

Perancangan Alat Bantu Pengenalan Huruf Untuk Tunanetra Berbasis Mikrokontroler Dengan Output Suara

Muh Mahdin Nazarudin¹, Desak Ketut Sutiari²
^{1,2,3}Teknologi Elektro-Medis Universitas Mandala Waluya
^{1,2,3}Jl.Jend. A.H Nasution Kota Kendari 93231

Corresponding author: (e-mail:Madindynasti@gmail.com)

Intisari-- Pada era modern, akses terhadap pendidikan dan informasi adalah hak setiap individu, termasuk mereka yang memiliki keterbatasan fisik seperti tunanetra. Salah satu tantangan utama yang dihadapi tunanetra adalah dalam mengenali huruf dan membaca. Untuk membantu mengatasi tantangan ini, pada penelitian ini dirancang sebuah alat bantu pengenalan huruf yang berbasis mikrokontroler dengan output suara. Alat ini dirancang untuk memungkinkan tunanetra mengenali huruf dengan cara menekan tombol pada sebuah keyboard modifikasi, yang kemudian huruf tersebut akan dibacakan melalui speaker. Metode yang digunakan dalam alat ini melibatkan pengontrolan mikrokontroler ATmega328 yang diintegrasikan dengan DF Media player, amplifier PAM8403 dan speaker untuk output suara. Setiap kali pengguna menekan tombol pada keyboard PS/2, sistem akan mendeteksi input tersebut dan mengolahnya melalui mikrokontroler, dan kemudian mengeluarkan suara yang sesuai berdasarkan dari input yang diberikan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat dapat berfungsi dengan baik dalam mengenali input dari keyboard dan menghasilkan output suara yang sesuai dengan huruf yang di tekan. Pada saat keyboard yang ditekan bukan huruf maka DFplayer tidak akan menghasilkan suara. Alat ini bersifat portable sehingga mudah dibawa kemana-mana dan mudah digunakan. Pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan dengan menambahkan *data base* agar bisa diketahui sejauh mana perkembangan anak tersebut serta fitur latihan dan sistem poin penilaian untuk meningkatkan fungsionalitas alat.

Kata Kunci : Tunanetra, ATmega328, DFPlayer Mini, Keyboard PS/2, Pengenalan huruf

I. PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan suatu hal yang penting yang seharusnya dilakukan seseorang untuk mengembangkan potensi dan ilmu pengetahuan yang dimiliki. Setiap anak berhak untuk mendapatkan pendidikan yang sama. Dengan adanya pendidikan, diharapkan anak akan mempersiapkan masa depannya dengan baik. Namun, yang menjadi permasalahan adalah tidak semua anak yang dilahirkan memiliki kesempurnaan, mereka biasa disebut dengan penyandang disabilitas. Sekitar 15 persen jumlah penduduk di dunia adalah penyandang disabilitas, salah satunya tunanetra [1].

Tunanetra, atau secara etimologis berarti luka atau rusak pada mata, yang mengakibatkan kurang atau tidak memiliki kemampuan persepsi penglihatan, merupakan kondisi yang memiliki dampak yang cukup signifikan, termasuk dari segi kesehatan mental dan aksesibilitas informasi. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, tunanetra adalah orang yang tidak dapat melihat, sementara dalam literatur berbahasa Inggris, mereka disebut sebagai visually handicapped atau visually impaired. Kondisi ini sering kali membawa dampak pada kepercayaan diri yang rendah karena perasaan kurangnya kemampuan untuk berpartisipasi dalam aktivitas sehari-hari yang melibatkan penglihatan. Selain itu, keterbatasan dalam mengakses informasi juga menjadi masalah serius bagi tunanetra. Mereka mengalami kesulitan dalam memperoleh

pengetahuan umum yang biasa diakses oleh orang yang memiliki penglihatan normal, sehingga kadang dianggap kurang pengetahuan atau bahkan dianggap 'bodoh' karena keterbatasan mereka dalam mengakses informasi [2].

