

**Perancangan Sistem Penggerak *Front Wheel Drive* dan  
Sistem Suspensi pada Becak Listrik PT Josun Motor Indonesia  
di Polman Bandung**

**Tugas Akhir**

Disusun sebagai salah satu syarat untuk  
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Aldiansyah Raid Pratama

221322001



**PROGRAM STUDI REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK  
JURUSAN TEKNIK PERANCANGAN MANUFAKTUR  
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

**2025**

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**Perancangan Sistem Penggerak *Front Wheel Drive* dan  
Sistem Suspensi pada Becak Listrik PT Josun Motor Indonesia  
di Polman Bandung**

Oleh:

Aldiansyah Raid Pratama

221322001

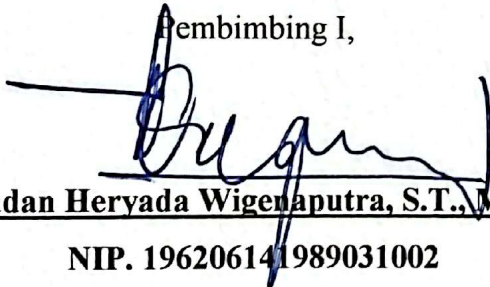
Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program  
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)

Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 26 Agustus 2025

Disetujui,

Pembimbing I,



Dadan Heryada Wigenaputra, S.T., M.T.  
NIP. 196206141989031002

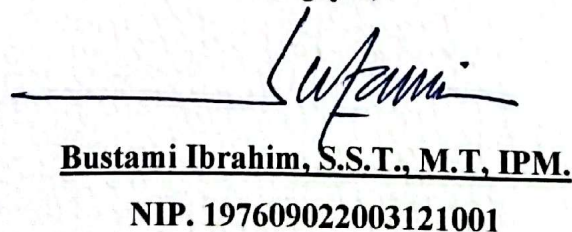
Pembimbing II,



Iman Apriana Effendi, S.T., M.T.  
NIP. 197504172005011004

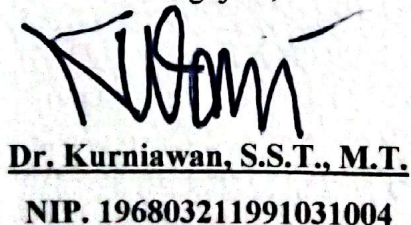
Disahkan,

Penguji I,



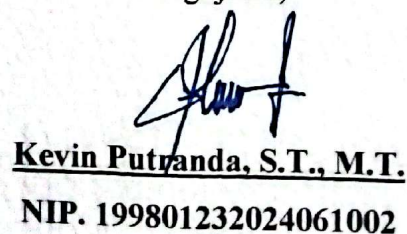
Bustami Ibrahim, S.S.T., M.T, IPM.  
NIP. 197609022003121001

Penguji II,



Dr. Kurniawan, S.S.T., M.T.  
NIP. 196803211991031004

Penguji III,



Kevin Putranda, S.T., M.T.  
NIP. 199801232024061002

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Aldiansyah Raid Pratama  
NIM : 221322001  
Jurusan : Teknik Perancangan Manufaktur  
Program Studi : Rekayasa Perancangan Mekanik  
Jenjang Studi : Diploma 4  
Jenis Karya : Tugas Akhir  
Judul Karya : Perancangan Sistem Penggerak *Front Wheel Drive* dan Sistem Suspensi pada Becak Listrik PT Josun Motor Indonesia di Polman Bandung

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung  
Pada tanggal : 26 – 08 – 2025  
Yang Menyatakan,

(Aldiansyah Raid Pratama)  
NIM 221322001

## PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Aldiansyah Raid Pratama  
NIM : 221322001  
Jurusan : Teknik Perancangan Manufaktur  
Program Studi : Rekayasa Perancangan Mekanik  
Jenjang Studi : Diploma 4  
Jenis Karya : Tugas Akhir  
Judul Karya : Perancangan Sistem Penggerak *Front Wheel Drive* dan Sistem Suspensi pada Becak Listrik PT Josun Motor Indonesia di Polman Bandung

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung  
Pada tanggal : 26 – 08 – 2025  
Yang Menyatakan,

(Aldiansyah Raid Pratama)  
NIM 221322001

## **MOTO PRIBADI**

Tidak ada daya dan kekuatan kecuali hanya milik Allah. Hanya kepada Allah saya mengabdikan, memohon ampunan dan pertolongannya.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya tercinta, adik-adik saya, teman-teman saya dan semua pihak yang telah membantu saya menyelesaikan tugas akhir ini. Jazakallahu Khairan

