

# **RANCANG BANGUN SISTEM KEMUDI PROTOTIPE MOBIL LISTRIK**

## **SKRIPSI**

Diajukan Untuk Penulisan Skripsi Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T.)  
Pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Nusantara PGRI Kediri



Oleh :

**SINGGIH DANU CAHYO**

NPM: 19.1.03.01.0083

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI

2023

Skripsi Oleh :  
**SINGGIH DANU CAHYO**

NPM: 19.1.03.01.0083

Judul:

**RANCANG BANGUN SISTEM KEMUDI PROTOTIPE MOBIL LISTRIK**

Telah Disetujui Untuk Diajukan/Kepada Panitia  
Ujian/Sidang Skripsi Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Nusantara PGRI Kediri  
Tanggal : 14 Juli 2023

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

**Ah. Sulhan Fauzi, M.Si**

NIDN : 0703117603

**YasintaSindy Pramasti, M.Pd**

NIDN : 0705089001

Skripsi oleh :  
**SINGGIH DANU CAHYO**

NPM : 19.1.03.01.0083

Judul :  
**RANCANG BANGUN SISTEM KEMUDI PROTOTIPE MOBIL LISTRIK**

Telah Dipertahankan di Depan Panitia Ujian/Sidang Skripsi  
Program Studi Teknik Mesin UNP Kediri  
Pada Tanggal: 17 Juli 2023

Dan Dinyatakan telah Memenuhi Persyaratan

Panitia Penguji :

1. Ketua : Ah Sulhan Fauzi, M.Si \_\_\_\_\_
2. Penguji I : Ali Akbar, M.T \_\_\_\_\_
3. Penguji II : Yasinta Sindy Ppramesti, M.Pd \_\_\_\_\_

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

**Dr. Suryo Widodo, M. Pd**

NIP. 19640202 1991031002

## **PERNYATAAN**

Yang bertanda tangan di bawah ini saya,

Nama : Singgih Danu Cahyo  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Tempat/tgl lahir : Malang/ 22 September 1999  
NPM : 19.1.03.01.0083  
Fak/Prodi : TEKNIK/TEKNIK MESIN

Menyatakan dengan sebenarnya, bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya tulis atau pendapat yang pernah diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara sengaja dan tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Kediri, 07 Juli 2023

Yang Menyatakan

**SINGGIH DANU CAHYO**

NPM: 19.1.03.01.0083

## **MOTTO**

Hiduplah sesuai keinginan anda dan sesekali lihatlah yang jauh di atas kita  
agar kalian mempunyai perubahan dalam kehidupan.

(Singgih Danu Cahyo)

Akan ku rindukan nasi pecel pak met  
Nasi pecel deman dan warungnya  
Akan ku ridukan juga dosen-dosen,  
teman-teman seperjuangan teknik mesin,  
Dan kenangan-kenangan yang telah saya buat di  
Universitas Nusantara PGRI Kediri

## ABSTRAK

**Singgih Danu Cahyo** : Rancang Bangun Sistem Kemudi Prototipe Mobil Listrik Skripsi, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri, 2023.

Perkembangan kendaraan otomotif di Indonesia dari tahun ke tahun selalu mengalami kemajuan seiring dengan meningkatnya jumlah pembelian atau penggunaan sepeda motor maupun mobil. Saat ini harga BBM semakin mahal dan cadangannya menjadi sangat terbatas serta sulit dikendalikan untuk masa yang akan datang. Hal ini memicu pengembangan penggunaan energi listrik dalam sistem transportasi sebagai pengganti bahan bakar fosil, sebab energi listrik mudah dibangkitkan dari berbagai macam sumber termasuk dari sumber-sumber energi terbarukan seperti contoh dengan menggunakan tenaga panas matahari yang dikonversikan ketenaga listrik. Dalam perancangan sistem kemudi prototipe mobil listrik tersendiri akan menggabungkan *tie rod* dan *ball joint* di mana pada saat belok steering wheel dan roda juga akan ikut belok. Mobil Listrik ini memiliki desain sistem kemudi mirip dengan mobil f1 yang mana steering wheel nya menggunakan pipa besi berbentuk T yang dilengkapi dengan tombol *on/off*, pengereman dan handel gas serta komponen pendukung lainnya seperti *tie rod*, *ball joint*, *bracket shaft*, dan penghubung *shaft*.

Dari hasil pengujian diketahui bahwa performa dari sistem kemudi manual bekerja dengan baik. Batang kemudi dan steer ketika diputar tidak ada kekocakan pada sambungan antara batang kemudi dengan plat, sehingga steer dapat diputar dengan ringan dan mudah. Disamping itu sistem kemudi manual ini menghasilkan sudut belok maksimal 20°. Pada uji coba 10° radius belok, pada percobaan pertama mendapatkan radius belok sejauh 13m dan percobaan kedua mendapatkan radius belok sejauh 14,3m. Simulasi buckling tie rod untuk tingkat *strees* nya mendapatkan hasil min 3,861 N/m<sup>2</sup> dan max 93.559.072,000 N/m<sup>2</sup>. Pada simulasi *Displacement* mendapatkan hasil min 0,000 mm dan max 1,500 mm. Dengan demikian sistem kemudi dapat mendukung kinerja pada mobil listrik tersebut.

**Kata Kunci** : Bahan Bakar, Mobil Listrik, Sistem Kemudi, *Tie Rod*

## ABSTRACT

**Singgih Danu Cahyo:** *Design and Build of an Electric Car Prototype Steering System*

*Thesis, Mechanical Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Nusantara University PGRI Kediri, 2023.*

*The development of automotive vehicles in Indonesia from year to year continues to progress along with the increasing number of purchases or use of motorcycles and cars. Currently, the price of fuel is getting more expensive and its reserves are very limited and difficult to control for the future. This triggers the development of the use of electrical energy in the transportation system as a substitute for fossil fuels, because electricity is easily generated from a variety of sources, including from renewable energy sources, for example by using solar thermal energy that is converted to electric power. In designing a separate electric car prototype steering system, it will combine tie rods and ball joints where when turning the steering wheel and the wheels will also turn. This electric car has a steering system design similar to an f1 car where the steering wheel uses a T-shaped iron pipe which is equipped with on/off buttons, braking and gas handles as well as other supporting components such as tie rods, ball joints, bracket shafts and connecting shafts.*

*From the test results it is known that the performance of the manual steering system works well. When the steering rod and steer are rotated there is no commotion in the connection between the steering rod and the plate, so that the steering wheel can be rotated easily and easily. Besides that, this manual steering system produces a maximum turning angle of 20°. In the 10° turning radius trial, the first experiment obtained a 13m turning radius and the second experiment obtained a 14.3m turning radius. The buckling tie rod simulation for the stress level yields min 3.861 N/m<sup>2</sup> and max 93,559,072,000 N/m<sup>2</sup>. In the Displacement simulation, the results are min 0.000 mm and max 1.500 mm. Thus the steering system can support the performance of the electric car.*

**Keywords:** *Fuel, Electric Car, Steering System, Tie Rod*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “**Rancang Bangun Sistem Kemudi Prototipe Mobil Listrik**” dapat diselesaikan dengan baik. Penulis menyadari dalam proses penulisan skripsi ini banyak mengalami kendala, berkat bantuan, bimbingan dan kerjasama dari berbagai pihak dan berkah daro Allah SWT sehingga kendala yang dihadapi dapat diatasi.

Penulisan skripsi ini di susun sebagai syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Nusantara PGRI Kediri .

Penulis menyadari dalam proses penulisan skripsi bisa selesai dengan baik berkat bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada orang-orang yang sangat berperan dalam penyelesaian skripsi ini, kepada yang terhormat:

1. Dr. Zainal Afandi, M.Pd. Selaku Rektor Universitas Nusantara PGRI Kediri yang selalu memberikan motivasi dan dorongan kepada mahasiswanya.
2. Dr. Suryo Widodo, M.Pd. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Nusantara PGRI Kediri yang telah memberikan kesempatan dalam proses penyelesaian skripsi ini kepada mahasiswa Fakultas Teknik khususnya kepada mahasiswa Jurusan Teknik Mesin.
3. Hesti Istiqlaliyah S.T., M.Eng. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Uuniversitas Nusantara PGRI Kediri.
4. Ah. Sulhan Fauzi, M.Si. dan Yasinta Sindy Pramesti, M.Pd. Selaku Dosen pembimbing yang selalu memberikan ilmu pengetahuan, semangat , motivasi, sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Segenap Bapak/Ibu Dosen Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan ilmunya dengan penuh kesabaran, Insya Allah penulis akan selalu mengamalkan apa yang Bapak/Ibu Dosen berikan selama ini.
6. Ucapan terima kasih juga di sampaikan kepada pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu menyelesaikan skripsi ini.

Disadari bahwa proposal ini masih banyak kekurangan, maka diharapkan tegur, sapa kritik dan saran saran, dari berbagai pihak sangat diharapkan.

Kediri, 19 Juni 2023

**SINGGIH DANU CAHYO**

NPM: 19.1.03.01.0083

## DAFTAR ISI

MOTTO .....	v
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Batasan Masalah .....	2
C. Rumusan Masalah .....	2
D. Tujuan Perancangan .....	3
E. Manfaat Perancangan .....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA .....	4
A. Kajian Penelitian Terdahulu .....	4
B. Kajian Teori .....	6
C. Kerangka Berfikir .....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	17
A. Pendekatan Perancangan .....	17
B. Prosedur Perancangan .....	17
C. Desain Perancangan .....	20
D. Tempat dan Waktu Perancangan .....	23
E. Metode Uji Coba Produk .....	25
F. Metode Validasi Produk .....	25
BAB IV HASIL PERANCANGAN DAN PEMBAHASAN.....	27
A. Spesifikasi Produk .....	27
B. Fungsi dan Cara Kerja .....	28
C. Hasil Uji Coba Produk .....	28
D. Hasil Validasi .....	39
E. Keunggulan dan Kelemahan Produk .....	43
BAB V PENUTUP .....	44

A. Kesimpulan .....	44
B. Saran .....	44
DAFTAR PUSTAKA .....	46
LAMPIRAN .....	48

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Desain sistem kemudi mobil listrik garuda unesa (Garnesa) .....	6
Gambar 2.2 Sudut Belok .....	8
Gambar 2.3 Grafik Hasil Simulasi <i>Buckling Tie Rod</i> .....	12
Gambar 2.4 Tampak atas dari ban dan pengukuran <i>slip angle</i> ban .....	12
Gambar 2.5 <i>Slip angle</i> terhadap koefisien <i>rolling resistance</i> .....	13
Gambar 2.6 Kerangka Berfikir .....	16
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Prosedur Perancangan .....	18
Gambar 3.2 Mobil Listrik Prototipe .....	20
Gambar 3.3 Desain sistem kemudi .....	21
Gambar 3.4 Sistem Kemudi Mobil Listrik Prototipe tampak samping .....	22
Gambar 3.5 Sistem Kemudi Mobil Listrik Prototipe tampak atas .....	22
Gambar 3.6 Sistem Kemudi Mobil Listrik Prototipe tampak depan .....	22
Gambar 4.1 Spesifikasi dan Dimensi Sistem Kemudi .....	27
Gambar 4.2 Uji coba belokan dengan radius 10° .....	32
Gambar 4.3 Uji coba belokan dengan radius 15° .....	33
Gambar 4.4 Uji coba belokan dengan radius 20° .....	34
Gambar 4.5 Analisis <i>Stress</i> pada <i>Buckling Tie Rod</i> .....	35
Gambar 4.6 Analisis <i>Displacement</i> pada <i>Buckling Tie Rod</i> .....	36
Gambar 4.7 Analisis <i>Strain</i> pada <i>Buckling Tie Rod</i> .....	37
Gambar 4.8 Analisis <i>Factor of Safety</i> pada <i>Buckling Tie Rod</i> .....	39

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil Simulasi <i>Buckling Tie Rod</i> .....	10
Tabel 3.1 Spesifikasi dan Dimensi Sistem Kemudi .....	21
Tabel 3.2 Jadwal Penelitian .....	23
Tabel 3.3 Data Teori dan Percobaan Radius dan Belokan Roda .....	24
Tabel 4.1 Data Teori dan Percobaan Radius 10° dan Belokan Roda .....	29
Tabel 4.2 Data Teori dan Percobaan Radius 15° dan Belokan Roda .....	30
Tabel 4.3 Data Teori dan Percobaan Radius 20° dan Belokan Roda .....	31
Tabel 4.4 Data Hasil Analisis <i>Stress</i> .....	35
Tabel 4.5 Ddata Hasil Analisis <i>Displacement</i> .....	36
Tabel 4.6 Data Hasil Analisis <i>Strain</i> .....	37
Tabel 4.7 Data Hasil Analisis <i>Factor of Safety</i> .....	39

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Kendaraan otomotif di Indonesia dari tahun ke tahun selalu mengalami kemajuan seiring dengan meningkatnya jumlah pembelian atau penggunaan sepeda motor maupun mobil. Saat ini harga Bahan Bakar Subsidi tergolong mahal dan untuk cadangannya terbatas serta sulit untuk diperbarui pada waktu mendatang. Terdapat isu lingkungan yang mungkin menjadi perhatian global pada masa datang sebagaimana tertuang dalam jurnal (EfSD) (Suyono, 2013). Berkembangnya penggunaan energi listrik pada sistem transportasi sebagai pengganti bahan bakar fosil, karena listrik mudah dihasilkan dari berbagai macam sumber, termasuk dari sumber energi yang dapat diperbarui, misalnya menggunakan energi panas matahari yang diubah menjadi energi listrik. Penerapan dan pembuatan mobil listrik akan mengurangi dampak dari polusi udara karena mobil listrik tidak mengeluarkan gas buang dan juga memberikan ide baru untuk transportasi masa yang akan datang dimana bahan bakar pada mobil bensin dan solar akan habis dan berkurang (Artika et al., 2017).

