

PERANCANGAN SISTEM KEMUDI MANUAL PADA MOBIL LISTRIK

Kurnia Dwi Artika¹, Rusuminto Syahyuniar², Nanda Priono³

- 1),2) Staf Pengajar Jurusan Mesin Otomotif, Politeknik Negeri Tanah Laut
- 3) Mahasiswa Jurusan Mesin Otomotif, Politeknik Negeri Tanah Laut
Jl. A Yani Km 6 Pelaihari Tanah Laut Kalimantan Selatan
E-mail: nandapriono@yahoo.com
kurnia.2a@politla.ac.id

Naskah diterima: 8 Mei 2017 ; Naskah disetujui: 15 Juni 2017

ABSTRAK

Sistem kemudi manual pada mobil listrik adalah komponen yang berfungsi menggerakkan roda untuk berbelok ke kiri dan ke kanan. Sistem penggerak pada mobil listrik ini menggunakan steering manual dengan model screwnut. Penggunaan steering manual dengan menggunakan model screwnut ini bertujuan memudahkan pengemudi untuk memutar setir kemudi karena lebih ringan. Penelitian ini diawali dengan merancang bangun rangka untuk diaplikasikan pada mobil listrik dengan penyetelan geometri roda pada sudut camber positif, caster positif dan toe-in. Pada perancangan ini semua komponen steering dipasang padadudukan yang disesuaikan pada mobil listrik. Ada beberapa komponen steering yang diubah dan dimodifikasi dan ada juga yang tidak terpakai seperti relayrod antara universaljoint dengan penggerak screwnut. Selanjutnya dilakukan pengambilan data sebanyak 3 kali untuk mengetahui sudut belok kekanan dan kekiri antara roda kiri dan roda kanan. Pada pengambilan data dari sudut belok roda diketahuiselisih antara sudut roda yaitu berkisar $1^{\circ} - 5^{\circ}$. Meskipun ada selisih dalam sudut belok ini masih aman dipakai karena tidak ada kerusakan yang fatal dan membahayakan saat mengendarainya. Selisih antara sudut belok roda terjadi karena getaran antara roda dengan permukaan jalan yang tidak rata dan berbatu. Perhitungan diambil dari beban mobil dengan beban penumpang yang selanjutnya dimasukkan ke dalam rumus momen putar pada steering. Hasil perhitungan momen putar steering dengan beban maksimum 4 orang adalah 11,05 N/M.

Kata Kunci : Sistem kemudi, sudut chamber, chaster, momen putar.

PENDAHULUAN

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. Dengan membuat dan mengaplikasikan mobil listrik maka akan mengurangi polusi karna mobil listrik tidak menghasilkan gas buang dan juga memberikan ide baru untuk hal transportasi dimasa depan yang mana bahan bakar pada mobil bensin maupun diesel akan berkurang dan habis [1].

Mobil listrik memiliki dua buah sistem utama yaitu sistem mekanik dan sistem elektronik. Sistem mekanik adalah sistem yang berhubungan dengan casis, sistem pedal gas dan pengereman, serta sistem steering. Sistem elektronik adalah sebuah sistem yang berhubungan dengan motor listrik, sensor monitoring, pengukur kecepatan dan pengisian daya (*charger*) pada

mobil listrik.

Sistem penggerak (*steering*) termasuk salah satu komponen yang sangat penting dalam mobil listrik. Karena sistem kemudi (*steering*) berfungsi untuk menggerakkan roda depan untuk berbelok ke kanan dan ke kiri. Sistem kemudi dibagi menjadi beberapa jenis yaitu *manualsteering* dan *power steering*. Pada sistem kemudi *manual steering* tenaga yang dibutuhkan untuk membelokkan roda dari lingkaran kemudi yang diputar oleh tenaga pengemudi, sedangkan *power steering* adalah sistem kemudi yang tenaga geraknya diperoleh dari tenaga hidrolik atau elektrik yang menggunakan motor penggerak juga.

Dari penjelasan tersebut maka penulis memilih melakukan penelitian dengan mengaplikasikan sistem kemudi manual pada mobil listrik. Ini bermaksud untuk mendapatkan efisiensi tenaga listrik yang ada pada mobil listrik yang akan dibuat.

