

**PREDIKSI EFISIENSI DAYA PADA PERANCANGAN SISTEM
PENGGERAK MOBIL LISTRIK BERBASIS MOTOR BLDC
MENGUNAKAN METODE *ARTIFICIAL NEURAL
NETWORK (ANN)***



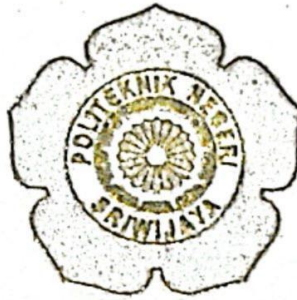
LAPORAN AKHIR

Disusun untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Pendidikan Diploma
III Pada Jurusan Teknik Elektro Program Studi Elektronika
Politeknik Negeri Sriwijaya

**OLEH:
AJI SAPUTRA
062230320574**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2025**

LEMBAR PENGESAHAN
PREDIKSI EFISIENSI DAYA PADA PERANCANGAN SISTEM
PENGGERAK MOBIL LISTRIK BERBASIS MOTOR BLDC
MENGGUNAKAN METODE ARTIFICIAL NEURAL
NETWORK (ANN)



LAPORAN AKHIR

Disusun untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Pendidikan
Diploma III pada Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik
Elektronika Politeknik Negeri Sriwijaya

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Selamat Mubtahir, S.T., M.Kom., IPM.

NIP. 197967222638611637

Dr. Nuzul Huda Husni, S.T., M.T.

NIP. 197605031801122002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Koordinator Program Studi
Teknik Elektronika



Dr. Ir. Selamat Mubtahir, S.T., M.Kom., IPM.

NIP. 197907222008011067

Niksen Alfarizal, S.T., M.Kom.

NIP. 197568162001121001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan:

Nama : Aji Saputra
Tempat/Tanggal Lahir : Serinanti, 24 Febuari 2005
NIM : 062230320574
Program Studi : DIII Teknik Elektronika
Jurusan : Teknik Elektro
Judul Laporan Akhir : Prediksi Efisiensi Daya Pada Perancangan Sistem Penggerak Mobil Listrik Berbasis Motor BLDC Menggunakan Metode *Artificial Neural Network* (ANN)

Menyatakan bahwa Laporan Akhir saya merupakan hasil karya sendiri di dampingi oleh Pembimbing I dan Pembimbing II dan bukan hasil penjiplatan/plagiat Apabila ditemukan unsur penjiplatan/Plagiat dalam laporan akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Politeknik Negeri Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan siapapun.



Palembang, Juli 2025



ABSTRAK

PREDIKSI EFISIENSI DAYA PADA PERANCANGAN SISTEM PENGGERAK MOBIL LISTRIK BERBASIS MOTOR BLDC MENGGUNAKAN METODE *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* (ANN)

(2025 : 77 Halaman + 32 Gambar + 13 Tabel + Daftar Pustaka + Lampiran)

AJI SAPUTRA

062230320574

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK ELEKTRONIKA

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

Laporan Akhir ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem penggerak kendaraan listrik berbasis motor Brushless DC (BLDC) yang mampu mengoptimalkan efisiensi daya, khususnya pada kondisi jalan menurun dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Dalam upaya meningkatkan respons adaptif sistem terhadap perubahan medan dan beban kendaraan, digunakan pendekatan *deep learning* melalui metode *Artificial Neural Network* (ANN). Model ANN dibangun dengan input berupa tegangan, arus, daya, dan jenis medan jalan, untuk memprediksi seberapa besar efisiensi daya yang dapat dicapai. Proses pelatihan dilakukan dengan membagi data menjadi data latih dan data uji menggunakan teknik *train-test split*, di mana model dilatih menggunakan fungsi aktivasi ReLU, algoritma optimasi Adam, dan fungsi *loss Mean Squared Error* (MSE). Hasil pengujian menunjukkan bahwa ANN mampu mengenali pola hubungan antarvariabel dan memprediksi efisiensi secara akurat, dengan kesalahan prediksi yang rendah. Sistem yang dirancang tidak hanya efektif dalam memanfaatkan karakteristik medan jalan, tetapi juga menunjukkan potensi integrasi dengan sistem kontrol adaptif dan real-time dalam pengembangan kendaraan listrik yang hemat energi. Dengan demikian, penerapan ANN pada motor BLDC menjadi solusi cerdas untuk mendukung efisiensi dan keberlanjutan dalam teknologi transportasi modern.

Kata Kunci : Motor BLDC, Efisiensi, Baterai, Medan Jalan, *Artificial Neural Network* (ANN).