Berdasarkan perkiraan Kementerian Kesehatan RI, populasi tunanetra di Indonesia diperkirakan sekitar 1,5% dari keseluruhan penduduk, termasuk mereka yang mengalami kebutaan total maupun gangguan penglihatan yang lebih ringan. Disabilitas sensorik merujuk pada gangguan fungsi salah satu dari indra-panca, termasuk disabilitas penglihatan, pendengaran, dan/atau bicara. Menurut Kementerian Pemberdayaan Perempuan dan Perlindungan Anak, individu dengan disabilitas penglihatan adalah mereka yang memiliki tingkat kejelasan penglihatan kurang dari 6 per 60 setelah koreksi atau tidak memiliki kemampuan penglihatan sama sekali. Meskipun jumlahnya signifikan, pemerintah belum menyediakan fasilitas khusus yang memadai sebagai respons terhadap kebutuhan tersebut. Tunanetra juga mengalami diskriminasi di dalam masyarakat sosial. Banyak masyarakat di Indonesia yang masih melihat penyandang disabilitas sebagai kelompok yang terpinggirkan. Kesempatan untuk memberdayakan penyandang tunanetra dengan jumlah yang signifikan tersebut belum diberikan. Mereka tersisih dari interaksi masyarakat karena dianggap tidak mampu melakukan apa yang dapat dilakukan oleh orang "normal" [3].

Kehilangan penglihatan bisa terjadi pada tunanetra sejak lahir atau karena suatu peristiwa atau penyakit. Anak-anak usia 3-6 tahun yang mengalami gangguan penglihatan membutuhkan perhatian khusus dalam pendidikan mereka. Mereka harus menyesuaikan kehidupan sehari-hari, dan orang tua perlu belajar serta menyesuaikan diri dengan kebutuhan khusus anak-anak tersebut. Pengawasan yang lebih intensif diperlukan untuk mengatasi tumbuh kembang mereka karena mereka masih dalam fase perkembangan yang sangat penting. Meskipun mengalami gangguan penglihatan, anak-anak tunanetra usia 3-6 tahun ini tetap membutuhkan pendidikan untuk mengembangkan potensi mereka. Oleh karena itu, layanan khusus dan alat bantu pembelajaran di sekolah luar biasa (SLB) perlu ditingkatkan agar sesuai dengan kebutuhan mereka dan mendukung kemandirian dalam belajar [4].

Pada konteks pendidikan bagi tunanetra, Braille merupakan sistem tulisan dan membaca yang dirancang khusus untuk orang dengan gangguan penglihatan. Braille menggunakan kombinasi titik-titik yang dirasakan dengan jari untuk merepresentasikan huruf, angka, dan simbol tertentu. Penggunaan Braille sangat penting dalam memastikan aksesibilitas informasi bagi tunanetra, terutama dalam proses pendidikan. Dengan mempelajari Braille, tunanetra dapat membaca dan menulis dengan mandiri, sehingga meningkatkan kemampuan mereka dalam belajar dan berpartisipasi dalam aktivitas sehari-hari [5].

Pada beberapa penelitian tentang mikrokontroler yang diantaranya yaitu untuk mengontrol timer, limit switch dan relay dengan sterilisasi sinar UVC [6]. Selanjutnya, penelitian tentang mengkalkulasi data tinggi, berat, jenis kelamin dan umur secara manual untuk menghasilkan Nilai Indeks Massa Tubuh (IMT), Kadar Lemak dan Kebutuhan Kalori Harian [7]. Penelitian selanjutnya untuk mengolah data menjadi nilai Hb [8]. Pada penelitian selanjutnya yaitu untuk membuka dan menutup pintu irigasi secara otomatis dengan menggunakan sensor ultrasonik [9]. Pada penelitian selanjutnya yaitu tentang alat untuk monitoring kondisi ruangan kelas yang beberapa parameternya yakni temperatur, kelembapan, status power air conditioner, keberadaan manusia, serta pencatat waktu real time [10]. Selanjutnya, pada penelitian tentang Alat Pengereng Kerupuk secara otomatis menggunakan elemen pemanas [11].