Mobil listrik merupakan mobil yang bergerak menggunakan motor listrik yang bersumber dari energi listrik yang tersimpan di dalam baterai. Mobil listrik ini tidak mengeluarkan gas buang yang menjadi penyebab polusi udara. Namun, mobil listrik ini memiliki kendala jarak tempuh yang pendek karena disebabkan oleh kapasitas baterai yang terbatas sehingga membutuhkan waktu untuk isi ulang baterai tersebut (Rizki et al., 2019). Mobil listrik mempunyai dua sistem utama, yaitu mekanik dan elektronik. Sistem mekanik merupakan sistem yang berhubungan dengan sistem akselerator, sasis, dan sistem kemudi. Sistem elektronik merupakan sistem yang berhubungan mengenai motor listrik, sensor pemantau, pengisian pada mobil listrik dan pengukuran kecepatan (Artika et al., 2017).

Dunia otomotif yang berkembang cepat menuntut para ilmuwan untuk meningkatkan performa dari segala aspek seperti stabilitas, kenyamanan, dan keamanan. Komponen yang paling penting dalam perancangan kendaraan untuk

mempengaruhi gerak kemudi terhadap input roda disebut sistem kemudi. Untuk itu diperlukan perancangan sistem kemudi yang aman dan nyaman guna menunjang kesempurnaan kendaraan itu sendiri (Fajar, 2015).

Perancangan kali ini menggunakan sistem kemudi *tie rod* sederhana untuk menyempurnakan desain sistem kemudi mobil listrik dengan memvariasikan tiga variasi jarak sumbu roda yaitu 1200 mm, 1300 mm, dan 1400 mm serta material *tie rod alloy steel* dan *plain carbon steel*. Sistem kemudi ini, terdapat pengaruh yang paling berbahaya untuk pengemudi jika komponen sistem kemudi terjadi kegagalan sehingga bisa berakibat kecelakaan (Rahim et al., 2022).

Untuk mendapatkan kontruksi sistem kemudi yang minimalis, nyaman, dan efisien saat di pakai berkendara, pada penelitian ini menggunakan sistem kemudi berbentuk huruf T yang dimana nanti dalam pembuatan sistem kemudi yang terbaru untuk tombol-tombol dan material lainnya jauh lebih lengkap dan bisa di gunakan dalam jangka panjang. Hal ini yang menjadi asal usul judul skripsi saya yaitu “**Rancang Bangun Sitem Kemudi Prototipe Mobil Listrik**”.

## **B. Batasan Masalah**

Menghindari kesalahan penyusunan Skripsi ini, penulis hanya membahas perancangan sistem kemudi mobil listrik yang bertujuan agar proses penulisan sesuai dengan yang diharapkan. Oleh itu, penulis perlu membatasi masalah yang akan dibahas sebagai berikut:

1. Perancangan ini dibatasi dengan pembuatan desain sistem kemudi.
2. Perancangan sistem kemudi mobil listrik ini di batasi dengan perhitungan berapa derajat sudut belok dan analisis kekuatan *tie rod*.
3. Perancangan sistem kemudi mobil listrik ini di batasi dengan pengujian radius belok dengan variasi  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $20^\circ$ .

## **C. Rumusan Masalah**

Dari uraian latar belakan di atas, maka dapat tersusun rumusan masalahnya sebagai berikut:

1. Bagaimana desain kontruksi sistem kemudi pada mobil listik tersebut?
2. Bagaimana cara untuk mengetahui nilai derajat sudut belok dan analisis

kekuatan tie rod terhadap sistem kemudi prototipe mobil listrik?

3. Bagaimana cara pengujian radius belok dengan variasi  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $20^\circ$  terhadap sistem kemudi prototipe mobil listrik?

#### **D. Tujuan Perancangan**

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas, dapat diuraikan tujuan perancangan sebagai berikut:

1. Mengetahui desain pada konstruksi sistem kemudi pada mobil listrik tersebut.
2. Mengetahui nilai derajat sudut belok dan analisis kekuatan tie rod terhadap sistem kemudi prototipe mobil listrik.
3. Mengetahui hasil dari pengujian radius belok terhadap sistem kemudi prototipe mobil listrik.

#### **E. Manfaat Perancangan**

Perancangan ini diharapkan dapat memberikan manfaat:

1. Akademis
  - a. Mengembangkan inovasi dan ide-ide kreatif mahasiswa teknik mesin dalam membuat mobil listrik tipe prototipe.
  - b. Memberikan informasi inovasi terbaru khususnya Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Nusantara PGRI Kediri dan instansi lainnya dalam berinovasi.
2. Praktisi
  - a. Diharapkan dengan adanya mobil listrik ini akan lebih mudah dalam memperkecil penggunaan bahan bakar fosil yang banyak.
  - b. Menjadikan mobil listrik masa depan yang khususnya dari segi harga sangat terjangkau, dibanding harga mobil konvensional.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### A. Kajian Penelitian Terdahulu

Penelitian ini berjudul “Perancangan Manual Sistem Kemudi Mobil Listrik Garuda Unesa (Garnesa)” yang telah merancang system kemudi mobil listrik yang sederhana tanpa mengesampingkan keselamatan bagi pengguna mobil tersebut. Sistem kemudi ini dibuat dengan mencontoh desain sistem kemudi pada mobil dimana sistem kemudinya menggunakan *Recirculating Ball* dan *pinion and rack*. Proses pembuatan sistem kemudi prototipe mobil listrik ini, untuk mendesain sistem kemudinya menggunakan *Software Autodesk Autocad*, pada proses pembuatan sistem kemudi menggunakan pipa besi sebagai *steering wheel* nya (stang), juga sebagai batang sistem kemudi serta batang penghubung *tie rod* dan *ball joint* (Suyono, 2013).

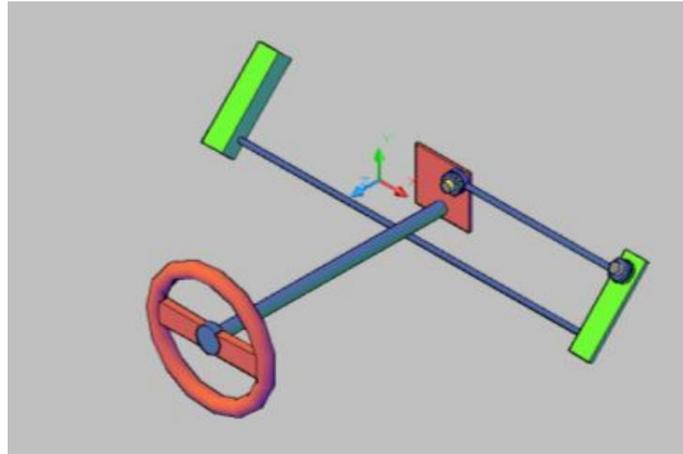
Perancangan sistem kemudi pada mobil listrik ini menggunakan mekanisme kemudi *pinion and rack*. Cara yang pertama dilakukan dengan membuat desain 3D pada *Autodesk Inventor*. Pendekatan yang digunakan dalam perancangan ini adalah melakukan simulasi sistem kemudi yang diberikan variasi bentuk penempatan *shaft rack* dan variasi panjang *rack shaft* untuk mengetahui pengaruh radius sudut belok yang dihasilkan. Akan diperoleh data radius sudut belok roda bagian dalam dan bagian luar yang selanjutnya akan di plot pada grafik bersama dengan sudut belok Ackerman untuk dianalisis. Diketahui juga pengaruh perpindahan penempatan *shaft rack* dan panjang *rack shaft* terhadap *steering* yang dihasilkan, perbedaan radius sudut belok roda bagian luar yang disimulasikan oleh perancang pada sudut rotasi sama dari roda bagian dalam. Hasil perancangan sistem kemudi yang direkomendasikan kemudian di simulasikan keamanannya menggunakan *autodesk inventor* (Fajar, 2015).

Setiap mobil mempunyai beragam perbedaan sistem kemudinya, untuk itu pada rancangan ini menggunakan sistem kemudi sederhana *tie rod* untuk perbaikan rancangan sistem kemudi mobil listrik dengan memvariasikan tiga variasi wheelbase yaitu 1200 mm, 1300 mm dan 1400 mm serta material *tie rod alloy steel* dan *plain carbon steel*. Sistem kemudi ini, terdapat pengaruh yang

paling berbahaya untuk pengemudi jika komponen sistem kemudi terjadi kegagalan sehingga bisa berakibat kecelakaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis radius belok kendaraan terhadap tiga variasi *wheelbase*, menganalisis kegagalan material *tie rod* terhadap fenomena *buckling* dan rekomendasi sistem kemudi sederhana tie rod untuk tim mobil listrik Kapuas I Fakultas Teknik UNTAN. Penelitian ini menggunakan 3 metode, seperti studi literatur sebagai kajian penulis terhadap referensi yang berhubungan dengan penelitian, metode simulasi sebagai penggambaran suatu sistem menggunakan komputer dengan software CAD untuk simulasi sudut belok roda dan simulasi *buckling tie rod*, dan metode deskriptif untuk menganalisis hasil radius belok kendaraan dan hasil simulasi *buckling tie rod*. Kemudian hasil dari penelitian ini yaitu sudut belok roda luar sebesar 26,830, sudut belok roda dalam sebesar 29,180, *wheelbase* terbaik terdapat pada WBS I dan didapatkan radius belok 2,4 m (Rahim et al., 2022).

Cara kerja sistem kemudi adalah jika *steering wheel* dibelokkan ke kanan atau ke kiri, kemudian gerak putar diteruskan ke lengan *tie rod* melalui batang kemudi, sehingga pelat penghubung antara *tie rod* dan lengan tie rod juga akan berputar untuk melanjutkan putaran dari batang kemudi ke lengan batang pengikat. Sehingga putaran itu merubah arah kecepatan roda hingga roda juga dapat bergerak.

Sistem kemudi ini juga disebut dengan sistem kemudi konvensional dimana seluruh tenaga yang dibutuhkan untuk memutar roda disalurkan dari sistem kemudi. Sistem kemudi manual, untuk komponen-komponennya sangat sederhana, sistem kemudi tipe manual ini terdiri dari: *steering rod*, *steering wheel*, *steering rod*, *tie rod shaft*, *tie rod arm*, dan *ball joint*.



**Gambar 2.1** Desain Sistem Kemudi Prototipe Mobil Listrik (Garnesa)  
Sumber : (Suyono, 2013)

## B. Kajian Teori

### 1. Sistem kemudi

Sistem kemudi memiliki dua faktor yang menjadi tujuan pengembangannya yaitu untuk meningkatkan keselamatan dan memudahkan pengendalian kendaraan. Hal sama juga terjadi pada sistem kemudi yang awalnya mengandalkan gerakan manual hingga menggunakan elektrik. Sistem kemudi berfungsi untuk mengarahkan kendaraan agar lebih mudah bergerak (Yusuf, 2013).

Pengoperasian sistem kemudi ini cukup sangat mudah. Pengemudi yang di dalam mobil hanya perlu memutar kemudi ke kanan atau ke kiri, tergantung arah yang diinginkan. Dalam sistem kemudi terdapat komponen yang dapat mengubah gerak melingkar menjadi gerak batang ke roda yang fleksibel (Utama, 2014).