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Kemudi

Sistem kemudi merupakan suatu mekanisme pada kendaraan yang berfungsi untuk mengatur dan

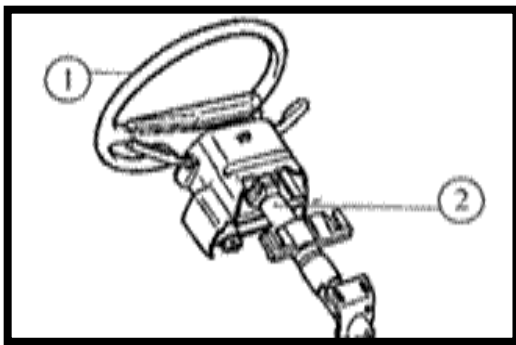
membelokkan roda depan. Sistem kemudi ini merupakan salah satu sistem yang terdapat pada chasis kendaraan yang berfungsi untuk merubah arah kendaraan dan laju kendaraan. Perubahan arah ini dilakukan dengan membelokkan roda-roda depan kendaraan dan menjaga agar posisi tetap stabil. Cara kerjanya adalah saat roda-roda kemudi (*steering wheel*) di gerakkan atau diputar, kolom kemudi (*steering column*) kemudian meneruskan putaran ke putaran roda gigi kemudi (*steering gear*). *Steering gear* ini berfungsi untuk meperbesar momen putar sehingga menghasilkan tenaga yang lebih besar untuk menggerakkan roda depan melalui sambungan-sambungan kemudi (*steering linkage*). Sistem kemudi dibagi menjadi dua yaitu sistem kemudi manual dan sistem kemudi *power steering*.

Konstruksi Sistem Kemudi

Konstruksi sistem kemudi terdiri dari tiga bagian utama, yaitu:

a. Steering Column

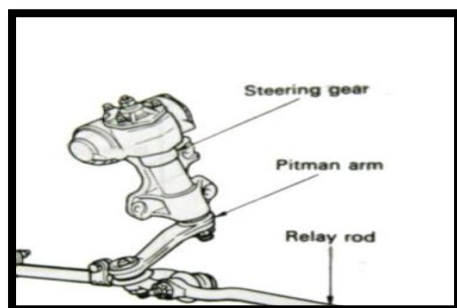
Steering column terdiri dari main shaft yang meneruskan putaran *steering wheel* ke *steering gear* dan *column tube* yang mengikat main shaft ke *body*. Bagian ujung dari *mainshaft* dibuat meruncing dan bergerigi sebagai tempat mengikat *steering wheel* dengan sebuah mur pengikat dan *steeringlock* untuk mengunci *main shaft*.



Gambar 1 Steering Column

b. Steering Gear

Steering gear berfungsi untuk mengarahkan roda depan dan dalam waktu bersamaan juga berfungsi sebagai gigi reduksi untuk meningkatkan momen agar kemudi menjadi ringan.



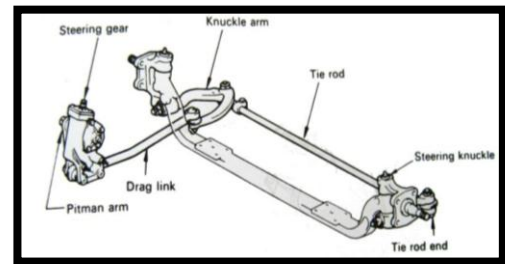
Gambar 2 Steering Gear

c. Steering Linkage

Steering linkage terdiri dari *rod* dan *arm* yang meneruskan tenaga gerak dan *steering gear* keroda depan. Gerakan roda kemudi harus diteruskan ke roda roda depan dengan akurat walaupun mobil bergerak naik turun. Ada dua jenis *steering linkage* yaitu:

1.) Steering linkage untuk suspensi rigid

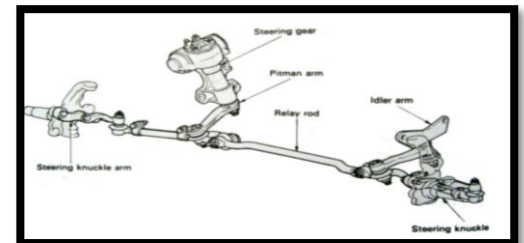
Steering linkage tipe ini terdiri dari *pitman arm*, *drag link*, *knucklearm*, *tie rod* dan *tie rod end*. *Tie rod* mempunyai pipa untuk menyatel panjangnya rod.