Kemudian, pada beberapa penelitian tentang mengenai output suara yang diantaranya, yaitu pengukuran menggunakan sistem termometer Non-Contact [12]. Penelitian Selanjutnya yaitu mendeteksi tekanan dari kantung udara sehingga mampu mendeteksi denyut nadi untuk menentukan sistolik maupun diastolik pada lengan dan hasilnya keluar berupa suara [13]. Pada penelitian selanjutnya menggunakan sensor ultrasonik untuk mengukur tinggi badan, dan sensor strain gauge untuk mengukur berat

badan untuk mendapatkan indeks massa tubuh (IMT), berat badan ideal (BBI) dan hasil dari pengukurannya dikeluarkan melalui suara [14]. Selanjutnya, pada penelitian tentang keamanan berlapis pada pintu menggunakan rfid, fingerprint dan keypad dengan output suara berbasis internet of things [15]. Pada penelitian selanjutnya tentang mengenai timbangan badan yang menggunakan sensor Loadcell yang akan mendeteksi nilai berat badan manusia dan hasilnya akan dikeluarkan melalui suara [16]. Selanjutnya, pada penelitian tentang pemandu parkir mobil dengan menampilkan informasi mengenai jarak objek dengan kendaraan yang menggunakan output suara untuk mempermudah user dalam memarkirkan kendaraanya [17].

Berdasarkan permasalahan diatas, dalam penelitian ini dirancang alat bantu pengenalan huruf berbasis mikrokontroler dengan output suara dengan menggunakan keyboard ps/2 yang dimodifikasi sebagai masukannya, lalu DF Media Player sebagai pemutar dari file mp3nya dan hasilnya akan keluar melalui speaker.

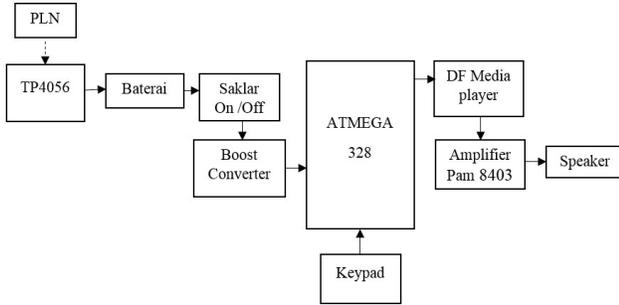
II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen pembuatan alat yang menggunakan beberapa tahapan dalam mendesain alat mulai dari penyiapan alat dan bahan, perancangan blok diagram dan pembuatan skematik rangkaian. Setelah alat selesai dilakukan serangkaian uji coba.

A. Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan dilakukan dengan cara memperhatikan alat yang akan dirancang kemudian melakukan tahap pemesanan bahan sesuai kebutuhan. Alat yang perlu dipersiapkan adalah tool set lengkap untuk membuat desain berdasarkan komponen yang dibutuhkan. Laptop digunakan untuk membantu merancang program yang dibutuhkan pada software. Program dibuat pada aplikasi arduino IDE. Sedangkan bahan utama yang digunakan yaitu mikrokontroler Atmega328 5 V DC sebagai pengendali semua komponen input dan output. Modul Charger TP4056 Type-C digunakan untuk melakukan pengisian ulang pada baterai sekaligus untuk proteksi pada baterai yang disusun secara seri atau baterai susun. Komponen input nya yaitu keyboard ps/2 yang berfungsi untuk memberikan perintah berupa sebuah karakter. Komponen outputnya terdiri dari DF Media Player yang berfungsi untuk memutar file audio yang terdapat di micro sd cardnya. Selanjutnya, Amplifier pam8403 berguna untuk menaikkan dan menurunkan volume dari suara yang dihasilkan. Kemudian, yang terakhir yaitu speaker untuk keluaran suaranya.

Blok diagram merupakan suatu perencanaan atau perancangan yang mana di dalamnya terdapat inti dari pembuatan alat tersebut. Berikut Gambar 1 merupakan blok diagram dari alat bantu pengenalan huruf untuk tunanetra berbasis mikrokontroler dengan output suara.

