

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°

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° 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° radius belok, pada percobaan pertama mendapatkan radius belok sejauh 13m dan percobaan kedua mendapatkan radius belok sejauh 14,3m.

2. Radius 15°

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 :

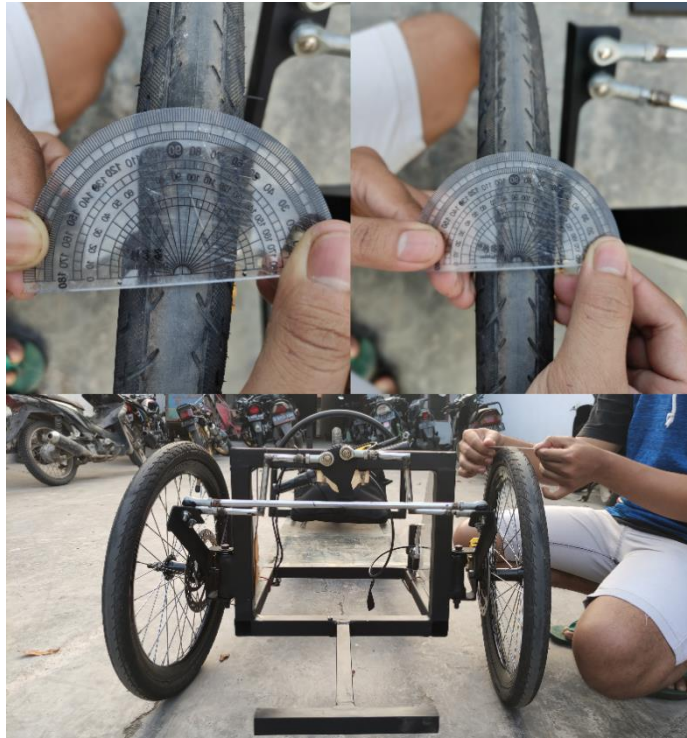
Dari hasil Tabel perhitungan teori dan percobaan di atas Sistem Kemudi Prototipe Mobil Listrik dapat disimpulkan bahwa pada uji coba 10° radius belok, pada percobaan pertama mendapatkan radius belok sejauh 13m dan percobaan kedua mendapatkan radius belok sejauh 14,3m. pada uji coba 15° radius belok,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

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° , paskan titik tengah roda pada radius 80° yang terdapat pada busur derajat tersebut. Terakhir foto dari depan agar mendapatkan bukti jika radius 10° sudah belok.



Gambar 4.2 Uji Coba Belokan dengan Radius 10°

2. Radius 15°

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° , paskan titik tengah roda pada radius 85° yang terdapat pada busur derajat tersebut. Terakhir foto dari depan agar mendapatkan bukti jika radius 15° 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. Analisis kekuatan sistem kemudi