Gambar 3 Steering Linkage untuk Suspensi Rigid

2.) Steering linkage untuk suspensi independent

Pada tipe ini terdapat sepasang *tie rod* yang disambungkan dengan *relay rod*.



Gambar 4 Steering Linkage untuk Suspensi Independent

Jenis-jenis Sistem Kemudi

Ada dua jenis sistem kemudi yaitu sistem kemudi manual (*Manual Steering System*) dan sistem kemudi *Power Steering*. [2]

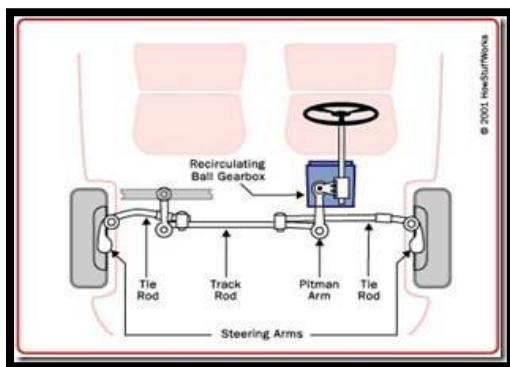
1.) Sistem Kemudi Manual (*Manual Steering System*)

Sistem kemudi manual juga bisa disebut sistem kemudi konvensional karna masih memanfaatkan tenaga dari pengemudi untuk membelokkan roda.

Ada dua komponen mekanis umum yang dipakai untuk meningkatkan gaya putar dari pengemudi dan mentransmisikan gerakan melingkar menjadi gerakan lurus yaitu: pertama adalah *recirculating-ball* dan yang kedua adalah *rack and pinion*.

1. *Recirculating-ball*

Sistem mekanis ini umumnya digunakan pada kendaraan besar dan angkutan seperti *truck*, *bus* dan kendaraan besar lainnya yang membutuhkan gaya yang lebih besar dari pengemudi untuk membelokan roda kemudi dengan baik. *Recirculating-ball* dimaksud untuk dapat meningkatkan rasio kemudi yang dapat meningkatkan gaya putar dari pengemudi yang lebih besar sehingga meringankan beban pengemudi.



Gambar 5 *Recirculating-ball*

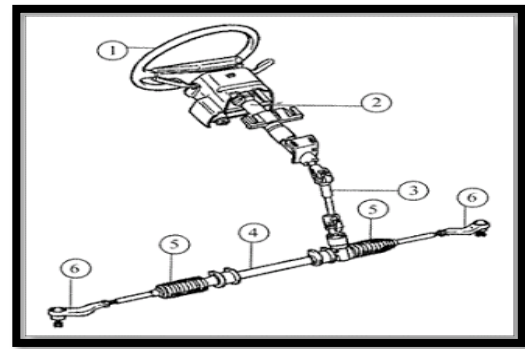
Steering gear berfungsi untuk mengarahkan roda depan dan meningkatkan momen dengan reduksi giginya sehingga kemudi menjadi lebih ringan.

Pemakaian *steering gear* pada *recirculating ball* dikarenakan menginginkan keuntungan momen yang besar sehingga pengemudian relatif lebih ringan. Selain itu juga karena lebih tahan beban yang berat dan lebih tahan keausan serta sifat peredaman getarannya lebih baik [3].

2. *Rack and Pinion*

Sistem ini pada umumnya digunakan pada kendaraan penumpang atau kendaraan kecil yang tidak memerlukan gaya yang besar untuk memutar roda kemudi. Sistem ini mempunyai pinion gear pada ujung poros lingkaran kemudi yang dihubungkan dengan *rack* datar dan gigi yang sesuai dengan gigi pada *pinion*. *Pinion* dengan gerak berputar dirubah oleh *rack* menjadi gerakan lurus.

