

ANALISA MEKANISME RACK STEER MOBIL LISTRIK OTONOM**Bintang Widyana Syifaul Hilmi^{1*}, Edi Sutoyo¹, Budi Hartono¹**¹Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

*e-mail: bintang.widyana27@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian dilakukan untuk menganalisa sistem kinematis dan menganalisa gaya-gaya yang terjadi pada mobil listrik, kemudian membandingkan perhitungan sudut roda dengan menggunakan Software Solidwork 2018. Tahap pertama yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pengambilan data sudut roda dengan menggerakkan kemudi 1/2 putaran, 1 putaran, 1 ½ putaran, 2 putaran, kemudian tahap berikutnya menentukan letak titik gravitasi pada mobil listrik, menghitung gaya-gaya yang terjadi pada roda dan gaya untuk memutar kemudi. Tujuan dari analisa sistem kemudi ini adalah menghitung gaya normal pada roda depan untuk menghitung gaya yang dibutuhkan untuk memutar kemudi. Dari hasil Analisa perhitungan gaya normal pada roda depan menghasilkan gaya sebesar 518,1 N dengan gaya gesek maksimum (f_{max}) sebesar 259,1 N menghasilkan gaya untuk memutar kemudi (F_k) pada kondisi statis dibutuhkan gaya sebesar 103.64 N. Perbandingan sudut roda ketika kemudi di putar ke arah kanan pada roda bagian kanan yaitu $0,8^\circ$, dan untuk roda bagian kiri yaitu $2,5^\circ$. Kemudian perbandingan ketika kemudi di putar ke arah kiri pada roda bagian kanan yaitu $2,5^\circ$, dan untuk roda bagian kiri yaitu $1,6^\circ$.

Kata kunci : Mobil Listrik, Rack Steer, Roda Gigi, Sistem Kemudi, Sudut Roda

ABSTRACT

The study was conducted to analyze the kinematic system and analyze the forces that occur in electric cars, then compare the calculation of the wheel angle using Solidwork 2018 Software. The first stage carried out in this study was collecting wheel angle data by moving the steering wheel 1/2 turn, 1 turn. , 1 rounds, 2 turns, then the next step is to determine the location of the point of gravity on the electric car, calculate the forces that occur on the wheels and the force to turn the steering wheel. The purpose of this steering system analysis is to calculate the normal force on the front wheels to calculate the force required to turn the steering wheel. From the results of the analysis of the calculation of the normal force on the front wheel it produces a force of 518.1 N with a maximum frictional force (f_{max}) of 259.1 N produces a force to turn the steering wheel (F_k) under static conditions, a force of 103.64 N is required. Comparison of the angle of the wheel when steering rotated to the right on the right wheel which is 0.8° , and for the left wheel it is 2.5° . Then the comparison when the steering wheel is turned to the left on the right wheel is 2.5° , and for the left wheel it is 1.6° .

Keywords : Electric Car, Rack Steer, Gears, Steering System, Wheel Angle

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pada bidang transportasi di Indonesia mengalami kemajuan yang cukup pesat. Semakin meningkatnya jumlah kendaraan semakin meingkat juga konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM), tetapi semenjak terjadinya pandemi Covid-19 konsumsi bahan bakar minyak pada tahun 2020 mengalami penurunan dari 70 juta kilo liter (kl) pada tahun 2019 menjadi 65 juta kilo liter (kl) pada tahun 2020, dan pada tahun 2021 ini konsumsi bahan

bakar minyak kemungkinan akan kembali naik 15% yaitu sebesar 75 juta kilo liter (kl) dibandingkan dengan jumlah pada tahun 2020. Hal ini memicu pengembangan penggunaan energi listrik pada sistem transportasi sebagai alternatif pengganti BBM, yaitu dengan diproduksinya mobil listrik. Mobil listrik adalah mobil yang penggerak utamanya menggunakan motor listrik yang bersumber dari energi listrik yang tersimpan di dalam baterai. Sistem transmisi yang digunakan mobil listrik pada umumnya sangatlah sederhana, yaitu hanya

meneruskan putaran dari motor listrik langsung ke roda. Pada saat ini mobil listrik yang sudah diproduksi dan dipasarkan hanya menggunakan transmisi fix gear rasio dan otomatik konvensional.