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepadaNya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlindung kepadaNya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalanNya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembah yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagiNya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hambaNya dan RasulNya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: **“Perancangan Sistem Penggerak *Front Wheel Drive* dan Sistem Suspensi pada Becak Listrik PT Josun Motor Indonesia di Polman Bandung”**.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Rekayasa Perancangan Mekanik di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Para Pembimbing tugas akhir Bapak Dadan Heryada Wigenaputra, S.T., M.T. dan Bapak Iman Apriana Effendi, S.T., M.T.
2. Ketua Program Studi Rekayasa Perancangan Mekanik, Bapak Reka Ardi Prayoga, S.T., M.T.
3. Ketua Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur, Bapak Bustami Ibrahim, S.S.T., M.T, IPM.
4. Para Penguji sidang tugas akhir Bapak Bustami Ibrahim, S.S.T., M.T, IPM., Bapak Dr. Kurniawan, S.S.T., M.T., dan Bapak Kevin Putranda, S.T., M.T.
5. Panitia tugas akhir Bapak Kevin Putranda, S.T., M.T.

6. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Ibu Ana Rofiah dan Bapak Eko Yunanto yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Untuk adik-adik saya yang telah menjadi menyemangati saya.
8. Buat sahabat – sahabat saya yang selalu memberikan semangat dan motivasi.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, Agustus 2025

Penulis

## ABSTRAK

Transportasi merupakan kebutuhan penting untuk mendukung mobilitas manusia dan distribusi barang. Becak konvensional sebagai moda transportasi ramah lingkungan menghadapi tantangan berupa penurunan jumlah pengguna, beban fisik yang berat bagi pengemudi, serta efisiensi operasional rendah. Transformasi menjadi becak listrik menawarkan solusi lebih ramah lingkungan, mendukung pengurangan emisi karbon, dan meningkatkan kondisi kerja pengemudi. Penelitian ini bertujuan merancang sistem penggerak depan (front-wheel drive) dan sistem suspensi pada becak listrik untuk PT Josun Motor Indonesia dengan pendekatan Engineering Design oleh G. Pahl & W. Beitz. Hasil perancangan menunjukkan motor listrik berdaya 1.515,1 Watt dengan efisiensi 93,3% cukup menggerakkan total massa becak, pengemudi, dan dua penumpang. Sistem suspensi dirancang menggunakan pegas pelat dengan kekakuan 14.935,1 N/m per pelat dan minimal dua pegas, bekerja dalam kondisi underdamped dengan rasio redaman  $\zeta = 0,3$ , koefisien redaman 828,8 Ns/m, dan frekuensi 1,72 Hz. Tegangan maksimum suspensi 837,723 MPa masih di bawah tegangan izin baja pegas (1080 MPa) dengan safety factor 1,3, sedangkan rangka belakang memiliki tegangan maksimum 33,3 MPa dan defleksi 0,09 mm dengan safety factor 8,25. Sistem penggerak FWD menunjukkan kestabilan arah dengan indeks understeer mendekati nol pada kecepatan 10 km/jam dan sudut belok 5°. Secara keseluruhan, sistem penggerak dan suspensi memenuhi tuntutan perancangan serta siap diimplementasikan.

**Kata kunci:** Becak Listrik; Sistem Penggerak Depan; Suspensi; Stabilitas Kendaraan; Faktor Keamanan.

## **ABSTRACT**

*Transportation is an essential need to support human mobility and goods distribution. Conventional pedicabs, as an environmentally friendly mode of transport, face challenges such as a decline in users, heavy physical workload for drivers, and low operational efficiency. The transformation into electric pedicabs offers a greener solution, supports carbon emission reduction, and improves driver working conditions. This study aims to design a front-wheel drive (FWD) system and suspension system for an electric pedicab for PT Josun Motor Indonesia using the Engineering Design approach by G. Pahl & W. Beitz. The results show that a 1,515.1Watt electric motor with 93.3% efficiency is sufficient to drive the total mass of the pedicab, driver, and two passengers. The suspension system employs leaf springs with a stiffness of 14,935.1 N/m per plate and a minimum of two springs, operating in an underdamped condition with a damping ratio  $\zeta = 0.3$ , damping coefficient of 828.8 Ns/m, and natural frequency of 1.72 Hz. The maximum suspension stress of 837.723 MPa is below the allowable stress of spring steel (1080 MPa) with a safety factor of 1.3, while the rear frame has a maximum stress of 33.3 MPa and deflection of 0.09 mm with a safety factor of 8.25. The FWD system ensures directional stability with an understeer index near zero at 10 km/h and a steering angle of 5°. Overall, the designed drive and suspension systems meet user requirements and are ready for implementation.*