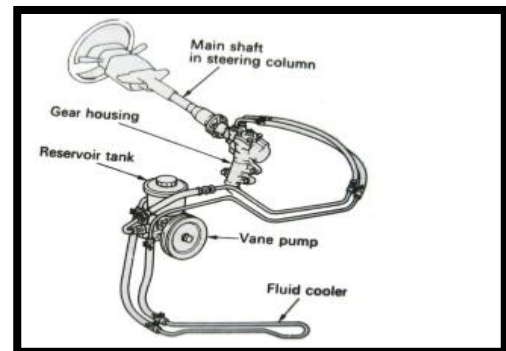
Sistem kemudi *rack and pinion* ini mempunyai rasio kemudi yang terbatas sehingga kemampuannya untuk meningkatkan gaya putar dari pengemudi juga terbatas. Karena rasio yang terbatas tersebut maka sistem ini pada umumnya digunakan pada kendaraan kecil. Pada ujung batang dari *rack* dihubungkan dengan *tie-rod* yang dapat mendorong *steering arm*.



Gambar 6 *Rack and Pinion*

2.) Sistem Kemudi *Power Steering*

Power steering adalah sebuah sistem *hidrolik (servo hidrolik)* yang berfungsi untuk memperingan tenaga yang dibutuhkan untuk memutar kemudi terutama pada kecepatan rendah dan menyesuaikan pada kecepatan menengah serta tinggi.



Gambar 7 Sistem Kemudi *Power Steering*

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan bahan yang digunakan adalah jangka, mistar dan busur derajat. Persiapan yang dilakukan adalah pemasangan kemudi dan memutarnya kearah kiri dan kanan secara bergantian, sampai titik maksimum putaran. dengan variasi 4 sudut putar kemudi.

Pengaruh pemutaran sudut kemudi terhadap sudut roda/ban kendaraan di sisi kanan dan kiri, diukur, dicatat dan ditabelkan, yang kemudian dihitung besarnya momen yang harus diberikan untuk memutar roda.

Rumus perhitungan momen:

$$M = F \sin \alpha \cdot l \dots\dots\dots (1)$$

M = Momen kemudi (Nm)

l = Lengan gaya (m)

F = Gaya (N)

α = sudut antara lengan gaya

Rumus perhitungan kecepatan:

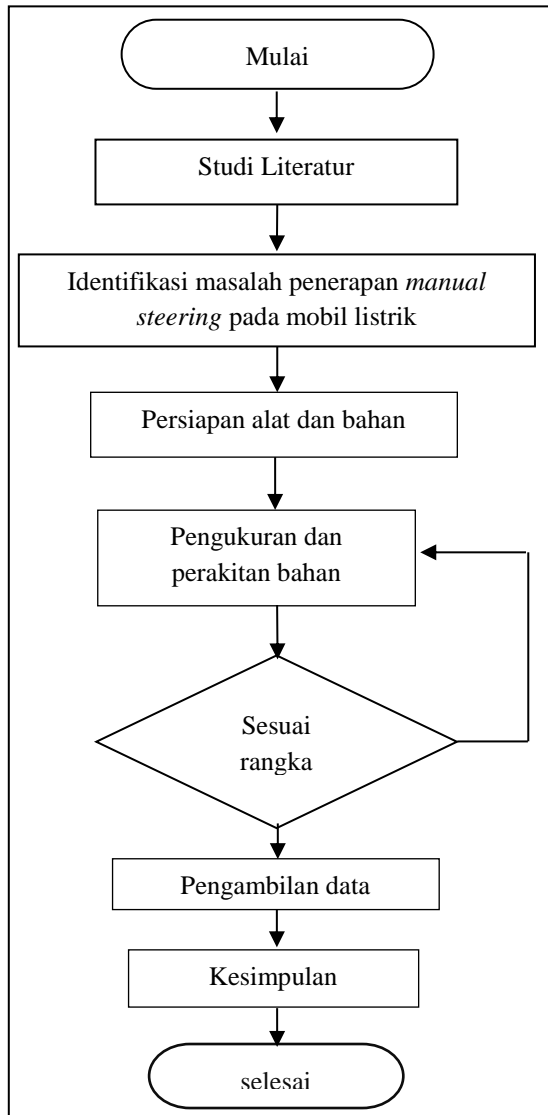
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v^1 - v^0}{t^1 - t^0} \dots\dots\dots (2)$$

a = Percepatan (m/s²)

