

Rancang Bangun Sistem Kemudi Manual

RANCANG BANGUN SISTEM KEMUDI MANUAL PADA MOBIL LISTRIK GARUDA UNESA**Agus Suyono**D3 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
E-mail: katanaaugust@yahoo.com**I Made Arsana**D3 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
E-mail: dearsana67@yahoo.com**ABSTRAK**

Mobil listrik pertama kali dikenalkan oleh Robert Anderson dari Skotlandia pada tahun 1832-1839, namun pada saat itu harga bahan bakar minyak (BBM) relatif murah sehingga masyarakat dunia cenderung mengembangkan Motor Bakar yang menggunakan BBM. 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 yang ramah lingkungan dalam sistem transportasi sebagai pengganti bahan bakar fosil. Bertolak dari permasalahan tersebut, maka perlu dirancang sebuah mobil listrik dengan mengaplikasikan sebuah sistem kemudi manual yang mampu bekerja secara efisien untuk mendukung kinerja pada mobil listrik yang ramah lingkungan.

Metode pembuatan sistem kemudi manual mobil listrik menggunakan metode rancang bangun yaitu dengan langkah-langkah yaitu 1) menentukan ide rancangan yang dibuat. 2) pengumpulan data dan pemilihan bahan. 3) merancang desain gambar dengan menggunakan aplikasi software autocad. 4) merakit komponen yang telah didesain. 5) menguji performa dari sistem kemudi yang diaplikasikan pada mobil listrik. Sistem kemudi ini direncanakan menggunakan plat sebagai penghubung antara batang kemudi dengan lengan *tie rod*, sehingga tanpa menggunakan *gearbox*.

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 36°. Dengan demikian sistem kemudi dapat mendukung kinerja pada mobil listrik Garuda Unesa.

Abstract

Electric cars were first introduced by Robert Anderson of Scotland in 1832-1839, but at that time the price of fuel oil (BBM) is relatively low so that people around the world tend to develop Motor Fuels that use fuel. Currently the price of fuel becomes increasingly expensive and very limited reserves and difficult to control for the foreseeable future. This triggered the development of the use of electricity in an environmentally friendly transportation system as a replacement for fossil fuels. Contrary to these problems, it should be designed to apply an electric car with a manual steering system that is able to work efficiently to support the performance of the environmentally friendly electric cars.

Method for making an electric car manual steering system using the design method with the steps: 1) determine the design ideas were made. 2) data collection and selection of materials. 3) designing design drawings using AutoCAD software applications. 4) assemble the components that have been designed. 5) to test the performance of the steering system is applied to the electric car. The steering system is planned to use the plate as a liaison between the steering rod with tie rod sleeves, so without using a gearbox.

From the test results it is known that the performance of the manual steering system works well. And steer the steering shaft when rotated no hilarity on the connection between the steering shaft to the plate, so it can be rotated to steer light and easy. Besides manual steering system produces a maximum of 36° angle turn. Thus the steering system can support performance on electric cars Garuda Unesa.

PENDAHULUAN

Mobil listrik pertama kali dikenalkan oleh Robert Anderson dari Skotlandia pada tahun 1832-1839, namun pada saat itu harga bahan bakar minyak (BBM) relatif murah sehingga masyarakat dunia cenderung mengembangkan Motor Bakar yang menggunakan BBM. Saat ini harga BBM semakin mahal dan cadangannya menjadi sangat terbatas serta sulit dikendalikan untuk masa yang akan datang. Selain itu, terdapat isu lingkungan yang menjadi perhatian dunia yang tertuang dalam *Education for Sustainable Development (EfSD)*.

Hal ini memicu pengembangan penggunaan energi listrik dalam system transportasi sebagai pengganti bahan bakar fosil, sebab energi listrik mudah dibangkitkan dari berbagai macam sumber termasuk dari sumber-sumber energi terbarukan. Mengacu kepada *blueprint* Pengembangan Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi, ketahanan dan kemandirian energi harus ditingkatkan dengan menurunkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK = CO₂) serta meningkatkan pemanfaatan energi baru terbarukan. Presiden Republik Indonesia pada Forum G-20 di Pittsburgh, USA tahun 2009 dan pada COP 15 di Copenhagen menyampaikan bahwa Indonesia dapat menurunkan emisi GRK sebesar 26% dan bahkan bisa mencapai sebesar 41% dengan bantuan negara maju hingga tahun 2020. Salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah mengurangi pemakaian BBM untuk transportasi dan menggantikannya dengan energi listrik.

