

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).

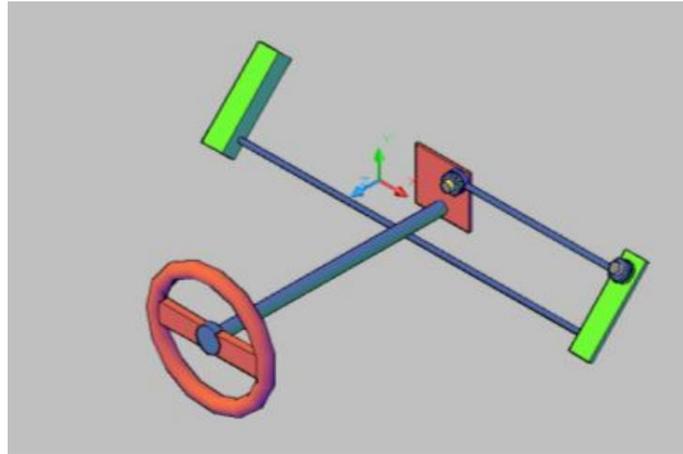
Perancangan sistem kemudi pada mobil listrik ini menggunakan mekanisme kemudi *pinion and rack*. Cara yang pertama dilakukan dengan membuat desain 3D pada *Autodesk Inventor*. Pendekatan yang digunakan dalam perancangan ini adalah melakukan simulasi sistem kemudi yang diberikan variasi bentuk penempatan *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* dibelokan 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).

Pengoperasikan 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*)

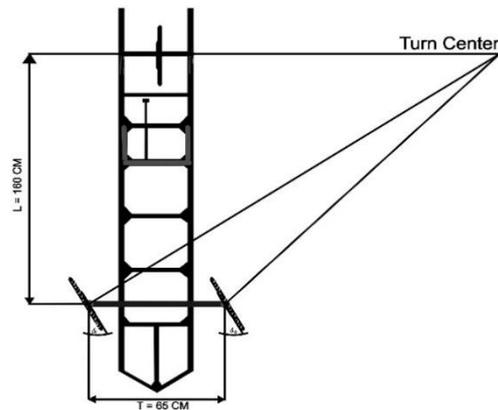
Sistem kemudi daya merupakan sebuah sistem yang bernama sistem hidrolis yang fungsinya untuk mengurangi tenaga yang dibutuhkan untuk memutar roda terutama pada kecepatan tinggi dan menyesuaikan pada kecepatan sedang dan rendah (Priono, 2017).

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)

δ = *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)

δ = *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)

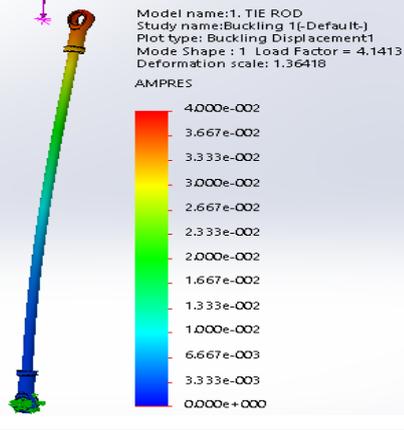
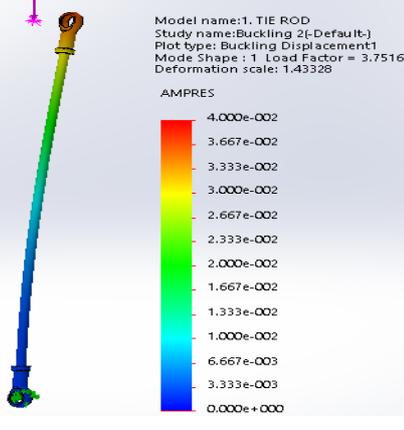
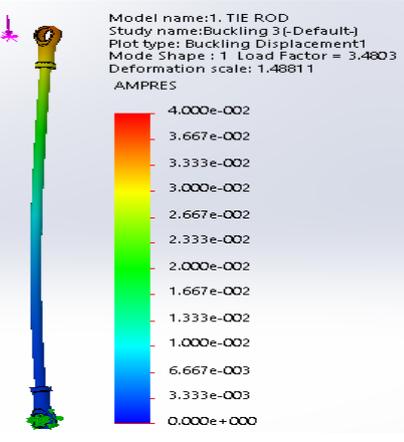
W_f = Gaya berat kendaraan yang diterima poros depan (N)

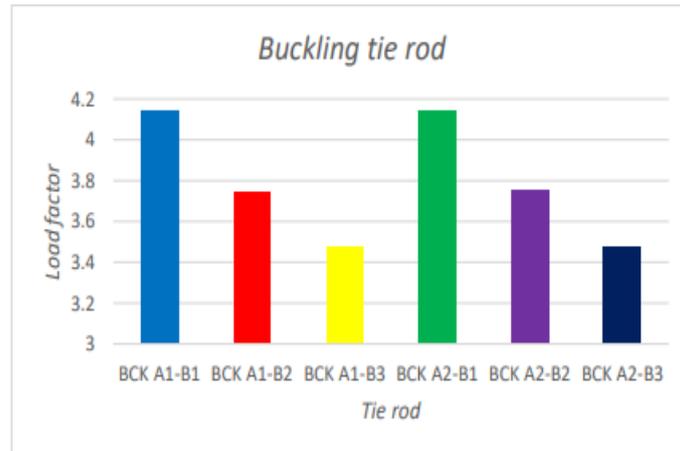
μ = Koefisien gesek antara ban dan jalan