Δv = Perubahan kecepatan (m/s)

Δt = Perubahan waktu (s)

Adapun diagram alir seperti pada Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8 Diagram Alir Penelitian

Pada Gambar 8, diagram pelaksanaan pengujian dan pengukuran sistem kemudi dan analisisnya. dalam hal ini ditekankan bahwa perakitan sistem kemudi harus sesuai dengan rangka penopang kendaraan, karena sangat berpengaruh dalam kenyamanan saat berbelok dan keakuratan saat melakukan manuver di tikungan, dengan besarnya toleransi sudut yang diberikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pengerjaan dan penyusunan tugas akhir dengan judul Perancangan kemudi manual pada mobil listrik, setelah dilaksanakan penelitian dan percobaan maka tugas akhir ini mendapat hasil sebagai berikut :

Pengambilan data sudut belok pada steering mobil

A. Pengambilan data

Adapun hasil dari pengukuran sudut roda adalah sebagai berikut :

Tabel 1 Hasil Pengambilan Data Sudut Belok

Derajat Putar Kemudi	Perco baan	Arah Kanan		Arah Kiri	
		Roda kanan	Roda Kiri	Roda kanan	Roda Kiri
180°	1	10°	12°	6°	7°
	2	9°	11°	8°	9°
	3	10°	13°	7°	9°
360°	1	30°	20°	17°	25°
	2	30°	20°	20°	24°
	3	30°	21°	18°	22°
540°	1	40°	30°	28°	40°
	2	40°	32°	30°	40°
	3	41°	31°	29°	40°
720°	1	45°	40°	38°	47°
	2	44°	40°	37°	48°
	3	45°	38°	38°	46°

Berdasarkan pengambilan data pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa selisih antara sudut belok berkisar antara 1° – 5°. Ini terjadi karena pengambilan data pada jalan yang kurang halus atau berbatu yang mengakibatkan komponen steering yang terus bergerak karena bertabrakan dengan permukaan jalan yang tidak rata. Pada pengambilan data tersebut menggunakan sudut geometri roda :

Sudut *camber* = 0,3 derajat pada roda kanan dan 0,2 derajat pada roda kiri

Sudut *caster* = 4 derajat pada roda kanan dan 5 derajat pada roda kiri

Sudut *toe-angle* = 0°

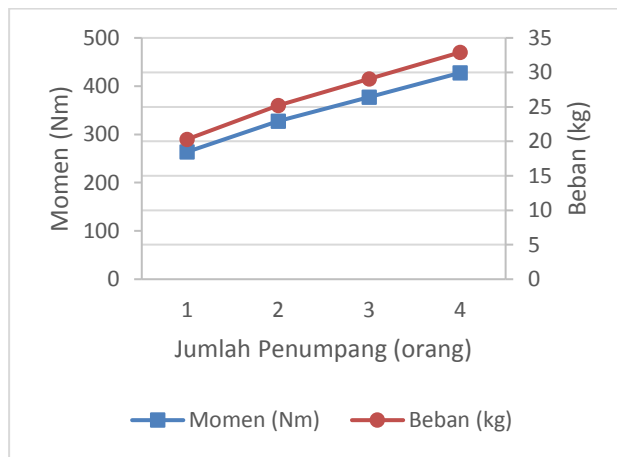
Keterangan: terjadi perbedaan pada sudut *camber* dan *caster* dikarenakan pada dudukan antara suspensi dan arm rod yang bebas bergerak sehingga membuat sudut tidak sama. Pada sudut *toe angle* disetel pada penyetelan 0°, ini dimaksud agar roda tidak selip karena roda yang digunakan roda kendaraan yang memiliki luas permukaan ban yang kecil.