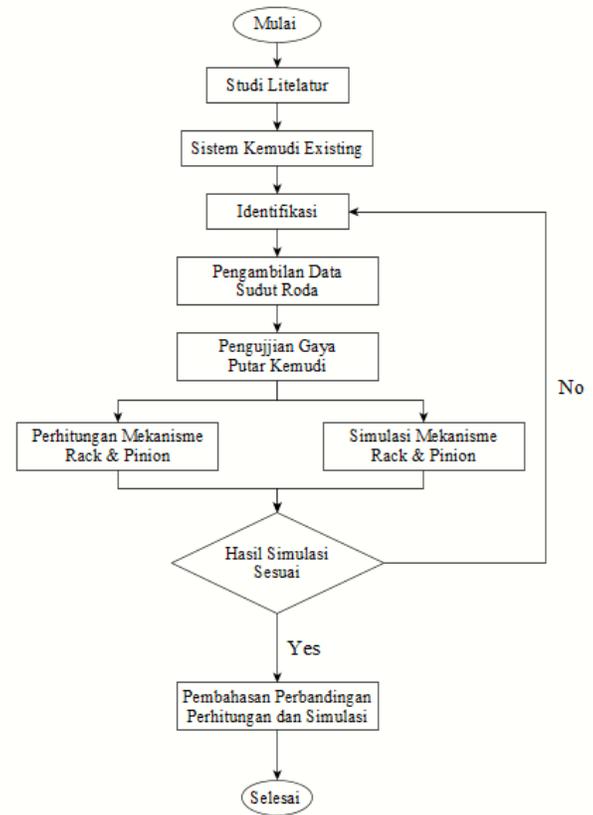
Banyak hal penting yang harus dipertimbangkan dalam merancang sebuah kendaraan, mulai dari kenyamanan, keamanan, hingga performa. Ketiga aspek tersebut menjadi pusat perhatian banyak penelitian yang dilakukan seputar perancangan kendaraan. Salah satu hal yang banyak dikembangkan yaitu mengenai kemudi atau biasa disebut *steering* yang mempengaruhi kenyamanan juga keamanan. Sistem kemudi yang paling banyak digunakan yaitu sistem kemudi *rack and pinion* dan *recirculating ball*. Secara garis besar komponen sistem kemudi terdiri dari *steering column*, *steering gear*, dan *steering linkage*. Sistem kemudi kendaraan pada umumnya ditunjang dengan mekanisme *power steering* untuk menunjang keamanan dan kestabilan. Mekanisme *power steering* yang banyak digunakan yaitu *hydraulic power steering* dan *electrical power steering*. (Fajar, Daris Ibnu, 2015)

2. METODE PENELITIAN

Berdasarkan permasalahan dan tujuan penelitian ini penulis menganalisa system kinematis dan menganalisa gaya-gaya yang terjadi pada mobil listrik, kemudian membandingkan perhitungan sudut roda dengan menggunakan *Software Solidwork 2018*, kemudian menentukan letak titik gravitasi pada mobil listrik, menghitung gaya-gaya yang terjadi pada roda dan gaya untuk memutar kemudi.

2.1 Diagram Alir (Flow Chart) Penelitian

Berikut dibawah ini adalah diagram alir penelitian Analisa mekanisme *rack steer* mobil listrik otonom.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Pengambilan Gaya Putar Kemudi

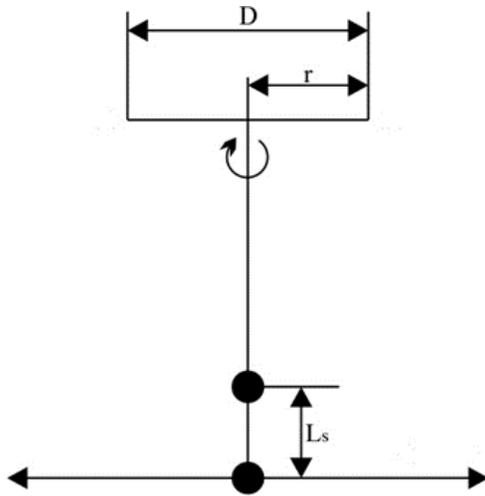
Dari proses Pengambilan data sudut roda ini dilakukan pada saat kendaraan dalam kondisi statis yang ditunjukkan pada Tabel berikut ini :

