

**RANCANG BANGUN ALAT PERINGATAN DINI BERBASIS IOT DAN *MACHINE LEARNING* UNTUK PENYANDANG TUNARUNGU DENGAN DETEKSI SUARA
KLAKSON KENDARAAN**

SKRIPSI

MOHAMAD REZA ASHARI
20210040090



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA
AGUSTUS 2025**

RANCANG BANGUN ALAT PERINGATAN DINI BERBASIS IOT DAN *MACHINE LEARNING* UNTUK PENYANDANG TUNARUNGU DENGAN DETEKSI SUARA KLAKSON KENDARAAN

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Dalam Menempuh Gelar Sarjana Komputer
Pada Program Studi Teknik Informatika*

MOHAMAD REZA ASHARI
20210040090



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA
AGUSTUS 2025**

PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : RANCANG BANGUN ALAT PERINGATAN DINI BERBASIS IOT DAN
MACHINE LEARNING UNTUK PENYANDANG TUNARUNGU DENGAN
DETEKSI SUARA KLAKSON KENDARAAN

NAMA : MOHAMAD REZA ASHARI

NIM 20210040090

“Saya menyatakan dan bertanggungjawab dengan sebenarnya bahwa Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri kesuali suplikan dan ringkasan yang masing-masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa skripsi ini sebagai karyanya, yang disertai dengan bukti-bukti yang cukup, maka saya bersedia untuk dibatalkan gelar Sarjana Komputer saya beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut”.



Sukabumi, 13 Agustus 2025

MOHAMAD REZA ASHARI
Penulis

PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL : RANCANG BANGUN ALAT PERINGATAN DINI BERBASIS IOT DAN
MACHINE LEARNING UNTUK PENYANDANG TUNARUNGU DENGAN
DETEKSI SUARA KLAKSON KENDARAAN

NAMA : MOHAMAD REZA ASHARI

NIM 20210040090

Skripsi ini telah diuji dan dipertahankan di depan Dewan Penguji pada Sidang Skripsi tanggal
13 Agustus 2025. Menurut pandangan kami, Skripsi ini memadai dari segi kualitas untuk
tujuan penganugerahan gelar Sarjana Komputer (S.Kom).

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Ir. Somantri, S.T, M.Kom
NIDN. 0419128801

Hermanto, S.T, M.Kom
NIDN. 0402027401

Ketua Penguji,

Kaprodi Teknik Informatika,



Ir. Kamdan, S.T, M.Kom
NIDN. 0401107401

Ir. Somantri, S.T, M.Kom
NIDN. 0419128801

Dekan Fakultas Teknik, Komputer dan
Desain

Ir.H. Paikun, S.T., MT., IPM., Asean Eng
NIDN. 0402037401

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan alat peringatan dini berbasis kecerdasan buatan (AI) dan *Internet of Things* (IoT) untuk mendeteksi suara klakson secara *real-time* bagi penyandang tunarungu. Fitur suara diekstraksi menggunakan *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC) sebanyak 40 koefisien pada 32 frame, menggunakan 4.000 sampel data, terdiri dari 2.000 suara klakson dan 2.000 suara non-klakson. Model klasifikasi dibangun menggunakan arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) 1D dengan tiga lapisan konvolusi, dilatih selama 15 epoch dengan batch size 32. Hasil pelatihan menunjukkan akurasi meningkat dari 81,25% pada epoch ke-5 menjadi 98,55% pada epoch ke-15, dengan akurasi validasi 99,10% dan *loss* rendah (0,0115). Evaluasi pada data uji menunjukkan *precision*, *recall*, dan F1-score tinggi pada kedua kelas, menandakan performa klasifikasi yang stabil. Model kemudian diintegrasikan pada perangkat IoT yang terdiri dari mikrofon MAX9814, mikrokontroler ESP32, dan motor getar. Pengujian menunjukkan sistem mampu memberikan peringatan getaran secara konsisten dalam waktu rata-rata ± 2 detik. Meskipun efektif, pengembangan lanjutan diperlukan untuk memperluas variasi suara dan meningkatkan ketahanan perangkat di kondisi lapangan.

Kata Kunci: deteksi suara, klakson, MFCC, CNN 1D, *Internet of Things*, penyandang tunarungu, sistem peringatan dini.