**Keywords:** *Electric Pedicab; Front-Wheel Drive; Suspension; Vehicle Stability; Safety Factor.*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI) .....	iii
MOTO PRIBADI .....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK .....	vii
<i>ABSTRACT</i> .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN .....	xvii
<b>I BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>I-1</b>
I.1 Latar Belakang .....	I-1
<b>I.2 Rumusan Masalah</b> .....	<b>I-7</b>
<b>I.3 Batasan Masalah</b> .....	<b>I-7</b>
<b>I.4 Tujuan dan Manfaat</b> .....	<b>I-8</b>
<b>I.5 Sistematika Penulisan</b> .....	<b>I-8</b>
<b>II BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>II-1</b>
II.1 Tinjauan Teori .....	II-1
II.1.1 Becak.....	II-1
II.1.2 Kendaraan Listrik.....	II-3
II.1.3 Front Wheel Drive (FWD).....	II-5
II.1.4 <i>Engineering Design</i> oleh G. Pahl & W. Beitz .....	II-7

II.1.5	Stabilitas Arah Kendaraan.....	II-13
II.1.6	Metode Kalkulasi Quasi- Dinamik Untuk Analisa Model.....	II-13
II.1.7	<i>Chamber</i> pada Kendaraan .....	II-16
II.1.8	Sudut <i>Alignment</i> Roda .....	II-17
II.1.9	Sistem Kemudi Manual.....	II-19
II.2	Tinjauan Alat .....	II-21
II.2.1	Motor Listrik .....	II-21
II.2.2	Gardan .....	II-22
II.3	Studi Penelitian Terdahulu .....	II-23
<b>III BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH .....</b>		<b>III-1</b>
III.1	Planning & Classification Task .....	III-2
III.1.1	Survei dan Observasi Becak Listrik yang Sudah Ada.....	III-2
III.1.2	Mencari dan Menentukan Kebutuhan Pasar.....	III-3
III.1.3	Menyaring dan Mengembangkan Kebutuhan Pengguna.....	III-3
III.1.4	Menyusun Demand & Wishes.....	III-3
III.2	Conceptual Design .....	III-4
III.2.1	Identifikasi Permasalahan Utama .....	III-4
III.2.2	Menetapkan Struktur Fungsi Keseluruhan dan Sub Fungsi .....	III-4
III.2.3	Mencari Prinsip Kerja yang Memenuhi Sub-Fungsi.....	III-4
III.2.4	Menggabungkan Prinsip-Prinsip Kerja ke dalam Struktur Kerja III-5	
III.2.5	Memilih Kombinasi yang Sesuai (Mengevaluasi Varian Terhadap Kriteria Teknis dan Ekonomis) .....	III-5
III.3	Embodiment Design .....	III-5
III.3.1	Perhitungan Awal .....	III-5
III.3.2	Pembuatan Draf Awal Rancangan .....	III-5

III.3.3	Pembuatan 3D Modelling.....	III-6
III.3.4	Perhitungan Lanjut (Analisis dan Validasi) .....	III-6
III.3.5	Evaluasi Awal.....	III-6
III.3.6	Keputusan Keamanan dan Pemenuhan Daftar Tuntutan.....	III-6
III.3.7	Pembuatan Draft Rancangan Final.....	III-6
III.4	Detail Design .....	III-6
III.4.1	Pembuatan Gambar Kerja.....	III-6
<b>IV</b>	<b>BAB IV PENYELESAIAN MASALAH.....</b>	<b>IV-1</b>
<b>IV.1</b>	<b><i>Planning and Task Clarification</i>.....</b>	<b>IV-1</b>
<b>IV.1.1</b>	<b>Survei dan Observasi Becak Listrik PT. Josun Motor Indonesia</b> IV-1	
<b>IV.1.2</b>	<b>Mendefinisikan Permintaan <i>Customer</i> .....</b>	<b>IV-4</b>
<b>IV.1.3</b>	<b>Identifikasi Masalah Umum .....</b>	<b>IV-4</b>
<b>IV.1.4</b>	<b>Menyusun Daftar Tuntutan (<i>Requirement List</i>) .....</b>	<b>IV-5</b>
<b>IV.2</b>	<b><i>Conceptual Design</i> .....</b>	<b>IV-6</b>
<b>IV.2.1</b>	<b>Membuat Fungsi Keseluruhan dan Sub-Fungsi.....</b>	<b>IV-7</b>
<b>IV.2.2</b>	<b>Membuat Diagram Pohon Fungsi.....</b>	<b>IV-7</b>
<b>IV.2.3</b>	<b>Mencari Alternatif Prinsip Kerja yang Memenuhi Sub-Fungsi</b> IV-9	
<b>IV.2.4</b>	<b>Menggabungkan Prinsip-Prinsip Kerja ke dalam Struktur</b> <b>Kerja</b> IV-12	
<b>IV.2.5</b>	<b>Membuat Alternatif Varian Kombinasi.....</b>	<b>IV-12</b>
<b>IV.2.6</b>	<b>Penilaian Alternatif Varian Kombinasi .....</b>	<b>IV-17</b>
<b>IV.3</b>	<b>Embodiment Design.....</b>	<b>IV-22</b>
<b>IV.3.1</b>	<b>Pembuatan Draf Awal Rancangan .....</b>	<b>IV-22</b>
<b>IV.3.2</b>	<b>Perhitungan Awal.....</b>	<b>IV-22</b>
<b>IV.3.3</b>	<b>Perancangan Becak Listrik tipe FWD .....</b>	<b>IV-31</b>