Tabel 1. Data Aktual Sudut Roda

Putaran Kemudi	Arah Kanan		Arah Kiri	
	Roda Kanan	Roda Kiri	Roda Kanan	Roda Kiri
½ Putaran (180°)	10°	12°	12,2°	10,4°
1 Putaran (360°)	18,3°	20°	20,3°	18°
1 ½ Putaran (360° + 180°)	26,7°	28°	28°	26,6°
2 Putaran (360° + 360°)	35°	36,9°	-	-
Rata-rata	22,5°	24,3°	20,2°	18,3°

2.3 Gaya Putar Kemudi

Gaya yang dibutuhkan untuk memutar kemudi pada kondisi statis



Gambar 2. Gaya Putar Kemudi

Diketahui :

D = Diameter kemudi (m)

r = Jari-jari kemudi (m)

L_s = Panjang *Universal Joint* (m)

Untuk persamaan gaya yang bekerja pada kemudi (F_k) pada kondisi statis adalah sebagai berikut :

$$F_k = \frac{2 \cdot f_{max} \cdot L_s}{2 \cdot 2r}$$

2.4 Center Of Gravity

Setiap benda yang memiliki ruang pasti memiliki massa dan berat. Massa merupakan unsur intrinsik yang dimiliki oleh setiap benda. Jadi mass aitu bagian yang tak terpisahkan dari benda, yang selalu ada bersama dengan benda tersebut. Berat benda dipermukaan bumi ini merupakan hasil perkalian massa dengan percepatan gravitasi. Semua gaya tersebut mengarah ke bawah (pusat bumi), diantaranya semua gaya-gaya tersebut terdapat titik yang merupakan pusat dari semua gaya-gaya yang dihasilkan dari partikel penyusun. Titik tersebutlah yang kemudian disebut sebagai titik berat. Titik berat dapat dicari dengan jumlah dari massa dikali dengan setiap koordinat dibagi dengan total massa.

$$\frac{M_k \cdot X_r + M_p \cdot X_p + M_m \cdot X_m}{M_k + M_p + M_m}$$

$$X_g = \frac{M_k \cdot Y_r + M_p \cdot Y_p + M_m \cdot Y_m}{M_k + M_p + M_m}$$

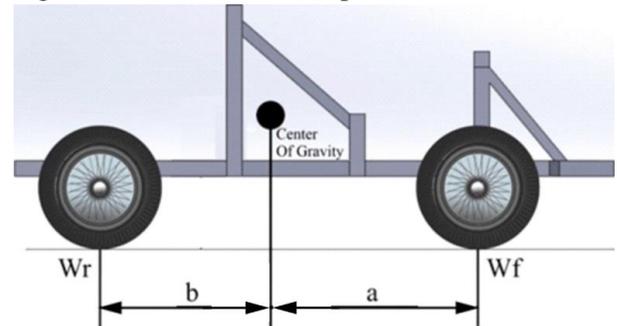
$$Y_g = \frac{M_k + M_p + M_m}{M_k + M_p + M_m}$$

Dimana X_g adalah pusat gravitasi pada sumbu x (mm), W_r adalah massa rangka kendaraan (Kg), W_p adalah massa pengemudi (Kg), W_m adalah massa mesin (Kg), X_r adalah pusat gravitasi

pengemudi pada sumbu x (mm), X_m adalah pusat gravitasi mesin pada sumbu x (mm), Y_g adalah pusat gravitasi pada sumbu y (mm), Y_r adalah pusat gravitasi pengemudi pada sumbu y (mm), X_p adalah pusat gravitasi pengemudi pada sumbu y (mm), X_m adalah pusat gravitasi mesin pada sumbu y (mm).

2.5 Perhitungan Gaya Normal Roda

Perhitungan gaya-gaya pada roda dicari dengan tujuan untuk mengetahui berapa besar gaya yang dibutuhkan agar system kemudi dapat digerakan dan kendaraan dapat berbelok



Gambar 3. Skema Titik Berat Kendaraan

Diketahui :

a = Jarak antara titik pusat kendaraan dari roda depan (mm)

b = jarak antara titik pusat kendaraan dari roda belakang (mm)

W_f = gaya yang bekerja pada roda depan (N)

W_r = gaya yang bekerja pada roda belakang (N)

Mencari gaya pada titik W_f dan W_r :

$$W_r = \frac{1}{2} \cdot W_{total} \cdot a - W_r \cdot (a + b) = 0$$

$$W_f = \frac{1}{2} \cdot W_{total} - W_r$$

2.6 Gaya Gesek Maksimum

Gaya gesek adalah gaya yang timbul akibat persentuhan langsung antara dua permukaan benda, besarnya gaya gesek ditentukan oleh kehalusan atau kekasaran permukaan benda yang bersentuhan dan dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan berikut ini :

$$f_{max} = \mu_s \cdot F_N$$

Dimana :

f_{max} = gaya gesek maksimum pada roda (N)

