

**INTEGRASI SISTEM KOMUNIKASI PADA *HUMANOID* ROBOT
BERBASIS ALGORITMA *TRANSFORMER VANILLA***



LAPORAN TUGAS AKHIR

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

**OLEH :
AL-AFIF ARRAHMAN SYAM
062240342201**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2026**

SURAT PERNYATAAN

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan :

Nama : Al-Arif Arrahman Syam
NPM : 062240342201
Jenis Kelamin : Laki laki
Tempat, tanggal lahir : Batam, 4 September 2004
Alamat : Jl. Bambang Utuyo Ir Bugis rt.12 rw.03
Kelurahan 3 Ilir Kecamatan Ilir Timur Dua
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Elektro
Jurusan : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Integrasi Sistem Komunikasi Pada Humanoid
Robot Berbasis Algoritma Transformer Vanilla

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 tidak diikutsertakan dalam prosesi wisuda serta dimasukkan dalam daftar hitam oleh jurusan Teknik Elektro sehingga berdampak tertundanya pengambilan Ijazah & Transkrip (ASLI & COPY). Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarbenarnya dan dalam keadaan sadar tanpa paksa.



Palembang, 20 Juli 2026

Yang menyatakan

Al-Arif Arrahman Syam

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN
INTEGRASI SISTEM KOMUNIKASI PADA ROBOT BERBASIS
ALGORITMA TRANSFORMER VANILLA



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

Oleh:

Al-Arif Arrahman Syam
062240342201

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

Ir. Faisal Damsi, M.T.
NIP. 196302181994031001

Dosen Pembimbing II

Ir. Ratna Atika, S.T., M.T.
NIP 198811242014062001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr. H. Setamat Mushmin, S.T., M.Kom.
IPM
NIP. 197907222008011007

Koordinator Program Studi
Sarjana Terapan Teknik Elektro

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

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Dan mohonlah pertolongan (kepada Allah) dengan sabar dan shalat.”

(Q.S. Al-Baqarah: 45)

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, karya ini saya persembahkan dengan segenap cinta dan ketulusan hati kepada:

1. Mama dan Ayah Tercinta

Terima kasih atas setiap doa yang tak pernah putus dipanjatkan, atas kasih sayang yang mengalir tanpa batas, serta dukungan moril dan materil yang menjadi kekuatan terbesar dalam setiap langkah perjalanan saya. Semoga Allah SWT senantiasa menjaga dan membalas kebaikan Mama dan Ayah dengan kebahagiaan yang berlimpah.

2. Abang dan Adik Tersayang

Kepada abang dan adik yang selalu hadir sebagai penyemangat di saat lelah mulai menghampiri. Dukungan kalian, baik dalam suka maupun duka, menjadi motivasi yang tidak ternilai dalam proses penyusunan laporan akhir ini. Kebersamaan kita adalah kekuatan yang selalu saya syukuri.

3. Bapak Ir. Faisal Damsi, M.T. dan Ibu Ir. Ratna Atika, S.T., M.T.

Dengan hormat dan penuh rasa terima kasih kepada Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan ilmunya dalam membimbing serta mengarahkan saya selama penyusunan laporan ini. Bimbingan dan bantuan Bapak serta Ibu dalam penelitian robot humanoid ini menjadi landasan penting yang membentuk karya ini. Semoga Allah SWT membalas setiap kebaikan Bapak dan Ibu dengan keberkahan yang berlipat ganda.

4. Teman-Teman Seperjuangan

Kepada seluruh teman kelas seperjuangan yang telah menemani hari-hari perkuliahan dengan penuh kebersamaan dan semangat yang saling menguatkan. Tak lupa kepada rekan-rekan tim riset robot *humanoid* Universitas Sriwijaya yang telah berjuang bersama dalam proses penelitian ini. Kalian bukan sekadar teman, tetapi juga bagian dari perjalanan yang akan selalu saya kenang.

ABSTRAK

INTEGRASI SISTEM KOMUNIKASI PADA HUMANOID ROBOT BERBASIS ALGORITMA TRANSFORMER VANILLA

(2026: xv + 70 Halaman + Gambar + Tabel + Daftar Pustaka + Lampiran)

AL-AFIF ARRAHMAN SYAM

062240342201

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan telah mendorong lahirnya berbagai inovasi dalam bidang robotika, khususnya pada pengembangan humanoid robot yang mampu berinteraksi secara natural dengan manusia. Salah satu kemampuan penting yang perlu dimiliki oleh humanoid robot adalah sistem komunikasi berbasis suara yang dapat bekerja secara *real-time*. Penelitian ini berfokus pada integrasi sistem komunikasi suara pada humanoid robot menggunakan algoritma *Transformer Vanilla*, yang mencakup empat komponen utama, yaitu *Speech-to-Text* (STT), *Text-to-Speech* (TTS), pengenalan kalimat tanya, dan pengenalan kalimat perintah.