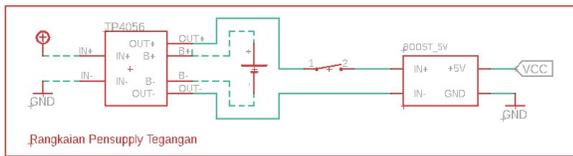


Gambar 1. Blok diagram

Berdasarkan blok diagram dapat dijelaskan jika baterai pada alat dalam kondisi lowbet, maka jalur menuju ke PLN itu akan terhubung dan jika sebaliknya baterai dalam kondisi penuh, maka jalur menuju ke PLN akan diputuskan. TP4056 sebagai modul charger pada alat yang kaki pin outputnya akan terhubung ke boost converter agar dinaikkan tegangannya yang semula 3,3 Volt menjadi 5 Volt untuk menyesuaikan tegangan kerja pada komponen komponen alat. Sedangkan, kaki pin B+, B- pada tp4056 terhubung dengan baterai untuk melakukan pengecasan. Selanjutnya, pada keypad berfungsi untuk memberikan sebuah input dan diolah oleh mikrokontroler untuk diubah menjadi output berupa suara melalui DF Media Player, PAM8403 dan speaker agar bisa terdengar oleh pengguna.

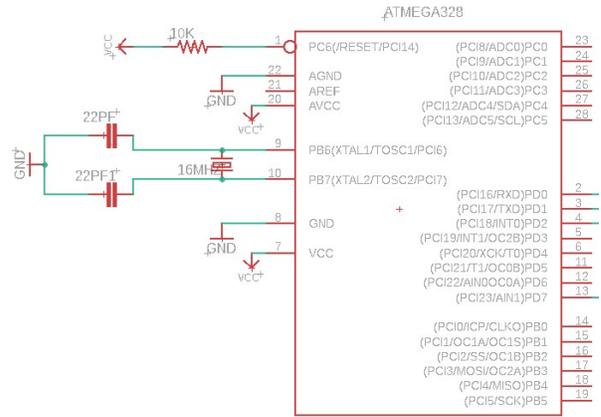
C. Skematik Rangkaian

Skematik Rangkaian adalah gambar atau diagram yang menunjukkan bagaimana komponen-komponen dalam suatu rangkaian elektronik terhubung satu sama lain. Diagram ini menggunakan simbol-simbol tertentu untuk mewakili setiap komponen, seperti resistor, kapasitor, dan transistor. Gambar 2 menunjukkan rangkaian penyedia tegangan



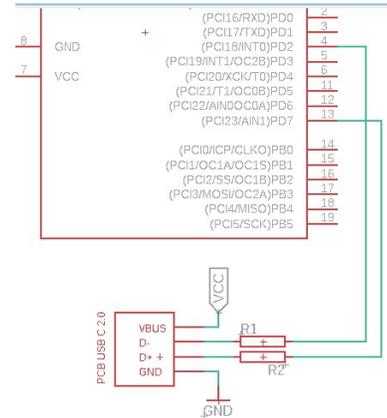
Gambar 2 Rangkaian pensupply tegangan

Rangkaian pensupply tegangan berfungsi untuk memberikan pasokan tegangan yang dibutuhkan oleh berbagai komponen yang ada. Gambar 3 menunjukkan skematik Rangkaian sistem minimum Atmega328.



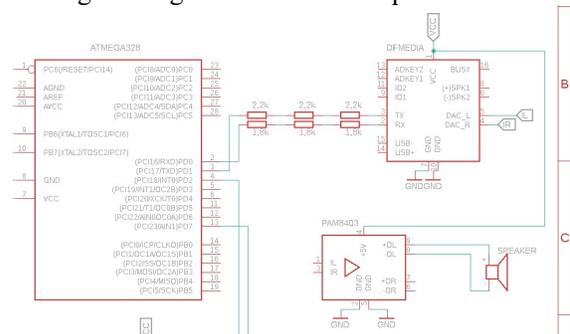
Gambar 3 Rangkaian sistem minimum atmega328

Rangkaian mikrokontroler atau sistem minimum berfungsi untuk memproses hasil dari inputan yang diberikan oleh user melalui keyboard ps/2, jika inputan yang diberikan merupakan sebuah huruf maka DF Media Player akan memainkan track file mp3 lalu hasilnya akan keluar melalui speaker dan jika misalnya yang inputan yang diberikan selain dari huruf maka DF Media player tidak memutar apapun. Gambar 4 menunjukkan skematik rangkaian keyboard ps/2, rangkaian ini untuk memberikan sebuah masukan ke mikrokontroler.