μ_s = koefisien gesek statis

F_N = gaya yang bekerja pada roda (N)

2.7 Menghitung Pergeseran Rack

Dalam perhitungan roda gigi rack dan pinion ada macam macam perhitungan yang dapat dipakai untuk memudahkan penelitian dalam mencari nilai yang ada pada roda gigi, seperti persamaan di bawah ini yaitu mencari pergeseran rack :

$$X = s \cdot \sqrt{2 - 2 \cdot \cos \delta 1} \cdot \sin(90 - \alpha - \frac{\delta 1}{2})$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Menentukan Pusat Gravitasi

Pusat gravitasi dari mobil listrik ini dapat dicari melalui tiga massa yaitu massa dari rangka kendaraan (Mk), massa pengendara (Mp), massa mesin (Mm). pusat gravitasi dapat dicari dengan cara menjumlahkan perkalian massa dengan titik koordinat (titik koordinat x untuk sumbu x dan titik koordinat y untuk sumbu y) dari titik berat masing-masing massa kemudian dibagi dengan total massa..

Diketahui :

$$\begin{aligned} M_k &= 150 \text{ Kg} & X_r &= 400 \text{ mm} & Y_r &= 580 \text{ mm} \\ M_p &= 60 \text{ Kg} & X_p &= 400 \text{ mm} & Y_p &= 600 \text{ mm} \\ M_m &= 15 \text{ Kg} & X_m &= 500 \text{ mm} & Y_m &= 0 \end{aligned}$$

Menentukan pusat gravitasi sumbu x

$$\begin{aligned} X_g &= \frac{M_k \cdot X_r + M_p \cdot X_p + M_m \cdot X_m}{M_k + M_p + M_m} \\ &= \frac{150 \times 400 + 60 \times 400 + 15 \times 500}{150 + 60 + 15} \\ &= 406 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menentukan pusat gravitari sumbu y

$$\begin{aligned} Y_g &= \frac{M_k \cdot Y_r + M_p \cdot Y_p + M_m \cdot Y_m}{M_k + M_p + M_m} \\ &= \frac{150 \times 580 + 60 \times 600 + 15 \times 0}{150 + 60 + 15} \\ &= 546 \text{ mm} \end{aligned}$$

Hasil Perhitungan Gaya Normal Roda

Perhitungan gaya – gaya pada roda dicari dengan tujuan untuk mengetahui berapa besar gaya yang dibutuhkan agar system kemudi dapat digerakan dan kendaraan dapat berbelok.

Diketahui :

Wtotal = massa mobil + massa pengemudi + massa battery

$$\begin{aligned} W_{total} &= 225 \text{ Kg} \\ &= 225 \text{ Kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ W_{total} &= 2207 \text{ N} \end{aligned}$$

Mencari gaya pada titik Wf dan Wr

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \cdot W_{total} \cdot a - W_r \cdot (a + b) &= 0 \\ \frac{1}{2} \cdot 2207 \text{ N} \cdot 624 \text{ mm} - W_r \cdot 1170 \text{ mm} &= 0 \\ 6885 \text{ N mm} - W_r \cdot 1170 \text{ mm} &= 0 \end{aligned}$$

$$\underline{6885 \text{ Nmm}}$$

$$\begin{aligned} W_r &= \underline{1170 \text{ mm}} \\ &= 588.4 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} W_f &= \frac{1}{2} \cdot W_{total} - W_r \\ &= \frac{1}{2} \cdot 2207 \text{ N} - 588.4 \text{ N} \\ &= 518.1 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya yang bekerja pada roda dihitung menggunakan persamaan diatas dan didapatkan hasil sebesar Wr = 588.4 N dan nilai Wf = 518.1 N

Mencari gaya gesek maksimum (fmax) :

$$f_{max} = \mu_s \cdot FN$$

Dimana :

fmax = gaya gesek maksimum pada roda (N)

μs = koefisien gesek statis

FN = gaya yang bekerja pada roda (N)

Diasumsikan nilai koefisien gesek statis (μs) sebesar 0,5. Dapat diperoleh nilai gaya gesek maksimum pada tiap roda (fmax) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} f_{max} &= 0,5 \cdot 518.1 \text{ N} \\ &= 259.1 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya gesek maksimum (fmax) pada setiap roda dalam kondisi statis dengan nilai koefisien gesek maksimum (μs) 0,5 yaitu sebesar 259.1 N.