IV.3.4	Perhitungan Lanjut (Analisis dan Validasi) .....	IV-32
IV.3.5	Pembuatan Draft Rancangan Final .....	IV-32
IV.4	Detail Design .....	IV-32
IV.4.1	Pembuatan Gambar Kerja .....	IV-32
<b>V</b>	<b>BAB V ANALISIS DAN VALIDASI .....</b>	<b>V-1</b>
V.1	Analisis Kestabilan Kendaraan .....	V-1
V.1.1	Hasil Perhitungan Kestabilan Pada Kendaraan .....	V-3
V.1.2	Analisis Hasil Perhitungan Kestabilan Pada Kendaraan .....	V-20
V.2	Analisis Statis Kendaraan .....	V-22
V.2.1	Analisis Statis Pegas Majemuk .....	V-22
V.2.2	Analisis Statis Rangka Belakang .....	V-24
<b>VI</b>	<b>BAB VI PENUTUP .....</b>	<b>VI-1</b>
VI.1	Kesimpulan .....	VI-1
VI.2	Saran .....	VI-2
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xix</b>
	<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>xxii</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Penelitian terdahulu.....	II-23
Tabel IV.1 Bagian Utama Becak Listrik.....	IV-2
Tabel IV.2 Spesifikasi Teknis Hasil Observasi.....	IV-3
Tabel IV.3 Daftar Tuntutan.....	IV-5
Tabel IV.4 Tuntutan Fungsi Penggerak Depan.....	IV-10
Tabel IV.5 Alternatif Prinsip Kerja Fungsi Penggerak Depan .....	IV-10
Tabel IV.6 Tuntutan Fungsi Suspensi.....	IV-11
Tabel IV.7 Alternatif Prinsip Kerja Fungsi Suspensi .....	IV-11
Tabel IV.8 Kotak Morfologi .....	IV-12
Tabel IV.9 Tabel Rubrik Penilaian .....	IV-17
Tabel IV.10 Tabel Penilaian Teknis.....	IV-20
Tabel IV.11 Tabel Penilaian Ekonomis .....	IV-20
Tabel V.1 Tabel Rumus Analisis Kestabilan .....	V-2
Tabel V.2 Data Teknis Kendaraan .....	V-4
Tabel V.3 Massa Total Aktual Model.....	V-4
Tabel V.4 Variasi Sudut Belok .....	V-4
Tabel V.5 Variasi Kecepatan .....	V-5
Tabel V.6 Pada Kecepatan 5 km/jam.....	V-5
Tabel V.7 Pada Kecepatan 10 km/jam.....	V-9
Tabel V.8 Pada Kecepatan 15 km/jam.....	V-13
Tabel V.9 Pada Kecepatan 20 km/jam.....	V-16
Tabel V.10 Hasil Perhitungan Kestabilan.....	V-20

## DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Transportasi Darat [1] .....	I-1
Gambar I.2 Becak Konvensional [3].....	I-3
Gambar I.3 Becak Motor Bakar [4] .....	I-4
Gambar I.4 (a) SGD's no. 13 [7] (b) Becak Listrik [8] .....	I-5
Gambar II.1 Becak Konvensional [10] .....	II-1
Gambar II.2 Kendaraan Listrik <i>Cybertruck</i> Tesla [12].....	II-3
Gambar II.3 Klasifikasi Kendaraan Listrik Berdasarkan Teknologi dan Konfigurasi Mesin [13].....	II-3
Gambar II.4 <i>Front Wheel Drive</i> [14] .....	II-5
Gambar II.5 (a) Urutan Lengkap Perencanaan dan Proses Desain [16] (b) G. Pahl & W. Beitz <i>Design Method</i> .....	II-7
Gambar II.6 Urutan Pekerjaan Utama untuk Membuat Daftar Tuntutan [16]....	II-8
Gambar II.7 Urutan Desain Konsep [16] .....	II-9
Gambar II.8 Urutan <i>Embodiment Design</i> [16].....	II-11
Gambar II.9 Urutan Detail Desain [16].....	II-12
Gambar II.10 Alur Metode Kuasi Dinamik [17].....	II-14
Gambar II.11 <i>Chamber</i> pada Kendaraan [17].....	II-16
Gambar II.12 Sudut <i>Aligment</i> pada Kendaraan [17].....	II-18
Gambar II.13 Sudut <i>Aligment</i> pada Kendaraan [17].....	II-19
Gambar II.14 <i>recirculating-ball</i> [17] .....	II-20
Gambar II.15 <i>rack-and-pinion</i> [17].....	II-20
Gambar II.16 Motor Listrik.....	II-21
Gambar II.17 Gardan [19].....	II-22
Gambar III.1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penyelesaian Masalah .....	III-1
Gambar III.2 Lanjutan <i>Flowchart</i> Metodologi Penyelesaian Masalah.....	III-2
Gambar IV.1 Pengukuran Dimensi Becak Listrik PT. JMI .....	IV-1
Gambar IV.2 Becak Listrik PT. JMI Tampak Belakang.....	IV-2
Gambar IV.3 Fungsi Keseluruhan dan Sub-Fungsi Becak Listrik Tipe FWD ..	IV-7
Gambar IV.4 Diagram Pohon Fungsi Becak Listrik Tipe FWD.....	IV-7