ABSTRACT

This study developed an early warning device based on artificial intelligence (AI) and the Internet of Things (IoT) to detect horn sounds in real-time for hearing-impaired individuals. Audio features were extracted using Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) with 40 coefficients over 32 frames, using 4,000 samples (2,000 horn sounds and 2,000 non-horn sounds). The classification model was built using a 1D Convolutional Neural Network (CNN) with three convolutional layers, trained for 15 epochs with a batch size of 32. Training results showed accuracy increasing from 81.25% at epoch 5 to 98.55% at epoch 15, with validation accuracy of 99.10% and low loss (0.0115). Evaluation on the test data showed high precision, recall, and F1-score for both classes, indicating stable classification performance. The model was then integrated into an IoT device consisting of a MAX9814 microphone, ESP32 microcontroller, and vibration motor. Testing demonstrated that the system could consistently provide vibration alerts with an average response time of ± 2 seconds. Although effective, further development is needed to expand sound variations and improve device durability in field conditions.

Keywords: sound detection, horn, MFCC, 1D CNN, Internet of Things, hearing impairment, early warning system.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia Nya. Shalawat dan salam kami haturkan kepada Nabi Muhammad SAW. Dengan penuh rasa syukur, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “*RANCANG BANGUN ALAT PERINGATAN DINI BERBASIS IOT DAN MACHINE LEARNING UNTUK PENYANDANG TUNARUNGU DENGAN DETEKSI SUARA KLAKSON KENDARAAN*” dengan baik.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, baik dari segi penyajian, permasalahan, maupun pemecahan masalah. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat, khususnya bagi penulis dan umumnya bagi semua pihak yang membutuhkan.

Selama mengerjakan skripsi ini, penulis tidak lepas dari bantuan dan dorongan dari berbagai pihak, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Bapak Dr. H. Kurniawan, S.T., MH, selaku Rektor Universitas Nusa Putra.
2. Bapak Ir.H. Paikun, S.T., MT., IPM., Asean Eng, selaku Dekan Fakultas Univeristas Nusa Putra.
3. Bapak Ir. Somantri, S.T., M.Kom, selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika sekaligus Pembimbing 1, yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Bapak Hermanto, S.T, M.Kom, selaku Pembimbing 2, yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan saran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Seluruh dosen/staff pengajar Fakultas Komputer Teknik dan desain program studi Teknik Informatika yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang tak ternilai selama kami menempuh pendidikan di Universitas Nusa Putra.
6. Seluruh narasumber yang berjumlah enam orang yang telah bersedia meluangkan waktu untuk diwawancarai, memberikan informasi, wawasan, serta pengalaman berharga yang relevan dengan topik penelitian ini. Kontribusi mereka tidak hanya membantu penulis memperoleh data yang akurat dan mendalam, tetapi juga

memberikan perspektif yang memperkaya analisis penelitian. Dukungan, kerja sama, dan keterbukaan mereka menjadi salah satu faktor penting yang memungkinkan penelitian ini dapat berjalan dengan lancar dan menghasilkan temuan yang bermanfaat.

7. Kepada seluruh keluarga, orang tua, kakak, adik, dan teman-teman yang selalu memberikan dukungan penuh agar kami bisa menyelesaikan skripsi ini. Dorongan dan motivasi dari mereka sangat berarti, dan menjadi sumber semangat yang tak ternilai selama proses penulisan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat kami harapkan demi perbaikan. Amin Yaa Rabbal 'Alamin.

Sukabumi, 13 Agustus 2025



MOHAMAD REZA ASHARI

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik UNIVERSITAS NUSA PUTRA, kami yang bertanda
tangan dibawah ini :

Nama : MOHAMAD REZA ASHARI
NIM : 20210040090
Program Studi : Teknik Informatika
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nusa Putra **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“RANCANG BANGUN ALAT PERINGATAN DINI BERBASIS IOT DAN *MACHINE LEARNING* UNTUK PENYANDANG TUNARUNGU DENGAN DETEKSI SUARA KLAKSON KENDARAAN ”, beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Nusa Putra berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di:Sukabumi
Pada tanggal: 13 Agustus 2025
Yang Menyatakan,