Hasil perhitungan momen pada *steering manual* adalah seperti pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Momen *Steering*

NO	Jumlah penumpang	Beban penumpang + beban mobil (kg)	Momen putar pada <i>steering</i> (Nm)
1	1 penumpang	290	18,47
2	2 penumpang	360	22,93
3	3 penumpang	415	26,43
4	4 penumpang	470	29,93

Dari Tabel 2, dapat dibuat grafik sebagai berikut:



Gambar 9 Grafik Hubungan Momen dan Beban

Seperti terlihat pada Gambar 9, momen punter dari kemudi (*steering*) meningkat seiring dengan meningkatnya beban. Hal ini diakibatkan oleh penumpukan beban di pusat kemudi. momen dihitung berdasarkan panjang kemudi dikalikan dengan massa beban (penumpang).

Perhitungan pada rumus momen *steering*: [4]

A. Percobaan momen dengan 1 orang penumpang

Rumus Momen $M = F \sin \alpha \cdot \ell$

Penyelesaian : $M = F \sin \alpha \cdot \ell$

M = Momen kemudi (Nm)

ℓ = Lengan gaya

F = Gaya (N)

α = sudut antara lengan gaya

Diketahui $L = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$

$\alpha = \sin 80^\circ$

$m = 230\text{kg} + 1 \text{ orang penumpang (60kg)}$
 $= 290\text{kg}$

$F = m \cdot a$

$$= m \cdot \frac{v^1 - v^0}{t^1 - t^0}$$

$$= 290 \cdot \frac{8,33-0}{60-0}$$

$$= 290 \text{ kg} \cdot 0,13 \text{ m/s}^2$$

$$= 37,7\text{kg m/s}^2 = 37,7 \text{ N}$$

$$M = F \sin (80^\circ) \cdot \ell$$

$$M = 37,7 \text{ N} \cdot 0,98 \cdot 0,5\text{m}$$

$$M = 18,47\text{Nm}$$

Jadi momen *steering* pada kendaraan listrik dengan 1 orng penumpang yaitu 18,47 Nm

B. Percobaan momen dengan 2 orang penumpang

Rumus Momen $M = F \sin \alpha \cdot \ell$

Penyelesaian : $M = F \cdot \ell$

M = Momen kemudi (Nm)

ℓ = Lengan gaya

F = Gaya (N)

α = sudut antara lengan gaya

Diketahui $L = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$

$\alpha = \sin 80^\circ$

$m = 230\text{kg} + 2 \text{ orang penumpang}$
 $(60\text{kg}+70\text{kg}) = 360\text{kg}$

$F = m \cdot a$

$$= m \cdot \left(\frac{v^1 - v^0}{t^1 - t^0} \right)$$

$$= 360 \cdot \left(\frac{8,33-0}{60-0} \right)$$

$$= 360 \text{ kg} \cdot 0,13 \text{ m/s}^2$$

$$= 46,8 \text{ kg m/s}^2 = 46,8 \text{ N}$$

$$M = F \sin (80^\circ) \cdot \ell$$

$$M = 46,8 \text{ N} \cdot 0,98 \cdot 0,5\text{m}$$

$$M = 22,93 \text{ Nm}$$

Jadi momen *steering* pada kendaraan listrik dengan 2 orng penumpang yaitu 22,93 Nm

C. Percobaan momen dengan 3 orang penumpang

Rumus Momen $M = F \sin \alpha \cdot \ell$

Penyelesaian : $M = F \cdot \ell$

M = Momen kemudi (Nm)

ℓ = Lengan gaya

F = Gaya (N)

α = sudut antara lengan gaya

Diketahui $L = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$

$\alpha = \sin 80^\circ$

$m = 230 + 4 \text{ orang penumpang}$
 $(60+70+55) = 415\text{kg}$

$F = m \cdot a$

$$= m \cdot \left(\frac{v^1 - v^0}{t^1 - t^0} \right)$$

$$= 415 \cdot \left(\frac{8,33 - 0}{60 - 0} \right)$$

$$= 415 \text{ kg} \cdot 0,13 \text{ m/s}^2$$

$$= 53,95 \text{ kg m/s}^2 = 53,95 \text{ N}$$

$$M = F \sin (80^\circ) \cdot \ell$$

$$M = 53,95 \text{ N} \cdot 0,98 \cdot 0,5 \text{ m}$$

$$M = 26,43 \text{ Nm}$$

Jadi momen *steering* pada kendaraan listrik dengan 3 orang penumpang yaitu 26,43 N/M.