Gambar IV.5 Tampak Bawah Becak Listrik PT.JMI.....	IV-8
Gambar IV.6 Ilustrasi Sub-fungsi Penggerak Depan.....	IV-9
Gambar IV.7 Ilustrasi Fungsi Suspensi.....	IV-9
Gambar IV.8 Sket Sistem AVK 1 .....	IV-13
Gambar IV.9 Sket Sistem AVK 2 .....	IV-14
Gambar IV.10 Sket Sistem AVK 3 .....	IV-15
Gambar IV.11 Sket Sistem AVK 4 .....	IV-16
Gambar IV.12 Komparasi Nilai Teknis dan Ekonomis .....	IV-21
Gambar IV.13 Rancangan becak listrik tipe FWD .....	IV-31
Gambar V.1 Grafik Perbandingan Sudut Indeks <i>Understeer</i> Terhadap Sudut Belok .....	V-21
Gambar V.2 Model Pegas Majemuk.....	V-22
Gambar V.3 Posisi Tumpuan dan Gaya Pegas Majemuk .....	V-22
Gambar V.4 Tegangan (Analisis Pendekatan Terpisah).....	V-23
Gambar V.5 Defleksi (Analisis Pendekatan Terpisah) .....	V-23
Gambar V.6 <i>Safety Factor</i> (Analisis Pendekatan Terpisah) .....	V-24
Gambar V.7 Posisi Tumpuan dan Gaya Rangka Belakang.....	V-24
Gambar V.8 Grafik Konvergensi <i>Mesh</i> Rangka Belakang .....	V-25
Gambar V.9 Tegangan Pada Rangka Belakang .....	V-25
Gambar V.10 Defleksi Pada Rangka Belakang .....	V-25
Gambar V.11 <i>Safety Factor</i> Pada Rangka Belakang .....	V-26

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Data Diri
- Lampiran 2** Tabel Penunjang Perhitungan
- Lampiran 3** Data Hasil Perhitungan Dinamika Kendaraan
- Lampiran 4** Komponen Standar
- Lampiran 5** Draf, Gambar Susunan, dan Gambar Bagian

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

I	= arus listrik [Ampere]
t	= waktu [detik]
$\alpha_f$	= sudut slip roda depan [derajat ( $^{\circ}$ )]
$\alpha_r$	= sudut slip roda belakang [derajat ( $^{\circ}$ )]
$\delta$	= sudut belok roda [derajat ( $^{\circ}$ )]
$\delta_f$	= sudut belok roda depan [derajat ( $^{\circ}$ )]
$\beta$	= sudut slip kendaraan [derajat ( $^{\circ}$ )]
a	= jarak titik berat ke sumbu roda depan [meter (m)]
b	= jarak titik berat ke sumbu roda belakang [meter (m)]
d	= diameter luar roda [meter (m)]
d <sub>0</sub>	= diameter dalam pegas pelat [meter (m)]
e	= tebal pegas [meter (m)]
F <sub>c</sub>	= gaya sentrifugal [Newton (N)]
F <sub>cf</sub>	= gaya samping roda depan [Newton (N)]
F <sub>cr</sub>	= gaya samping roda belakang [Newton (N)]
F <sub>y</sub>	= gaya lateral total [Newton (N)]
F <sub>s</sub>	= gaya samping angin [Newton (N)]
F <sub>z</sub>	= gaya normal roda [Newton (N)]
g	= percepatan gravitasi [meter/s <sup>2</sup> ]
h	= jarak titik berat ke tanah [meter (m)]
I	= momen inersia [m <sup>4</sup> ]
L	= panjang kendaraan (wheelbase) [meter (m)]
M	= momen atau massa [N·m atau kg]
P	= daya [Watt (W)]
R	= jari-jari roda atau radius belok nyata [meter (m)]
R <sub>n</sub>	= radius belok nyata [meter (m)]
t	= lebar pegas [meter (m)]
V	= kecepatan kendaraan [meter/s (m/s)]
W	= berat kendaraan [Newton (N)]

