



**RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI SUARA GERGAJI
MESIN BERBASIS *DEEP LEARNING* DENGAN MODUL
KOMUNIKASI *LoRa SX1276***

SKRIPSI

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Dalam Rangka Penyusunan Skripsi**

**Oleh :
MUHAMMAD FADHIL SYAHPUTRA
NIM. 2211014210002**

**PROGRAM STUDI S-1 FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU**

JUNI 2026

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI SUARA GERGAJI MESIN
BERBASIS *DEEP LEARNING* DENGAN MODUL KOMUNIKASI *LoRa*
SX1276**

Oleh :

**Muhammad Fadhil Syahputra
NIM. 2211014210002**

Telah dipertahankan di depan Dosen Penguji Pada Tanggal : 25 Juni 2026

Pembimbing 1



Dr. Arfan Eko Fahrudin, S.Si., M.Eng.
NIP. 197909042005011003

Pembimbing 2



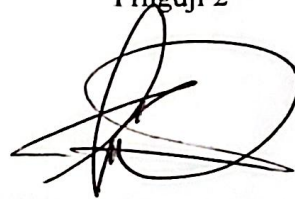
Dr. Nurma Sari, S.Si., M.Si.
NIP. 197011051998022001

Penguji 1



Dr. Suryajaya, S.Si., M.Sc., Tech.
NIP. 197309201998031009

Penguji 2



M. Ikhwan Najmi, S.Pd., M.Si.
NIP. 199212262024061001

Banjarbaru,

2026

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika




Dr. Nurlina, S.Si., M.Sc.
NIP. 197604142003122001

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI

RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI SUARA GERGAJI MESIN
BERBASIS *DEEP LEARNING* DENGAN MODUL KOMUNIKASI *LoRa*
SX1276

Oleh :

Muhammad Fadhil Syahputra

NIM. 2211014210002

Disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk melakukan Seminar Hasil Penelitian TA Skripsi.

Pembimbing 1



Dr. Arfan Eko Fahrudin, S.Si., M.Eng.

NIP. 197909042005011003

Pembimbing 2



Dr. Nurma Sari, S.Si., M.Si.

NIP. 197011051998022001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Nurlina, S.Si., M.Sc.

NIP. 197604142003122001

LEMBAR PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirrohim....

Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas berkat rahmat dan ridho-Nya hingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Sholawat dan salam tak lupa selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW para keluarga, para sahabat dan para pengikut beliau hingga akhir zaman.

Penulis persembahkan karya sederhana ini untuk:

Ayahanda Padliansyah dan Ibunda Mariyana Tardi

Keluarga Besar Fisika FMIPA ULM

Rekan-rekan Fisika Angkatan 2022 dan seluruh mahasiswa fisika yang telah menjadi teman dan sahabat dalam masa penyelesaian studi penulis.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna untuk kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang.

Juni 2026

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Banjarbaru, 2026

Muhammad Fadhil Syahputra
NIM. 2211014210002

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI SUARA GERGAJI MESIN BERBASIS *DEEP LEARNING* DENGAN MODUL KOMUNIKASI *LoRa SX1276*

(Muhammad Fadhil Syahputra; Dr. Arfan Eko Fahrudin, S.Si., M.Eng. Dr. Nurma Sari, S.Si., M.Si.; Program Studi Fisika; 2026)

Penebangan liar merupakan ancaman serius terhadap kelestarian hutan di Indonesia. Penelitian ini mengembangkan sistem pendeteksi suara gergaji mesin berbasis *deep learning* menggunakan modul komunikasi *LoRa SX1276*. Sistem terdiri atas tiga komponen utama, yaitu *recorder* (*ESP32* dan mikrofon *INMP441*), *transmitter* (*Orange Pi 5 Pro*), dan *receiver* (*Orange Pi One*). Klasifikasi audio dilakukan menggunakan model CNN kustom dengan fitur *Log-Mel Spectrogram* dan *MFCC*, serta model *YAMNet* yang telah di-*fine-tune*. Dataset *ESC-50* yang dimodifikasi menjadi klasifikasi biner (*chainsaw* dan *non-chainsaw*) digunakan untuk proses pelatihan dan pengujian menggunakan metode *train-test split*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model *YAMNet* yang telah di-*fine-tune* mencapai akurasi tertinggi sebesar 96,15% dengan *F1-score* sebesar 96,05%, sedangkan model CNN *Log-Mel-MFCC* dan CNN *MFCC* masing-masing memperoleh akurasi sebesar 93,80% dan 91,85%. Pengujian komunikasi *LoRa SX1276* pada frekuensi 915 MHz menunjukkan tingkat keberhasilan pengiriman data sebesar 100% pada jarak 0–200 meter dan 98% pada jarak 500 meter. Pengujian sistem secara terintegrasi mengonfirmasi bahwa sistem mampu mendeteksi suara gergaji mesin hingga jarak 5 meter dari *recorder* serta mengirimkan hasil deteksi hingga jarak 50 meter dengan tingkat keberhasilan 100% dan latensi pengiriman 10–15 detik.