- a. Dalam perencanaan suatu sistem kemudi terdapat beberapa syarat yang harus dipenuhi, yaitu: digunakan sebagai pengatur arah kendaraan.
- b. Menjaga dan menjamin stabilitas kendaraan di semua jenis kecepatan dan belokan.

Pada pembahasan sistem kemudi digambarkan sebagai objek kaku yang mengabaikan efek suspensi. Model ini dibahas dengan tujuan untuk menunjukkan letak pusat massa, sifat ban, arah kestabilan kendaraan, dan kecepatan kendaraan.

## 2. Bentuk-bentuk sistem kemudi

Sistem kemudi pada dasarnya dibagi menjadi 2 (dua) yaitu:

### a. Sistem kemudi manual

Sistem kemudi mekanik disebut juga sistem kemudi konvensional karena masih menggunakan tenaga seorang pengemudi untuk memutar roda, komponen yang dipakai untuk meningkatkan gaya putar dari pengemudi dan mentransmisikan gerakan melingkar menjadi gerakan lurus ada dua yaitu: *rack and pinion* dan *recirculating-ball* (Priono, 2017).

### b. Sistem kemudi daya (*power steering*)

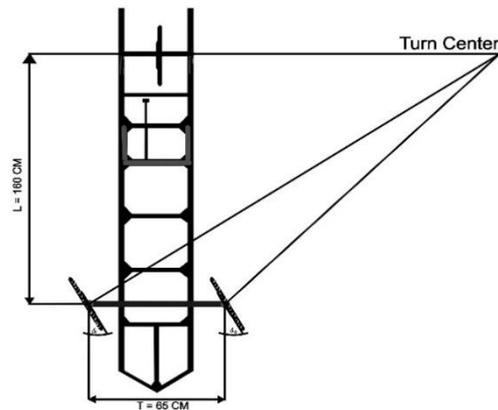
Sistem kemudi daya merupakan sebuah sistem yang bernama sistem hidrolis yang fungsinya untuk mengurangi tenaga yang dibutuhkan untuk memutar roda terutama pada kecepatan tinggi dan menyesuaikan pada kecepatan sedang dan rendah (Priono, 2017).

## 3. Spesifikasi Kendaraan

- a. Berat Kosong : 5 kg
- b. Panjang Kendaraan : 262 cm
- c. Lebar Kendaraan : 65 cm
- d. Tinggi Kendaraan : 60 cm
- e. Berat Kendaraan (W) : 101 kg
- f. *Wheelbase* : 187 cm
- g. *Track width* (L) : 62 cm

## 4. Perhitungan sudut belok

Perhitungan sudut belok itu sangat penting karena Sudut belok merupakan gerakan kritis yang menunjukkan seberapa stabil kendaraan tersebut. Sudut belok wajib dihitung untuk mengetahui seberapa besar ban yang dapat berputar atau belok (Rahim et al., 2022).



**Gambar 2.2** Sudut Belok

Untuk menghitung sudut belok menggunakan rumus:

$$R = \frac{tr}{2} + \frac{L}{\sin \delta} \dots\dots\dots (\text{Firmansyah et al., 2020}).$$

Keterangan:

$tr$  = *Track width* (m)

$L$  = *Wheel base* (m)

$\delta$  = *Steering angle* ( $^{\circ}$ )

$R$  = *Turning radius* (m)

Setelah didapat hasil sudut belok, maka dapat dihitung radius putarnya dengan rumus :

$$R = \frac{L}{\delta} \times 57,29 \dots\dots\dots (\text{Rahim et al., 2022}).$$

$$R = \frac{L}{\delta_t - L_t - L_r} \times 57,29 \dots\dots\dots (\text{Setyono et al, 2015})$$

Keterangan :

$L$  = *wheel base* (m)

$L_t$  = *Lebar jarak sumbu roda depan* (m)

$R$  = *Radius Putar* (m)

$L_r$  = *Lebar jarak sumbu roda belakang* (m)

$\delta$  = *Sudut belok roda depan* ( $^{\circ}$ )

## 5. Analisis kekuatan sistem kemudi

Analisis Rumus untuk menghitung torsi kingpin yang digunakan untuk memutar roda seperti yang ditunjukkan pada persamaan di bawah ini. Perhitungan antara jarak dari pusat roda ke sumbu kingpin dan lebar tapak roda di rumuskan di bawah ini:

$$T = W_f \mu \sqrt{\frac{B^2}{8} + E^2} \dots\dots\dots \text{(Rahim et al., 2022).}$$

Keterangan :

E = Kingpin Offset (m)

B = Lebar tapak (m)

T = Torsi Kingpin (Nm)

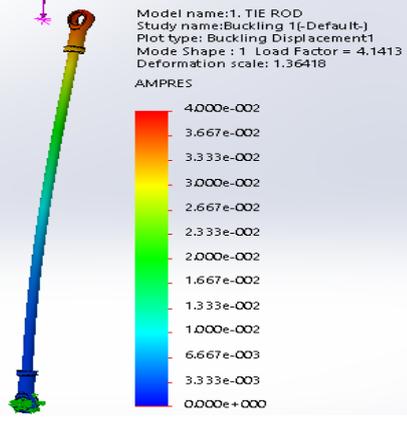
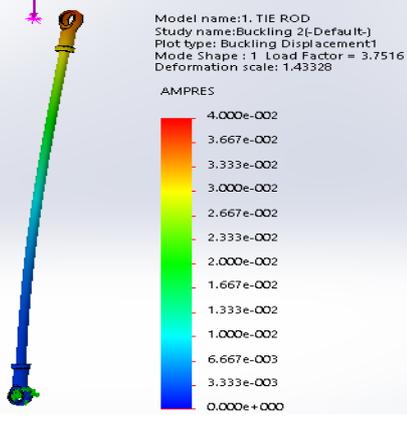
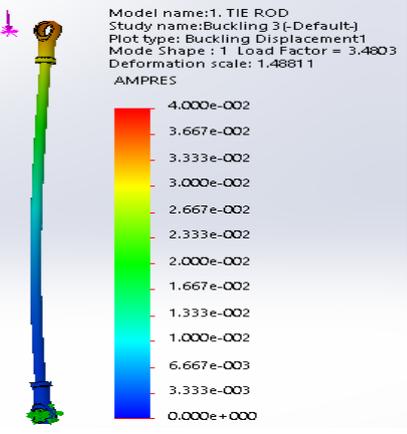
$W_f$  = Gaya berat kendaraan yang diterima poros depan (N)

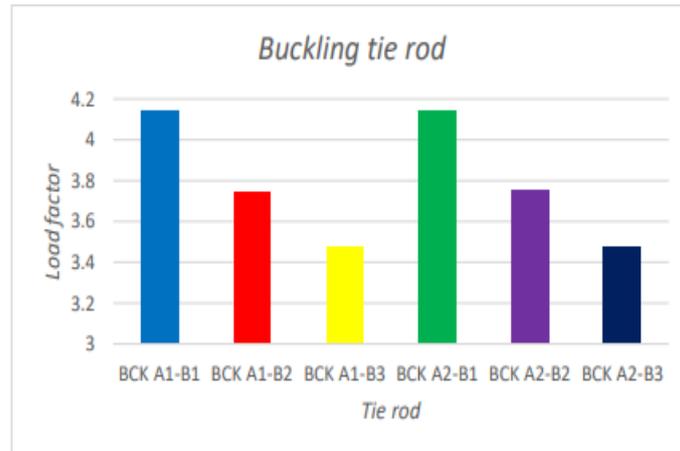
$\mu$  = Koefisien gesek antara ban dan jalan

Komponen yang menentukan arah kendaraan sehingga akan berbahaya bagi keselamatan pengemudi jika komponennya tidak berfungsi secara normal disebut sistem kemudi. Kegagalan yang ditemukan pada sistem kemudi mobil adalah fenomena tekuk. Komponen sistem kemudi yang rawan tekuk pada kondisi jalan yang kurang baik adalah *Tie rod*. Untuk itu, diperlukan analisis pada *tie rod* apakah komponen tersebut berfungsi atau tidak. Pembengkokan biasanya terjadi pada komponen yang memiliki karakteristik ramping, apabila dikenai gaya tekan akan menyebabkan pembengkokan pada komponen tersebut (Boresi, 1992). Tabel 2.1 menunjukkan hasil simulasi yang telah dilakukan, sedangkan Gambar 2.3 merupakan grafik hasil simulasi *buckling tie rod*.

**Tabel 2.1** Hasil Simulasi *Buckling Tie Rod*. Sumber (Rahim et al., 2022).

Material	Simulasi	Force	Hasil	Gambar
<i>Alloy steel</i>	BCK A1-B1	273,4686 N	4.1411	
<i>Alloy steel</i>	BCK A1-B2	302,1505 N	3.748	
<i>Alloy steel</i>	BCK A1-B3	325,4111 N	3.4801	

<p><i>Plain carbon steel</i></p>	<p>BCK A2-B1</p>	<p>273,4529 N</p>	<p>4.1413</p>	 <p>Model name:1. TIE ROD Study name:Buckling 1(-Default-) Plot type: Buckling Displacement1 Mode Shape : 1 Load Factor = 4.1413 Deformation scale: 1.36418 AMPRES 4.000e-002 3.667e-002 3.333e-002 3.000e-002 2.667e-002 2.333e-002 2.000e-002 1.667e-002 1.333e-002 1.000e-002 6.667e-003 3.333e-003 0.000e+000</p>
<p><i>Plain carbon steel</i></p>	<p>BCK A2-B2</p>	<p>301,8573 N</p>	<p>3.7516</p>	 <p>Model name:1. TIE ROD Study name:Buckling 2(-Default-) Plot type: Buckling Displacement1 Mode Shape : 1 Load Factor = 3.7516 Deformation scale: 1.43328 AMPRES 4.000e-002 3.667e-002 3.333e-002 3.000e-002 2.667e-002 2.333e-002 2.000e-002 1.667e-002 1.333e-002 1.000e-002 6.667e-003 3.333e-003 0.000e+000</p>
<p><i>Plain carbon steel</i></p>	<p>BCK A2-B3</p>	<p>325,3926 N</p>	<p>3.4803</p>	 <p>Model name:1. TIE ROD Study name:Buckling 3(-Default-) Plot type: Buckling Displacement1 Mode Shape : 1 Load Factor = 3.4803 Deformation scale: 1.48811 AMPRES 4.000e-002 3.667e-002 3.333e-002 3.000e-002 2.667e-002 2.333e-002 2.000e-002 1.667e-002 1.333e-002 1.000e-002 6.667e-003 3.333e-003 0.000e+000</p>

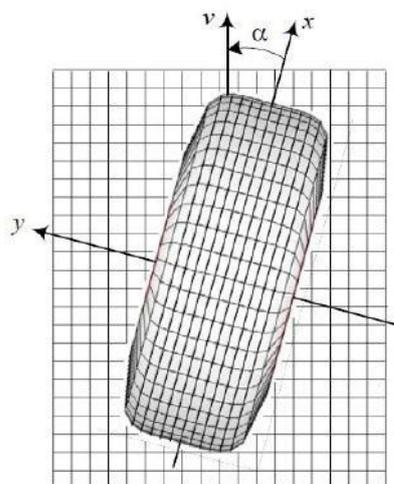


**Gambar 2.3** Grafik Hasil Simulasi *Buckling Tie Rod*  
Sumber : (Rahim et al., 2022).

Tabel 2.1 menunjukkan hasil simulasi *buckling tie rod*, dimana terlihat bahwa semakin besar *force* yang digunakan untuk simulasi maka semakin kecil *load factor* yang didapatkan dan semakin kecil *force* digunakan maka semakin besar pula *load factor* didapatkan. *Load factor* ini mempunyai pengaruh pada keamanan suatu material. Dimana suatu benda/komponen disebut aman jika gaya kritis yang diizinkan lebih besar dari gaya yang diterima oleh  $F$  ( $F_{cr} > F$ ) (Rahim et al., 2022).

#### 6. Sudut Slip Ban

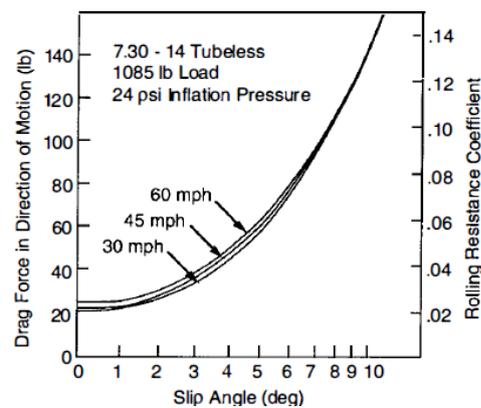
Sudut slip ban merupakan sudut antara sebenarnya dari roda yang menggelinding pada lintasan dengan arah yang menunjukkan kecepatan laju roda.