Gambar 4 Rangkaian Keyboard ps/2

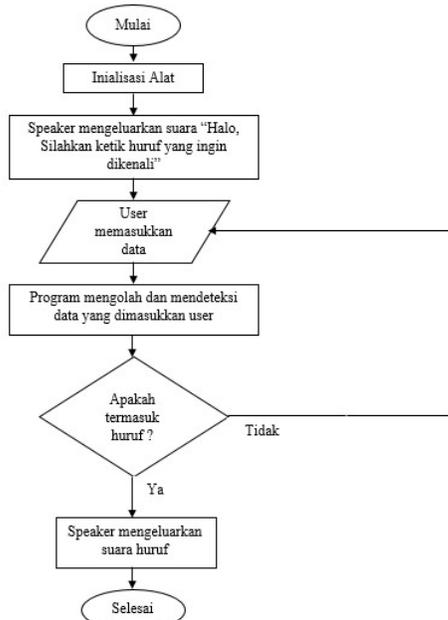
Gambar 5 menunjukkan skematik rangkaian sistem penghasil suara berfungsi untuk memutar file sekaligus mengeluarkan hasil berupa suara.



Gambar 5 Rangkaian sistem penghasil suara

D. Diagram Alir

Diagram alir merupakan diagram yang menggambarkan langkah-langkah, urutan, dan keputusan dari suatu proses atau alur kerja. Berikut gambar 6 merupakan diagram alir dari alat bantu pengenalan huruf untuk tunanetra berbasis mikrokontroler dengan output suara.



Gambar 6 Diagram alir

E. Standar Operasional Prosedur

Adapun langkah langkah SOP alat bantu pengenalan huruf mencakup :

1. Menekan saklar ON / OFF ke posisi ON untuk menghidupkan alat.
2. Setelah itu, Alat akan mengeluarkan suara “Halo, Silahkan ketik huruf yang ingin dikenali”.
3. User Menekan sebuah huruf pada keyboard.
4. Speaker akan mengeluarkan suara berupa huruf yang ditekan oleh user , dan jika misalnya bukan sebuah huruf maka alat akan tidak akan menghasilkan suara
5. Kemudian, matikan alat dengan menekan saklar On/Off ke posisi OFF.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Hasil desain alat bantu pengenalan huruf untuk tunanetra

Dalam penyusunannya, alat bantu pengenalan huruf untuk tunanetra terdiri atas beberapa komponen .Sebagaimana yang dapat kita lihat pada gambar 7 disamping yang menampilkan tampak dari alat tersebut.



Gambar 7 Alat bantu pengenalan huruf tunanetra

2. Hasil Pengujian

Pengujian data uji fungsi tombol pada alat bantu pengenalan huruf untuk tunanetra ini melibatkan pengambilan 53 data dari 52 jenis huruf yang berbeda beda dan 1 data yang selain dari huruf, sehingga diperoleh variasi hasil data uji alat seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Data uji fungsi tombol

No	Jenis Huruf Yang Ditekan	Output Suara Yang dihasilkan	Alat pembeding goggle suara
1.	A	A Kapital	A Kapital
2.	B	B Kapital	B Kapital
3.	C	C Kapital	C Kapital
4.	D	D Kapital	D Kapital
5.	E	E Kapital	E Kapital
6.	F	F Kapital	F Kapital
7.	G	G Kapital	G Kapital
8.	H	H Kapital	H Kapital
9.	I	I Kapital	I Kapital
10.	J	J Kapital	J Kapital
11.	K	K Kapital	K Kapital
12.	L	L Kapital	L Kapital
13.	M	M Kapital	M Kapital
14.	N	N Kapital	N Kapital
15.	O	O Kapital	O Kapital
16.	P	P Kapital	P Kapital
17.	Q	Q Kapital	Q Kapital
18.	R	R Kapital	R Kapital
19.	S	S Kapital	S Kapital
20.	T	T Kapital	T Kapital
21.	U	U Kapital	U Kapital
22.	V	V Kapital	V Kapital
23.	W	W Kapital	W Kapital
24.	X	X Kapital	X Kapital
25.	Y	Y Kapital	Y Kapital
26.	Z	Z Kapital	Z Kapital
27.	a	a	a