Gaya Untuk Memutar Kemudi (Fk)

Gaya yang dibutuhkan untuk memutar kemudi pada kondisi statis

Diketahui :

D = Diameter kemudi = 250 mm = 0,25 m

r = Jari-jari kemudi = 1/2 . D = 1/2 . 0,25 m = 0,125 m

fmax = 259.1 N

Ls = Panjang *Universal Joint* = 10 cm = 0,1 m

Untuk persamaan gaya yang bekerja pada kemudi (Fk) pada kondisi statis adalah sebagai berikut :

$$F_k = \frac{2 \cdot f_{max} \cdot L_s}{2 \cdot 2r}$$

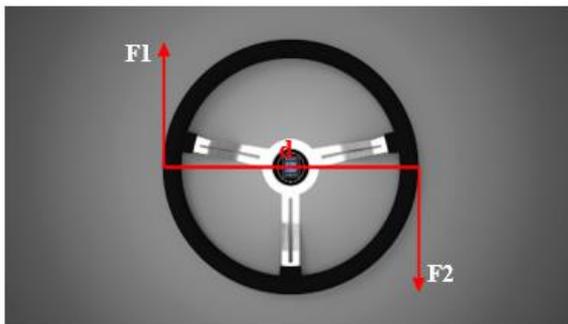
$$F_k = \frac{2 \cdot 259.1 \cdot (0,1m)}{2 \cdot 2 \cdot (0,125m)}$$

$$= \frac{51.82}{0,5}$$

$$F_k = 103.64 \text{ N}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh hasil gaya maksimum yang dibutuhkan untuk memutar kemudi (Fk) pada kondisi statis adalah 103.64 N.

Momen Kopel Gaya



Gambar 4. Momen Kopel Kemudi

Keterangan :

- M = momen kopel (Nm)
- F = 103.64 N
- d = 250 mm = 0.25 m

Untuk mencari besar momen kopel gaya pada kemudi dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini :

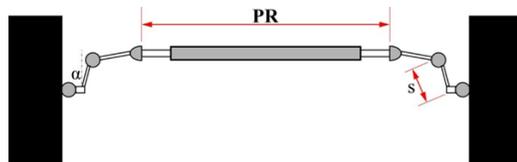
$$M = F \cdot d$$

$$M = 102,7 \times 0,25$$

$$M = 25,91 \text{ Nm}$$

Perhitungan Pada Roda Gigi Rack

Menghitung pergeseran rack :



Gambar 5. Bagan Rack dan pinion

Keterangan :

- PR : Panjang Rack = 375 mm
- s : Jarak antara Ball Joint (Pivot Center) dengan Tie Rod = 112 mm
- δl : Sudut roda luar 360° ke arah kiri = 23°
- α : Sudut lengan pitman = 28°

Dari data yang diketahui diatas untuk mengetahui panjang pergeseran rack pada saat sudut

kemudi diputar 360° ke arah kiri maka diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut :

$$X = s \cdot \sqrt{2 - 2 \cdot \cos \delta l} \cdot \sin(90 - \alpha - \frac{\delta l}{2})$$

$$X = 11,2 \cdot \sqrt{2 - 2 \cdot \cos 23} \cdot \sin(90 - 28 - \frac{23}{2})$$

$$X = 3,60 \text{ cm}$$

Setelah mendapatkan hasil panjang rack mobil listrik otonom kemudian menghitung torsi yang dikeluarkan dari system kemudi. Untuk menghitung berapa besar torsi yang dikeluarkan dari system kemudi yaitu menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$T = F \cdot (d/2)$$

Diketahui :

- T = Torsi (N)
- d = diameter pinion (0,019 m)
- F = Gaya kemudi (102,76 N)

Untuk gaya kemudi diambil dari perhitungan sebelumnya, kemudian menghitung besarnya torsi dari system kemudi adalah :

$$T = F \cdot (d/2)$$

$$= 102,76 \times \frac{0,019}{2}$$

$$= 102,76 \times 0,0095$$

$$T = 0,976 \text{ N}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh torsi yang dihasilkan dari system kemudi kepada roda yaitu sebesar 0,0976 N.