Sistem dirancang dengan memanfaatkan arsitektur *Transformer Vanilla* sebagai inti dari proses pengenalan suara, yang diintegrasikan dengan *OpenAI* untuk komponen TTS. Pengujian sistem dilakukan pada dua jarak, yaitu 30 cm dan 60 cm, menggunakan dua kategori kalimat, yakni kalimat tanya dan kalimat perintah. Performa sistem dievaluasi menggunakan metrik *Word Error Rate* (WER) dan *Character Error Rate* (CER) untuk mengukur tingkat akurasi pengenalan suara secara kuantitatif. Batasan interaksi suara pada sistem ini mencakup dua jenis kalimat, yaitu kalimat tanya dan kalimat perintah, dengan pemrosesan berbasis Python yang dijalankan pada platform *humanoid* robot.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem komunikasi yang dikembangkan mampu mengenali kalimat tanya dan kalimat perintah dengan tingkat akurasi yang baik pada jarak 30 cm maupun 60 cm. Nilai WER dan CER yang diperoleh

mengindikasikan bahwa algoritma Transformer *Vanilla* yang diterapkan mampu memproses input suara secara efektif dalam kondisi lingkungan pengujian yang telah ditentukan. Integrasi sistem komunikasi dua arah ini terbukti dapat mendukung interaksi manusia dan robot secara lebih natural dan responsif, sehingga berpotensi menjadi solusi dalam pengembangan service robot yang komunikatif di berbagai bidang.

Kata kunci: *humanoid robot, transformer vanilla, speech-to-text, text-to-speech, WER, CER, kalimat tanya, kalimat perintah*

ABSTRACT

COMMUNICATION SYSTEM INTEGRATION ON HUMANOID ROBOT BASED ON VANILLA TRANSFORMER ALGORITHM

(2026: xv + 70 Pages + Figures + Tables + References + Appendices)

AL-AFIF ARRAHMAN SYAM

062240342201

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING

**BACHELOR OF APPLIED ELECTRICAL ENGINEERING STUDY
PROGRAM**

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

The rapid advancement of artificial intelligence technology has driven numerous innovations in robotics, particularly in the development of humanoid robots capable of interacting naturally with humans. One of the key capabilities that service robots must possess is a real-time voice-based communication system. This study focuses on the integration of a voice communication system into a humanoid robot using the Vanilla Transformer algorithm, encompassing four main components: Speech-to-Text (STT), Text-to-Speech (TTS), interrogative sentence recognition, and command sentence recognition.

The system was designed by utilizing the Vanilla Transformer architecture as the core of the speech recognition process, integrated with the OpenAI API for the TTS component. System testing was conducted at two distances, namely 30 cm and 60 cm, using two categories of sentences: interrogative sentences and command sentences. System performance was evaluated using Word Error Rate (WER) and Character Error Rate (CER) metrics to quantitatively measure speech recognition accuracy. The scope of voice interaction in this system covers two types of sentences, namely interrogative and command sentences, with Python-based processing executed on the humanoid robot platform.

The test results demonstrated that the developed communication system was able to recognize interrogative and command sentences with good accuracy at both 30 cm and 60 cm distances. The obtained WER and CER values indicate that the

implemented Vanilla Transformer algorithm is capable of effectively processing voice input under the defined testing conditions. The integration of this two-way communication system has been proven to support more natural and responsive human-robot interaction, making it a potential solution for the development of communicative service robots across various domains.

Keywords: *humanoid robot, vanilla transformer, speech-to-text, text-to-speech, WER, CER, interrogative sentence, command sentence*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas berkat dan ridho-Nya, serta sholawat beriringkan salam disampaikan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat manusia ke jalan yang benar. Alhamdulillah, dengan izin-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan judul **“INTEGRASI SISTEM KOMUNIKASI PADA ROBOT BERBASIS ALGORITMA TRANSFORMER VANILLA”**.