28.	b	b	b
29.	c	c	c
30.	d	d	d
31.	e	e	e
32.	f	f	f
33.	g	g	g
34.	h	h	h
35.	i	i	i
36.	j	j	j
37.	k	k	k
38.	l	l	l
39.	m	m	m
40.	n	n	n
41.	o	o	o
42.	p	p	p
43.	q	q	q
44.	r	r	r
45.	s	s	s
46.	t	t	t
47.	u	u	u
48.	v	v	v
49.	w	w	w
50.	x	x	x
51.	y	y	y
52.	z	z	z
53.	Selain dari huruf	-	-

B. Pembahasan

Alat ini dirancang sebagai solusi untuk membantu tunanetra dalam belajar mengenali huruf secara mandiri. Mikrokontroler ATmega328 digunakan sebagai otak utama dalam alat ini, sehingga mampu menghasilkan suara yang memungkinkan pengguna mendengar dan mengidentifikasi huruf-huruf yang dipelajari. Fitur ini sangat penting karena memberikan akses langsung kepada tunanetra untuk mempelajari dan mengenali huruf tanpa harus bergantung pada bantuan orang lain, sehingga meningkatkan kemandirian dan rasa percaya diri pengguna dalam proses pembelajaran.

Proses belajar menjadi lebih mudah karena pengguna dapat mendengar langsung huruf yang mereka tekan pada keyboard PS/2, yang kemudian diucapkan melalui speaker. Hal ini memudahkan pengguna untuk mengasosiasikan bentuk huruf dengan suara yang dihasilkan, mempercepat proses pengenalan huruf. Selain itu, alat ini telah diuji dengan melibatkan pengguna tunanetra, dan hasilnya menunjukkan bahwa mereka dapat mengidentifikasi setiap huruf yang

ditekan sesuai dengan output suara yang dihasilkan oleh alat.

Sebagai bukti konkret bahwa alat ini benar-benar membantu memudahkan tunanetra dalam mengenali huruf, disamping ini ditampilkan gambar 8 yang menunjukkan seorang pengguna tunanetra sedang menggunakan alat ini. Terlihat bahwa pengguna dengan mudah menekan huruf pada keyboard dan mendengarkan suara yang dihasilkan, yang memperkuat klaim bahwa alat ini memudahkan dalam membantu proses pembelajaran huruf. Gambar ini bertujuan untuk memberikan visualisasi nyata tentang bagaimana alat ini digunakan dalam praktik, serta untuk menunjukkan keberhasilan alat dalam memfasilitasi tunanetra dalam mengenali huruf.



Gambar 8. Seorang tunanetra menggunakan alat

Suplai daya alat berasal dari baterai lithium-ion 18650 yang dirancang dengan modul charger TP4056 untuk pengisian daya. Untuk meningkatkan efisiensi daya, digunakan boost converter MT3608 untuk menaikkan tegangan baterai agar sesuai dengan kebutuhan mikrokontroler dan komponen lainnya.

Komponen-komponen tersebut dikendalikan oleh mikrokontroler ATmega328 dengan bantuan keyboard PS/2 sebagai input untuk memilih huruf yang akan dipelajari dan diputar melalui DF Media Player. Selain itu, output suara dari DF Media Player di amplifikasi menggunakan PAM8403 amplifier sebelum diputar melalui speaker.

Alat bantu pengenalan huruf ini menggunakan struktur kontrol switch case dalam programnya untuk menentukan tindakan yang harus dilakukan berdasarkan input karakter yang diterima dari keyboard PS/2. Setiap kali pengguna menekan sebuah huruf, program akan memeriksa huruf tersebut dan mencocokkannya dengan salah satu kasus (case) yang telah ditentukan.

Misalnya, jika pengguna menekan huruf 'a', program akan masuk ke dalam case 'a:'. Di dalam case 'a:', terdapat fungsi `myDFPlayer.play(1);` yang bertugas untuk memutar file suara yang ada di urutan

pertama pada DFPlayer. File suara ini sesuai dengan suara huruf 'a'. Setelah itu, program menjalankan perintah break; yang berfungsi untuk menghentikan proses switch case ini, sehingga program tidak akan menjalankan kasus lain yang mungkin ada. Proses ini berlaku serupa untuk setiap huruf lainnya, di mana setiap huruf memiliki nomor urut yang sesuai dengan file suara yang akan diputar. Contohnya:

1. case 'b': akan memutar track nomor 2 untuk huruf 'b'.
2. case 'c': akan memutar track nomor 3 untuk huruf 'c'.
3. Dan seterusnya hingga case 'z':.