**Gambar 2.4** Tampak Atas Dari Ban dan Pengukuran *Slip Angle* Ban.

Gambar 2 menunjukkan free body diagram dari sebuah roda. Sudut selip ( $\alpha$ ) didefinisikan sebagai sudut yang terbentuk antara arah vektor  $v$  ke sumbu  $x$  roda.

Roda mentransfer gaya traksi dan pengereman dengan menunjukkan nilai tahanan gelinding yang lebih tinggi karena selip roda dan gesekan yang dihasilkan. Nilai sudut selip yang terjadi pada kondisi pengendaraan normal jarang melebihi  $12^\circ$ . Gambar 2.5 menunjukkan pengaruh sudut slip pada *rolling resistance*.



**Gambar 2.5** Pengaruh Sudut Slip terhadap *Rolling Resistance*

## 7. Komponen-komponen sistem kemudi

### a. *Steering wheel*

Roda kemudi berfungsi untuk mengontrol saat kendaraan melaju merupakan bagian penting dari komponen kendaraan. Pada rancangan ini menggunakan akrilik dengan ketebalan 30 mm, panjang 250 mm dan lebar 150 mm. Jenis material ini dipilih karena memiliki bobot yang ringan, kuat dan mudah untuk dibentuk.

### b. *Holder / Tombol*

Holder atau tombol ini juga sangat berfungsi di sistem kemudi, fungsi dari holder tersendiri adalah untuk menghidupkan atau menyalakan suatu komponen yang sebelumnya mati menjadi hidup atau menyala. Untuk sistem kemudi yang saya buat nanti menggunakan holder atau tombol *on/off*, tombol stater, dan tombol klakson.

c. Speedometer

Speedometer adalah alat pengukur kecepatan kendaraan bermotor. Alat ukur satu ini merupakan salah satu fitur standar yang tersedia pada berbagai kendaraan darat seperti sepeda motor, bus, termasuk mobil. Speedometer berfungsi sebagai alat pengukur untuk mengatur kecepatan sepeda motor saat digunakan, dan digunakan sebagai meteran untuk mengatur kecepatan di suatu medan atau ruas jalan yang dibatasi oleh kecepatan maksimum kendaraan atau kecepatan minimum kendaraan. Fungsi lain dari speedometer ini saat pemengemudi menjalankan kendaraan, pengemudi akan mengerti kecepatan dari mobil listrik tersebut.

d. *Akrylic*

Akrilik adalah plastik yang terlihat seperti kaca pada umumnya. Tetapi, akrilik memiliki sifat yang unggul dari bahan seperti seng, kaca, dan lainnya. Kenggulan yang di miliki oleh akrilik adalah kelenturan bahannya. Ciri lain dari akrilik adalah bahan yang ringan, juga mudah dipotong, dan tidak mudah pecah. Akrilik pada sistem kemudi ini berfungsi sebagai *braket* untuk speedometer agar speedometer saat dipasang pada steering system tidak goyang dan bergetar. Sifatnya yang tahan pecah juga membuat akrilik menjadi bahan ideal untuk digunakan dalam aplikasi yang merusak bahan akan berakibat fatal, seperti jendela kapal selam (Arsitag, 2017).

e. *Bracket* roda kemudi

*Bracket* roda kemudi ini berfungsi sebagai penyangga agar tetap stabil pada tempatnya. Jenis material yang digunakan pada kendaraan ini adalah *steel* pejal ASTM A38 karena sangat ringan (Concept, 2018).

f. *Bracket shaft*

*Bracket shaft* berfungsi sebagai penahan dan tumpuan dari *shaft* roda maupun sistem pengeremanya. Komponen ini mempunyai fungsi yang sangat penting untuk menahan beban mobil bagian depan. Komponen ini mempunyai bobot yang ringan dan juga mampu menahan beban pengereman.

g. Penghubung *shaft*

Penghubung *shaft* adalah tumpuan rangka utama pada sistem kemudi dan roda. Komponen ini berbentuk seperti huruf I. Kami memilih konstruksi ini karena sangat sederhana dan mudah dalam proses pembuatannya. Proses pembuatan dengan cara pengelasan pada bagian pinggir kedua sisi. *Steel square Hollow* Aluminium 6063 jenis material ini memiliki kekuatan yang baik untuk menunjang stabilitas dari penghubung *shaft* (Industri, 2017).

h. *Ball joint*

*Ball joint* berfungsi untuk mengikat *steering knuckle* dengan bagian arm. *Ball joint* biasanya langsung terhubung dengan *tie rod*. *Ball joint* pada perancangan kendaraan ini menggunakan jenis M8.

i. *Tie rod*

*Tie rod* adalah untuk menjaga keseimbangan di mobil. (Setiawan, 2018). Komponen *tie rod* ini berkaitan dengan sistem kemudi mobil. Tanpa *tie rod*, mobil tidak mungkin berjalan stabil, bahkan sulit dikendalikan.

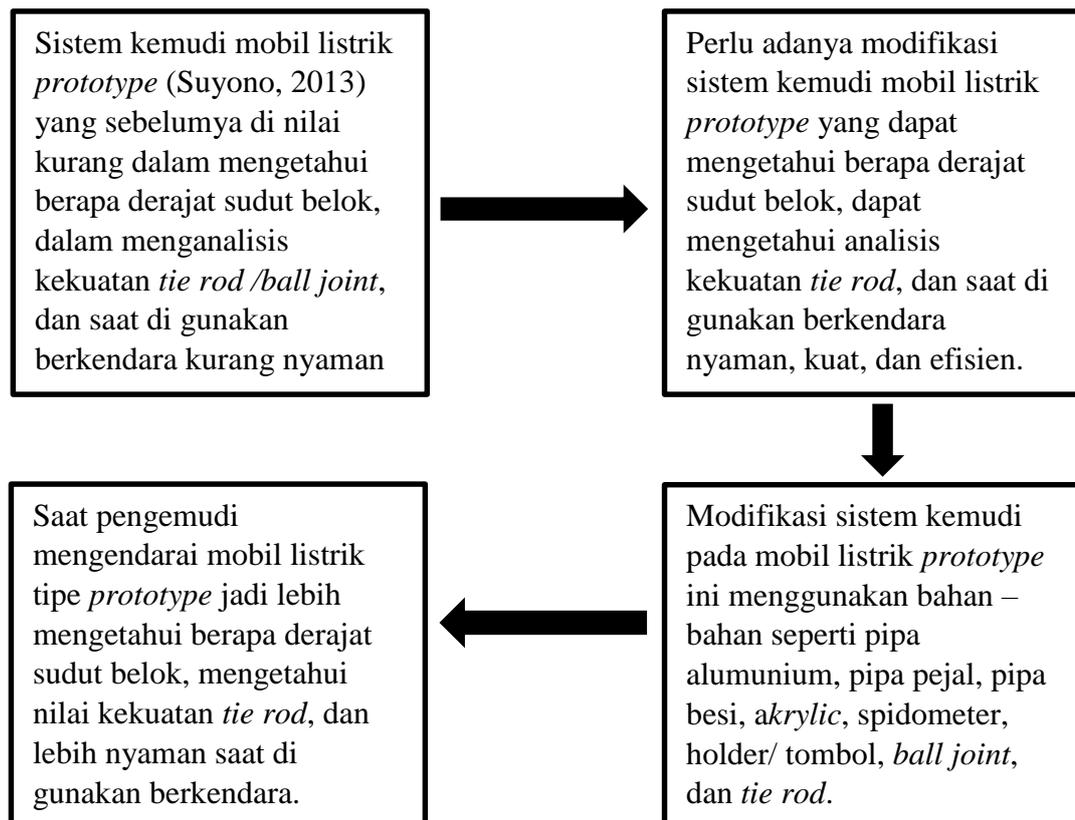
j. *Spesifikasi Assembly* sistem kemudi

*Assembly* adalah proses penyatuan antar komponen hingga menjadi satu kesatuan sistem kemudi yang dapat bekerja dengan normal (Lee, Nelson, and Lohse-Busch 2009). Perancangan sistem kemudi ini meliputi sebagai berikut :

- Merancang breket batang kemudi pada chasis
- Mengelas plat V pada batang kemudi
- Merancang batang kemudi pada breket
- Merancang *tie rod* pada plat V
- Merancang *ball joint* pada breket *shaft*
- Merancang roda kemudi pada batang kemudi

### C. Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir dalam suatu perancangan sangat penting untuk dicantumkan dengan tujuan untuk memudahkan pembaca dalam memahami alur dari perancangan tersebut. Adapun kerangka berfikir dari penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Sitem kemudi prototipe mobil listrik”. Dapat dilihat dari gambar berikut :



**Gambar 2.6** Kerangka Berfikir

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

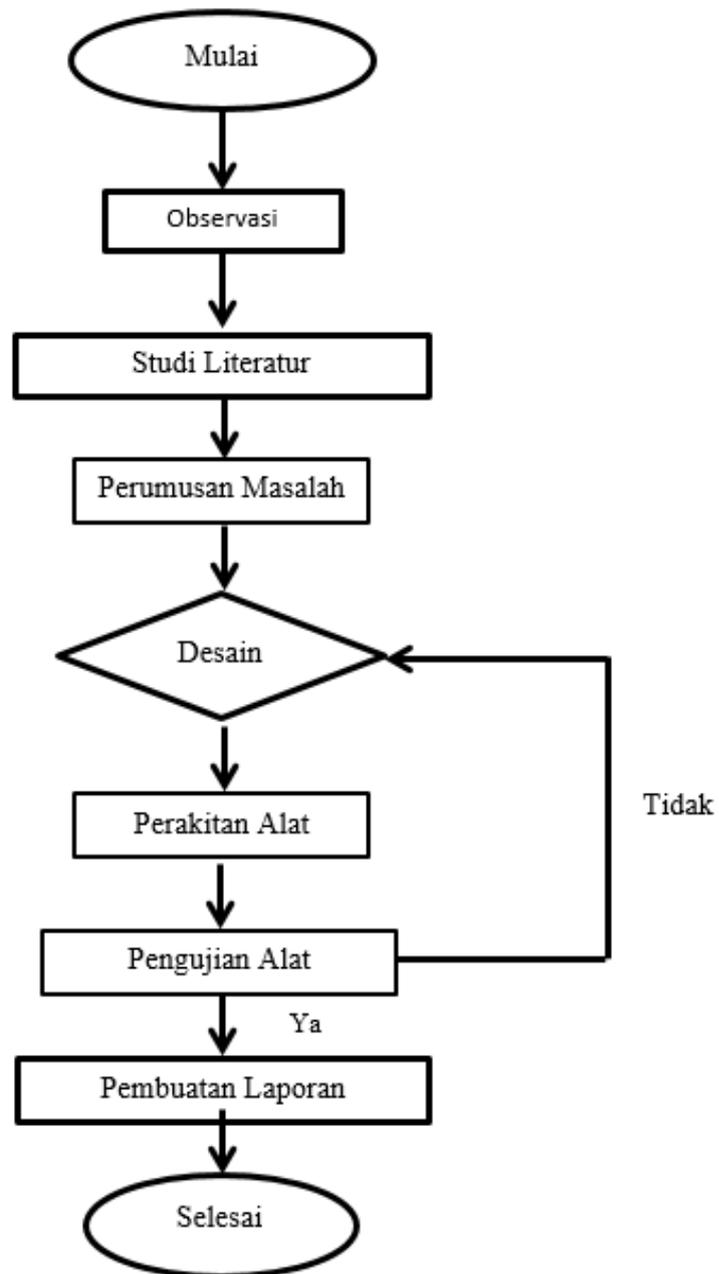
#### **A. Pendekatan Perancangan**

Perancangan adalah suatu proses mendefinisikan yang dilakukan dengan menggunakan berbagai teknik dan melibatkan deskripsi arsitektur serta kendala yang akan dialami dalam proses tersebut (Aziz et al, 2020). Dalam hal ini apabila sebuah desain perancangan sebuah produk maka hal pertama yang akan dilakukan perancang adalah merancang desain alat yang akan dibuat.