a. Perhitungan analisis kekuatan sistem kemudi

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

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

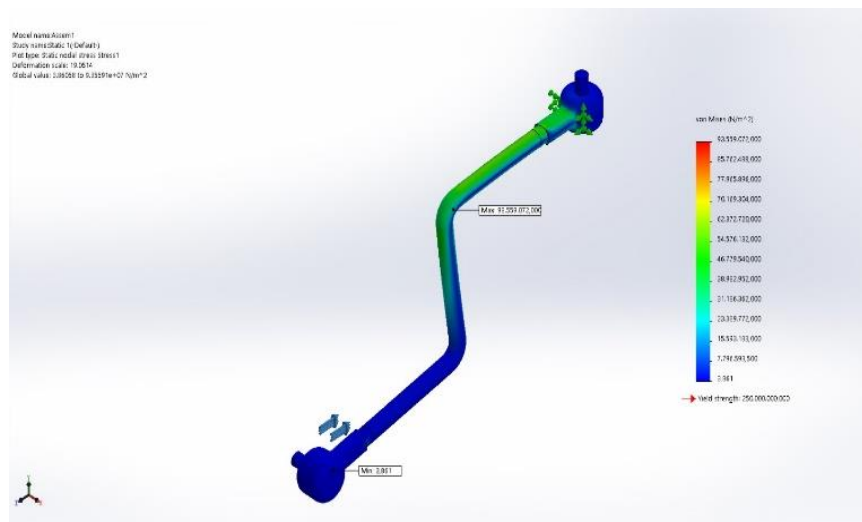
$$T = 47,887$$

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 ²	N/m ²

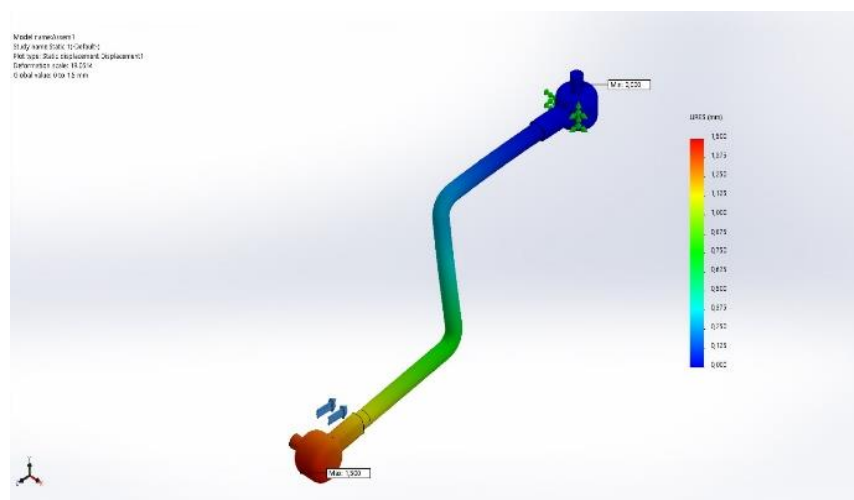
Keterangan :

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/m² dan max 93.559.072,000 N/m².

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

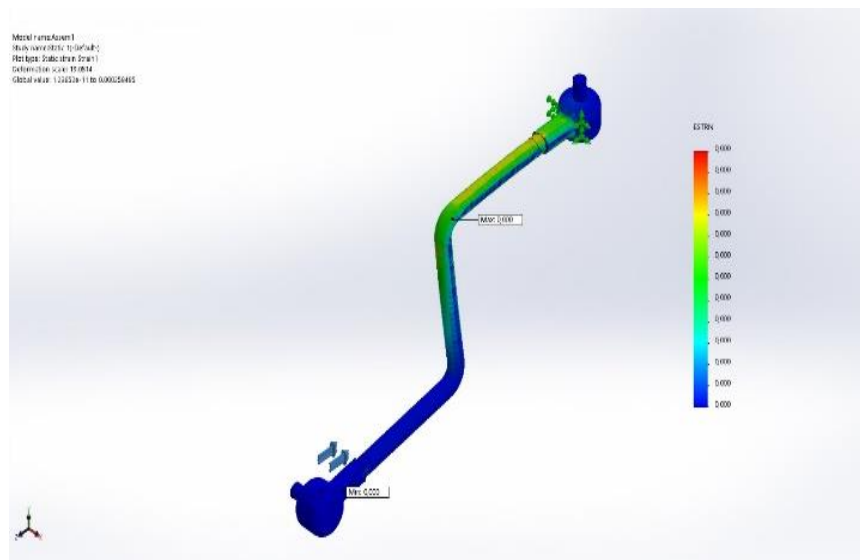
Keterangan :

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

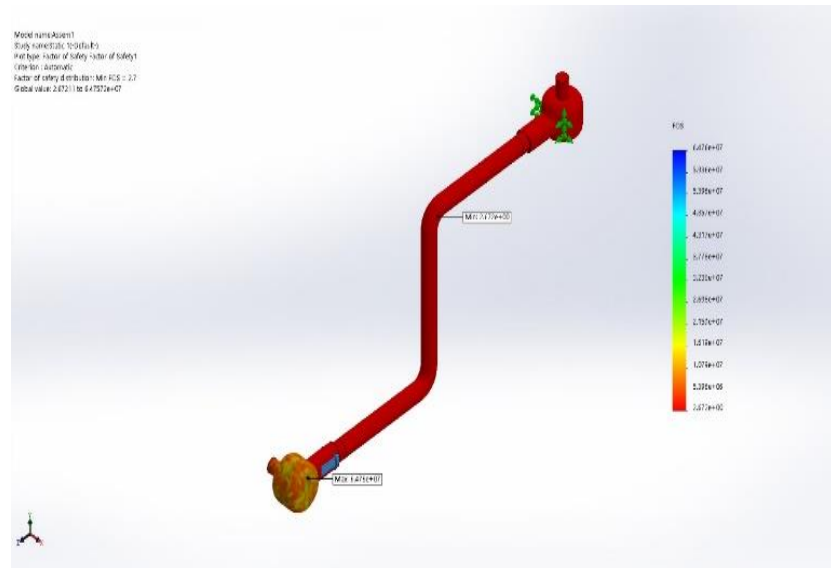
Keterangan :

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