D. Percobaan momen dengan 4 orang penumpang

$$\text{Rumus Momen } M = F \sin \alpha \cdot \ell$$

$$\text{Penyelesaian : } M = F \cdot \ell$$

$$M = \text{Momen kemudi (Nm)}$$

$$\ell = \text{Lengan gaya}$$

$$F = \text{Gaya (N)}$$

$$\alpha = \text{sudut antara lengan gaya}$$

Diketahui $L = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$
 $\alpha = \sin 80^\circ$
 $m = 230 + 4 \text{ orang penumpang}$
 $(60 + 70 + 55 + 55) = 470 \text{ kg}$

$$F = m \cdot a$$

$$= m \cdot \left(\frac{v^1 - v^0}{t^1 - t^0} \right)$$

$$= 470 \cdot \left(\frac{8,33 - 0}{60 - 0} \right)$$

$$= 470 \text{ kg} \cdot 0,13 \text{ m/s}^2$$

$$= 61,1 \text{ kg m/s}^2 = 61,1 \text{ N}$$

$$M = F \sin (80^\circ) \cdot \ell$$

$$M = 61,1 \text{ N} \cdot 0,98 \cdot 0,5 \text{ m}$$

$$M = 29,93 \text{ Nm}$$

Jadi momen *steering* pada kendaraan listrik dengan 4 orang penumpang yaitu 29,93 Nm.

Dari hasil perhitungan yang didapat, disimpulkan bahwa ada perbedaan momen steering pada saat penambahan beban penumpang pada mobil listrik. Pada beban penumpang satu orang sebesar 60 kg ditambahkan dengan beban mobil listrik 230 kg diperoleh hasil perhitungan momen dengan nilai 18,47 N/M. Pada hasil ini dapat diketahui bahwa momen pada steering masih ringan untuk diputar setirnya. Sedangkan pada beban penumpang sebanyak 4 orang sebesar 470 kg ditambahkan dengan beban mobil listrik 230 kg diperoleh hasil

perhitungan momen dengan nilai 29,93 N/M. Pada hasil ini dapat diketahui bahwa momen pada steering lebih berat untuk diputar setirnya. Hal ini terjadi karena adanya pengaruh beban yang berat pada steering karena adanya tambahan penumpang sehingga membuat momen pada steering semakin bertambah.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengambilan data dari perancangan steering manual pada mobil listrik dapat disimpulkan:

1. Keuntungan menggunakan steering manual dengan model *screwnut* saat berkendara yaitu meringankan putaran stir saat berbelok, tidak terlalu berat dan aman.
2. Pada pengambilan data dapat diketahui bahwa selisih antara pengambilan data pada sudut belok roda adalah berkisar antara $1^\circ - 5^\circ$. Ini terjadi karena adanya getaran pada jalan yang kurang halus atau berbatu yang mengakibatkan komponen *steering* yang terus bergerak karena bertabrakan dengan permukaan jalan yang tidak rata.
3. Pada pengujian momen pada *steering* manual didapat hasil dengan momen *steering* 18,47 N/M dengan tambahan beban 1 orang penumpang, didapat hasil momen maksimal 29,93 N/M dengan tambahan beban 4 orang penumpang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Daryanto, Setyabudi, Ismanto. 2014. *Teknik Motor Diesel*. Bandung: Alfabeta.
- [2] Daryanto. 2003. *Motor Bensin Pada Mobil*. Bandung: Alfabeta. Izusu Training Center. *Sistem Suspensi dan Ban*.
- [3] Tungga Bhimadi Karyasa. 2011. *Dasar-dasar Getaran Mekanik*. Yogyakarta: Andi
- [4] L mott, Robert. 2004. *Elemen Elemen Mesin Dalam Perancangan Mekanis*. Yogyakarta: Andi.