Mobil listrik dengan menggunakan sistem kemudi jenis *recirculating ball* sebagai penggerak roda depan yang di desain untuk kendaraan masa depan mendatang, di rancang dengan menggunakan sistem kemudi yang memiliki berbagai komponen sebagai salah satu inovasi terbaru. Sebelumnya memang sudah ada mobil listrik dengan menggunakan sistem kemudi model *recirculating ball* yang ada di universitas lain tapi, untuk sistem kemudi di universitas lain belum memiliki komponen tambahan seperti spidometer untuk mengetahui kecepatan mobil listrik tersebut. Maka dari itu pada perancangan ini diharapkan dapat membantu masyarakat dalam pengenalan sistem kemudi mobil listrik yang lebih nyaman, kuat dan efisien pada saat di gunakan saat berkendara.

#### **B. Prosedur Perancangan**

Perancangan ini memiliki tahapan kerja yang digunakan dalam merancang suatu objek rancangan. Prosedur perancangan membutuhkan suatu ide dalam memudahkan perancang untuk mengembangkan rancangan. Langkah-langkah yang dilakkukan dalam membuat perancangan sistem kemudi prototipe mobil listrik sebagai berikut:



**Gambar 3.1** *Flowchart* Prosedur Perancangan

## 1. Observasi

Pada proses pembuatan sistem kemudi mobil listrik tipe prototipe ini dilakukan Observasi secara bertahap ke Universitas ternama yang ada di Indonesia khususnya di daerah Jawa Timur. Sebagai pengamatan suatu riset kendaraan berbasis listrik sebagai narasumber untuk mengetahui kendala dan permasalahan selama proses pembuatan mobil listrik hemat energi agar cepat terselesaikan.

## 2. Studi Literatur

Studi literatur merupakan proses pengumpulan data baik dari buku, jurnal, maupun website yang berhubungan dengan sistem kelistrikan maupun mobil listrik itu sendiri. Fungsi study literature untuk mengetahui tentang informasi serta referensi dalam melakukan sebuah rancangan sistem kemudi mobil listrik.

## 3. Perumusan Masalah

Setelah tahap observasi dan studi literature, dalam proses perancangan ini menemukan permasalahan mengenai sistem kemudi yang desain dan kekuatannya belum maksimal dan komponen-komponennya masih kurang yang akhirnya menimbulkan pengemudi kurang nyaman saat berkendara, maka dari itu dihadirkan lah sistem kemudi mobil listrik tipe prototipe.

## 4. Desain

Desain pada kendaraan mobil listrik ini dibuat dengan spesifikasi dan dimensi seperti mobil F1 agar terlihat lebih efisien dalam hal penggunaannya. Proses perancangan ini menggunakan pendekatan perancangan dengan mendesain sistem kemudi yang sudah ada dengan bentuk dan ukuran yang berbeda dengan desain sistem kemudi yang nyaman dan sekuat mungkin agar pengemudi merasa nyaman.

#### 5. Perakitan Alat

Proses perakitan alat ini guna untuk mengerjakan alat tersebut dan dikembangkan sesuai kebutuhan dan para masyarakat dengan spesifikasi tertentu yang telah ditentukan.

#### 6. Pengujian Alat

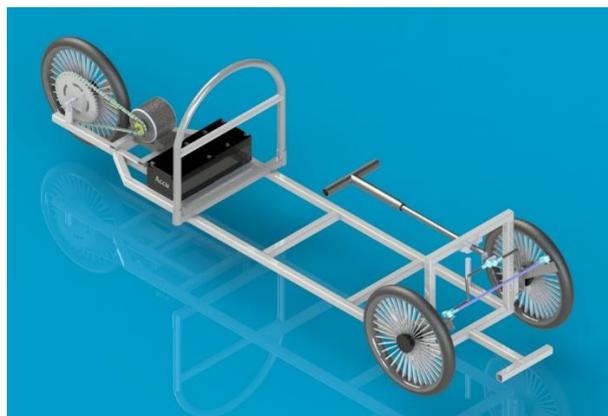
Setelah kendaraan Mobil Listrik hemat energi ini selesai dibuat juga diperlukan suatu pengujian atau tes agar mengetahui kinerja pada Mobil Listrik ini apakah sudah memenuhi standar yang sudah ditentukan. Kemudian dilakukan pengambilan data pada Mobil Listrik ini seperti berapa kekuatan *ball joint*, *tir rod* dan *bracket shaft* yang diperlukan dalam menggerakkan dan membelokkan roda bagian depan.

#### 7. Pembuatan Laporan

Proses yang terakhir yaitu pembuatan laporan dengan data yang dihasilkan mulai observasi, studi literatur, *design*, perakitan alat, pengujian alat sampai hasil percobaan. Jika laporan yang sudah selesai akan dikonsultasikan kepada dosen pembimbing.

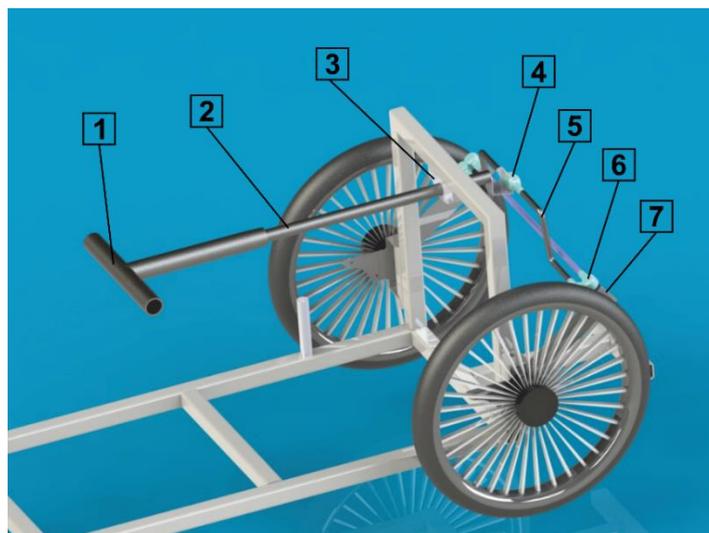
### C. Desain Perancangan

Dari Perancangan desain yang di buat, maka di hasilkan desain mobil listrik tipe *prototype* beserta komponennya di sajikan pada gambar di bawah:



**Gambar 3.2** Mobil Listrik Prototipe

## 1. Desain Perancangan Sistem Kemudi



Gambar 3.3 Desain Sistem Kemudi

Tabel 3.1 Spesifikasi dan Dimensi Sistem Kemudi

No	Nama	Dimensi
1	<i>Steering Wwheel</i>	P 480 mm, D 20 mm
2	Batang Penghubung <i>Tie rod</i>	P 300 mm, D 15 mm P 230 mm, D 25 mm
3	<i>Bracket sistem kemudi</i>	P 100 mm, Tb 25 mm, T 20 mm D lingkaran 40 mm
4	<i>Tie Rod</i>	Uk 8 mm
5	Batang Penghubung <i>Ball joint</i>	P 400 mm, D 10 mm
6	<i>Ball Joint</i>	Uk 8 mm
7	<i>Bracket Shaft</i>	P 100 mm, Tb 3 mm

Keterangan :

P = Panjang, D = Diameter, Tb = Tebal, T = Tinggi

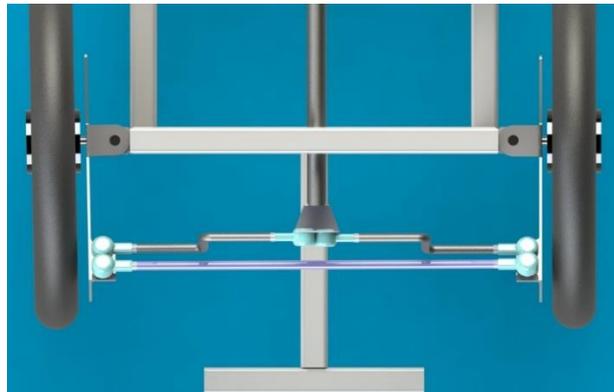
Desain sistem kemudi kendaraan mobil listrik tipe *prototype* ini mirip dengan mobil f1 yang mana steering wheel nya menggunakan pipa besi berebentuk T yang di lengkapi dengan tombol klakson, *on/off*, *doubel stater*, pengereman dan handel gass serta komponen pendukung lainnya seperti *tie rod*, *ball joint*, *bracket shaft*, dan penghubung *shaft*.

a. Tampak Samping



**Gambar 3.4** Sistem Kemudi Tampak Samping

b. Tampak Atas



**Gambar 3.5** Sistem Kemudi Tampak Atas

c. Tampak Depan



**Gambar 3.6** Sistem Kemudi Tampak Depan



1. Persiapan Awal

Langkah awal dari perancangan ini merupakan desain Mobil Listrik tipe *prototype* mencari referensi dari jurnal dan artikel yang diperoleh dari website sehingga diperoleh desain perancangan ini.

2. Observasi Lapangan dan Perumusan

Dari data data yang diperoleh untuk diperbarui agar alat lebih efektif dan efisien.

3. Persiapan Peralatan dan Bahan

Pada proses perancangan ini diperlukan bahan, alat dan data yang terkait dengan referensi Mobil Listrik tipe *prototype* yang akan dibuat.

4. Pelaksanaan dan Perancangan

Dalam Pelaksanaan kendaraan Mobil Listrik tipe *prototype* untuk melakukan perancangan dibutuhkan waktu kurang lebih 1 bulan.

5. Uji Coba Alat dan Pembuatan Alat

Untuk melihat alat yang sudah dibuat apakah sudah layak atau belum untuk digunakan sebelum publikasikan. Perlu di uji coba dahulu apakah sudah alat tersebut benar benar bisa dioperasikan secara maksimal dan optimal.

6. Pengambilan Data

Proses pengambilan data dilakukan sebagai sumber yang telah digunakan dalam melengkapi perancangan. Data yang digunakan dapat berupa sumber yang tertulis, gambar dan uji coba alat.

**Tabel 3.3** Data Teori dan Percobaan Radius dan Belokan Roda

No	Radius (°)	Data Teori dan Percobaan			
		Teori (m)		Percobaan (m)	
		$R = \frac{L}{\delta} \times 57,29$	$R = \frac{L}{\delta t - Lt - Lr} \times 57,29$	1	2
1	....	.....	.....	....	....
2	....	....	....	....	....
3	....	....	....	....	....

Keterangan :

$\delta$  = Belokan Roda ( $^{\circ}$ )

$L_t$  = Lebar jarak sumbu roda depan (m)

$L$  = Panjang *wheel base*

$L_r$  = Lebar jarak sumbu roda belakang (m)

Tabel diatas merupakan variasi belokan roda pada radius belok yang dimana radius belok minimum  $10^{\circ}$  dan radius belok maksimum  $20^{\circ}$ .

#### 7. Analisis dan Penulisan Laporan

Setelah alat berfungsi optimal dan sesuai dengan rancangan, langkah terakhir yang harus dilakukan adalah mengenai perancangan sistem kemudi prototipe mobil listrik.

### E. Metode Uji Coba Produk

Proses uji coba produk dilakukan untuk mengetahui apakah mesin yang dirancang berfungsi sesuai desain atau tidak. Ada 2 metode yang dapat dilakukan dalam pengujian mobil listrik tipe prototype ini, yaitu:

1. Uji faktor kerja. Dalam pengujian mulai dari proses awal mengoperasikan alat apakah berfungsi sesuai dengan yang diinginkan atau tidak agar masyarakat mendapatkan kepuasan dari alat ini.
2. Pengujian faktor keamanan. Uji kelayakan bertujuan untuk meyakinkan masyarakat bahwa alat ini praktis, aman dan nyaman digunakan nantinya.

### F. Metode Validasi Produk

Proses validasi ini merupakan tindakan pembuktian sedemikian rupa sehingga setiap bahan, kegiatan, prosedur, proses, sistem, peralatan atau mekanisme yang digunakan selama proses produksi atau pengendalian akan mencapai hasil yang diinginkan.

Bagi praktisi itu adalah eksekutif bisnis untuk sebuah perusahaan sedangkan untuk validator dari kalangan praktisi adalah seseorang dari perusahaan terpilih. Dari penilaian ahli atau praktisi proses perancangan meliputi bentuk fisik yang sesuai dengan rancangan, pengoperasian alat, dan keselamatan kerja dalam

proses pengoperasian alat untuk mencapai keselamatan kerja.

Bagi kalangan akademisi adalah seseorang yang berpendidikan tinggi, atau seseorang yang sedang menekuni profesi keguruan seperti dosen, dan sebagainya. Bagi validator pada tahap perancangan dari kalangan akademik adalah Dosen dengan syarat minimal Magister dan ahli di bidangnya. Pakar (validator) akan memeriksa semua komponen mesin. Saran dari para ahli digunakan dalam proses perbaikan. Pada tahap ini kritik dan saran yang diberikan oleh para ahli (validator) mengenai konsep desain yang telah diwujudkan akan dituangkan sebagai bahan revisi dan validasi konsep pada proses desain.

