

**ANALISIS PERBANDINGAN SISTEM PENGENALAN SUARA
PADA ROBOT MENGGUNAKAN ALGORITMA
TRADISIONAL DAN MODERN**



LAPORAN TUGAS AKHIR

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Pendidikan Pada
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Sriwijaya**

**OLEH:
NABILA IMESA
062240342186**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2026**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan :

Nama	: Nabila Imesa
NIM	: 062240342186
Jenis Kelamin	: Perempuan
Tempat, Tanggal Lahir	: Pangkalan Balai, 30 Januari 2005
Alamat	: JL. Akbp H.Umar No.74
Program Studi	: Sarjana Terapan Teknik Elektro
Jurusan	: Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir	: Analisis Perbandingan Sistem Pengenalan Suara Pada Robot menggunakan Algoritma Tradisional dan Modern.

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

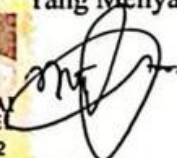
1. Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri serta bebas dari tindakan plagiasi dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.
2. Dapat menyelesaikan segala urusan terkait pengumpulan revisi Tugas Akhir yang sudah disetujui oleh dewan penguji paling lama 1 bulan setelah ujian Tugas Akhir.
3. Dapat menyelesaikan segala urusan peminjaman/penggantian alat/buku dan lainnya paling lama 1 bulan setelah ujian Tugas Akhir.

Apabila di kemudian hari diketahui ada pernyataan yang terbukti tidak benar dan tidak dapat dipenuhi, maka saya siap bertanggung jawab dan menerima sanksi untuk tidak diikutsertakan dalam prosesi wisuda serta dimasukkan dalam daftar hitam oleh jurusan Teknik Elektro sehingga berdampak tertundanya pengambilan Ijazah & Transkrip. Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya dan dalam keadaan sadar tanpa paksaan.



Palembang, Juli 2026
Yang Menyatakan




Nabila Imesa

**ANALISIS PERBANDINGAN SISTEM PENGENALAN SUARA
PADA ROBOT MENGGUNAKAN ALGORITMA
TRADISIONAL DAN MODERN**



**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Pendidikan Pada Program
Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Sriwijaya**

Oleh:

Nabila Inesa

062240342186

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Ir. A. Rahman., M.T.
NIP 196202051993031002

Dosen Pembimbing II

Ir. Ratna Atika, S.T., M.T.
NIP 198811242024062001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dz. Dr. Selamat Muslimin, S.T., M. Kom., IPM.
NIP 19790722200011007

**Koordinator Program Studi
Sarjana Terapan Teknik Elektro**

Ir. Renny Maulidda, S.T., M.T.
NIP 198910022019032013

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“وَنُيِّسِرُكَ لِلْيُسْرَىٰ”

wa nuyassiruka lil-yusroo

“Dan Kami akan memudahkan bagimu ke jalan kemudahan (mencapai kebahagiaan dunia dan akhirat),”

-(QS. Al-A'la: 8)-

“Keberhasilan bukanlah milik orang yang pintar, Keberhasilan adalah kepunyaan mereka yang senantiasa berusaha.

-(BJ Habibie)-

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda saya Dewi Sartika dan Ayahanda saya Yadi Irmansyah yang telah menjadi sumber kekuatan, semangat, dan doa di setiap langkah perjuangan. Terima kasih atas cinta yang tak pernah putus, dukungan yang tak tergantikan, serta keyakinan yang tak pernah luntur terhadap setiap impian saya. Tanpa restu dan doa kalian, perjalanan ini tak akan pernah sampai sejauh ini.
2. Bapak Ir. A. Rahman. dan Ibu Ir. Ratna Atika., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu, bimbingan, serta arahan yang sangat berharga dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih atas waktu, kesabaran, dan dedikasi yang telah diberikan selama proses penelitian ini berlangsung.
3. Abang, Kakak dan Adik, saudara dan saudari yang menjadi tempat berbagi cerita, dukungan emosional, dan tawa yang menyemangati setiap langkah perjalanan akademik saya. Terima kasih telah menjadi bagian penting dalam proses ini, baik secara langsung maupun tidak langsung.
4. Sahabat-sahabat dan teman-teman ELA 22, yang selalu hadir di setiap momen suka dan duka, menyemangati ketika semangat mulai redup, dan menjadi penguat ketika langkah terasa berat. Terima kasih atas tawa, canda, dan waktu yang sangat berharga