Perbandingan Sudut Antara Data Aktual dan Data Simulasi

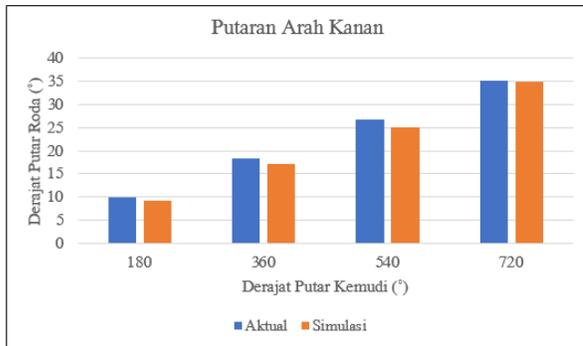
Dari pengukuran sudut menggunakan *Software Solidworks* dapat diambil perbandingan dengan sudut data aktual yang terjadi pada roda.

- A. Putaran Roda Kemudi Ke Arah Kanan
berikut ini adalah tabel perbandingan untuk roda kanan pada saat kemudi diputar kearah kanan :

Tabel 2. Perbandingan Sudut

Putaran kemudi	Arah Kanan		
	Data Aktual (°)	Data Simulasi (°)	(Δ)
1/2 Putaran	10.0	9.30	0.70
1 Putaran	18.3	17.10	1.20
1 1/2 Putaran	26.7	25.00	1.70
2 Putaran	35.0	34.80	0.20

Berdasarkan data Tabel 4.1 diatas menjelaskan bahwa perbandingan roda bagian kanan pada saat kemudi di putar 1/2 Putaran ke kanan mendapatkan hasil data aktual sebesar 10° dan simulasi sebesar 9,3° sehingga perbandingan antara data aktual dan data simulasi senilai 0,7°, saat kemudi di putar 1 Putaran data aktual mendapatkan hasil 18,3° dan simulasi 17,1° sehingga perbandingan antara data aktual dan data simulasi senilai 1,2°, saat kemudi di putar 1 1/2 Putaran data aktual mendapatkan hasil 26,7° dan simulasi 25° sehingga perbandingan antara data aktual dan data simulasi senilai 1,7°, saat kemudi di putar 2 Putaran data aktual mendapatkan hasil 35° dan simulasi 34,8° sehingga perbandingan antara data aktual dan simulasi senilai 0,2°.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Sudut Pada Roda Kanan

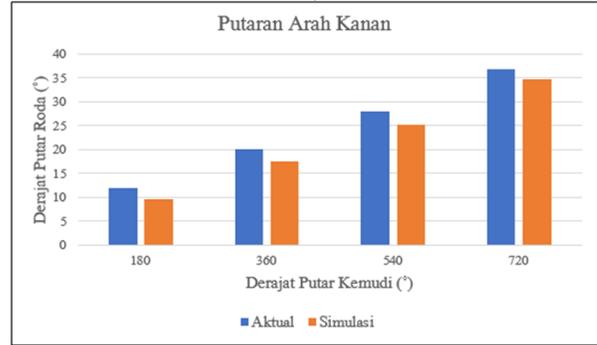
berikut ini adalah tabel perbandingan untuk roda kiri pada saat kemudi diputar kearah kanan :

Tabel 2. Perbandingan Sudut

Arah Kanan			
Putaran kemudi	Roda Kiri		
	Data Aktual (°)	Data Simulasi (°)	(Δ)
1/2 Putaran	12.0	9.50	2.50
1 Putaran	20.0	17.40	2.60
1 1/2 Putaran	28.0	25.20	2.80
2 Putaran	36.9	35.00	1.90

Berdasarkan data Tabel 4.2 diatas menjelaskan bahwa perbandingan roda bagian kiri pada saat kemudi di putar 1/2 Putaran ke kanan mendapatkan hasil data aktual sebesar 12° dan simulasi sebesar 9,5° sehingga perbandingan antara data aktual dan data simulasi senilai 2,5°, saat kemudi di putar 1 Putaran data aktual mendapatkan hasil 20° dan simulasi 17,4° sehingga perbandingan antara data aktual dan data simulasi senilai 2,6°, saat kemudi di putar 1 1/2 Putaran data aktual mendapatkan hasil 28° dan simulasi 25,2° sehingga perbandingan antara data

aktual dan data simulasi senilai 2,8°, saat kemudi di putar 2 Putaran data aktual mendapatkan hasil 36,9° dan simulasi 35° sehingga perbandingan antara data aktual dan simulasi senilai 1,9°.