$\sigma$	= tegangan [N/mm <sup>2</sup> atau MPa]
$\sigma_{ij}$	= tegangan von Mises [MPa]
SF	= faktor keamanan (safety factor) [-]
$\mu$	= koefisien gesek [-]
$\tau$	= tegangan geser [N/mm <sup>2</sup> atau MPa]
$\rho$	= massa jenis material [kg/m <sup>3</sup> ]
$\theta$	= sudut rotasi atau kemiringan [derajat (°)]

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang



Gambar I.1 Transportasi Darat [1]

Transportasi dapat dikategorikan berdasarkan wilayah yang dilaluinya menjadi tiga jenis utama, yaitu transportasi darat, laut, dan udara. Ketiga jenis transportasi ini berfungsi sebagai sarana utama untuk mendukung mobilitas manusia dan distribusi barang, baik dalam skala lokal maupun internasional. Transportasi darat mencakup berbagai moda transportasi, baik yang ramah lingkungan maupun tidak. Salah satu moda transportasi yang ramah lingkungan adalah becak, yakni becak konvensional pada umumnya. Becak merupakan kendaraan roda tiga yang digerakkan secara manual oleh pengemudi dengan mengayuh pedal.

Seiring dengan perkembangan transportasi yang semakin modern, kini becak konvensional telah menjadi salah satu transportasi alternatif. Hal tersebut memberikan dampak pada pengurangan jumlah becak konvensional yang beroperasi di beberapa daerah Indonesia termasuk wilayah DIY. Data dari berbagai sumber yang diperoleh juga membuktikan penurunan jumlah tersebut. Pada Tahun 2015 jumlah becak konvensional mencapai 8.000 unit [2]. Kemudian di Tahun 2016 terjadi penurunan jumlah hingga 5.080 unit [2]. Dalam Laporan Akhir Penanganan

Kajian Angkutan Konvensional oleh Dishub DIY, diketahui bahwa pada tahun 2017 jumlah becak konvensional terus berkurang hingga 3.415 unit [2]. Hingga pada Tahun 2018 jumlah becak konvensional mencapai 3.325 unit [2]. Pelestarian becak konvensional di wilayah DIY menemui tantangan dengan jumlah yang semakin berkurang. Pengurangan jumlah tidak hanya memberikan dampak pada keberlangsungan becak konvensional saja namun juga mengancam pekerjaan para pengemudi becak. Berdasarkan data yang dirilis oleh Dishub DIY tahun 2017 menunjukkan bahwa dari 325 responden pengemudi becak di wilayah DIY, sebesar 85%-nya merupakan status pekerjaan tetap [2]. Data tersebut membuktikan bahwa masih banyak pengemudi becak yang mencari nafkah melalui becaknya. Fenomena tersebut menjadi kekhawatiran yang harus segera ditanggapi melalui berbagai upaya penanganan sekaligus melibatkan berbagai pihak demi melestarikan becak konvensional. Salah satu sektor yang mampu mengangkat potensi dan menjaga keberadaan becak konvensional untuk tetap bertahan adalah pariwisata. Perpaduan antara pariwisata dan becak menjadikan Yogyakarta memiliki ikon destinasi pariwisata yang unik dan tidak dimiliki oleh daerah lain [2]. Salah satu tempat di Kota Yogyakarta yang menjadi pusat konsentrasi sejumlah becak konvensional yaitu kawasan Malioboro. kawasan Malioboro telah ada sejak 200-an tahun lalu dan menjadi saksi perkembangan Kota Yogyakarta hingga sekarang. Oleh karena itu, kawasan Malioboro sarat akan nilai budaya, sejarah dan filosofis [2]. Kawasan Malioboro dengan daya tarik tempat yang dimiliki menjadi salah satu destinasi wisata unggulan di Kota Yogyakarta, sekaligus tempat strategis bagi becak konvensional untuk menawarkan jasa transportasi kepada para wisatawan [2].

Meskipun ramah lingkungan, becak konvensional memiliki keterbatasan dari segi efisiensi dan kenyamanan, terutama bagi pengemudi. Salah satu tantangan utama yang dihadapi pengemudi becak konvensional adalah cepat merasa lelah. Hal ini disebabkan oleh beban kerja fisik yang berat, terutama saat mengangkut penumpang atau barang di medan yang sulit. Kondisi ini membuat pekerjaan sebagai pengemudi becak menjadi kurang menarik, terutama bagi generasi muda. Bahkan, bila dilihat dari kendala pengemudi, becak konvensional memiliki

keterbatasan dari segi radius jarak perjalanan yang dapat ditempuh sehingga mempengaruhi segmen pasar para penumpang yang akan menggunakan jasa becak. Disisi lain apabila dilihat dari permasalahan becak itu sendiri terdapat beberapa kendala. Kendala yang pertama ialah radius belok becak yang kecil ketika sedang berbelok sehingga mengurangi kemudahan dalam bermanuver. Kendala yang kedua ialah sistem kemudi becak yang cukup berat sehingga agak sulit bagi pengemudi untuk mengendalikan becak dengan nyaman. Lalu kendala yang ketiga tidak terdapatnya sistem mekanisme untuk memundurkan becak sehingga pengemudi harus turun ketika akan memundurkan becak saat berada di tempat sempit yang tidak memungkinkan untuk putar balik.



