatasan dalam distribusi, ketersediaan, dan memerlukan kemampuan khusus untuk membaca [1]. Berdasarkan data SUPAS 2015, 6,36% penduduk Indonesia mengalami gangguan penglihatan, dan 0,13% mengalami kebutaan total [2]. Hal ini menandakan perlunya inovasi teknologi asistif yang dapat membantu penyandang tuna netra mengakses informasi cetak secara lebih efisien.

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mendukung aksesibilitas bagi tuna netra. Sutarsi Suhaeb (2016) mengembangkan tongkat elektronik berbasis sensor ultrasonik dan mikrokontroler ATmega8535 untuk mendeteksi rintangan [3]. Muhammad Nur Meizani dkk. (2015) merancang prototipe kacamata elektronik berbasis mikrokontroler dan sensor SRF04 sebagai pendeteksi jarak [4]. Selain itu, penelitian oleh Al-Hasan dkk. (2017) menggunakan media sabuk dan arduino untuk memandu tuna netra dalam navigasi [5]. Charles Setiawan (2017) juga membuat alat bantu tongkat dengan Arduino dan sensor SRF-05 [6]. Namun, sebagian besar penelitian tersebut berfokus pada navigasi, bukan pada akses informasi tertulis. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan alat pemindai otomatis berbasis Raspberry Pi yang mampu membaca teks dan gambar serta mengonversikannya menjadi suara melalui proses OCR (*Optical Character Recognition*) dan TTS (*Text to Speech*). Dengan menggabungkan kamera Raspberry Pi, sensor ultrasonik HC-SR04, dan speaker sebagai output, alat ini diharapkan mampu menjadi alternatif pengganti Braille yang lebih portabel dan praktis.

1.1. Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah komputer papan tunggal (single-board computer/SBC) berukuran kecil, seukuran kartu kredit, namun cukup kuat untuk berbagai tugas komputasi. Dikembangkan oleh Raspberry Pi Foundation, alat ini bertujuan untuk memperkenalkan dunia pemrograman dan komputer kepada pelajar dan masyarakat umum. Nama "Raspberry Pi" berasal dari kata Raspberry (buah yang kecil dan sederhana) dan Pi dari Python, bahasa pemrograman utama yang digunakan karena mudah dipelajari. Raspberry Pi banyak digunakan untuk belajar pemrograman proyek elektrik dan Internet of Things (IoT). [8]

Meski kecil dan terjangkau, Raspberry Pi dilengkapi dengan komponen seperti komputer biasa, seperti:

- CPU: Otak komputer, menjalankan perintah. Contoh: Broadcom quad-core 1.5 GHz.
- GPU: Menangani grafis dan video, mendukung video 4K.
- RAM: Memori sementara, tersedia 2GB, 4GB, hingga 8GB.
- Port USB: Untuk mouse, keyboard, flashdisk, dll.
- Audio Jack: Output audio 3.5mm untuk headphone/speaker.
- HDMI: Output video hingga 4K ke monitor atau TV.

1.2. Sensor Ultrasonik HCSR-04

Sensor Ultrasonik HCSR-04 adalah alat yang mengubah gelombang suara menjadi sinyal listrik dan sebaliknya. Sensor ini bekerja dengan memanfaatkan pantulan gelombang suara berfrekuensi tinggi (ultrasonik) untuk mendeteksi jarak atau keberadaan objek.

Gelombang ultrasonik memiliki frekuensi di atas 20.000 Hz, sehingga tidak dapat didengar manusia, tetapi bisa didengar oleh hewan seperti anjing, kelelawar, dan kucing. Gelombang ini dapat merambat melalui gas, cairan, dan benda padat, namun bahan seperti kain dapat menyerapnya.

1.3. Kamera Raspberry Pi

Raspberry Pi Camera adalah modul kamera yang dirancang khusus untuk digunakan dengan komputer *Raspberry Pi*. Modul ini menggunakan port *Camera Serial Interface* (CSI) yang terhubung langsung ke papan *Raspberry Pi*, memungkinkan transfer data gambar berkualitas tinggi dengan kecepatan tinggi.