## BAB IV

### HASIL PERANCANGAN DAN PEMBAHASAN

#### A. Spesifikasi Produk

Perancangan sistem kemudi prototipe mobil listrik yang pertama kali di tentukan adalah :

##### 1. Sistem kemudi prototipe mobil listrik

No	Nama	Dimensi
1	Steering Wheel	P 480 mm, D 20 mm
2	Batang Penghubung Tie rod	P 300 mm, D 15 mm P 230 mm, D 25 mm
3	Bracket sistem kemudi	P 100 mm, Tb 25 mm, T 20 mm D lingkaran 40 mm
4	Tie Rod	Uk 8 mm
5	Batang Penghubung Ball joint	P 400 mm, D 10 mm
6	Ball Joint	Uk 8 mm
7	Bracket Shaft	P 100 mm, Tb 3 mm



**Gambar 4.1** Spesifikasi dan Dimensi Sistem Kemudi

##### 2. Perhitungan sistem kemudi

###### a. Perhitungan sudut belok

Rumus mengetahui sudut belok

$$R = \frac{tr}{2} + \frac{L}{\sin \delta}$$

Setelah didapat hasil sudut belok, maka dapat dihitung radius putarnya dengan rumus :

$$1. R = \frac{L}{\delta} \times 57,29$$

$$2. R = \frac{L}{\delta_t - L_t - L_r} \times 57,29$$

###### b. Perhitungan analisis sistem kemudi

$$T = W_f \mu \sqrt{\frac{B^2}{8} + E^2}$$

## B. Fungsi dan Cara Kerja

Pembahasan dalam perancangan ini meliputi dua pembahasan yaitu fungsi dan cara kerja

### 1. Fungsi Sistem Kemudi

Suatu sistem yang berfungsi mengatur arah kendaraan sesuai kehendak pengemudi. Sistem kemudi sering digunakan pada kendaraan seperti kapal laut, mobil, sepeda motor, sepeda, dan lain-lain. Sistem kemudi dirancang sedemikian rupa sehingga tidak ada kontak antara ban dengan bodi kendaraan atau sasis kendaraan itu sendiri.

### 2. Cara Kerja Sistem Kemudi

Cara kerja sistem kemudi adalah jika roda kemudi diputar ke kanan atau ke kiri, maka gerak putar akan diteruskan ke lengan *tie rod* melalui *steering shaft*, sehingga pelat penghubung antara *steering rod* dan *tie rod* lengan juga akan berputar untuk melanjutkan rotasi. dari batang kemudi ke lengan batang pengikat. Kemudian putaran tersebut merubah arah kecepatan roda, sehingga roda juga dapat bergerak sesuai dengan gerakan *tie rod*.

## C. Hasil Uji Coba Produk

Uji coba rancangan sistem kemudi prototipe mobil listrik akan dilakukan guna untuk mengumpulkan data sebagai dasar penentuan tingkat efektifitas dan efisiensi sistem kemudi mobil listrik prototipe.

### 1. Sudut belok dan radius maksimum sistem kemudi pada mobil listrik prototipe.

#### a. Perhitungan sudut belok

Diketahui :

$$R = 6,5 \text{ m}$$

$$L = 1,87 \text{ m}$$

$$Tr = 0,62 \text{ m}$$

Dengan variasi delta maka akan di dapat data seperti table di bawah:

## b. Perhitungan radius putarnya

1. Radius  $10^\circ$ 

Diketahui:

$$\delta = 10^\circ$$

$$L = 1,87 \text{ M}$$

$$Lr = 0,62 \text{ m}$$

$$Lt = 0,62 \text{ m}$$

1. 
$$R = \frac{L}{\delta} \times 57,29$$

2. 
$$R = \frac{L}{\delta t - Lt - Lr} \times 57,29$$

Dengan variasi turning radius maka akan di dapat data seperti tabel di bawah:

**Tabel 4.1** Data Teori dan Percobaan Radius  $10^\circ$  dan Belokan Roda

No	Radius ( $^\circ$ )	Data Teori dan Percobaan			
		Teori (m)		Percobaan (m)	
		$R = \frac{L}{\delta} \times 57,29$ / $R = \frac{L}{\delta t - Lt - Lr} \times 57,29$		1	2
1	10	10,71 / 12,2		13	14,3

Keterangan :

Dari hasil Tabel perhitungan teori dan percobaan di atas Sistem Kemudi Prototipe Mobil Listrik dapat disimpulkan bahwa pada uji coba  $10^\circ$  radius belok, pada percobaan pertama mendapatkan radius belok sejauh 13m dan percobaan kedua mendapatkan radius belok sejauh 14,3m.

2. Radius  $15^\circ$ 

Diketahui:

$$\delta = 15^\circ$$

$$L = 1,87 \text{ M}$$

$$Lr = 0,62 \text{ m}$$

$$Lt = 0,62 \text{ m}$$

3. 
$$R = \frac{L}{\delta} \times 57,29$$

$$4. R = \frac{L}{\delta t - Lt - Lr} 57,29$$

Dengan variasi turning radius maka akan di dapat data seperti tabel di bawah:

**Tabel 4.2** Data Teori dan Percobaan Radius 15° dan Belokan Roda

No	Radius (°)	Data Teori dan Percobaan			
		Teori (m)		Percobaan (m)	
		$R = \frac{L}{\delta} \times 57,29 / R = \frac{L}{\delta t - Lt - Lr} \times 57,29$		1	2
1	15	7,14 / 7,7		9,6	10,15

Keterangan :

Dari hasil Tabel perhitungan teori dan percobaan di atas Sistem Kemudi Prototipe Mobil Listrik dapat disimpulkan bahwa pada uji coba 15° radius belok, pada percobaan pertama mendapatkan radius belok sejauh 9,6m dan percobaan kedua mendapatkan radius belok sejauh 10,1m.

3. Radius 20°

Diketahui:

$$\delta = 20^\circ$$

$$L = 1,87 \text{ M}$$

$$Lr = 0,62 \text{ m}$$

$$Lt = 0,62 \text{ m}$$

$$5. R = \frac{L}{\delta} \times 57,29$$

$$6. R = \frac{L}{\delta t - Lt - Lr} 57,29$$

Dengan variasi turning radius maka akan di dapat data seperti tabel di bawah:

**Tabel 4.3** Data Teori dan Percobaan Radius 20° dan Belokan Roda

No	Radius (°)	Data Teori dan Percobaan			
		Teori (m)		Percobaan (m)	
		$R = \frac{L}{\delta} \times 57,29 / R = \frac{L}{\delta t - Lt - Lr} \times 57,29$		1	2
1	20	5,35 / 5,7		7,8	8,15

Keterangan :

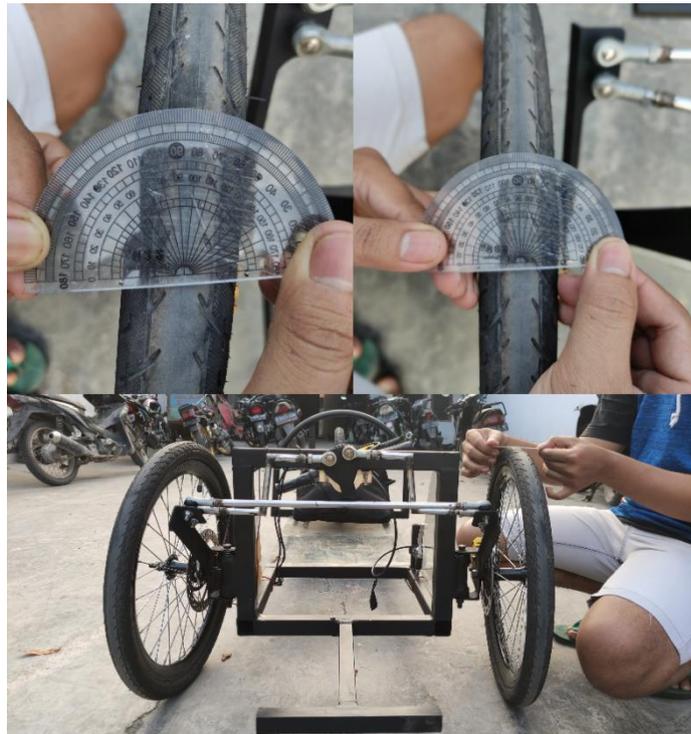
Dari hasil Tabel perhitungan teori dan percobaan di atas Sistem Kemudi Prototipe Mobil Listrik dapat disimpulkan bahwa pada uji coba 10° radius belok, pada percobaan pertama mendapatkan radius belok sejauh 13m dan percobaan kedua mendapatkan radius belok sejauh 14,3m. pada uji coba 15° radius belok, pada percobaan pertama mendapatkan radius belok sejauh 9,6m dan percobaan kedua mendapatkan radius belok sejauh 10,1m. Pada uji coba 20° radius belok, pada percobaan pertama mendapatkan radius belok sejauh 7,8m dan percobaan kedua mendapatkan radius belok sejauh 8,15m.

Variasi putaran roda pada radius belok yang terjadi dimana putaran minimum 5° dan putaran maksimum 25°. Untuk sistem kemudi, radius belok minimal adalah 3,53 meter dengan radius sudut belok roda 2°, semakin rendah sudut belok maka semakin panjang radius yang dapat dicakup. Radius putar maksimum adalah 17,65 m pada sudut putar roda (Setyono et al, 2015).

Perhitungan sudut belok maksimal yang telah ditentukan diatas, sudut belok merupakan hasil perancangan *Urban Concept*. Untuk dimensi yang telah direncanakan dengan sudut belok radius minimum 13°, jarak belok 5,2 m dan dengan sudut belok radius maksimum 47°, jarak belok 1,2 m (Firmansyah et al., 2020). Di bawah ini adalah gambar uji coba dengan menggunakan busur derajat:

### 1. Radius $10^\circ$

Pada uji coba dengan menggunakan busur derajat, pertama yang saya lakukan adalah dengan menitik tengahkan busur derajat ke ban roda. Untuk yang kedua belokan roda ke arah kanan dengan radius  $10^\circ$ , paskan titik tengah roda pada radius  $80^\circ$  yang terdapat pada busur derajat tersebut. Terakhir foto dari depan agar mendapatkan bukti jika radius  $10^\circ$  sudah belok.



**Gambar 4.2** Uji Coba Belokan dengan Radius  $10^\circ$

### 2. Radius $15^\circ$

Pada uji coba dengan menggunakan busur derajat, pertama yang saya lakukan adalah dengan menitik tengahkan busur derajat ke ban roda. Untuk yang kedua belokan roda ke arah kanan dengan radius  $15^\circ$ , paskan titik tengah roda pada radius  $85^\circ$  yang terdapat pada busur derajat tersebut. Terakhir foto dari depan agar mendapatkan bukti jika radius  $15^\circ$  sudah belok.



**Gambar 4.3** Uji Coba Belokan dengan Radius 15°

3. Radius 20°

Pada uji coba dengan menggunakan busur derajat, pertama yang saya lakukan adalah dengan menitik tengahkan busur derajat ke ban roda. Untuk yang kedua belokan roda ke arah kanan dengan radius 20°, paskan titik tengah roda pada radius 70° yang terdapat pada busur derajat tersebut. Terakhir foto dari depan agar mendapatkan bukti jika radius 20° sudah belok.