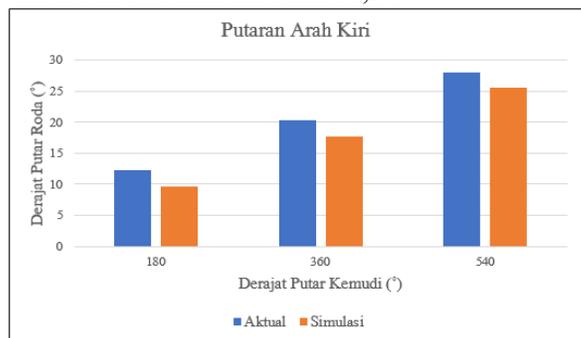
Gambar 7. Grafik Perbandingan Sudut Pada Roda Kiri

B. Putaran Roda Kemudi Ke Arah Kiri
berikut ini adalah tabel perbandingan untuk roda kanan pada saat kemudi diputar kearah kiri :

Tabel 3. Perbandingan Sudut

Arah Kiri			
Putaran kemudi	Roda Kanan		
	Data Aktual (°)	Data Simulasi (°)	(Δ)
1/2 Putaran	12.2	9.70	2.50
1 Putaran	20.3	17.70	2.60
1 1/2 Putaran	28.0	25.50	2.50

Berdasarkan data Tabel 4.3 diatas menjelaskan bahwa perbandingan roda bagian kanan pada saat kemudi di putar 1/2 Putaran ke kiri mendapatkan hasil data aktual sebesar 12,2° dan simulasi sebesar 9,7° sehingga perbandingan antara data aktual dan data simulasi senilai 2,5°, saat kemudi di putar 1 Putaran data aktual mendapatkan hasil 20,3° dan simulasi 17,7° sehingga perbandingan antara data aktual dan data simulasi senilai 2,6°, saat kemudi di putar 1 1/2 Putaran data aktual mendapatkan hasil 28° dan simulasi 25,5° sehingga perbandingan antara data aktual dan data simulasi senilai 2,5°.



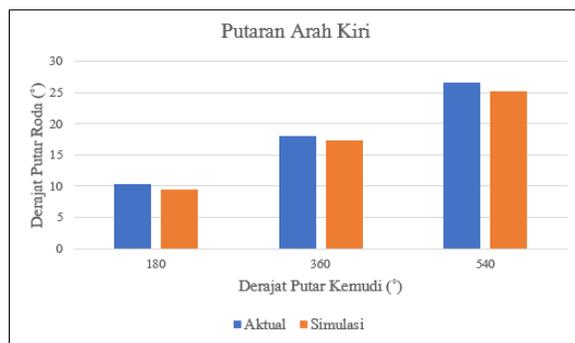
Gambar 8. Grafik Perbandingan Sudut Pada Roda Kanan

Berikut ini adalah tabel perbandingan untuk roda kiri pada saat kemudi diputar kearah kiri :

Tabel 4. Perbandingan Sudut

Arah Kiri			
Putaran kemudi	Roda Kanan		
	Data Aktual (°)	Data Simulasi (°)	(Δ)
1/2 Putaran	10.4	9.40	1.00
1 Putaran	18.0	17.30	0.70
1 ½ Putaran	26.6	25.10	1.50

Berdasarkan data Tabel 4.4 diatas menjelaskan bahwa perbandingan roda bagian kiri pada saat kemudi di putar 1/2 Putaran ke kiri mendapatkan hasil data aktual sebesar 10,4° dan simulasi sebesar 9,4° sehingga perbandingan antara data aktual dan data simulasi senilai 1°, saat kemudi di putar 1 Putaran data aktual mendapatkan hasil 18° dan simulasi 17,3° sehingga perbandingan antara data aktual dan data simulasi senilai 0,7°, saat kemudi di putar 1 ½ Putaran data aktual mendapatkan hasil 26,6° dan simulasi 25,1° sehingga perbandingan antara data aktual dan data simulasi senilai 1,5°.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Sudut Pada Roda Kiri