Partisipasi aktif yang juga telah dilakukan Politeknik Negeri Bandung dalam upaya meningkatkan kesadaran akan lingkungan bersih adalah turut mensukseskan pemecahan rekor uji emisi MURI dengan pengujian 1000 kendaraan dalam sehari. Kegiatan ini sejalan dengan program Jabar bebas polusi tahun 2013. Hal yang tidak kalah pentingnya adalah penyelenggaraan kompetisi ini diharapkan dapat memotivasi mahasiswa didalam meningkatkan kreativitas, inovasi dan jiwa berkompetisi didalam ajang perlombaan sehingga dapat membentuk pribadi-pribadi yang teguh dan mandiri.

Dalam tugas akhir ini berkeinginan untuk membuat mobil listrik ini yang berbasis *research* yang nanti hasilnya akan di lombakan di ajang kompetisi mobil listrik Indonesia (KMLI), maka dari itu saya mengusulkan judul sistem kemudi manual pada mobil listrik Garuda UNESA yang dimana sistem kemudi ini salah satu komponen penting dalam pembuatan mobil listrik Garuda UNESA.

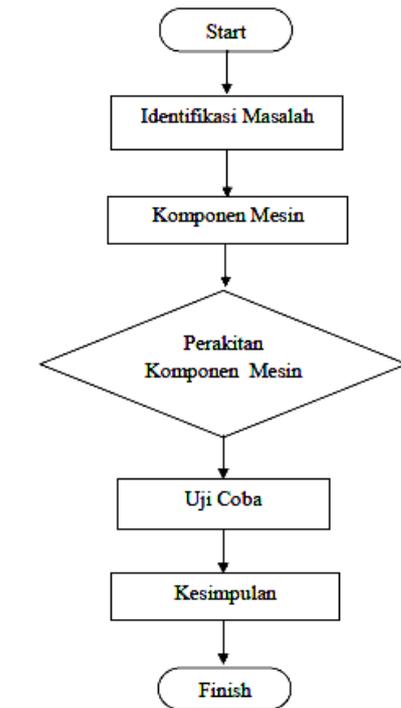
Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, permasalahan dalam penelitian ini yaitu Bagaimana rancang bangun sistem kemudi yang tepat yang dapat diaplikasikan untuk mobil listrik Garuda UNESA. Untuk memecah masalah yang dibahas, peneliti merancang dan membuat sistem kemudi manual.

Tujuan dari penelitian ini adalah Menghasilkan rancangan sistem kemudi manual yang dapat diaplikasikan untuk mobil listrik Garuda Unesa dan Menemukan performa sistem kemudi yang bagus yang dapat diaplikasikan untuk mobil listrik Garuda UNESA.

Manfaat dari penelitian ini adalah Menghasilkan rancangan sistem kemudi yang dapat diaplikasikan untuk mobil listrik Garuda Unesa untuk penelitian tentang mobil listrik bagi mahasiswa Universitas Negeri Surabaya khususnya mahasiswa teknik mesin.

METODE

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Ide Rancangan

Ide rancangan merupakan ide awal sebelum melakukan perencanaan dalam pembuatan Tugas Akhir. Ide rancangan ini muncul dari diskusi bersama dosen pembimbing yang akhirnya menghasilkan keputusan untuk membuat suatu mobil listrik. Pembuatan mobil listrik ini untuk mengembangkan kegiatan belajar mengajar secara langsung berbasis di Jurusan Teknik Mesin. Diharapkan dengan adanya mobil listrik Garuda Unesa ini dapat meningkatkan kualitas pembelajaran mata kuliah.

Teknik Pengumpulan Data dan Bahan

Dalam melakukan proses pengumpulan data dan bahan yang penulis lakukan terlebih dahulu adalah mencari ide rancangan. Setelah mendapatkan ide rancangan, penulis langsung melakukan observasi lapangan dengan pencarian komponen di pasar loak maupun di toko spare part yang terbilang cukup lengkap dalam penyediaan komponen kemudi meski barang

tersebut bekas maupun baru dan relative murah. Penulis juga berusaha mencari data-data mengenai sistem kemudi manual melalui buku-buku, informasi dari media lain, mempelajari bahan-bahan bacaan ke perpustakaan yang ada kaitannya dengan permasalahan dan isi pembahasan.

Pencarian data dilakukan agar mempermudah proses perakitan dan penyusunan serta pemahaman tentang system kemudi. Penulis juga mencari informasi harga komponen-komponen yang diperlukan dalam pembuatan rancang bangun sistem kemudi. Selain itu, penulis juga melakukan konsultasi pada dosen pembimbing mengenai bagaimana cara pelaksanaan pembuatan dan juga penempatan komponen-komponen yang ada pada sistem kemudi manual.