ABSTRAK

ANALISIS PERBANDINGAN SISTEM PENGENALAN SUARA PADA ROBOT MENGGUNAKAN ALGORITMA TRADISIONAL DAN MODERN

(2026: 102 Halaman + 33 Gambar + 19 Tabel + Daftar Pustaka + Lampiran)

NABILA IMESA

062240342186

SARJANA TERAPAN TEKNIK ELEKTRO

TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

Sistem pengenalan suara merupakan salah satu teknologi yang dapat mendukung komunikasi suara antara manusia dan robot. Penelitian ini bertujuan membandingkan performa empat model pengenalan suara, yaitu *Hidden Markov Model* (HMM), *HMM-Gaussian Mixture Model* (HMM-GMM), *HMM-GMM-Deep Neural Network* (HMM-GMM-DNN), dan *Transformer Vanilla* pada dataset suara bahasa Indonesia. Dataset terdiri atas 1.250 rekaman audio dari 50 kalimat, yang meliputi 25 kalimat tanya dan 25 kalimat perintah. Evaluasi dilakukan menggunakan *Word Error Rate* (WER) dan *Character Error Rate* (CER). Hasil pelatihan menunjukkan bahwa *Transformer Vanilla* memperoleh WER sebesar 0,0222 dan CER sebesar 0,0164. Sementara itu, pada pengujian menggunakan audio di luar dataset, HMM-GMM-DNN memperoleh WER dan CER sebesar 0,00 pada kedua jenis kalimat. Hasil tersebut menunjukkan adanya perbedaan performa antara tahap pelatihan dan pengujian, sehingga pengujian menggunakan data baru diperlukan untuk mengetahui kemampuan generalisasi model.

Kata Kunci: *Sistem Pengenalan Suara, Bahasa Indonesia, Hidden Markov Model, Gaussian Mixture Model, Deep Neural Network, Transformer Vanilla, WER, CER.*

ABSTRACT

COMPARATIVE ANALYSIS OF SPEECH RECOGNITION SYSTEMS ON ROBOTS USING TRADITIONAL AND MODERN ALGORITHMS

(2026: 102 Pages + 33 Figures + 19 Tables + References + Appendices)

NABILA IMESA

062240342186

BACHELOR OF APPLIED ELECTRICAL ENGINEERING

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT

STATE POLYTECHNIC OF SRIWIJAYA

Speech recognition systems are one of the technologies that can support voice communication between humans and robots. This study aims to compare the performance of four speech recognition models, namely Hidden Markov Model (HMM), HMM-Gaussian Mixture Model (HMM-GMM), HMM-GMM-Deep Neural Network (HMM-GMM-DNN), and Vanilla Transformer using an Indonesian speech dataset. The dataset consists of 1,250 audio recordings from 50 sentences, including 25 interrogative sentences and 25 command sentences. The evaluation was conducted using Word Error Rate (WER) and Character Error Rate (CER). The training results showed that the Vanilla Transformer achieved a WER of 0.0222 and a CER of 0.0164. Meanwhile, testing using audio outside the dataset showed that HMM-GMM-DNN achieved a WER and CER of 0.00 for both types of sentences. These results indicate a difference in model performance between the training and testing stages, indicating that testing with new data is necessary to evaluate the model's generalization ability.

Keywords: *Automatic Speech Recognition, Indonesian Language, Hidden Markov Model, Gaussian Mixture Model, Deep Neural Network, Vanilla Transformer, Word Error Rate, Character Error Rate.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena atas limpahan karunia-Nya sehingga Laporan Tugas Akhir yang berjudul ***“ANALISIS PERBANDINGAN SISTEM PENGENALAN SUARA PADA ROBOT MENGGUNAKAN ALGORITMA TRADISIONAL DAN MODERN”*** dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Program Sarjana Terapan Teknik Elektro pada Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya. Proposal ini memuat rencana penelitian yang akan dilaksanakan, mulai dari latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, tinjauan pustaka, metodologi penelitian, hingga jadwal pelaksanaan dan rencana anggaran biaya.