ABSTRAK

PREDICTION OF POWER EFFICIENCY IN THE DESIGN OF ELECTRIC CAR DRIVE SYSTEMS BASED ON BLDC MOTORS USING THE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN) METHOD **(2025 : 2025 : 77 Pages + 32 Figures + 13 Tables + Bibliography + Appendices)**

AJI SAPUTRA

062230320574

DIII ELECTRONICS ENGINEERING STUDY PROGRAM

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING

SRIWIJAYA STATE POLYTECHNIC

This Final Report aims to design and implement a Brushless DC (BLDC) motor-based electric vehicle drive system that is able to optimize power efficiency, especially in downhill road conditions by utilizing gravitational force. In an effort to improve the system's adaptive response to changes in terrain and vehicle load, a deep learning approach was used through the Artificial Neural Network (ANN) method. The ANN model is built with inputs such as voltage, current, power, and road terrain type, to predict how much power efficiency can be achieved. The training process was carried out by dividing the data into training data and test data using the train-test split technique, where the model was trained using the ReLU activation function, the Adam optimization algorithm, and the Mean Squared Error (MSE) loss function. The test results showed that ANN was able to recognize patterns of relationships between variables and accurately predict efficiency, with low prediction errors. The designed system is not only effective in taking advantage of the characteristics of the road terrain, but also demonstrates the potential for integration with adaptive and real-time control systems in the development of energy-efficient electric vehicles. Thus, the application of ANN on BLDC motorcycles is a smart solution to support efficiency and sustainability in modern transportation technology.

Keywords: BLDC Motors, Eficiency, Batteries, Road Terrain, Artificial Neural Network (ANN).

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

لَا تَحْزَنْ إِنَّ اللَّهَ مَعَنَا

Jangan engkau bersedih. sesungguhnya Allah bersama kita
(QS. At-Taubah: 40)

"Barang siapa bertakwa kepada Allah niscaya Dia akan mengadakan baginya jalan keluar. Dan memberinya rezeki dari arah yang tiada disangkanya. Dan barangsiapa yang bertawakal kepada Allah niscaya Allah akan mencukupkan (keperluan)-nya. Sesungguhnya Allah melaksanakan urusan yang (dikehendaki)-Nya. Sesungguhnya Allah telah mengadakan ketentuan bagi tiap-tiap sesuatu." (QS Ath-Thalaq 2-3)

Laporan Akhir ini penulis persembahkan kepada:

- Allah SWT atas ridho dan keberkahan-Nya setiap langkahku selalu diberi kemudahan dan dikelilingi orang-orang baik yang dikirimkan-Nya dan Nabi Muhammad SAW suri tauladan dimuka bumi ini.
- Keluarga Tersayang Ayah (Zulkarnain) Ibu (widya wati) 2 adikku (Karisa & Delvin) yang selalu menjadi alasan atas setiap langkah ku, yang selalu mengajarkan tentang memaknai arti dari kehidupan.
- Kedua Pembimbingku, Bapak Dr. Ir. Selamat Muslimin, S.T., M.Kom., IPM. dan Ibu Dr. Nyayu Latifah Husni, S.T., M.T. yang telah membimbingku selama laporan akhir ini berlangsung.
- Seluruh Dosen Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu pengetahuannya selama pendidikan.
- Ucapan terima kasih yang paling tulus saya haturkan kepada sosok yang telah menjadi orang tua kedua saya, baik di lingkungan kampus maupun di tanah rantau—tempat di mana makna keluarga sering kali dirindukan. Kepada Bapak Selamat dan Bunda Ekawati, serta Pak Yudi, terima kasih atas ketulusan, kasih sayang, dan keteguhan hati dalam membimbing kami. Di tengah hiruk-pikuk perantauan dan kerasnya perjuangan menuntut ilmu, mereka tak pernah lelah menunjukkan arti sabar, makna hidup, dan nilai-nilai kemanusiaan. Mereka bukan sekadar pengganti orang tua, tetapi pelita yang menerangi langkah kami di saat ragu dan penguat jiwa di saat lelah.

Semoga segala kebaikan dan keikhlasan yang telah diberikan menjadi ladang pahala dan terus mengalir dalam keberkahan.

- Sahabat dan Temanku yang selalu mengingatkan ku tentang makna kehidupana Junior, Melsa, Tomy, Ditak, Aldy, Ari, Indah, Intan, dan Ibreza.
- Teman-Teman seperjuangan Teknik Elektronika, khususnya Kelas 6EB yang aku cintai dan sayangi.
- Almamaterku Politeknik Negeri Sriwijaya
- Diriku Sendiri

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadiran Tuhan yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal laporan akhir dengan baik dan tepat pada waktunya. Laporan Akhir ini ditulis untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan Diploma III Politeknik Negeri Sriwijaya pada Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Elektronika, dengan judul **“Prediksi Efisiensi Daya Pada Perancangan Sistem Penggerak Mobil Listrik Berbasis Motor BLDC Menggunakan Metode *Artificial Neural Network* (ANN)”**.