Modul kamera ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan, mulai dari proyek pengawasan, pemrosesan citra, hingga aplikasi berbasis visi komputer. Dengan menggunakan sistem operasi Raspbian (sekarang disebut

Raspberry Pi OS), pengguna dapat mengonfigurasi berbagai pengaturan kamera, seperti ISO (untuk mengontrol sensitivitas cahaya), AWB (*Auto White Balance*, untuk menyesuaikan warna gambar), serta *framerate* (kecepatan frame per detik untuk video).[10]

1.4. Power Supply

Power Supply atau yang sering disebut sebagai *power bank* adalah perangkat portabel yang dirancang untuk menyediakan energi listrik bagi berbagai gadget ketika pengguna tidak dapat mengakses sumber listrik langsung. *Power supply* ini sangat berguna dalam situasi perjalanan, berkemah, atau kegiatan luar ruangan lainnya, di mana akses ke soket listrik terbatas atau tidak tersedia, *Power supply* hadir dalam berbagai kapasitas daya yang dapat dipilih sesuai kebutuhan pengguna.

1.5. Speaker

Speaker adalah perangkat yang digunakan untuk mengkonversi energi listrik menjadi energi suara. Proses ini melibatkan perubahan gelombang listrik yang diberikan oleh perangkat audio (seperti *MP3 player*, *smartphone*, komputer, atau sistem audio lainnya) menjadi gelombang getaran yang bisa didengar oleh telinga manusia. *Speaker* dapat menghasilkan suara berasal dari gelombang udara yang dihasilkan dari komponen dalam *speaker* yang disebut *driver* atau *cone*.

Secara keseluruhan, *speaker* adalah perangkat penting yang memungkinkan kita untuk mendengar suara yang dihasilkan oleh berbagai perangkat elektronik. Mereka mengubah sinyal Listrik menjadi gelombang suara yang dapat kita dengar. Selain itu, dengan adanya perkembangan teknologi, *speaker* kini dapat terhubung secara *wireless* menggunakan *Bluetooth* atau *Wi-fi* yang memberikan kemudahan dalam penggunaannya. *Speaker* juga berperan dalam memperbesar suara dari berbagai perangkat, dan digunakan dalam banyak aplikasi mulai dari hiburan hingga sistem komunikasi dari keamanan. [11]

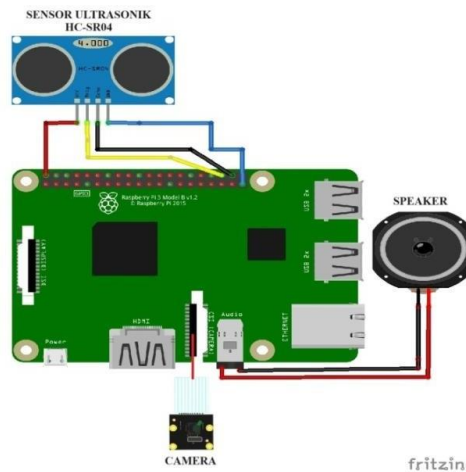
II. METODE PENELITIAN

Alat penelitian ini menggunakan sebuah Mikroprosesor *Raspberry Pi 3* model B V1.2 sebagai sistem kendali keseluruhan sistem baik input maupun output. Input yang ada didalam penelitian ini berupa sensor HCSR04, *Power Supply* dan sensor Kamera *Raspberry Pi* sedangkan output didalam penelitian ini berupa *speaker*. Sensor Kamera *Raspberry Pi* akan mengirim data hasil penangkapan kamera ke dalam Mikroprosesor *Raspberry Pi 3* model B V1.2 dengan ditentukan jarak pengambilan gambar menggunakan sensor Ultrasonik HCSR04, setelah itu Mikroprosesor memproses dengan cara *image to text* kemudian *text to speech*, secara otomatis suara akan keluar melalui *speaker* sebagai sumber output tersebut dan alat ini dapat berfungsi menggunakan *Power Supply* dengan tegangan DC 5V agar alat ini dapat digunakan.