MOHAMAD REZA ASHARI

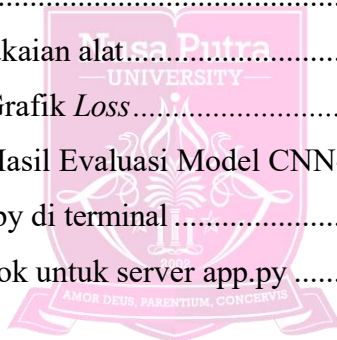
DAFTAR ISI

PERNYATAAN PENULIS	ii
PENGESAHAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Penelitian Terkait.....	5
2.2. Landasan Teori	9
2.2.1. Disabilitas Tunarungu	9
2.2.2. Internet of Things (IoT).....	9
2.2.3. Konsep Internet of Things (IoT)	10
2.2.4. ESP32	10
2.2.5. Sensor Suara MAX9814.....	12
2.2.6. <i>Vibration Motor</i>	12
2.2.7. Klakson Kendaraan	13
2.2.8. Server	14
2.2.9. <i>Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC)</i>	14
2.2.10. <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	16
2.3. Kerangka Berfikir	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1. Tahapan Penelitian.....	19
3.2. Metode Penelitian	20

3.2.1.	Metode Kualitatif.....	20
3.3.	Metode Pengumpulan data.....	20
3.3.1.	Wawancara	20
3.3.2.	Observasi	22
3.3.3.	Studi Litelatur.....	22
3.3.4.	Dataset	23
3.4.	Metode Pengembangan Sistem.....	25
3.4.1.	Analisis Kebutuhan <i>Hardware</i>	26
3.4.2.	Analisis Kebutuhan <i>Software</i>	28
3.4.3.	Arsitektur Sistem.....	29
3.4.4.	Perancangan Perangkat Keras	31
3.4.5.	Pembuatan Model.....	36
3.4.5.	Integrasi ke ESP32	40
3.5.	Skema Pengujian.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		42
4.1.	Rancangan dan Pembuatan Alat	42
4.2.	Hasil Pelatihan Model CNN dan MFCC	43
4.3.	Implementasi Model CNN – MFCC pada Perangkat IOT.....	46
4.4.	Pengujian	47
BAB V KESIMPULAN.....		51
5.1.	Kesimpulan	51
5.2.	Saran	52
DAFTAR PUSTAKA		53

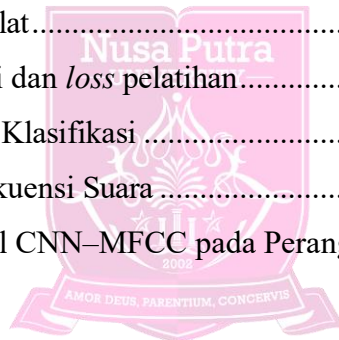
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 ESP32 Devkit v1	11
Gambar 2. 2 Sensor Suara MAX9814.....	12
Gambar 2. 3 <i>Vibration Motor</i>	13
Gambar 2. 4 Langkah-langkah Ekstraksi Fitur Menggunakan MFCC	14
Gambar 2. 5 Struktur CNN 1D	16
Gambar 2. 6 Kerangka Berfikir Penelitian.....	18
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Tahapan Penelitian.....	19
Gambar 3. 2 Proses pelabelan data suara menggunakan Google Colab	25
Gambar 3. 3 Proses Pengembangan Prototipe	26
Gambar 3. 4 <i>Flowchart</i> proses kerja system.	30
Gambar 3. 5 Tahapan Pemrosesan	30
Gambar 3. 6 Skema Perancangan alat.....	32
Gambar 3. 7 Langkah-langkah pemrosesan suara MFCC.....	37
Gambar 3. 8 Arsitektur CNN 1D	39
Gambar 4. 1 Implementasi Pemakaian alat.....	42
Gambar 4. 2 Grafik Akurasi & Grafik <i>Loss</i>	44
Gambar 4. 3 <i>Confusion Matrix</i> Hasil Evaluasi Model CNN-MFCC	45
Gambar 4. 4 <i>Output</i> Server app.py di terminal	46
Gambar 4. 5 <i>Output</i> koneksi ngrok untuk server app.py	47