Dalam proses penyusunan laporan akhir ini, penulis banyak memperoleh bantuan, arahan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat penulis menyampaikan terima kasih kepada:

- 1. Bapak Ir. A. Rahman., M.T. Selaku Dosen Pembimbing I**
- 2. Ibu Ir. Ratna Atika, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing II.**

Kemudian dengan segala ketulusan hati penulis juga berterimakasih atas dukungan, bimbingan, bantuan, dan kemudahan dari berbagai pihak, antara lain:

1. Bapak Ir. Irawan Rusnadi, M.T. Selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Ir. Selamat Muslimin, S.T., M.Kom., IPM. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Ibu Ir. Lindawati, S.T., M.T.I. Selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Ibu Ir. Renny Maulidda, S.T., M.T. Selaku Koordinator Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Seluruh Dosen, Staff, dan Teknisi pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya

6. Orang Tua, kakak, Adik serta keluarga besar dan sahabat penulis yang selalu memberi dukungan, semangat, kasih sayang dan cinta yang sangat besar, baik segi tenaga, materi, pendidikan, dan motivasi.
7. Teman seperjuangan D4 Elektro 22 yang telah kebersamai penulis dari awal sampai dengan menyelesaikan tugas akhir perkuliahan ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran mendukung dari pembaca untuk perbaikan di masa mendatang. Terima kasih atas perhatiannya.

Palembang, Juli 2026

Penulis

Nabila Imesa

062240342186

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Batasan Masalah.....	7
1.4 Tujuan.....	7
1.5 Manfaat.....	7
1.6 Metode Penulisan	8
1.6.1. Metode Literatur	8
1.6.2. Metode Observasi.....	8
1.6.3. Metode Konsultasi	8
1.7 Sistematika Penulisan.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 <i>State of the Art</i>	10
2.2 Landasan Teori	24
2.2.1 <i>Humanoid Service Robot</i>	25
2.2.2 <i>Speech to Text</i>	27
2.2.3 <i>Text to Speech</i>	27
2.2.4 <i>Word Error Rate (WER)</i>	28
2.2.5 <i>Character Error Rate (CER)</i>	29
2.2.6 <i>Deep Learning</i>	29

2.2.7 <i>Hidden Markov Model (HMM)</i>	30
2.2.8 <i>Gaussian Mixture Model (GMM)</i>	31
2.2.9 <i>Deep Neural Network (DNN)</i>	32
2.2.10 <i>Transformer Vanilla</i>	33
2.2.11 <i>Kaldi Toolkit</i>	35
2.2.12 <i>Python</i>	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1 Alur Penelitian	37
3.1.1 Pengumpulan Data	38
3.1.2 <i>Preprocessing Data</i>	40
3.1.3 Penentuan <i>Algoritma</i>	40
3.1.4 <i>Training Data</i>	40
3.1.5 Pengujian Model	41
3.1.6 Evaluasi Hasil Performa Model	41
3.2 Perancangan <i>Algoritma</i>	42
3.2.1 <i>Algoritma</i> Pelatihan Model <i>Hidden Markov Model</i>	42
3.2.2 <i>Algoritma</i> Pelatihan (HMM-GMM)	43
3.2.3 <i>Algoritma</i> Pelatihan (HMM- GMM-DNN)	45
3.2.4 <i>Algoritma</i> Pelatihan Model <i>Transformer Vanilla</i>	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1 Statistik Dataset	51
4.1.1 Representasi Sinyal Suara dalam Bentuk Spektrogram	53
4.1.2 Analisis Karakteristik Linguistik Dataset	55
4.1.3 Analisis Distribusi Panjang Kalimat Dataset	58
4.2 Hasil Pelatihan Model	59
4.2.1 Hasil Pelatihan Model <i>Hidden Markov Model (HMM)</i>	60
4.2.2 Hasil Pelatihan Model (HMM-GMM)	64
4.2.3 Hasil Pelatihan Model (HMM-GMM-DNN)	68
4.2.4 Hasil Pelatihan Model <i>Transformer Vanilla</i>	75
4.3 Analisis Perbandingan Hasil Pelatihan Keempat Model	83
4.4 Hasil Pengujian Keempat Model	85

4.4.1 Hasil Pengujian <i>Hidden Markov Model</i> (HMM)	85
4.4.2 Hasil Pengujian (HMM-GMM).....	87
4.4.3 Hasil Pengujian Model (HMM-GMM-DNN)	90
4.4.4 Hasil Pengujian Model <i>Transformer Vanilla</i>	92
4.5 Analisis Perbandingan Hasil Pengujian Keempat Model	94
4.6 Perencanaan dan Rancangan Integrasi Sistem pada Robot.....	97
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	101
DAFTAR PUSTAKA.....	103