Untuk berbelok dengan sempurna sudut roda depan kanan dan kiri harus berbeda agar pada saat mobil berbelok roda tersebut tidak terjadi slip dan garis sumbu tegak lurus antara roda kanan dan roda kiri harus bertemu di titik yang sama dengan garis sumbu tegak lurus roda belakang sehingga menghasilkan sudut yang berbeda. Jika roda depan diputar dengan sudut yang sama maka garis sumbu roda tidak akan bertemu dengan titik yang sama yang dimana akan mengakibatkan mobil tergelincir.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian mendapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari penentuan pusat gravitasi dapat dicari hasil pada sumbu X yaitu 406 mm dan pada sumbu Y yaitu 546 mm. Kemudian dari hasil analisa perhitungan gaya normal pada roda depan menghasilkan gaya sebesar 518,1 N dengan gaya gesek maksimum (fmax) sebesar 259,1 N dan menghasilkan gaya untuk memutar kemudi (Fk) pada kondisi statis dibutuhkan gaya sebesar 103.64 N.
2. Pengambilan data sudut roda depan ketika kemudi diputar ke arah kanan nilai rata-rata pada sudut roda kanan sebesar 22,5° dan pada roda kiri sebesar 24,3°, kemudian ketika kemudi diputar ke arah kiri nilai rata-rata pada roda kanan sebesar 20,2° dan pada roda kiri sebesar 18,3°. Sehingga radius putar mobil yang dihasilkan yaitu 3,04 m.
3. Perbandingan sudut roda data aktual dengan simulasi menggunakan *Software Solidworks* saat kemudi di putar ke arah kanan pada roda bagian kanan dapat diambil nilai rata-rata perbandingannya yaitu 0,8°, dan untuk roda bagian kiri mendapatkan nilai rata-rata perbandingannya yaitu 2,5°. Kemudian saat kemudi di putar ke arah kiri pada roda bagian kanan mendapatkan nilai rata-rata perbandingannya yaitu 2,5°, dan untuk roda bagian kiri mendapatkan nilai rata-rata perbandingannya yaitu 1.6°.

Saran

Berikut saran untuk pengembangan penelitian agar jauh lebih baik lagi :

1. Untuk mempermudah manuver pada sistem kemudi mobil listrik maka diperlukan tambahan komponen *Power Steering*.
2. Melakukan analisa mekanisme sistem kemudi dalam keadaan dinamis

DAFTAR PUSTAKA

Fajar, Daris Ibnu;. (2015). “ANALISA SISTEM KEMUDI MOBIL LISTRIK BRAJAWAHANA ITS TERHADAP KONSDISI ACKERMAN”. *Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Novenmber*.
<https://www.cnbcindonesia.com/news/20210421121807-4-239546/2020-drop-2021->

- konsumsi-bbm-ri-diramal-bakal-melesat-15
- Wiyono, Y. P. (2018). "SISTEM TRANSMISI OTOMATIS DENGAN METODE CONTINUOUSLY VARIABLE TRANSMISSION PADA MOBIL LISTRIK", 1
- Hutomo, A, K. 2018. "SISTEM KEMUDI PADA MOBIL GOLF LISTRIK". *Skripsi. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Sebelas Maret Surakarta.*
- Cahalim. Y. "SISTEM KEMUDI" 16 November 2013. 10 juli 2017. <https://tkrwonoasri.blogspot.co.id/2013/12/sistem-kemudi-manual-pada-mobil-2.html>.
- Bumi, B. P. 2015. "ANALISA DINAMIC OF HANDING KENDARAAN REVERSE TRIKE DITINJAU DARI PERGESERAN CENTER OF GRAVITY (CG)". *Skripsi. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.*
- Heriana. E, Rusian. W, Ismail. A, "MODIFIKASI KEMUDI MANUAL MENJADI TPE RACK AND PINION PADA ANGKUTAN PEDESAAN". *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*, Edisi terbit 1, April 2017.
- Teknik Mesin1. (2015). "MACAM MACAM RODAGIGI" <http://teknikmesin1.blogspot.com/2011/05/macam-macam-roda-gigi.html>.
- Nasution. A, "RANCANGAN EKSPERIMEN IDENTIFIKASI KARAKTERISTIK PEMBEBANAN PADA SISTEM KEMUDI POWER STEERING KENDARAAN", *Skripsi, Departemen Teknik Mesin. Universitas Sumatera Utara Medan.* 2017.
- Artika. K. D, Syahyuniar. R, Priono. N, "PERENCANAAN SISTEM KEMUDI MANUAL PADA MOBIL LISTRIK", *Jurnal Elemen Volume 4 Nomor 1, Politeknik Negri Tanah Laut, Juni 2017.*