Laporan tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada program Sarjana Terapan Teknik Elektro di Politeknik Negeri Sriwijaya. Melalui penyusunan laporan tugas akhir ini, diharapkan penulis dapat mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh selama perkuliahan ke dalam bentuk perancangan dan pengembangan sistem, khususnya pada bidang kecerdasan buatan dan robotika. Selain itu, kegiatan ini juga bertujuan untuk memberikan gambaran awal mengenai penelitian yang akan dilakukan serta kontribusinya terhadap pengembangan teknologi robot.

Dalam proses penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis banyak memperoleh bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Sehubungan dengan hal tersebut, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- 1 Bapak Ir.Irawan Rusnadi, M.T., selaku PLT. Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
- 2 Bapak Dr. Selamat Muslimin, S.T., M.Kom., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
- 3 Ibu Lindawati, S.T.,M. TI, Selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya
- 4 Ibu Renny Maulidda, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
- 5 Bapak Ir. Faisal Damsi., MT Selaku Dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya Sekaligus Pemimbing pertama.
- 6 Ibu Ir. Ratna Atika, S.T., M.T. Selaku Dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya Sekaligus Pemimbing Kedua.

- 7 Orang Tua Ayah dan Mama, Adik, Dan Abang Saya Yang Selalu Mendoakan Dan Memberikan Semangat Selama Melakukan Penyusunan Laporan tugas akhir.

kekurangan dan kekeliruan, baik mengenai isi maupun cara penulisan. Untuk itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar laporan ini dapat disempurnakan dikemudian hari. Akhir kata penulis mengharapkan semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua yang membacanya.

Palembang, juni 2026

Al-Afif Arrahman Syam

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iii
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Dan Manfaat.....	3
1.3.1 Tujuan	3
1.3.2 Manfaat	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metode Penelitian.....	3
1.5.1 Metode Literatur.....	3
1.5.2 Metode Wawancara.....	4
1.5.3 Metode Observasi.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 <i>State Of The Art</i>	6
2.2 Landasan Teori	37
2.2.1 <i>Humanoid Robot</i>	37
2.2.2 <i>Deep Learning</i>	38
2.2.3 <i>Text To Speech</i>	39
2.2.4 <i>Transformer</i>	39
2.3 Python.....	41
2.4 OpenAI API.....	41
2.5 <i>Microphone</i>	41
2.6 Sensor Suara KY-037	43