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perbandingan <i>word error rate</i> dari setiap model [17]	14
Gambar 2. 2 Perbandingan <i>Accuracy</i> dari setiap model [17]	14
Gambar 2. 3 <i>Humanoid Service Robot</i> [24]	25
Gambar 2. 4 Struktur <i>Hidden Markov Model</i> [30]	30
Gambar 2. 5 Struktur <i>Gaussian Mixture Model</i> [31].....	32
Gambar 2. 6 Struktur <i>Deep Neural Network</i> [32]	33
Gambar 2. 7 Arsitektur <i>Transformer Vanilla</i>	34
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Alur Penelitian	37
Gambar 3. 2 <i>Flowchart</i> Algoritma Pelatihan HMM.....	42
Gambar 3. 3 <i>Flowchart</i> pelatihan Algoritma HMM-GMM	44
Gambar 3. 4 <i>Flowchart</i> pelatihan algoritma HMM- GMM-DNN	46
Gambar 3. 5 <i>Flowchart</i> pelatihan algoritma <i>Transformer Vanilla</i>	48
Gambar 4. 1 Contoh Spektrogram Dataset Penelitian:	53
Gambar 4. 2 <i>Word Cloud Dataset</i>	55
Gambar 4. 3 Frekuensi 20 Kata Terpopuler.....	56
Gambar 4. 4 Distribusi Panjang Kalimat Dataset.....	58
Gambar 4. 5 Implementasi Pelatihan dan Evaluasi Model HMM.....	61
Gambar 4. 6 Nilai <i>Log-Likelihood</i> Selama Pelatihan Model HMM.....	62
Gambar 4. 7 Hasil Evaluasi Model HMM.....	63
Gambar 4. 8 Implementasi Pelatihan dan Evaluasi Model HMM-GMM	65
Gambar 4. 9 Nilai <i>Log-Likelihood</i> Selama Pelatihan Model HMM-GMM	66
Gambar 4. 10 Hasil Evaluasi Model HMM-GMM	67
Gambar 4. 11 Implementasi Pelatihan dan Evaluasi Model HMM-GMM-DNN	70
Gambar 4. 12 <i>Training Loss</i> dan <i>Validation Loss</i> Model HMM-GMM-DNN....	71
Gambar 4. 13 <i>Training Accuracy</i> dan <i>Validation Accuracy</i> Model.....	72
Gambar 4. 14 Hasil Evaluasi Model HMM-GMM-DNN	73
Gambar 4. 15 Implementasi Pelatihan Model <i>Transformer Vanilla</i>	77
Gambar 4. 16 <i>Training Loss</i> dan <i>Validation Loss</i> Model <i>Transformer Vanilla</i> ...	78
Gambar 4. 17 <i>Training Accuracy</i> dan <i>Validation Accuracy</i> <i>Transformer Vanilla</i>	80

Gambar 4. 18 Hasil Evaluasi Model Transformer Vanilla.....	81
Gambar 4. 19 Perbandingan Nilai WER dan CER Keempat Model	83
Gambar 4. 20 Grafik Perbandingan Hasil Pengujian Keempat Model.....	96
Gambar 4. 21 Rancangan Desain 3D <i>Robot Humanoid</i>	98
Gambar 4. 22 Penempatan Komponen Komunikasi pada <i>Robot Humanoid</i>	99
Gambar 4. 23 Rancangan Arsitektur Integrasi Perangkat Keras Robot	100

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Performa Model [17]	13
Tabel 2. 2 <i>State Of The Art</i>	18
Tabel 2. 3 <i>Matrix</i> Refrensi State of The Art	24
Tabel 3. 1 <i>Kalimat Dataset</i>	38
Tabel 4. 1 Statistik Dataset Penelitian	52
Tabel 4. 2 Karakteristik Pelatihan Model HMM	60
Tabel 4. 3 Karakteristik Pelatihan Model HMM-GMM.....	64
Tabel 4. 4 Karakteristik Pelatihan Model HMM-GMM-DNN.....	69
Tabel 4. 5 Karakteristik Pelatihan Model <i>Transformer Vanilla</i>	75
Tabel 4. 6 Perbandingan Hasil Pelatihan Keempat Model	83
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Kalimat Tanya HMM	85
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Kalimat Perintah HMM.....	86
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Kalimat Tanya HMM-GMM.....	87
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Kalimat Perintah HMM-GMM	89
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Kalimat Tanya HMM-GMM-DNN	90
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Kalimat Perintah HMM-GMM-DNN	91
Tabel 4. 13 Hasil Pengujian Kalimat Tanya <i>Transformer Vanilla</i>	92
Tabel 4. 14 Hasil Pengujian Kalimat Perintah <i>Transformer Vanilla</i>	93
Tabel 4. 15 Perbandingan Hasil Pengujian Keempat Model	95