Kelancaran dalam proses penulisan Laporan Akhir ini tidak luput berkat bimbingan, arahan dan petunjuk dari berbagai pihak, baik pada tahap persiapan, penyusunan, hingga terselesaikannya Proposal Laporan Akhir ini. Maka dari itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

- 1. Bapak Dr. Ir. Selamat Muslimin, S.T., M.Kom., IPM. Selaku Dosen Pembimbing I**
- 2. Ibu Dr. Nyayu Latifah Husni, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing II**

Kemudian penulis juga mengucapkan banyak terima kasih atas bantuan moril dan materil yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Laporan Akhir dengan ketentuan yang telah ditetapkan Politeknik Negeri Sriwijaya, kepada :

1. Bapak Ir. H. 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. Bapak Niksen Alfarizal, S.T., M.Kom., selaku Koordinator Program Studi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Ibu Lindawati, S.T., M.T.I., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Polteknik Negeri Sriwijaya.
5. Kedua Orang Tua, Kakak dan Adik, beserta keluarga penulis yang telah mendukung serta mendoakan selama penyusunan Proposal Laporan Akhir.

6. Teman-teman seperjuangan EB 2022, Teman-teman laboratorium otomasi dan robotika dan seluruh angkatan 22 Program Studi D-III Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro.
7. Semua pihak yang telah membantu serta mendoakan dalam menyelesaikan Laporan Akhir.

Demikianlah, semoga bantuan dan dukungan yang telah diberikan dapat menjadi amal dihadapan Tuhan yang Maha Esa. Penulis berharap agar Proposal Laporan Akhir ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa dan pembaca, khususnya bagi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Program Studi D-III Teknik Elektronika Politeknik Negeri Sriwijaya.

Palembang, Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL LAPORAN AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
MOTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan dan Manfaat.....	4
1.4.2Manfaat.....	4
1.5. Metodologi.....	4
1.5.1 Studi Literatur.....	4
1.5.2 Perancangan Hardware.....	5
1.5.3 Perancangan Software.....	5
1.5.4 Pengujian Sistem.....	5
1.5.5 Analisa.....	5
1.6. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Mobil Listrik	7
2.2 Sistem Penggerak Pada Mobil Listrik.....	7
2.3 Motor Brushless DC (BLDC)	8
2.3.1 Kelebihan dan kekurangan motor BLDC	10
2.4 Kontruksi pada Motor Brushless DC (BLDC).....	11
2.4.1 Stator Motor BLDC.....	11
2.4.2 Rotor motor BLDC.....	12
2.4.3 Hall Sensor.....	13
2.5 Prinsip Kerja Motor BLDC.....	14
2.6 Mikrokontoler Motor BLDC.....	15

2.6.1 ATmega328P (Arduino)	16
2.7 Driver Motor BLDC	16
2.7.1. <i>Pulse width modulation</i> (PWM)	18
2.7.2. <i>Metal oxide semiconductor field effect transistor</i> (MOSFET)	18
2.8 Sistem Kontrol pada Motor BLDC	19
2.8.1. Kontrol PID.....	19
2.8.2. Kontrol Adaptif.....	21
2.9 Baterai Motor BLDC	23
2.9.1 Baterai Lithium-ion.....	24
2.10. Model Dinamik Pada Mobil Listrik	25
2.11 Metode Deep Learning	27
2.11.1 <i>Artificial Neural Network</i> (ANN)	27
2.12 State Of The Art (SOTA).....	34
BAB III RANCANG BANGUN.....	39
3.1 Metodologi Perancangan	39
3.2 Studi Literature	39
3.3 Perancangan Alat	40
3.3.1 Perancangan Mekanik.....	40
3.3.2 Perancangan Elektronik.....	41
3.3.3 Rangkaian Skematik.....	42
3.3.4 Diagram Blok.....	42
3.3.5 <i>Flowchart</i>	43
3.3.6 Proses Perancangan <i>Algoritma Artificial Neural Network</i> (ANN).....	44
3.4 Metode Pengolahan Data Menggunakan Metode <i>Artificial Neural Network</i> (ANN). 46	
3.4.1 Diagram Alir <i>Artificial Neural Network</i> (ANN).....	47
3.4.2 Tahapan <i>Artificial Neuron Network</i> (ANN).....	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	50
4.1 Hasil Data Pengukuran	50
4.1.1 Proses Pengambilan Data.....	51
4.2 Data Hasil Pengujian.....	51
4.2.1 Pengambilan Data Pada Medan Jalan Mendatar.....	51
4.2.2 Pengambilan Data Pada Medan Jalan Menanjak.....	52
4.2.2 Pengambilan Data Pada Medan Jalan Menurun.....	56
4.3 Pengolahan Data	59
4.3.1 Pengolahan data pada medan jalan mendatar dengan kecepatan motor 15km/jam	60
4.3.2 Pengolahan data pada medan jalan mendatar dengan kecepatan motor 20km/jam	61
4.3.3 Pengolahan data pada medan jalan mendatar dengan kecepatan motor 25km/jam	63
4.3.4 Pengolahan data pada medan jalan menanjak dengan kecepatan motor 15 km/jam	64