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terkait	5
Tabel 2. 2 Spesifikasi ESP32 Devkit v1	11
Tabel 3. 1 Dataset Suara Penelitian.....	24
Tabel 3. 2 Kebutuhan <i>hardware</i>	27
Tabel 3. 3 Kebutuhan <i>software</i>	28
Tabel 3. 4 <i>Wiring</i> MAX9814	33
Tabel 3. 5 <i>Wiring</i> ESP32 Devkit.....	33
Tabel 3. 6 <i>Wiring Transistor</i> (2N2222)	34
Tabel 3. 7 <i>Wiring Resistor</i>	34
Tabel 3. 8 <i>Wiring Vibration Motor</i>	35
Tabel 3. 9 <i>Wiring Lipo Battery</i> 3.7V.....	35
Tabel 3. 10 <i>Wiring Rocket Switch</i>	35
Tabel 3. 11 <i>Wiring Module</i> TP4056.....	36
Tabel 3. 12 <i>Wiring Module</i> XL6009	36
Tabel 3. 13 Skenario pengujian alat.....	41
Tabel 4. 1 Perkembangan akurasi dan <i>loss</i> pelatihan.....	44
Tabel 4. 2 Hasil Evaluasi Metrik Klasifikasi	45
Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Frekuensi Suara	47
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Model CNN–MFCC pada Perangkat IoT	48



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyandang disabilitas di Indonesia semakin mendapatkan perhatian yang terus meningkat, yang ditandai dengan identifikasi dan penerapan berbagai kebijakan untuk mendukung perkembangan mereka. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 8 Tahun 2016 tentang Penyandang Disabilitas, disabilitas mencakup ketidakmampuan yang bersifat fisik, mental, intelektual, atau sensorik yang dalam interaksi dengan berbagai faktor penghalang dapat menghambat partisipasi penuh dan setara dalam kehidupan masyarakat [1]. Berdasarkan data Susenas pada tahun 2018, sekitar 14,2 persen penduduk Indonesia menyandang disabilitas, yang setara dengan 30,38 juta jiwa [2]. Dari jumlah tersebut, salah satu kelompok disabilitas yang signifikan adalah tunarungu.

Ketunarunguan adalah suatu keadaan dimana orang tidak dapat mendengar, yang dapat terlihat dari frekuensi dan intensitas bicara atau suara-suara lainnya [3]. Tunarungu biasanya disebabkan oleh kerusakan pada mekanisme pendengaran seseorang, dan dapat muncul sejak lahir atau bahkan setelah lahir [4]. Anak penyandang tunarungu atau memiliki masalah pendengaran akan menghadapi berbagai tantangan. Salah satu tantangan yang paling signifikan muncul di tempat umum, terutama dekat jalan di jalan raya, di mana suara klakson berfungsi sebagai perangkat peringatan yang penting dalam keadaan darurat. Ketidakmampuan untuk mendengar suara tersebut berpotensi meningkatkan risiko kecelakaan, terutama bagi mereka yang berada di lingkungan yang padat lalu lintas. Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan perangkat *wearable* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dirancang untuk mendeteksi suara klakson kendaraan. Sistem ini menggunakan teknologi *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC) untuk mengekstraksi fitur karakteristik suara dan *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mengklasifikasikan suara tersebut dengan akurasi tinggi [5].

MFCC mengubah sinyal suara menjadi koefisien yang mewakili frekuensi penting dalam spektrum suara, yang memungkinkan perangkat untuk mengenali suara klakson kendaraan [6]. Setelah itu, CNN diterapkan untuk membedakan suara klakson dari kebisingan lain, seperti percakapan atau suara kendaraan lain. Kombinasi MFCC dan CNN memastikan bahwa pengenalan suara akurat yang memberikan peringatan dini kepada

individu tunarungu, dan juga meningkatkan kemampuan mereka untuk bereaksi terhadap situasi di jalan raya. Perangkat ini akan memberikan peringatan melalui getaran ketika suara klakson kendaraan terdeteksi. Sistem ini menggunakan sensor suara MAX9814 untuk menangkap suara, ESP32 sebagai modul komunikasi, serta *Vibration Motor* sebagai aktuator getaran. Dengan teknologi ini, penyandang tunarungu dapat lebih cepat merespons situasi berbahaya di jalan raya tanpa harus bergantung pada bantuan orang lain.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan alat peringatan dini yang efektif bagi penyandang tunarungu. Diharapkan sistem ini dapat meningkatkan kewaspadaan dan kemandirian penyandang tunarungu dalam menjalani aktivitas sehari-hari, khususnya di area dengan padatnya kendaraan atau di jalan raya yang dinamis.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana cara membuat perangkat yang dapat dikenakan berbasis *Internet of Things* (IoT) yang bisa mendeteksi klakson kendaraan secara otomatis?
2. Bagaimana cara menerapkan *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC) dan *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk ekstraksi dan klasifikasi suara klakson kendaraan dengan tingkat akurasi yang tinggi?
3. Bagaimana cara mengintegrasikan model *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC) dan *Convolutional Neural Network* (CNN) ke perangkat *Internet of Things* (IoT)?