Jika ada karakter yang ditekan tetapi tidak terdaftar dalam switch case, program akan menjalankan bagian default, yang dalam hal ini akan menampilkan pesan "Tombol tidak terhubung dengan suara" di Serial Monitor, sebagai indikasi bahwa tidak ada suara yang dihubungkan dengan tombol tersebut. Berikut gambar 9 dibawah ini merupakan program pada alat :

```
57     switch (c) {
58         case 'a': {
59             myDFPlayer.play(1); //
60             break;
61         }
62         case 'b': {
63             myDFPlayer.play(2); //
64             break;
65         }
66         case 'c': {
67             myDFPlayer.play(3); //
68             break;
69         }
70         case 'd': {
71             myDFPlayer.play(4); //
72             break;
73         }
74     }
```

Gambar 9. Program pada alat

Alat ini juga dilengkapi dengan fitur pengenalan suara, yang dimana saat alat dinyalakan speaker mengeluarkan suara "halo, silahkan ketik huruf yang ingin dikenali". Pengguna dapat memilih huruf yang ingin dipelajari melalui keyboard PS/2. Setelah huruf dipilih, alat akan memutar suara pengenalan huruf tersebut melalui speaker. Alat ini memungkinkan tunanetra untuk belajar mengenali huruf dengan lebih mudah dan mandiri.

Berdasarkan data uji fungsi tombol pada tabel 1 yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa alat ini berfungsi dengan baik dalam mengenali huruf-huruf yang ditekan pada keyboard PS/2 dan menghasilkan output suara yang sesuai. Sebanyak 26 jenis huruf yang telah diuji, seluruh huruf menghasilkan suara yang sesuai dengan input yang diberikan misalnya pada data ke 1 yaitu "a" menghasilkan suara "a" lalu pada ke 2 "b" menghasilkan suara "b", begitupun dengan yang lainnya, baik pada alat maupun pembanding Google

Voice. Selain itu, alat ini juga terbukti tidak mengeluarkan suara apapun ketika tombol selain huruf ditekan, sesuai dengan hasil uji yang dilakukan.

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa alat bantu pengenalan huruf untuk tunanetra ini telah berhasil memenuhi tujuan perancangannya., dan memberikan pengalaman belajar yang lebih mandiri.

IV. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Setelah melakukan proses perancangan, pembuatan serta pengujian alat dan pengambilan data alat ini, maka pada penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Alat ini dirancang menggunakan mikrokontroler ATmega328 sebagai otak utama yang diprogram dengan C++ melalui Arduino IDE. Pengguna dapat memilih huruf menggunakan keyboard PS/2, kemudian alat akan memainkan suara huruf tersebut melalui Df media player, amplifier dan speaker.
2. Alat ini membantu memudahkan tunanetra mengenali huruf secara mandiri melalui keyboard berbasis mikrokontroler, dengan output suara yang mempercepat proses belajar tanpa harus bergantung pada bantuan orang lain. dan alat ini juga bersifat portable sehingga mudah untuk dibawa kemana saja tanpa terikat pada satu lokasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Laboratorium Workshop Prodi D-III Teknologi Elektro-Medis Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Mandala Waluya telah memberikan sarana dan prasarana dalam penyelesaian penelitian ini. Serta terima kasih kepada pihak yang telah berkontribusi pada penyelesaian penelitian dan artikel ini.

REFERENSI

- [1] Liputan 6, 25 Maret 2023. Tunanetra. Diakses pada tanggal 27 Maret 2024 pukul 14.11 WITA dari <https://www.liputan6.com/citizen6/read/5237887/tunanetra-definisi-penyebab-hambatan-dan-layanan-pendidikan-bagi-anak-tunanetra>
- [2] Fergiyawan, V. A., Andryana, S., & Darusalam, U. (2018). Alat Pemandu Jalan Untuk Penyandang Tunanetra Menggunakan Sensor Ultrasonic Berbasis Arduino. Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Multimedia, 55–60.
- [3] Herlambang, E. P., & Suteja, M. S. (2023). Perancangan Fasilitas Pembinaan Dan Rekreasi