Ketika ingin menggunakan alat ini, pertama kali yang dilakukan adalah nyalakan *Power Supply* sebagai daya input untuk menyalakan alat tersebut, setelah alat itu menyala, siapkan suatu teks dan letakkan pada alat yang sudah disediakan. Sesuaikan jarak yang sudah di program menggunakan Sensor Ultrasonik HCSR04, Sensor ini bertujuan untuk memicu fungsi dari Sensor Kamera *Raspberry Pi*. Sensor Kamera *Raspberry Pi* tidak akan bisa bekerja jika jarak Sensor Ultrasonik HCSR04 tidak sesuai dengan program yang sudah ditentukan. Ketika Sensor Kamera *Raspberry Pi* menangkap teks yang sudah disediakan Mikroprosesor *Raspberry Pi* akan memproses teks tersebut dengan cara *text to speech* lalu dikeluarkan melalui *Speaker* sebagai komponen output.

2.1. Rangkaian Sistem Keseluruhan

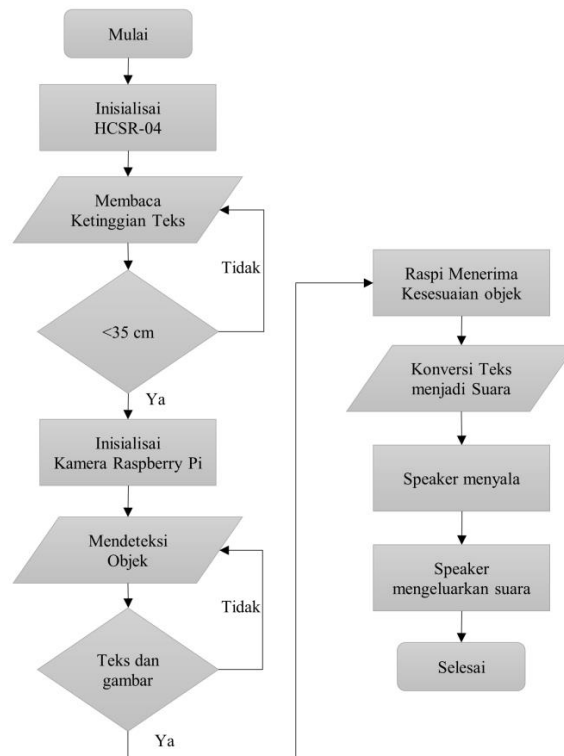
Dalam pembuatan alat Integrasi OCR dan *Raspberry Pi* dalam Sistem Pemindai Otomatis untuk Aksesibilitas Digital diperlukan rangkaian sistem alat untuk mengetahui prinsip kerja alat. Adapun rangkaian sistem alat seperti gambar 2.1. dengan penjelasan pada setiap bagian sebagai berikut :



Gambar 1 Rangkaian Sistem Keseluruhan

Pada gambar ? rangkaian sistem keseluruhan alat yang merupakan penjelasan bagaimana relasi antar komponen dalam setiap bagian. Adapun penjelasannya sebagai berikut :

- Raspberry Pi 3 berfungsi sebagai pengendali pada keseluruhan sistem baik *input* maupun *output*. Adapun pin 5V dan pin GND Raspberry Pi 3 terhubung dengan sensor HCSR-04 sekaligus dengan TRIG dan ECHO untuk pembacaan jarak nya. Kamera Raspberry Pi terhubung pada port CSI CAMERA yang sudah disediakan khusus untuk kamera yang dihubungkan dengan menggunakan kabel *flexibel*. *Speaker* dihubungkan pada *jack audio 3,5* yang sudah tersedia di Raspberry Pi 3.
- Sensor HCSR-04 berfungsi sebagai pembaca jarak ketinggian. Adapun pin VCC terhubung dengan pin no.2 di Raspberry Pi 3, pin GND terhubung pada pin no.6, pin TRIG terhubung pada pin no. 11, dan pin ECHO terhubung pada pin no. 13.
- Kamera Raspberry Pi berfungsi sebagai pembaca objek teks yang akan dikonversikan berupa suara. Kamera Raspberry Pi terhubung pada port CSI CAMERA Raspberry Pi dengan menggunakan kabel *flexible*.
- Speaker* berfungsi sebagai output hasil konversi dari program OCR (*Optical Character Recognition*) dimana gambar telah berhasil ditangkap dan sudah dikonversikan menjadi teks, Adapun *speaker* terhubung pada *jack audio 3,5mm* di Raspberry Pi.