Kata kunci: CNN, *Deep Learning*, Gergaji Mesin, *LoRa*, *YAMNet*

ABSTRACT

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A CHAINSAW SOUND DETECTION SYSTEM BASED ON DEEP LEARNING WITH LoRa SX1276 COMMUNICATION MODULE

(Muhammad Fadhil Syahputra; Dr. Arfan Eko Fahrudin, S.Si., M.Eng. Dr. Nurma Sari, S.Si., M.Si.; Program Studi Fisika; 2026)

Illegal logging poses a serious threat to forest conservation in Indonesia. This study develops a deep learning-based chainsaw sound detection system using the LoRa SX1276 communication module. The system consists of three main components: a recorder (ESP32 and INMP441 microphone), a transmitter (Orange Pi 5 Pro), and a receiver (Orange Pi One). Audio classification is performed using a custom CNN model with Log-Mel Spectrogram and MFCC features, alongside a fine-tuned YAMNet model. A modified ESC-50 dataset for binary classification (chainsaw vs. non-chainsaw) was used for training and evaluation using a train-test split approach. The fine-tuned YAMNet model achieved the highest accuracy of 96,15% with an F1-score of 96,05%, while the CNN Log-Mel–MFCC and CNN MFCC models achieved accuracies of 93,80% and 91,85%, respectively. LoRa SX1276 communication testing at a frequency of 915 MHz demonstrated a 100% delivery success rate at a distance of 0–200 meters and 98% at 500 meters. Integrated system testing confirmed that the proposed system is capable of detecting chainsaw sounds up to a distance of 5 meters from the recorder and transmitting the detection results up to 50 meters with a 100% success rate and a transmission latency of 10–15 seconds.

Keywords: Chainsaw, CNN, Deep Learning, LoRa, YAMNet

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Suara Gergaji Mesin Berbasis *Deep Learning* dengan Modul Komunikasi *LoRa SX1276*” dengan baik. Penulisan skripsi ini merupakan syarat dalam menyelesaikan pendidikan program Strata-1 Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Drs. Abdul Gafur, M.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat.
2. Ibu Dr. Nurlina, S.Si., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat.
3. Bapak Eka Suarso, S.Si., M.Si. selaku dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan motivasi dan semangat dalam menjalani perkuliahan.
4. Bapak Dr. Arfan Eko Fahrudin, S.Si., M.Eng dan Ibu Dr. Nurma Sari, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan, kritik, saran dan dukungan dalam penyusunan skripsi.
5. Seluruh dosen Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat, khususnya dosen Fisika yang telah memberikan ilmu.
6. Bapak Padliansyah dan Ibu Mariyana Tardi selaku kedua orang tua serta kedua adik penulis Muhammad Firdaus Syahputra dan Fadia Salsabila yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan kepada penulis selama perkuliahan.
7. Lidia Ayu Saputri dan teman-teman Fisika Angkatan 2022 yang telah memberikan pengalaman dan dukungan selama kuliah.

Penulis juga menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang sifatnya membangun dari semua pihak. Semoga laporan ini dapat berguna bagi pembaca.

Banjarbaru, 2026

Muhamad Fadhil Syahputra
NIM. 2211014210002

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	ii
PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Pendeteksi.....	5
2.2 Machine Learning.....	6
2.3 Fitur Audio	10
2.4 Modul Komunikasi <i>LoRa SX1276</i>	14
2.5 <i>Orange Pi SBC</i>	15
2.6 <i>ESP-32</i>	17
2.7 <i>Sensor Suara Mikrofon INMP-441P</i>	18
2.6 <i>LCD 16×2</i>	19
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Tempat.....	21
3.2 Alat dan Bahan.....	21
3.3 Spesifikasi <i>ESC-50 Dataset</i>	22
3.4 Tahapan Penelitian	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38