Gambar I.2 Becak Konvensional [3]

Sebagai solusi awal, becak motor bakar pun diperkenalkan untuk mengurangi beban fisik pengemudi. Becak motor bakar menggunakan mesin sebagai sumber tenaga penggerak, sehingga lebih mudah dikendalikan dan menyelesaikan permasalahan jangkauan tempuh dan memperluas segmen pasar. Namun, penggunaan becak motor bakar menimbulkan tantangan baru, seperti meningkatnya polusi udara, kebutuhan surat izin mengemudi, serta risiko penyalahgunaan komponen becak motor bakar yang berasal dari komponen motor curian. Menurut [4], Kepala Dinas Perhubungan (Dishub) Jember Agus Wijaya melalui Kepala Bidang (Kabid) Lalu Lintas Dian Eka menyatakan bahwa “Dalam Undang-Undang Nomor 22 Tahun

2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (LLAJ), jenis angkutan becak bermotor itu tidak ada”. Sehingga moda transportasi tersebut merupakan kendaraan lokal yang belum resmi.



Gambar I.3 Becak Motor Bakar [4]

Alternatif solusi terbaik yang dapat dikembangkan ialah dengan mentransformasi becak konvensional menjadi becak listrik. Becak listrik sendiri memanfaatkan motor listrik sebagai penggerak utama tetapi tetap memungkinkan pengemudi untuk mengayuh secara manual. Hal ini membuat becak listrik menjadi solusi yang lebih ramah lingkungan dan efisien. Penggunaan becak listrik juga mendukung program global untuk mengurangi emisi karbon sehingga menurunkan emisi gas rumah kaca [5]. Bahkan dalam laporan PBB tahun 2024 disebutkan untuk perlu melakukan tindakan segera untuk pengurangan drastis emisi gas rumah kaca global selama dekade ini dan pencapaian emisi nol bersih pada tahun 2050 [6]. Sehingga dalam konteks keberlanjutan, becak listrik dapat menjadi salah satu moda transportasi lokal yang mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan dengan mengurangi jejak karbon dari sektor transportasi.



Gambar I.4 (a) SGD's no. 13 [7] (b) Becak Listrik [8]

Pada tahun 2024, Presiden Terpilih Republik Indonesia, Prabowo Subianto, memperkenalkan program unggulan berupa pengembangan becak listrik sebagai bagian dari upaya memajukan transportasi ramah lingkungan di Indonesia [9]. Program ini menarik perhatian berbagai pihak, termasuk PT Josun Motor Indonesia, yang berkomitmen untuk mendukung realisasi inisiatif tersebut. Dalam rangka mendukung program becak listrik ini, PT Josun Motor Indonesia menjalin kerja sama dengan Politeknik Manufaktur Bandung untuk merancang dan mengembangkan dua model becak listrik yakni sistem penggerak roda depan (*front wheel drive*) dan penggerak roda belakang (*rear wheel drive*).

Becak listrik berdasarkan jenis penggerak umumnya terbagi menjadi FWD (*front wheel drive*) dan RWD (*rear wheel drive*). Pada becak listrik, RWD atau sistem penggerak belakang adalah becak listrik yang menggunakan motor listrik untuk menggerakkan roda belakang. RWD memiliki keunggulan dalam memberikan dorongan pada kabin penumpang dan memiliki tumpuan di belakang sehingga memudahkan saat bermanuver. Lalu becak listrik FWD atau sistem penggerak depan adalah becak listrik yang menggunakan motor listrik untuk menggerakkan roda depan. Sistem FWD pada becak listrik memiliki keunggulan yaitu posisi tumpuan berat penumpang berada pada penggeraknya (di atas motor listrik yang posisinya di depan), sehingga lebih mudah bergerak pada kondisi jalanan yang membutuhkan dorongan yang besar. Namun, FWD memiliki kelemahan, yaitu

terasa berat saat dikemudikan. Hal ini dikarenakan posisi motor listrik yang langsung berada di bawah kemudi.

Becak listrik menggunakan motor listrik sebagai sumber penggerak untuk membawa penumpang. Oleh karena itu, diperlukan motor listrik dengan daya dan torsi yang memadai. Selain itu, kondisi motor listrik tersebut dirancang agar akselerasi awal berlangsung halus sehingga tidak menimbulkan sentakan yang dapat mengejutkan penumpang maupun pengemudi. Dari segi kenyamanan penumpang, rancangan becak listrik perlu memperhatikan aspek stabilitas untuk memastikan penumpang merasa nyaman selama beroperasi.