Gambar 2 Alur Kerja Sistem

Sesuai dengan gambar 2.2. maka alur kerja dari sistem keamanan rumah adalah sebagai berikut:

1. Sensor ultrasonik HCSR-04 mendeteksi jarak ketinggian objek yang ada dibawah sensor, yang selanjutnya akan memicu fungsi kamera untuk menangkap objek.
2. Kamera akan terpicu untuk mengambil foto dan mengirimkan hasilnya ke Raspberry Pi karena pengambilan jarak ketinggian objek sudah sesuai dari sensor jarak HCSR-04.
3. Data hasil kedua komponen akan dikirimkan ke Raspberry Pi untuk mengolah/mengkoversikan gambar ke teks.
4. Raspberry Pi memproses konversi dari gambar ke teks menggunakan sistem *text-to-speech* dan hasil dari konversi tersebut akan mengeluarkan data berupa teks
5. Data hasil berupa teks nantinya akan dikirimkan ke *speaker* untuk mengubahnya menjadi suara.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui kinerja sistem alat maka diperlukan beberapa pengujian pada setiap bagian maupun keseluruhan sistem. Pengujian tersebut antara lain: Pengujian sensor ultrasonik HCSR-04, Pengujian kamera Raspberry Pi, Pengujian koversi gambar menjadi teks, Pengujian *speaker*. Setelah mendapatkan hasil pengujian akan dilakukan proses analisa alat yang bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat kesalahan pada nilai hasil pengukuran dan pembacaan serta untuk melihat tingkat akurasi pada nilai hasil pengukuran dan pembacaan agar dapat mengetahui kelebihan dan kekurangan dari Integrasi OCR dan Raspberry Pi Dalam Sistem Pemindai Otomatis Untuk Aksesibilitas Digital. Hasil dan pembahasan dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2 serta beberapa gambar yang disertakan

Tabel 1 Hasil Pembacaan Berdasarkan Jarak Objek Huruf

Tabel 2 Hasil Pembacaan Berdasarkan Ukuran Huruf

Jarak Objek (cm)	Fungsi Kamera	Pembacaan Keseluruhan Gambar	Konversi Gambar ke Teks	Fungsi Speaker	Presentase Keberhasilan	Ukuran Huruf	Konversi Gambar ke Teks	Presentase Keberhasilan
5	B	G	B	B	90%	5	G	0%
10	B	G	B	B	90%	10	G	0%
20	B	G	B	B	90%	12	G	0%
30	B	B	B	B	100%	15	B	100%
35	B	B	B	B	100%	20	B	100%
40	B	B	B	B	100%	25	B	100%
50	G	G	G	G	0%	30	B	100%

Keterangan :

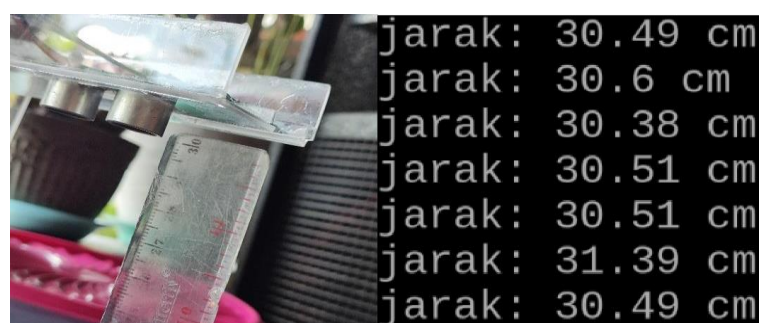
B : Berhasil
G : Gagal

Pada tabel 1 dapat disimpulkan bahwa keberhasilan alat terpadat pada jarak 30cm dikarenakan pada jarak tersebut merupakan jarak yang sesuai untuk pengambilan gambar dan kejelasan teks pada gambar. Pada jarak 20cm alat tetap akan bekerja sesuai fungsinya tapi terdapat kekurangan pada pembacaan seluruh gambar, hasilnya program tetap akan berjalan tetapi teks yang ada didalam tidak akan terbaca semua.