**Gambar 4.4** Uji Coba Belokan dengan Radius 20°

2. Analisi kekuatan sistem kemudi

a. Perhitungan analisi kekuatan sistem kemudi

$$T = W_f \mu \sqrt{\frac{B^2}{8} + E^2}$$

$$T = 495,4 \cdot 0,8 \sqrt{\frac{0,038^2}{8} + 0,12^2}$$

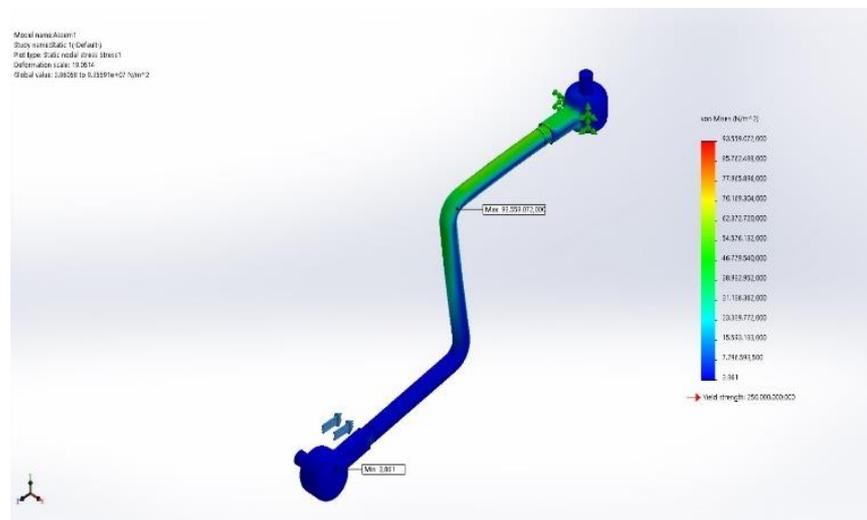
$$T = 47,887$$

b. Analisis *stress*

Analisis tegangan penting dalam mengetahui tegangan, deformasi kelelahan (*fatigue*) dan prediksi masa pakai yang dialami komponen untuk menentukan titik *stress* tertinggi yang biasa dikenal sebagai titik kritis yang mengawali kegagalan. Titik kritis ini adalah salah satu faktor yang dapat menyebabkan *fatigue failure*. Besarnya tegangan kerja saat chassis menerima beban dapat digunakan untuk memprediksi masa pakai chassis. Lokasi titik tekanan kritis sangat

penting sehingga pemasangan komponen seperti mesin, suspensi, transmisi dan banyak lagi dapat ditentukan dan dioptimalkan (Budiman et al., 2021).

*Stress analysis* merupakan salah satu alat pengujian struktur pada Autodesk Inventor yang dilakukan dengan menerapkan konsep Finite Element Analysis (FEA). Cara kerjanya adalah dengan memecah suatu objek struktur yang akan diuji menjadi elemen – elemen berhingga yang saling terhubung satu sama lain yang akan dikelola dengan perhitungan khusus oleh software, sehingga menghasilkan hasil yang lebih akurat (Budiman et al., 2021).



**Gambar 4.5** Analisis *Stress* pada *Buckling Tie Rod*

**Table 4.4** Data Hasil Analisis *Stress*

Nama	Tipe	Min	Max
<i>Stress</i>	VON : Von	3,861	93.559.072,000
	<i>Mises Stress</i>	N/m <sup>2</sup>	N/m <sup>2</sup>

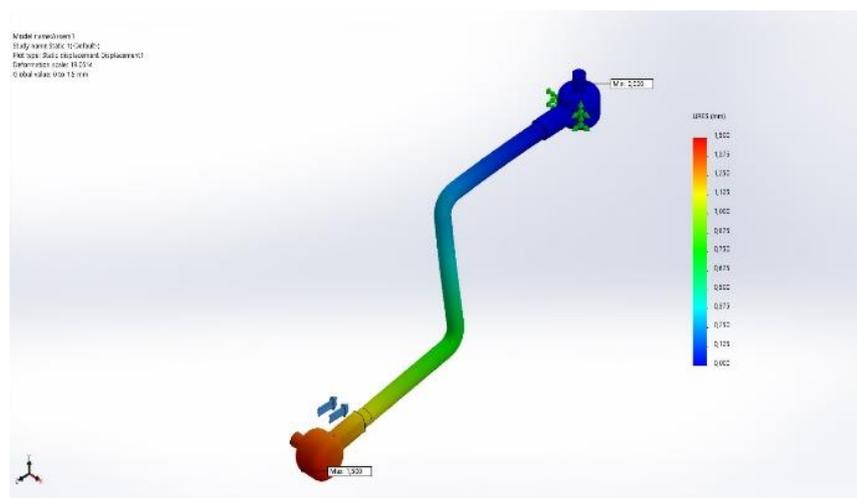
Keterangan :

Dari hasil Tabel perhitungan teori dan percobaan di atas Sistem Kemudi Prototipe Mobil Listrik dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi buckling tie rod untuk tingkat stress nya mendapatkan hasil min 3,861 N/m<sup>2</sup> dan max 93.559.072,000 N/m<sup>2</sup>.

### c. Analisis *Desplacement*

Jarak perpindahan (*displacement*)  $y$  didefinisikan sebagai defleksi balok. Dalam penerapan, kadang kita harus menentukan defleksi pada setiap nilai  $x$  disepanjang balok. Hubungan ini dapat ditulis dalam bentuk persamaan yang sering disebut persamaan defleksi kurva (atau kurva elastis) dari balok (Isworo et al., 2019).

Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah tertentu akibat adanya pembebanan vertikal yang diberikan pada balok atau batang. Deformasi pada balok secara sangat mudah dapat dijelaskan berdasarkan defleksi balok dari posisinya sebelum mengalami pembebanan. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi. Konfigurasi yang diasumsikan dengan deformasi permukaan netral dikenal sebagai kurva elastis dari balok (Isworo et al., 2019).



**Gambar 4.6** Analisis *Desplacement* pada *Bucking Tie Rod*

**Table 4.5** Data Hasil Analisis *Desplacement*

Nama	Tipe	Min	Max
<i>Desplacement</i>	URES: <i>Resultant Displacement</i>	0,000 mm	1,500 mm

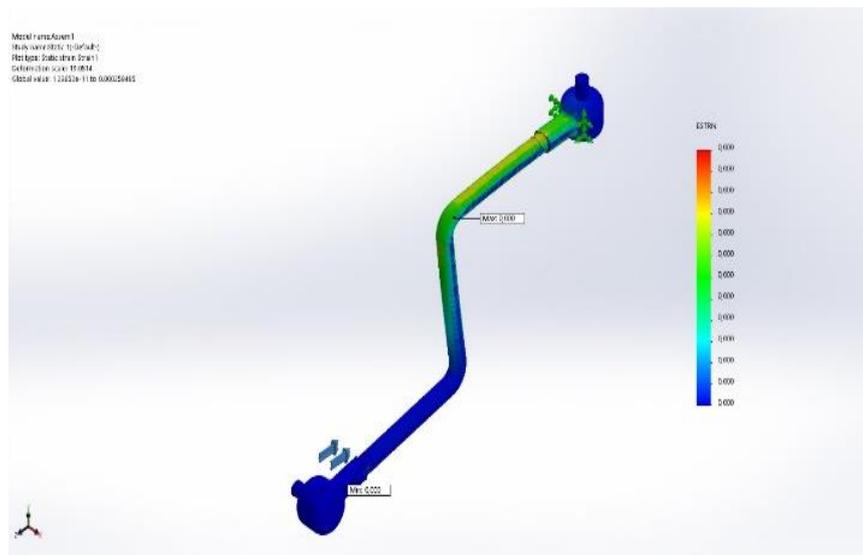
Keterangan :

Dari hasil Tabel perhitungan teori dan percobaan di atas Sistem

Kemudi Prototipe Mobil Listrik dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi buckling tie rod untuk tingkat Displacement I mendapatkan hasil min 0,000 mm dan max 1,500 mm.

d. *Analisis Strain*

Regangan didefinisikan sebagai hasil bagi antara pertambahan panjang dengan panjang awal. Contohnya benda yang menggantung pada tali, menimbulkan gaya tarik pada tali, sehingga tali memberikan perlawanan berupa gaya dalam yang sebanding dengan berat beban yang dipikulnya (gaya aksi = reaksi). Respon perlawanan dari tali terhadap beban yang bekerja padanya akan mengakibatkan tali menegang sekaligus juga meregang sebagai efek terjadinya pergeseran internal di tingkat atom pada partikel-partikel yang menyusun tali, sehingga tali mengalami pertambahan panjang (Toteles et al., 2021).



**Gambar 4.7** Analisis *Strain* pada *Buckling Tie Rod*

**Table 4.6** Data Hasil Analisis *Strain*

Nama	Tipe	Min	Max
Strain	ESTRN: <i>Equivalent Strain</i>	0,000	0,000

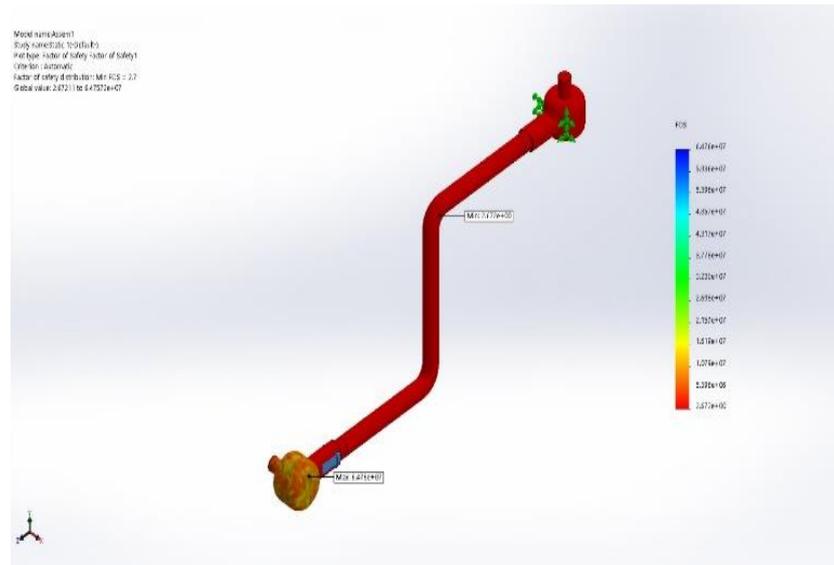
Keterangan :

Dari hasil Tabel perhitungan teori dan percobaan di atas Sistem Kemudi Prototipe Mobil Listrik dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi buckling tie rod untuk tingkat strain1 mendapatkan hasil min 0,000 dan max 0,000.

e. Analisis *Factor of Safety*

Safety factor adalah nilai keamanan dalam desain. Perhitungan faktor keamanan mengacu pada hasil bagi tegangan yang diizinkan (yield strength) dibagi dengan tegangan yang muncul. Safety factor minimal 3,46 MPa terletak pada bagian sasis belakang dan tegangan minimum 0 terletak pada bagian bawah rangka (Setiawan et al., 2023).

Factor of Safety (FoS), juga dikenal sebagai safety factor (SF), adalah istilah yang menggambarkan kapasitas struktural dari suatu part atau sistem di luar beban yang diharapkan atau beban actual. Sederhananya SF adalah seberapa kuat bagian atau sistem itu menahan beban yang diterapkan. Factor keselamatan sering dihitung menggunakan analisis terperinci karena pengujian kompresif kerap kali tidak praktis pada banyak proyek teknik, sementara kemampuan struktur untuk mengangkat beban harus ditentukan untuk akurasi yang masuk akal. Banyak sistem yang sengaja di bangun lebih kuat dari yang dibutuhkan untuk penggunaan normal yang memungkinkan tidak gagal pada situasi darurat, beban muatan yang tidak terduga, penyalahgunaan, atau degradasi. Struktur atau komponen apa pun dapat menjadi gagal jika pembebanannya melebihi kekuatannya.



**Gambar 4.8** Analisis *Factor of Safety* pada *Buckling Tie Rod*

**Table 4.7** Data Hasil Analisis *Factor of Safety*

Nama	Tipe	Min	Max
<i>Factor of Safety1</i>	<i>Automatic</i>	2.672e+00	6.476e+07

Keterangan :

Dari hasil Tabel perhitungan teori dan percobaan di atas Sistem Kemudi Prototipe Mobil Listrik dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi buckling tie rod untuk tingkat simulasi factor of safety1 mendapatkan hasil 2.672e+00 dan max 6.476e+07.

#### D. Hasil Validasi

Dalam perancangan harus dilakukan validasi dari kalangan akademisi dan praktisi untuk mengetahui apakah alat ini layak digunakan atau tidak.

Hasil validasi yang dilakukan sebagai berikut:

##### 1. Hasil validasi praktisi

Nama : Singgih Danu Cahyo  
 Nama Alat : Prototipe Mobil Listrik  
 Nama Validator : Kukuh Medhi Utomo  
 Instansi : PT Wilis Indonesia Steel

Penilaian atau validasi alat dilihat dari berbagai aspek komponen-komponen, kinerja alat dan kualitas. Serta layanan after sales perlu

adanya penilaian sebagai ketentuan validasi, maka dari itu dibawah ini adalah komponen utama alat yang saling terhubung satu sama lain untuk mendukung proses kerja alat tersebut dapat dilihat penjabaran dibawah ini:

a. Sistem Kemudi

Sistem kemudi memiliki dua faktor yang menjadi tujuan utama pengembangannya, yaitu untuk memudahkan pengendalian kendaraan dan meningkatkan keselamatan. Roda kemudi berfungsi untuk mengontrol saat kendaraan melaju merupakan bagian penting dari komponen kendaraan. Sistem kemudi ini sering juga disebut konvensional dimana semua tenaga yang diperlukan untuk membelokkan roda dari pengemudi yang ditransmisikan melalui sistem kemudi.