Perencanaan Perakitan

• Perencanaan Sistem Kemudi Manual.

Perancangan Poros (batang kemudi dan *tie rod*)

Poros adalah komponen alat mekanis yang mentransmisikan gerak berputar dan daya. Poros ini merupakan satu kesatuan dari sebarang sistem mekanis di mana daya ditransmisikan dari penggerak utama.

• Prosedur Perancangan poros

Prosedur perancangan poros adalah sebagai berikut:

- Menentukan berat poros.
- Menentukan lokasi bantalan yang menumpu poros.
- Memilih bahan poros dan menentukan kondisinya.
- Menentukan diameter poros.
- Menentukan dimensi akhir pada poros.
- Menentukan tebal poros.

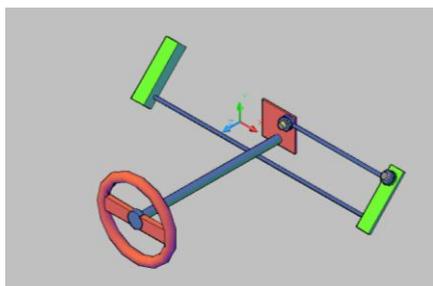
• Perancangan bantalan poros (plat penghubung antara batang kemudi dengan lengan *tie rod*)

- Menentukan daya/beban yang diterima plat.
- Menentukan gaya-gaya yang bekerja pada poros.
- Menentukan ketebalan plat.
- Menganalisis gangguan yang akan terjadi.

- **Proses Pembuatan Perancangan Sistem Kemudi Pada Mobil Listrik Garuda Unesa.**

Sistem kemudi pada mobil ini akan dibuat seminimalis mungkin tanpa mengenyampingkan keselamatan si pengguna mobil listrik ini. Sistem ini dibuat dengan menduplikasi dari sistem kemudi mobil yang dimana sistem kemudinya menggunakan *Rack and Pinion* dan *Recirculating ball*.

Desain Rancangan Sistem Kemudi Manual



Gambar 2. Desain rancangan sistem kemudi manual

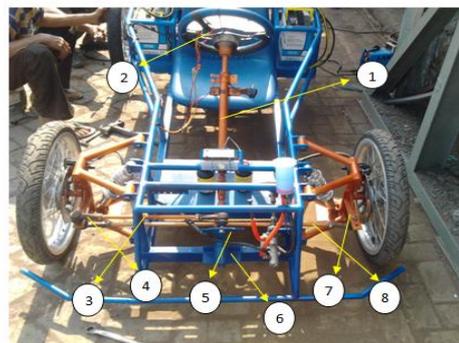
Cara kerja sistem kemudi manual ini adalah Bila *steer* kemudi diputar ke kiri maupun ke kanan maka gerak putar itu akan diteruskan ke lengan *Tie rod* dengan perantara poros/batang kemudi, sehingga plat penghubung antara batang kemudi dengan lengan *tie rod* juga akan ikut berputar untuk meneruskan 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*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancangan

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*.



Gambar 3. Sistem Kemudi *manual* Mobil Listrik
(Sumber: Dokumentasi)

Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui fungsi komponen, prinsip kerja pada sistem kemudi manual mobil listrik. Pada sistem, pengujian dapat dilakukan dengan menjalankan mobil listrik secara langsung. Pengujian komponen-komponen sistem kemudi merupakan tahap pertama pada langkah pengujian. Berikut ini adalah data-data komponen-komponen yang telah diuji:

Hasil Sudut Belok

Pengujian komponen ini dilakukan untuk mengetahui baik tidaknya komponen-komponen pada sistem kemudi mobil listrik. Apabila dalam pengujian ini terdapat komponen yang tidak sesuai standar, maka dalam langkah pengujian selanjutnya dapat dipastikan akan menghasilkan data pengujian yang kurang maksimal.

Tabel 1. Data hasil sudut belok

Derajat putar setir	Arah ke kanan		Arah ke kiri	
	Roda Kanan	Roda kiri	Roda Kanan	Roda Kiri
30°	12°	10°	12°	12°
45°	20°	20°	22°	20°
60°	35°	35°	35°	36°

Batang kemudi dan *steer*.

Pengujian komponen ini dilakukan secara manual. Pengujian ini dilakukan dengan cara memutar batang kemudi dan *steer* kekanan dan kekiri menggunakan kedua tangan. Apabila batang kemudi dan *steer* dapat diputar dengan ringan dan mudah, maka batang kemudi dan *steer* tersebut masih dalam keadaan baik. Sedangkan apabila batang kemudi dan *steer* ketika diputar terasa berat, maka batang kemudi dan *steer* tersebut perlu dilakukan perbaikan.