Pada tabel 2 dapat disimpulkan bahwasanya ukuran-ukuran huruf yang dapat terdapat <15, ukuran huruf >15 akan gagal dalam pembacaan teks nya sehingga *speaker* tidak akan mengeluarkan suara karena konversi dari program tersebut tidak berjalan dengan lancar

3.1. Pengujian sensor ultrasonik HCSR-04

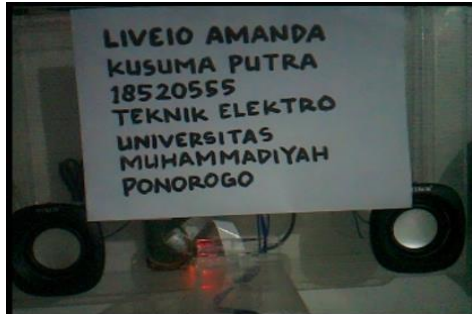
Pengujian ini dimaksud untuk mengetahui sensor HCSR-04 apakah sudah dapat berfungsi untuk membaca nilai jarak melalui serial monitor dengan cara memasukkan kode program yang telah dibuat. Pada pengujian sensor HCSR-04 sudah menampilkan hasil dari kode program yang telah dibuat. Hasil dari pengukuran dari sensor HCSR-04 dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik HCSR-04

3.2. Pengujian kamera Raspberry Pi

Pada pengujian kamera Raspberry Pi bisa dilihat pada gambar 3.3. hasil dari tangkapan kamera Raspberry Pi, hasil tangkapan kamera ini nantinya akan tersimpan pada folder `/home/pi` dengan nama file `test_image.jpg` didalam Raspberry Pi dan akan dikonversikan gambar menjadi teks



Gambar3.3. Pengujian Kamera Raspberry Pi

3.3. Pengujian konversi gambar ke teks

Setelah pengambilan jarak dan pengambilan gambar dilakukan serta mendapatkan data hasil maka Raspberry Pi akan melakukan proses konversi dari gambar ke teks menggunakan *library tesseract* pada program *python*. Hasil konversi gambar ke teks dapat dilihat pada gambar 3.4.

```
Jarak: 30.38 cm
Mengambil gambar...
Kamera siap
Gambar telah disimpan sebagai test_image.jpg
Hasil OCR:

LIVEIO AMANDA
KUSUMA PUTRA
18520555
TEKNIK ELEKTRO

UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAR
PONOROGO
```

Gambar 3.4. Pengujian Konversi Gambar ke Teks

3.4. Pengujian speaker

Pengujian kali ini merupakan keluaran atau hasil output dari program konversi berupa suara menggunakan komponen *speaker*. Ketika *speaker* berhasil mengeluarkan maka akan memunculkan data seperti pada gambar 3.5. tetapi sebaliknya jika program tidak berhasil dijalankan maka tidak akan memunculkan data.

```
Playing WAVE 'stdin' : Signed 16 bit Little Endian, Rate 22050 Hz, Mono
-----
(program exited with code: 0)
Press return to continue
█
```