1.3 Batasan Masalah

Batasan Masalah dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian hanya berfokus pada suara klakson kendaraan dan tidak memperhatikan suara lain di sekitarnya.
2. Penelitian ini membatasi ruang lingkupnya pada pengembangan perangkat *wearable* untuk deteksi suara klakson kendaraan sebagai peringatan dini bagi penyandang tunarungu di jalan raya.
3. Perangkat *wearable* ini akan memberikan peringatan melalui getaran tanpa menggunakan metode lain, seperti suara atau cahaya.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Membuat perangkat yang dapat dikenakan berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu mendeteksi suara klakson kendaraan secara otomatis.
2. Menerapkan metode Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) untuk ekstraksi ciri dan Convolutional Neural Network (CNN) untuk klasifikasi suara klakson kendaraan dengan tingkat akurasi yang tinggi.
3. Mengintegrasikan model klasifikasi suara berbasis MFCC dan CNN ke dalam perangkat Internet of Things (IoT) agar dapat berfungsi secara real-time pada perangkat.

1.5 Manfaat Penelitian

Batasan Masalah dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Manfaat Akademis

Penelitian ini menambah literatur ilmiah mengenai implementasi teknologi IoT dan kecerdasan buatan dalam mengembangkan perangkat untuk kebutuhan khusus. Dengan demikian, hasil penelitian dapat dijadikan rujukan untuk penelitian sejenis di masa depan.

2. Manfaat Praktis

Penelitian ini dapat menyediakan solusi teknologi, seperti perangkat wearable yang dapat mendeteksi suara tertentu dan memberikan peringatan dini. Perangkat ini bertujuan untuk membantu penyandang tunarungu menjalani aktivitas sehari-hari, khususnya di lingkungan dengan padatnya kendaraan atau di jalan raya yang sibuk.

3. Novelty Penelitian

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi CNN berbasis server (.h5) dengan IoT menggunakan ngrok, penggunaan dataset hasil rekaman langsung di lingkungan nyata, serta penerapan sistem wearable dengan aktuator getaran sebagai bentuk peringatan real-time bagi penyandang tunarungu.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas pada penulisan proposal skripsi ini maka dibuat sistematika penulisan sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Dalam Bab ini membahas mengenai Latar Belakang, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini akan dibahas landasan teori yang relevan dengan penelitian, seperti konsep IoT, sensor suara, *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC), *Convolutional Neural Network* (CNN), serta penelitian terdahulu yang menjadi referensi dalam pengembangan sistem ini.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metodologi penelitian yang digunakan, mulai dari desain penelitian, pengumpulan data suara klakson kendaraan dan suara latar belakang, proses ekstraksi fitur menggunakan MFCC, pelatihan model *machine learning* menggunakan CNN, serta pengujian dan evaluasi sistem. Selain itu, bab ini juga menjelaskan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini membahas tentang output yang dihasilkan dalam penelitian dan dibahas secara detail.

5. BAB V PENUTUP

Dalam bab ini membahas tentang kesimpulan dari isi semua penelitian skripsi ini dan diakhiri dengan penutup.

Penelitian ini berhasil mengembangkan alat peringatan dini berbasis kecerdasan buatan (AI) dan Internet of Things (IoT) untuk mendeteksi suara klakson secara real-time bagi penyandang tunarungu. Model CNN 1D dengan ekstraksi fitur MFCC dilatih menggunakan 4.000 sampel suara (2.000 klakson dan 2.000 non-klakson) dengan pembagian data 80% latih, 10% validasi, dan 10% uji. Hasil pelatihan menunjukkan peningkatan akurasi yang signifikan, dari 81,25% pada epoch ke-5 menjadi 98,55% pada epoch ke-15, dengan akurasi validasi 99,10% dan nilai loss yang sangat rendah (0,0115). Sistem yang dibangun juga telah diimplementasikan secara praktis dengan mengintegrasikan mikrofon MAX9814 sebagai sensor, ESP32 sebagai pengendali, server berbasis Flask untuk pemrosesan model, serta motor getar sebagai aktuator. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan peringatan fisik berupa getaran ketika klakson terdeteksi, baik pada kondisi tenang maupun bising, dengan rata-rata waktu proses sekitar 2 detik sehingga cukup responsif untuk penggunaan di lingkungan nyata.