4.3.5 Pengolahan data pada medan jalan menanjak dengan kecepatan motor 20 km/jam	65
4.3.6 Pengolahan data pada medan jalan menanjak dengan kecepatan motor 25 km/jam	67
4.3.7 Pengolahan data pada medan jalan menurun dengan kecepatan motor 15 km/jam	68
4.3.8 Pengolahan data pada medan jalan menurun dengan kecepatan motor 20 km/jam	70
4.3.9 Pengolahan data pada medan jalan menurun dengan kecepatan motor 25 km/jam	71
4.4 Analisa dan Hasil Pengujian	72
4.5 Analisa Data Menggunakan Metode <i>Artificial Neural Network</i> (ANN).....	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	77
5.1 Kesimpulan	77
5.2 Saran	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema Motor BLDC	9
Gambar 2. 2 Komponen pada motor BLDC	11
Gambar 2. 3 Stator motor BLDC	12
Gambar 2. 4 Rotor motor BLDC	13
Gambar 2. 5 Sensor hall motor BLDC	14
Gambar 2. 6 Prinsip kerja motor BLDC	15
Gambar 2. 7 Skema rangkain inverter 3 Fase	17
Gambar 2. 8 diagram bagaimana motor BLDC dihubungkan ke driver	17
Gambar 2. 9 Pulse width modulation	18
Gambar 2. 10 Metal oxide semiconductor field effect transistor (MOSFET)	19
Gambar 2. 11 Kontrol PID	20
Gambar 2. 12 Kontrol Adaptif	22
Gambar 2. 13 Gambar mobil ketika berjalan di jalan menurun	25
Gambar 2. 14 Artificial Neural Network (ANN)	28
Gambar 2. 15 Arsitektur Artificial Neural Network (ANN)	29
Gambar 2. 16 Jaringan saraf sebagai kotak hitam yang menampilkan hubungan non-linier antara variabel input multivariat dan respons multi-variat	29
Gambar 2. 17 ANN satu lapis (kiri) dan dua lapis (kanan). ANN yang ditampilkan dapat diterapkan untuk memecahkan masalah output input 4-respons 3variabel. .	30
Gambar 3. 1 Kerangka dan Metodologi Laporan Akhir	39
Gambar 3. 2 Tampak Depan Desain Mekanik	40
Gambar 3. 3 Tampilan Desain Mekanik Dari Samping	41
Gambar 3. 4 Rangkain Elektronik Motor BLDC	42
Gambar 3. 5 Diagram Blok Pengendali Motor BLDC	42
Gambar 3. 6 Proses Kerja Sistem Efisiensi Pada Motor BLDC	43
Gambar 3. 7 Flowchart Tahapan ANN	44
Gambar 3. 8 Klasifikasi menggunakan metode ANN	46
Gambar 3. 9 Flowchart Artificial Neuron Network (ANN)	47
Gambar 3. 10 Langkah-Langkah Metode ANN	49

Gambar 4. 1 Kondisi Mobil Pada Medan Jalan Mendatar	51
Gambar 4. 2 Kondisi Mobil Pada Medan Jalan Menanjak	53
Gambar 4. 3 Kondisi Mobil Pada Medan Jalan Menanjak	56
Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan Efisiensi Pada Setiap Medan Jalan	74
Gambar 4. 5 Hasil Prediksi ANN.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kelebihan dan Kekurangan Motor BLDC	10
Tabel 2. 2 Spesifik Pengontrol Motor BLDC	18
Tabel 2. 3 Spesifik Baterai Lithium-Ion	24
Tabel 4. 1 Spesifikasi Motor BLDC yang digunakan.....	50
Tabel 4. 2 Spesifikasi Baterai yang digunakan	50
Tabel 4. 3 Tabel data pada jalan mendatar.....	52
Tabel 4. 4 Rata Rata Tegangan, Arus, Daya pada jalan mendatar.....	52
Tabel 4. 5 Tabel data pada jalan menanjak	53
Tabel 4. 6 Rata Rata Tegangan, Arus, Daya pada jalan menanjak	54
Tabel 4. 7 Tabel data pada jalan menurun	56
Tabel 4. 8 Rata Rata Tegangan, Arus, Daya pada jalan menurun	57
Tabel 4. 9 Data Efisiensi Pada Motor Dengan Variasi Medan Jalan Mendatar, Menanjak Dan Menurun.	72
Tabel 4. 10 Input Data Hasil Pengujian	75