4.1	Pengambilan Data Karakterisasi <i>LoRa SX1276</i> dan Audio.....	38
4.2	Pengujian Modul Lora.....	46
4.3	Hasil Perancangan dan Pembuatan <i>Hardware</i>	50
4.4	Pra-Pemrosesan Data	52
4.5	Pelatihan dan Pembuatan Model.....	58
4.6	Pengukuran Metrik Model	61
4.7	Hasil Implementasi Modul Program pada <i>ESP32</i>	62
4.8	Hasil Pengembangan Aplikasi <i>Backend</i> dan Komunikasi <i>ESP32</i>	63
4.9	Hasil Pengembangan Aplikasi <i>Receiver Orange Pi One</i>	64
4.10	Evaluasi Sistem.....	64
BAB V PENUTUP		69
5.1	Kesimpulan.....	69
5.2	Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA		70
LAMPIRAN		77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Blok Sistem Deteksi Banjir	5
Gambar 2.2 Arsitektur <i>YAMNet</i>	7
Gambar 2.3 Visual Spektrogram Sinyal Suara	11
Gambar 2.4 Visualisasi <i>Mel-Spectrogram</i>	12
Gambar 2.5 Modul Komunikasi <i>LoRa SX1276</i>	14
Gambar 2.6 <i>Orange Pi One</i>	16
Gambar 2.7 <i>Orange Pi 5 Pro</i>	16
Gambar 2.8 <i>ESP32</i>	17
Gambar 2.9 Sensor Suara Mikrofon <i>INMP441</i>	19
Gambar 2.10 <i>LCD 16×2</i>	20
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Tahapan Penelitian.....	23
Gambar 3.2 Diagram Sistem yang Dibuat.....	25
Gambar 3.3 Rangkaian <i>Recorder</i>	26
Gambar 3.4 Rangkaian <i>Transmitter</i>	27
Gambar 3.5 Rangkaian <i>Receiver</i>	27
Gambar 3.6 <i>Flowchart</i> Pengembangan Model <i>Machine Learning</i>	28
Gambar 3.7 <i>Flowchart</i> Implementasi Modul Program pada <i>ESP32</i>	29
Gambar 3.8 Diagram Alur Proses Pengiriman Data Audio Terfragmentasi	31
Gambar 3.9 <i>Flowchart</i> Pengembangan Aplikasi <i>Backend</i> dan Komunikasi	32
Gambar 3.10 Diagram Alur Komunikasi Data dan Hubungan Mikroservis	32
Gambar 3.11 Diagram Alur Kerja <i>Receiver</i> dari Penerimaan Sinyal.....	35
Gambar 4.1 Data RMS (<i>Root Mean Square</i>) Gergaji Mesin.....	38
Gambar 4.2 Data <i>Waveform</i> Gergaji Mesin	39
Gambar 4.3 Data ZCR (<i>Zero Crossing Rate</i>) Gergaji Mesin.....	40
Gambar 4.4 Data <i>Spectrogram</i> Gergaji Mesin	41
Gambar 4.5 Data MFCC Gergaji Mesin.....	42
Gambar 4.6 Akuisisi Data <i>Waveform</i> Lingkungan Hutan.....	43
Gambar 4.7 Data ZCR (<i>Zero Crossing Rate</i>) Lingkungan Hutan.....	44
Gambar 4.8 Data Spektrogram Lingkungan Hutan.....	44
Gambar 4.9 Data MFCC Lingkungan Hutan.....	45
Gambar 4.10 Hasil Rangkaian <i>Transmitter</i>	50
Gambar 4.11 Hasil Rangkaian <i>Recorder</i>	51
Gambar 4.12 Hasil Rangkaian <i>Receiver</i>	52
Gambar 4.13 Perbandingan Jumlah Sampel Kelas.....	52
Gambar 4.14 Boxplot Sebaran Energi Akustik (RMS)	53
Gambar 4.15 <i>Scatter Plot</i> Nilai RMS pada Sampel Audio Utuh	53
Gambar 4.16 Jalur Prapemrosesan (<i>Preprocessing Pipeline</i>)	54
Gambar 4.17 Filtrasi Energi RMS.....	55
Gambar 4.18 Penyeimbangan Kelas.....	56
Gambar 4.19 Perbandingan Gelombang Suara (<i>Waveform</i>) Domain Waktu.....	57
Gambar 4.20 Perbandingan Spektrogram Log-Mel untuk	57
Gambar 4.21 Perbandingan Fitur Koefisien <i>Cepstral</i> MFCC	58
Gambar 4.22 Arsitektur <i>YAMNet</i>	61
Gambar 4.23 Evaluasi Model secara <i>Test Split Validation</i>	62
Gambar 4.24 Portal Web Konfigurasi Perangkat <i>Recorder</i>	63

Gambar 4.25 Portal <i>Web</i> Pendaftaran Perangkat <i>Transmitter</i>	63
Gambar 4.26 Tampilan Notifikasi pada LCD	64
Gambar 4.27 Desain Format Tampilan Notifikasi pada <i>WhatsApp</i>	64

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakteristik Dataset Sekunder <i>ESC-50</i>	22
Tabel 2. Struktur <i>Payload</i> Biner Paket Data <i>LoRa</i> (20 byte)	35
Tabel 3. Konfigurasi <i>LoRa SX1276</i>	46
Tabel 4. Data Kualitas Transmisi <i>LoRa SX1276</i> Berdasarkan Jarak.....	47
Tabel 5. Spesifikasi Arsitektur Model CNN	59
Tabel 6. Spesifikasi Arsitektur Model <i>Fine Tuning YAMNet</i>	59
Tabel 7. Parameter Pelatihan Model Custom CNN 2D.....	60
Tabel 8. Evaluasi Model secara Test Split Validation	61
Tabel 9. Data Hasil Pengujian Deteksi Gergaji Mesin Berdasarkan Jarak	65
Tabel 10. Data Hasil Pengujian Deteksi Suara <i>Non-Chainsaw</i>	66
Tabel 11. Data Kinerja Transmisi <i>LoRa</i> Terintegrasi pada Jarak 50 Meter.....	67