- Tunanetra Dengan Pendekatan Indera. *Jurnal Sains, Teknologi, Urban, Perancangan, Arsitektur (Stupa)*, 5(2), 1765–1778. <https://doi.org/10.24912/stupa.v5i2.24315>
- [4] Hidayat & Anton Prafanto. (2014). Rancang Bangun Braille Text Reader Bagi Penyandang Tunanetra, 1, 2 1,2. 1–7
- [5] Azmil, S. N., & Santoso, A. (2013). Bimbingan Dan Konseling Islam Dengan Media Braille Dalam Meningkatkan Motivasi Diri Pada Penyandang Tuna Netra. *Jurnal Bimbingan Dan Konseling Islam*, 3(2), 140–151.
- [6] Sutiyari, D. K. (2023). Desain Alat Sterilisasi Dengan Sinar Uvc Di Massa Pandemi Covid-19. *Sebatik*, 27(2), 553–559. <https://doi.org/10.46984/sebatik.v27i2.2353>
- [7] Abidin, M. S., Sutiyari, D. K., Hamrin, L., Kasih, R. U., & Adami, A. (2023). Rancang Bangun Termometer Non-Contact Dengan Output Suara Berbasis Df-Player. *SemanTIK: Teknik Informasi*, 9(2), 91. <https://doi.org/10.55679/semantik.v9i2.45113>
- [8] Ketut Sutiyari, D., Fajri, M., Utami Kasih, R., Muhammad Sainal Abidin, dan, Mandala Waluya, U., & Kendari, K. (2023). Desain Alat Pengukuran Kadar Hemoglobin Noninvasi. 1(1), 1–5.
- [9] Fauziah, N., Munazilin, A., & Santoso, F. (2024). Rancang Bangun Sistem Pengontrol Irigasi Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 8(3), 1464–1473. <https://doi.org/10.33379/gtech.v8i3.4343>
- [10] Utomo, A. P., & Wirawan, N. A. (2018). Perancangan Alat Monitoring Air Conditioner Menggunakan Mikrokontroler Wemos. *Jurnal Telematika Edisi Industrial Engineering Seminar and Call for Paper (IESC)*, 7, 44–53. http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json
- [11] AMIK BSI Purwokerto, I., & - AMIK BSI Purwokerto, C. (2016). Perancangan Dan Pembuatan Alat Pengering Kerupuk Otomatis Menggunakan Mikrokontroler atmega16. *Evolusi*, 4(2), 2–6.
- [12] Abidin, M. S., Sutiyari, D. K., Hamrin, L., Kasih, R. U., & Adami, A. (2023). Rancang Bangun Termometer Non-Contact Dengan Output Suara Berbasis Df-Player. *SemanTIK: Teknik Informasi*, 9(2), 91. <https://doi.org/10.55679/semantik.v9i2.45113>
- [13] Erwin Yan Irawan,(2011). Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro, D., & Teknik Elektro, J. (2011). Rancang Bangun Tensimeter Digital Untuk Tuna Netra Tugas Akhir.
- [14] AFDALI, M., DAUD, M., & PUTRI, R. (2018). Perancangan Alat Ukur Digital untuk Tinggi dan Berat Badan dengan Output Suara berbasis Arduino UNO. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 5(1), 106. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v5i1.106>
- [15] Anggelia Erika, T., & Elfizon. (2023). Sistem Keamanan Berlapis Pada Pintu Menggunakan RFID, Fingerprint dan Keypad dengan Output Suara Berbasis Internet Of Things ESP32. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 4(1), 226–234. <https://doi.org/10.24036/jtein.v4i1.386>
- [16] Alhamidi, A., & Asmara, R. (2017). Rancang Bangun Timbangan Badan Output Suara Berbasis Arduino Uno R3. *Jurnal Sains Dan Informatika*, 3(2), 142. <https://doi.org/10.22216/jsi.v3i2.2910>
- [17] Pindrayana, K., Indra Borman, R., Prasetyo, B., & Samsugi, S. (2018). Prototipe Pemandu Parkir Mobil Dengan Output Suara Manusia Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 2(2), 71–82. <https://doi.org/10.22373/crc.v2i2.3705>