Dalam kajian paten yang relevan, ditemukan *patent* US8781684B2 [10] terkait sistem kemudi dan kontrol elektronik untuk kendaraan tiga roda bermesin depan (*front-wheel drive*), yang memungkinkan pengaturan *counter-steering* untuk menginisiasi kemiringan kabin saat berbelok dan meningkatkan stabilitas melalui *steer-by-wire*. Selain itu, terdapat paten Jerman EP3065958B1 [11] yang membahas sistem suspensi roda depan untuk kendaraan listrik berpengerak depan, menyoroti pentingnya desain suspensi yang sesuai untuk kendaraan sejenis guna meningkatkan kenyamanan dan keamanan pengendalian. Kedua paten ini menjadi dasar teknis penting untuk memahami tantangan dan peluang desain FWD dan suspensi dalam rancangan becak listrik, khususnya dalam konteks mengoptimalkan stabilitas, kenyamanan, serta respons penggerak pada moda transportasi roda tiga. Pengaplikasian becak listrik pada umumnya dapat dilakukan di berbagai daerah dan jalan-jalan nasional yang selama ini digunakan oleh becak konvensional. Namun, fokus utama implementasi ini akan diarahkan pada wilayah-wilayah yang memiliki tingkat penggunaan becak konvensional yang tinggi, seperti Yogyakarta dan Solo, Jawa Tengah. Transformasi ini menghadirkan peluang bisnis yang menjanjikan sekaligus memberikan manfaat bagi para pengemudi becak konvensional. Jika seluruh becak konvensional di kedua daerah tersebut digantikan oleh becak listrik, hal ini dapat menciptakan peluang usaha bagi para pelaku bisnis serta membantu meringankan beban kerja pengemudi becak dengan meningkatkan efisiensi operasional.

Perancangan becak listrik FWD dan RWD pesanan PT Josun Motor Indonesia dilakukan oleh tim desain dari Jurusan Design Engineering Polman Bandung.

Dalam penelitian ini tugas yang diberikan kepada penulis ialah untuk merancang sistem penggerak dan sistem suspensi pada becak listrik tipe *front wheel drive* (FWD). Oleh karena itu, diperlukan rancangan sistem penggerak yang mampu meminimalkan sentakan awal saat akselerasi, serta rancangan sistem suspensi yang dapat meningkatkan stabilitas dan memberikan kenyamanan bagi penumpang pada becak listrik tipe FWD.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Dari latar belakang di atas dirumuskan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem penggerak depan pada becak listrik tipe *front wheel drive*?
2. Bagaimana meminimalkan sentakan awal pada saat akselerasi?
3. Bagaimana merancang sistem penggerak depan pada becak listrik tipe *front wheel drive* yang memiliki fungsi pergerakan mundur?
4. Bagaimana merancang sistem suspensi yang mendukung konstruksi becak listrik tipe *front wheel drive*?

## **I.3 Batasan Masalah**

Agar dapat dibahas lebih spesifik maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Rancangan becak listrik menggunakan rancangan becak listrik milik PT. Josun Motor Indonesia.
2. Motor listrik penggerak depan menggunakan motor listrik yang ada di pasaran.
3. Bahasan baterai hanya sekedar berapa daya yang dibutuhkan dan menggunakan baterai yang tersedia di pasaran.
4. Komponen kelistrikan menggunakan komponen yang tersedia di pasaran.
5. Sistem suspensi fokus pada menjaga kestabilan tempat duduk penumpang.
6. Pengaplikasian becak listrik pada kondisi jalanan normal yang dilalui becak konvensional.

#### **I.4 Tujuan dan Manfaat**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan rancangan sistem penggerak depan pada becak listrik tipe *front wheel drive*.
2. Menghasilkan rancangan sistem suspensi yang dapat menjaga kestabilan tempat duduk penumpang.

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai referensi penelitian di masa yang akan datang.
2. Sebagai solusi terhadap permasalahan yang muncul pada pengemudi becak konvensional.

#### **I.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika proposal Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi tentang latar belakang permasalahan mengapa penulis memilih topik tersebut untuk dijadikan bahan penelitian serta penulis menyampaikan solusi dari permasalahan yang akan dianalisis, rumusan dan batasan masalah, tujuan dan manfaat, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu yang dibutuhkan dalam penyelesaian penelitian serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi langkah-langkah dan penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta langkah proses perancangan sistem.

BAB IV PENYELESAIAN MASALAH, berisi penyelesaian tugas akhir berupa perancangan sistem.

BAB V ANALISIS PERHITUNGAN DAN VALIDASI, berisi hasil analisis dan perhitungan terhadap pemilihan komponen, kontrol terhadap kekuatan bahan, serta hasil analisis dan simulasi dengan perangkat lunak.

BAB VI PENUTUP, berisi simpulan dan tujuan yang dicapai, serta saran.