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>

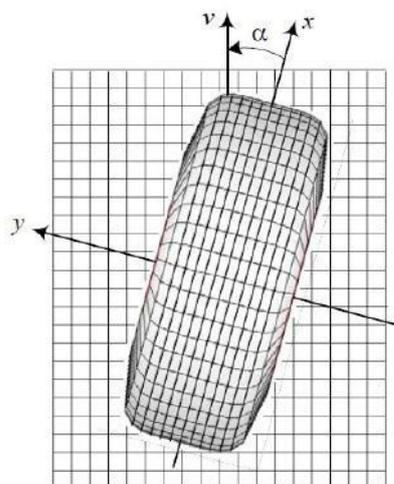


Gambar 2.3 Grafik Hasil Simulasi *Buckling Tie Rod*
Sumber : (Rahim et al., 2022).

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

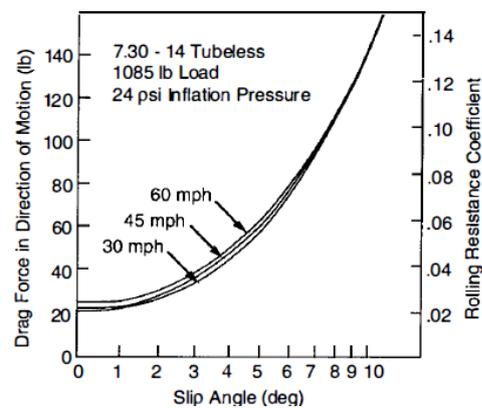
Sudut slip ban merupakan sudut antara sebenarnya dari roda yang menggelinding pada lintasan dengan arah yang menunjukkan kecepatan laju roda.



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

Gambar 2 menunjukkan free body diagram dari sebuah roda. Sudut selip (α) 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° . 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 pengeremannya. 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* Alumunium 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 system kemudi mobil. Tanpa *tie rod*, mobil tidak mungkin berjalan stabil, bahkan sulit dikendalikan.

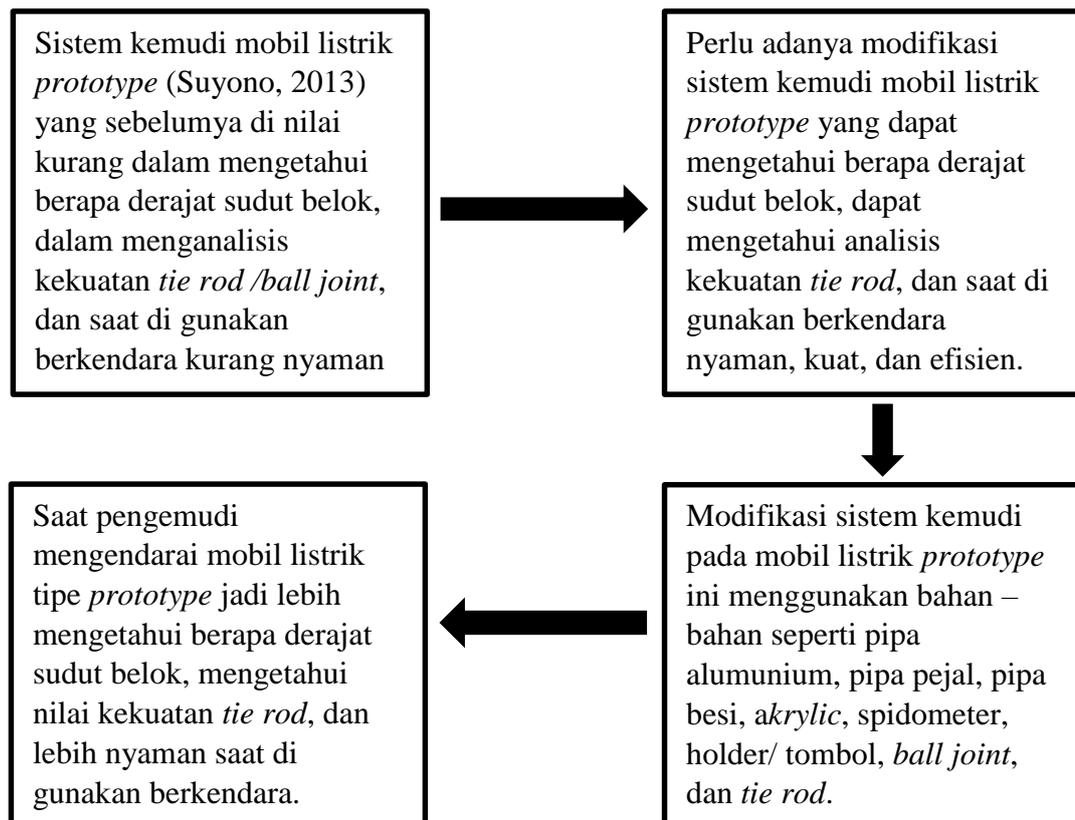
j. *Spesifikasi Assembly* sistem kemudi

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