Gambar 3.5. Pengujian Speaker

IV. KESIMPULAN

Selama proses pengujian dan pengumpulan data pemindai otomatis pembacaan teks dan gambar untuk penyandang tuna netra diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemindai otomatis dapat bekerja tanpa harus menggunakan tombol dikarenakan pemindai otomatis ini dapat berfungsi karena adanya kamera yang menangkap gambar yang nanti nya akan dikonversi menjadi sebuah teks yang nanti nya akan menghasilkan suara dengan metode *text-to-speech*
2. Pemindai otomatis ini di desain portabel yang dapat dibawa kemana saja dengan menggunakan *power bank* sebagai input daya nya. Dilengkapi beberapa komponen pendukung seperti :
 - a. Kamera yang digunakan untuk menangkap objek teks dan gambar.
 - b. Sensor jarak HCSR-04 untuk memicu fungsi dari kamera, jadi fungsi sensor jarak HCSR-04 sebagai pengganti tombol dalam memfungsikan pemindai otomatis ini sehingga pemindai otomatis ini bersifat portabel.
 - c. *Raspberry Pi* digunakan untuk mengkonversi gambar menjadi teks, teks menjadi suara.
 - d. *Speaker* digunakan untuk mengeluarkan hasil dari konversi yang dikerjakan oleh *Raspberry Pi* melalui suara

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] SUPAS, "MEMBACA DATA DISABILITAS INDONESIA MELALUI SUPAS 2015: 'Penyandang Disabilitas' atau 'Orang Dengan Beragam Kesulitan'?", wordpress.com, 2015. <https://ekspedisidifabel.wordpress.com/2018/02/25/membaca-datadisabilitas-indonesia-melalui-supas-2015-penyandang-disabilitas-atau-orang-dengan-beragam-kesulitan/> (accessed Feb. 13, 2025).
- [2] N. Ibrahim, "Keterampilan Membaca Dan Model-Model Pembelajarannya," Univ. Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka Jakarta, pp. 1–152, 2008.
- [3] S. Suhaeb, "Desain Tongkat Elektronik Bagi Tunanetra Berbasis Sensor Ultrasonik Dan Mikrokontroller Atmega8535," J. Sci. Pinisi, vol. 2, no. 2, pp. 131–136, 2016.
- [4] M. N. Meizani, A. Muid, and T. Rismawan, "Pembuatan Prototipe Kacamata Elektronik Untuk Tuna Netra Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Sensor Ultrasonik," J. Coding, Sist. Komput., vol. 03, no. 2, pp. 88–99, 2015.
- [5] M. N. Al Hasan, C. I. Partha, and Y. Divayana, "Rancang Bangun Pemandu Tuna Netra Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler," Maj. Ilm. Teknol. Elektro, vol. 16, no. 3, p. 27, 2017, doi: 10.24843/mite.2017.v16i03p05.
- [6] C. Setiawan, "Prototype Alat Bantu Tuna Netra Berupa Tongkat Menggunakan Arduino dan Sensor Ultrasonik Charles," Anal. pendapatan dan tingkat Kesejaht. rumah tangga petani, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2017.
- [7] Maburi Pudyas Salim, "Tuna Netra Adalah Disabilitas Penglihatan, Klasifikasi dan Fasilitas yang Dibutuhkan," liputan6.com, 2023. <https://www.liputan6.com/hot/read/5378781/tuna-netra-adalah-disabilitas-penglihatan-klasifikasi-dan-fasilitas-yang-dibutuhkan> (accessed Feb. 13, 2025).
- [8] Admin, "Raspberry Pi (Definisi, Fungsi, Jenis, Spesifikasi dan 36 Pemrograman)," kajianpustaka.com, 2022. <https://www.kajianpustaka.com/2020/12/Raspberry-Pi.html> (accessed Feb. 13, 2025).
- [9] ElangSakti, "Cara Kerja Sensor Ultrasonik, Rangkaian, & Aplikasinya," elangsakti.com, 2014. <https://www.elangsakti.com/2015/05/sensorultrasonik.html> #google_vignette (accessed Feb. 13, 2025).
- [10] A. A. Saputra, "Perancangan Perangkat Sistem Keamanan Menggunakan Sensor Pir Dan Metode Background Substraction Untuk Deteksi Pergerakan Manusia Pada Perumahan," Angew. Chemie Int. Ed. 6(11), 951–952., pp. 6–24, 2019.
- [11] R. Aditya, "Mengetahui Pengertian dan Cara Kerja Speaker Hingga Komponennya," Suara.com, 2023. <https://www.suara.com/tekno/2023/03/30/105409/mengetahui-pengertian-dan-cara-kerja-speaker-hingga-komponennya/> (accessed Feb. 13, 2025).