Berdasarkan hasil temuan tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Perangkat wearable berbasis IoT berhasil dibuat dengan memanfaatkan sensor mikrofon MAX9814, mikrokontroler ESP32, server berbasis Flask, dan aktuator motor getar yang dapat mendeteksi suara klakson secara otomatis.
2. Penerapan metode MFCC untuk ekstraksi fitur suara dan CNN 1D untuk klasifikasi terbukti menghasilkan akurasi tinggi, dengan hasil pelatihan mencapai 98,55% serta validasi 99,10%.
3. Model MFCC–CNN berhasil diintegrasikan dengan perangkat IoT secara end-to-end sehingga memungkinkan deteksi suara klakson berjalan real-time dan memberikan output berupa getaran sebagai peringatan bagi pengguna.

Meskipun sistem telah menunjukkan performa yang baik, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada variasi jenis suara, kondisi jarak, dan faktor lingkungan seperti cuaca. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas dataset dengan kondisi lalu lintas yang lebih kompleks, menambahkan skenario uji di berbagai situasi

nyata, serta melakukan optimasi model agar sistem lebih andal dan bermanfaat bagi penyandang tunarungu dalam kehidupan sehari-hari.

5.1. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, beberapa saran pengembangan lebih lanjut adalah:

1. Menambahkan variasi data suara untuk pelatihan model, seperti klakson dari berbagai jenis kendaraan, dan kondisi lingkungan yang berbeda agar kemampuan generalisasi model meningkat.
2. Mengembangkan sistem agar dapat mendeteksi suara penting lainnya, seperti sirine ambulans, pemadam kebakaran, atau suara peringatan darurat lainnya.
3. Meningkatkan ketahanan perangkat keras agar dapat digunakan di luar ruangan dengan berbagai kondisi cuaca dan tingkat kebisingan.
4. Mengintegrasikan sistem dengan perangkat *mobile*, seperti *smartphone* atau *smartwatch*, untuk memberikan notifikasi tambahan selain getaran motor.
5. Melakukan pengujian lapangan yang lebih luas pada kondisi lalu lintas yang beragam untuk mengevaluasi performa sistem di berbagai situasi.

Saran-saran tersebut diharapkan dapat menjadi dasar untuk penelitian dan pengembangan selanjutnya, sehingga alat ini semakin efektif, praktis, dan bermanfaat bagi penyandang tunarungu dalam kehidupan sehari-hari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Azizah, “Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini,” *Universitas Pahlawan Tuanku Tambusi*, vol. 6, no. 2, pp. 448–455, 2022.
- [2] A. D. Wijaya and T. P. Anggriawan, “Tinjauan Yuridis Tentang Pemenuhan Hak Anak Yang Mengalami Cacat Jiwa Dan Fisik Dalam Memperoleh Rehabilitasi Abstrak Abstract A . Pendahuluan Penyandang disabilitas masuk kedalam kelompok yang bisa dikatakan rentan karena sering kali kelompok ini mendapa,” *Widya Pranata Hukum*, vol. 4, no. 1, pp. 15–23, 2022.
- [3] P. Terapis *et al.*, “Listen to talk centre,” 2023.
- [4] E. Budihartono, A. Maulana, A. Rakhman, and A. Basit, “PENINGKATAN PEMAHAMAN SISWA TENTANG TEKNOLOGI IoT MELALUI WORKSHOP TEKNOLOGI IoT,” *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, vol. 6, no. 3, p. 1595, 2022, doi: 10.31764/jmm.v6i3.7519.
- [5] I. L. Rahmatullah, *Pengenalan Suara Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network Pada GIM Pembelajaran Bahasa Arab*. 2022.
- [6] G. Ajinurseto, L. O. Bakrim, and N. Islamuddin, “Penerapan Metode Mel Frequency Cepstral Coefficients pada Sistem Pengenalan Suara Berbasis Desktop,” *Infomatek*, vol. 25, no. 1, pp. 11–20, 2023, doi: 10.23969/infomatek.v25i1.6109.
- [7] N. A. Zainal, A. L. Asnawi, A. Z. Jusoh, S. N. Ibrahim, and H. A. M. Ramli, “Integration of Mfccs and Cnn for Multiclass Stress Speech Classification on Unscripted Dataset,” *IIUM Engineering Journal*, vol. 25, no. 2, pp. 381–395, 2024, doi: 10.31436/iiumej.v25i2.3207.
- [8] N. K. H. Febri Agatha Bunga Rante, Syahrir, “Rancang Bangun Alat Bantu Pendeteksi Suara Tangisan Bayi Bagi Orang Tua Tunarungu Berbasis Internet of Things,” *SIPARAPPE (Sistem Informasi - Pengabdian Masyarakat, Penerapan Penelitian)*, vol. Vol. 3, No, no. 2985–5063, 2024.
- [9] M. I. Hisyam and B. H. Prasetyo, “Klasifikasi Suara Sirene Kendaraan berbasis MFCC untuk Meningkatkan Efisiensi Sistem Keamanan Lalu Lintas,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi ...*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2024, [Online]. Available: <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/13947>
- [10] N. M. Farhan and B. Setiaji, “Indonesian Journal of Computer Science,” *Indonesian Journal of Computer Science*, vol. 12, no. 2, pp. 284–301, 2023, [Online]. Available: <http://ijcs.stmikindonesia.ac.id/ijcs/index.php/ijcs/article/view/3135>
- [11] S. Z. Supriana, *Identifikasi pembicara di lingkungan bising dengan ekstraksi ciri mel frequency cepstral coefficient (mfcc) menggunakan one dimensional convolution neural network* 2023. [Online]. Available: <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/76654>