2.7	Speaker Audio	44
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		45
3.1	Kerangka Laporan Tugas Akhir	45
3.1.1	Studi Literatur	46
3.1.2	Pengambilan Data	46
3.1.3	Perancangan Sistem	47
3.1.4	Pengujian Sistem.....	47
3.1.5	Evaluasi Kemampuan Komunikasi Robot.....	48
3.1.6	Hasil dan Laporan.....	48
3.2	Perancangan Sistem.....	48
3.2.1	Desain 3D <i>Humanoid</i> Humanoid robot.....	48
3.2.2	Perancangan Perangkat Lunak	49
3.3	Perancangan Sistem komunikasi Dua Arah	52
3.3.1	Algoritma <i>Speech To Text</i> Dengan Transformer <i>Vanilla</i>	54
3.3.2	Algoritma <i>To Text Speech</i> Dengan OpenAI API	56
3.3.3	Algoritma Kalimat Bertanya Pada Humanoid robot.....	57
3.3.4	Algoritma Kalimat Perintah Pada Humanoid robot.	59
BAB IV		61
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		61
4.1	Pengumpulan Data Suara	61
4.2	Pembuatan <i>Speech to Text</i>	62
4.2.1	Pra-pemrosesan Data.....	62
4.2.2	Ekstraksi Fitur Spectrogram.....	65
4.2.3	Tokenisasi	67
4.2.4	Pelatihan Model <i>Transformer Vanilla</i>	68
4.3	Pembuatan <i>Text to Speech</i>	72
4.4	Hasil Desain Robot.....	72
4.5	Pengujian Prediksi Kalimat Pada <i>Humanoid</i> Robot.....	73
BAB V.....		84
PENUTUP.....		84
5.1	Kesimpulan.....	84
5.2	Saran	84
DAFTAR PUSTAKA		86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arsitektur model[3]	7
Gambar 2. 2 Bagian vision [3]	8
Gambar 2. 3 Arsitektur Faster R-CNN[11]	9
Gambar 2. 4 Alur Kerja Pengenalan Wajah dengan Faster R-CNN[11]	11
Gambar 2. 5 Diagram block of prototype SAR untuk Pemantauan Orang Tua[7]	12
Gambar 2. 6 Tampilan Laporan SAR Di Aplikasi Telegram[7]	13
Gambar 2. 7 Prinsip pengenalan gambar visi komputer[12]	15
Gambar 2. 8 Sistem speech recognition dari penelitian Human-Robot Interaction pada Robot Bareleng 7[9]	20
Gambar 2. 9 Diagram blok sistem kontrol yang diusulkan[17]	21
Gambar 2. 10 Skematik diagram sistem pengendalian robot lengan dengan metode forward kinematic dan FLC[5]	22
Gambar 2. 11 Sistem Deteksi dan Penggenggaman[18]	22
Gambar 2. 12 Global path planning menggunakan Dijkstra (a) dan Path planning menggunakan A-Star[10]	25
Gambar 2. 13 Path planning menggunakan pengembangan algoritma TEB[22]	26
Gambar 2. 14 Posisi awal (a); Robot bergerak ke posisi tujuan (b); Robot mencapai titik tujuan(c)[23]	26
Gambar 2. 15 Matrix refrensi	37
Gambar 2. 16 Humanoid robot	38
Gambar 2. 17 Arsitektur transformer vanilla	40
Gambar 2. 18 Microphone Rode Video Micro	42
Gambar 2. 19 Sensor Suara KY-037	43
Gambar 2. 20 Speaker Audio	44
Gambar 3. 1 Kerangka Pelaksanaan Tugas Akhir	45
Gambar 3. 2 Desain 3D humanoid robot	49
Gambar 3. 3 Diagram blok sistem humanoid robot	50
Gambar 3. 4 Flowchart komunikasi 2 arah	51
Gambar 3. 5 Flowchart perancangan Komunikasi 2 arah	53
Gambar 3. 6 Algoritma Transformer Vanilla	54
Gambar 3. 7 Flowchart Algoritma OpenAI API	56
Gambar 3. 8 Flowchart algoritma kalimat bertanya	58
Gambar 3. 9 Flowchart kalimat Perintah Pada Humanoid robot	59
Gambar 4. 1 Sample kalimat perintah	61
Gambar 4. 2 sample kalimat tanya	61
Gambar 4. 3 struktur dataset	63
Gambar 4. 4 Word Cloud	64
Gambar 4. 5 Grafik Frekuensi Kata	64
Gambar 4. 6 <i>Spectrogram</i> kalimat tanya	65
Gambar 4. 7 <i>Spectrogram</i> kalimat perintah	66
Gambar 4. 8 <i>Waveform</i> sinyal suara kalimat tanya	67
Gambar 4. 9 <i>Waveform</i> sinyal suara kalimat perintah	67
Gambar 4. 10 proses tokenisasi	68

Gambar 4. 11 garfik <i>accuracy</i>	69
Gambar 4. 12 grafik <i>loss</i>	70
Gambar 4. 13 grafik WER dan CER	71
Gambar 4. 14 kalimat respon dataset	72
Gambar 4. 15 desain humaoind robot.....	73
Gambar 4. 16 WER dan CER Kalimat Tanya 30 cm dan 60 cm	82
Gambar 4. 17 WER dan CER Kalimat Perintah 30 cm dan 60 cm	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Akurasi Model Pengenalan Wajah Dan Emosi[3]	8
Tabel 2. 2 Perbandingan Akurasi Model Pengenalan Wajah[11]	10
Tabel 2. 3 perbandingan akurasi model pengenalan wajah[7]	13
Tabel 2. 4 Hasil Pengujian Pada Ruangan Tenang[4].....	18
Tabel 2. 5 State of The Art.....	31
Tabel 2. 6 Spesifikasi mikrofon rode video micro.....	42
Tabel 2. 7 spesifikasi sensor suara KY-037	43
Tabel 2. 8 Spesifikasi Speaker Audio	44
Tabel 3. 1 Kalimat Dataset.....	46
Tabel 4. 1 Hasil pengujian kalimat Tanya 30 cm.....	74
Tabel 4. 2 Hasil pengujian kalimat Tanya 60 cm.....	76
Tabel 4. 3 Hasil pengujian kalimat Perintah 30 cm	78
Tabel 4. 4 Hasil pengujian kalimat Perintah 60 cm	80
Tabel 4. 5 Rekapitulasi Hasil Pengujian ASR pada <i>Humanoid Robot</i>	81