Pada model sistem kemudi manual komponennya begitu simple, sistem kemudi jenis manual ini terdiri dari: batang kemudi, steer, plat penghubung antara batang kemudi dengan poros *tie rod*, lengan *Tie rod*, dan *ball joint*. Bila steer kemudi diputar ke kiri maupun ke kanan maka gerak putar itu akan diteruskan ke lengan *Tie rod* dengan perantara poros/batang kemudi, sehingga plat penghubung antara batang kemudi dengan lengan *tie rod* juga akan ikut berputar untuk meneruskan putaran dari batang kemudi ke lengan *tie rod*. Kemudian putaran tersebut mengubah arah laju roda, sehingga roda dapat bergerak pula sesuai dengan gerakan *tie rod*.

b. Rangka

Rangka adalah suatu struktur datar yang terdiri dari sejumlah batang yang dihubungkan pada ujung-ujungnya untuk membentuk rangka yang kuat. Kerangka tersebut berguna sebagai penopang utama untuk menjadi pusat dari semua resultan gaya dari semua komponen.

*Chassis* pada mobil merupakan komponen utama dan sangat penting, dimana chassis ini yang menopang axle, kemudi untuk mengatur arah kendaraan, roda, ban dan rem untuk menghentikan kendaraan saat berjalan. *Chassis* adalah tempat menempelnya semua komponen yang ada pada kendaraan termasuk bodi. Berdasarkan konstruksinya tempat menempelnya bodi pada rangka dibagi kedalam 2 jenis yaitu konstruksi terpisah dan konstruksi menyatu. Rangka yang disajikan pada mobil harus kokoh, kuat, ringan dan tahan terhadap guncangan yang diterima dari situasi jalan.

c. Sistem Pengereman

Pengereman adalah perubahan energi kinetik (gerakan) menjadi energi panas yang timbul akibat gesekan antara teromol dengan kanvas dan roda dengan jalan. Proses pengereman dimulai dari pengemudi saat menekan pedal rem, hingga kendaraan melambat hingga pengemudi melepas kembali pedal rem. Terbagi menjadi 5 hal yaitu : reaksi pengemudi, Waktu melihat jalan/kondisi, gerak bebas piston dan waktu pengereman serta waktu reaksi.

d. Motor Listrik

Alat yang di gunakan untuk mengubah energy listrik ke energy mekanik dan memiliki fungsi untuk mengubah energy mekanik menjadi energy listrik disebut motor listrik.

No	Aspek yang dinilai	Indikator	Nilai					Keterangan
			1	2	3	4	5	
1	Desain	Ergonomis		√				
		Keamanan		√				
		Nilai estetika		√				
2	Komponen Mesin	Casing		√				
		Komponen penyambung			√			
		Rangka				√		
		Penggerak utama				√		
		Sistem transmisi (pemindah tenaga)				√		
3	Kinerja	Getaran dan kebisingan				√		
		Kesesuaian produk dengan desain		√				
4	Kualitas	Kondisi bahan baku			√			
		Kehandalan produk			√			
		Kesesuaian ukuran dan pemilihan bahan baku			√			
5	Layanan after sales	Kemudahan dalam servis				√		
		Ketersediaan komponen di pasaran				√		
6	Limbah bekas	Bahan yang tidak terpakai dapat didaur ulang				√		

## **E. Keunggulan dan Kelemahan Produk**

Pada perancangan alat ini terdapat beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan, antara lain kelebihan dan kekurangan alat yang dibuat. Anda akan mendapatkan keuntungan jika mampu membuat alat dan mendesain ulang suatu komponen serta dapat membantu proses kerja, sedangkan kerugian terjadi jika alat tersebut telah di desain dan produk tidak sesuai.

Kelemahan dan keunggulan dari sistem kemudi prototipe mobil listrik sebagai berikut:

1. Kelemahan Sistem Kemudi
  - a. Stang tidak bisa kembali seperti semula dengan sendirinya saat di belokan
  - b. Belokan sistem kemudi kurang maksimal
2. Keunggulan Sistem Kemudi
  - a. Konstruksi sistem kemudi yang sederhana
  - b. Desain yang minimalis
  - c. Mudahnya dalam perawatan
  - d. Waktu dan biaya yang di guankana sangat hemat

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dari uji coba alat dan hasil dokumentasi tentang Rancang Bangun Sistem Kemudi Prototipe Mobil Listrik disimpulkan bahwa:

Mobil Listrik ini memiliki desain sistem kemudi mirip dengan mobil f1 yang mana *steering wheel* nya menggunakan pipa besi berebentuk T yang di lengkapi dengan tombol *on/off*, pengereman dan handel gas serta komponen pendukung lainnya seperti *tie rod*, *ball joint*, *bracket shaft*, dan penghubung *shaft*.

Hasil perancangan ini bahwa pada uji coba 10° radius belok, pada percobaan pertama mendapatkan radius belok sejauh 13m dan percobaan kedua mendapatkan radius belok sejauh 14,3m. pada uji coba 15° radius belok, pada percobaan pertama mendapatkan radius belok sejauh 9,6m dan percobaan kedua mendapatkan radius belok sejauh 10,1m. Pada uji coba 20° radius belok, pada percobaan pertama mendapatkan radius belok sejauh 7,8m dan percobaan kedua mendapatkan radius belok sejauh 8,15m.

Hasil simulasi *buckling tie rod* untuk tingkat *strees* nya mendapatkan hasil min 3,861 N/m<sup>2</sup> dan max 93.559.072,000 N/m<sup>2</sup>. Pada simulasi *Displacement* mendapatkan hasil min 0,000mm dan max 1,500 mm. Pada simulasi *strain* mendapatkan hasil min 0,000 dan max 0,000. Pada simulasi *factor of safety* mendapatkan hasil 2.672e+00 dan max 6.476e+07. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa alat ini layak digunakan.

#### B. Saran

1. Untuk penggunaan mobil listrik prototype diharap setelah penggunaanya untuk merawat komponen-komponen mobil listrik yang digunakan terutama pada sistem kemudinya.

Untuk penelitian selanjutnya di harapkan

- a. Perlu penyesuaian pengereman depan ( kiri dan kanan) pada kendaraan mobil listrik tersebut dan juga perlu adanya penutup / body yang aerodinamis serta untuk tempat duduk nya juga perlu di perhatikan.
- b. Lebih diperhatikan untuk tempat sandarannya agar lebih bisa dipernyaman (di kasih bantalan yang nyaman)
- c. Untuk meningkatkan kualitas sistem kemudi harus dilakukan beberapa penelitian perbaikan sebagai pelengkap agar sistem kemudi yang digunakan lebih efisien.
- d. Perancangan ini masih perlu dikembangkan lebih lanjut terutama dengan meningkatkan kualitas dari sistem kemudi yang kurang maksimal saat digunakan agar mendapatkan hasil belokkan yang sesuai, serta inovasi yang lebih baik dari semua pihak, dan pertimbangan untuk hasil yang optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Didi Widya Utama, J. A. D. R. D. a. S. (2014). Perancangan Prototipe Kendaraan Listrik Beroda Tiga. 12(November), 144–152.
- Artika, K. D., Syahyuniar, R., & Priono, N. (2017). Perancangan Sistem Kemudi Manual Pada Mobil Listrik. *Jurnal Elemen*, 4(1), 01.
- Fajar, D. I. (2015). Analisa Sistem Kemudi Mobil Listrik Brajawahana Its Terhadap Konsdisi.
- Rahim, A., Sujana, I., & Kurniawan, E. (2022). Analisis Sistem Kemudi untuk Perbaikan Rancangan Mobil Listrik Kapuas I Fakultas Teknik UNTAN. 3(1), 1–10.
- Rizki, A., Sutisna, S. P., Sutoyo, E., Ibn, U., & Bogor, K. (2019). Sistem Pengendalian Kecepatan Mobil Listrik Otonom 1. 1(2), 36–44.
- Yusuf, M. R. (2013). PERANCANGAN BODY DAN KERANGKA PROTOTIPE MOBIL TENAGA SURYA Mochamad Ridwan Yusuf. 01.
- Setyono, B., & Setiawan, Y. (2015). Rancang Bangun Sistem Transmisi, Kemudi dan Pengereman Mobil Listrik “Semut Abang.” Seminar *Nasional Sains Dan Teknologi Terapan III 2015*, 89–96.
- Suyono, A. (2013). Rancang Bangun Sistem Kemudi Manual Pada Mobil Listrik Garuda Unesa. *Jurnal Teknik Mesin*, 187-195.
- Artika, K. D., Syahyuniar, R., & Priono, N. (2017). Perancangan Sistem Kemudi Manual Pada Mobil Listrik. *Elemen: Jurnal Teknik Mesin*, 4(1), 01-06.
- Azis, N., Pribadi, G., & Nurcahya, M. S. (2020). Analisa dan Perancangan Aplikasi Pembelajaran Bahasa Inggris Dasar Berbasis Android. *IKRA-ITH INFORMATIKA: Jurnal Komputer Dan Informatika*, 4(3), 1-5.
- Setiawan, Ricky, Didik Sugiyanto, and Asyari Dariyus. "Analisis Simulasi Kekuatan dan Pembuatan Rangka Kendaraan Sepeda Motor Listrik." *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur* 8.1 (2023): 58-66.
- Budiman, Febrian Arif, et al. "Analisis Tegangan von Mises dan Safety Factor pada Chassis Kendaraan Listrik Tipe In-Wheel." *Jurnal Rekayasa Mesin* 16.1 (2021): 100-108.
- Toteles, Aris. "Analisis Material Kontruksi Chasis Mobil Listrik Laksamana V2 Menggunakan Software Autodesk Inventor." *Machine: Jurnal Teknik Mesin*

7.1 (2021): 30-37.

Ellianto, Mario Sariski Dwi, and Yusuf Eko Nurcahyo. "Rancang bangun dan simulasi pembebanan statik pada sasis mobil hemat energi kategori prototype." *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material* 4.2 (2020): 53-58.

Isworo, Hajar, et al. "Analisis Displacement pada Chassis Mobil Listrik Wasaka." *Jurnal Elemen* 6.2 (2019): 94-104.

Firmansyah, Bayu Azis. "Perancangan Sistem Kemudi Tipe Rack And Pinion Pada Mobil Hemat Energi "Haizum"." (2020).

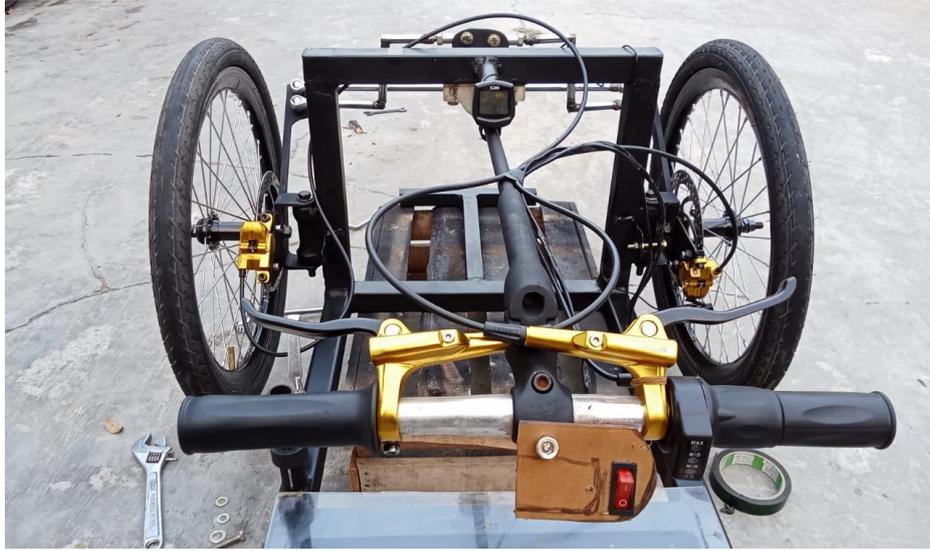
**LAMPIRAN**

Foto sistem kemudi prototipe mobil listrik



Foto pengecatan rangka



Foto perakitan motor listrik



Foto pengelasan rangka



Foto validasi alat