- [12] U. & Ubaidah, "Ulfah Penerapan Bahasa Isyarat dalam Pembelajaran bagi Anak Berkebutuhan Khusus Tuna Rungu," *Journal of Disability Studies and Research*, vol. 2, no. 1, pp. 29–42, 2023.
- [13] F. D. Saputra, Zulkarnain, and H. Satrisno, "Strategi pembelajaran Guru Pendidikan Agama Islam Pada Peserta Didik Tunarungu Di Sekolah Luar Biasa (SLB) Negeri 1 Kota Bengkulu," *Jurnal Pendidikan Tematik*, vol. 3, no. 2, pp. 338–345, 2022, [Online]. Available: <https://www.siducat.org/index.php/jpt/article/view/551>
- [14] I. L. Kharisma, Kamdan, A. R. Firdaus, R. H. Prayoga, F. R. Yasin, and M. A. Tresna Ati, "Construction Of Railway Door Automation Prototypes Using Arduino, Servo Motors and Ultrasonic Sensors," *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 14, no. 1, pp. 1–12, 2023, doi: 10.31849/digitalzone.v14i1.13584.
- [15] Mohamad Salman Farizi, S. Somantri, and I. Yustiana, "IMPLEMENTASI SPEECH RECOGNITION PADA SISTEM KENDALI PERANGKAT ELEKTRONIK RUMAH BERBASIS IoT (Internet Of Things) DAN MOBILE APPLICATION," *ZONAsi: Jurnal Sistem Informasi*, vol. 4, no. 2, pp. 157–166, 2022, doi: 10.31849/zn.v4i2.10662.
- [16] D. Chandra, "Pengembangan Sistem Smart Home dengan Kontrol Suara Berbasis Internet of Things Menggunakan Mikrokontroler NodeMCU," *Indonesian Journal of Media Informatics (Ijmi)*, vol. 01, no. 01, pp. 24–33, 2025.
- [17] P. Studi *et al.*, "RANCANG BANGUN SAKLAR KEAMANAN MOBIL MENGGUNAKAN ESP32 DAN ANDROID BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) TUGAS AKHIR," 2025.
- [18] D. I. Saputra, "Perancangan Sistem Pemantau Kebisingan, Getaran, Suhu, Dan Kelembaban Ruang Coating Berbasis Iot," *Journal of Energy and Electrical Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 34–38, 2021, doi: 10.37058/jeee.v3i1.3659.
- [19] D. I. Mv and A. Hamid, "572011217609T_Skripsi_Open_Access," 2024.
- [20] M. F. Samudin, "Skripsi studi karakteristik tingkat kebisingan di ruas jalan jendral sudirman makassar," 2024.
- [21] K. A. Nugraha, "Efisiensi Pertukaran Data Client-Server menggunakan Web Socket pada Perangkat Berbasis Internet of Things," *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, vol. 10, no. 1, p. 33, 2024, doi: 10.26418/jp.v10i1.73145.
- [22] P. S. Informasi and T. D. Implementasi, "PENGANTAR SISTEM INFORMASI : Konsep, Teknologi Dan Implementasi".
- [23] M. R. Putra, F. Nurdiyansyah, and A. Y. Rahman, "7558-Article Text-24869-1-10-20240811," vol. 14, no. 2, pp. 463–470, 2024.
- [24] R. Ardiansyah, B. Bastiar, A. Adzikirani, D. Marya, and A. Novianti, "Optimasi penerjemahan bahasa asing dengan teknologi IoT pada kelas internasional Politeknik Negeri Malang," *Jurnal Eltek*, vol. 23, no. 1, pp. 1–8, 2025, doi: 10.33795/eltek.v23i1.6951.

- [25] I. Aufa, A. Ramadhan, and A. Qoiriah, “Perbandingan MFCC dan Filterbank Energies dalam Metode HMM untuk Identifikasi Genre Musik,” vol. 06, pp. 1083–1088, 2025.
- [26] S. Y. Prasetyo and G. Z. Nabiilah, “Perbandingan Model Machine Learning pada Klasifikasi Tumor Otak Menggunakan Fitur Discrete Cosine Transform,” *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 9, no. 1, pp. 29–34, 2023, doi: 10.54914/jtt.v9i1.605.
- [27] F. Fitriani, “Klasifikasi Jenis Bunga Dengan Menggunakan Convolutional Neural Network (Cnn),” *TEKNIMEDIA: Teknologi Informasi dan Multimedia*, vol. 2, no. 2, pp. 64–68, 2021, doi: 10.46764/teknimedia.v2i2.39.
- [28] A. Saxena, “An Introduction to Convolutional Neural Networks,” *Int J Res Appl Sci Eng Technol*, vol. 10, no. 12, pp. 943–947, 2022, doi: 10.22214/ijraset.2022.47789.
- [29] J. T. Santoso, *CARA MEMANIPULASI PEMBELAJARAN MESIN (Machine Learning)*. 2024. [Online]. Available: <https://penerbit.stekom.ac.id/index.php/yayasanpat/article/view/488>
- [30] Dimas fajar Wijaya, “BAB II Tinjauan Pustaka BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1. 1–64,” *Gastronomía ecuatoriana y turismo local.*, vol. 1, no. 69, pp. 5–24, 2022.
- [31] B. R. Ermawan and N. Cahyono, “Optimasi Metode Klasifikasi Menggunakan Fasttext Dan Grid Search Pada Analisis Sentimen Ulasan Aplikasi Seabank,” *JIKO (Jurnal Informatika dan Komputer)*, vol. 9, no. 1, p. 226, 2025, doi: 10.26798/jiko.v9i1.1523.
- [32] Daffa Aditya Rahman, “DETEKSI KATARAK MELALUI GAMBAR MATA MENGGUNAKAN TRANSFER LEARNING Skripsi Oleh Daffa Aditya Rahman 2023 M / 1444 H,” *Universitas Islam Negri Syarif Hidayatullah*, 2023.
- [33] I. R. Agustin, A. Wahana, and A. R. Atmadja, “Klasifikasi Irama Murottal Al-Quran Menggunakan Metode CNN dengan Perbandingan Arsitektur ResNet50 dan VGG16,” *Journal of Information System Research*, vol. 6, no. 2, pp. 914–922, 2025, doi: 10.47065/josh.v6i2.6440.
- [34] A. Rivaldi, F. U. Feriawan, and M. Nur, “Metode pengumpulan data melalui wawancara,” *Sebuah Tinjauan Pustaka*, pp. 1–89, 2023.
- [35] U. Bahiyah and S. Gumiandari, *Metode Penelitian*, vol. 4, no. 2. 2024. [Online]. Available: <https://adisampublisher.org/index.php/edu/article/view/744/784>
- [36] E. Riswanto, A., Joko, J., Boari, Y., Taufik, M. Z., Irianto, I., Farid, A., ... & Ifadah, *Metodologi Penelitian Ilmiah: Panduan Praktis Untuk Penelitian Berkualitas*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, no. December. 2023.