Gambar 4. Pengujian batang kemudi dan *steer* pada sistem kemudi mobil listrik (Sumber: Dokumentasi)

Plat penghubung batang kemudi dengan lengan *tie rod*.

Pengujian komponen ini sama dengan pengujian yang dilakukan pada komponen-komponen lainnya. Pengujian ini dilakukan dengan cara memutar batang kemudi dan *steer* kekanan dan kekiri menggunakan kedua tangan. Apabila batang kemudi dan *steer* ketika diputar tidak ada kekocakan pada sambungan antara

batang kemudi dengan plat, maka batang kemudi dapat diputar dengan ringan dan mudah. Dan sebaliknya, apabila pada sambungan antara batang kemudi dengan plat ada kekocakan maka ketika *steer* diputar akan terasa lebih berat karena terdapat speling pada sambungan tersebut.



Gambar 5. Pengujian plat penghubung antara batang kemudi dengan lengan *tie rod* pada sistem kemudi mobil listrik Unesa (Sumber: Dokumentasi)

Lengan *tie rod* dan *long tie rod*.

Pengujian komponen ini juga dilakukan secara manual. Pengujian ini dilakukan dengan cara memutar batang kemudi dan *steer* kekanan dan kekiri menggunakan kedua tangan. Apabila batang kemudi dan *steer* dapat diputar dengan ringan dan mudah, berarti lengan *tie rod* dan *long tie rod* akan bergerak dengan mudah, dengan menarik dan mendorong roda depan kekanan atau kekiri untuk membelokkan arah laju kendaraan.



Gambar 6. Pengujian lengan dan *long tie rod* pada sistem kemudi mobil listrik (Sumber: Dokumentasi)

Perawatan Sistem Kemudi

Perawatan yang harus dilakukan supaya mesin tetap biasa berjalan dengan lancar dan dapat berfungsi dengan baik ada dua macam antara lain:

Pencegahan kerusakan.

Pencegahan ini dilakukan untuk meminimalis serta menghambat terjadinya kerusakan yang mungkin terjadi sebelum kerusakan itu benar-benar terjadi, antara lain:

- Pelapisan dengan menggunakan cat supaya komponen-komponen sistem kemudi tidak mudah terkorosi dan pada akhirnya dapat menyebabkan komponen tersebut cepat rusak.
- Memberi pelumas oli atau stenpet pada bagian-bagian seperti; batang kemudi dan *ball joint* agar tidak cepat aus.
- Perbaikan dengan cara memperbaiki komponen sistem kemudi apabila terjadi kerusakan, walaupun hal ini dianggap mengurangi kinerja tetapi tetap harus dilakukan, karena tanpa perbaikan sistem kemudi tidak akan dapat bekerja dengan baik.

KUTIPAN DAN ACUAN

Menurut PT. NISSAN Motor Indonesia, *Power Steering* adalah perangkat/sistem pada kendaraan yang berfungsi untuk meringankan kemudi kendaraan. Sehingga kendaraan dapat bermanuver dengan mudah dan dapat bergerak dengan radius putar yang lebih kecil. Jenis *Power Steering* mempunyai 2 tipe, dimana masing-masing jenis diaplikasikan pada kendaraan tertentu sesuai dengan kapasitasnya, yaitu jenis Hidrolik dan *elektrik*. *Power Steering* jenis Hidrolik bekerja menggunakan oli yang bertekanan tinggi sehingga kemudi menjadi lebih ringan. Prinsip kerja *Power Steering* Hidrolik adalah sistem yang ada pada hidrolik memanfaatkan tenaga mesin untuk menekan oli pada pompa P/S sehingga kerja kemudi menjadi lebih ringan, karena itu sebagian tenaga mesin dipakai untuk memutar pompa *Power Steering* (*Vane Pump*). Untuk sistem *Power Steering*nya sendiri terdiri dari 3 bagian yang berdiri terpisah satu dengan yang lainnya namun masing-masing bagian tersebut bekerja saling berkesinambungan/berkaitan antara satu

bagian dengan bagian yang lainnya. Sehingga apabila terdapat kerusakan atau masalah pada system *Power Steering* tersebut, maka yang harus dilakukan adalah pengecekan/pemeriksaan satu persatu bagian sistem.

Sedangkan jenis Elektrik bekerja menggunakan tenaga listrik dengan memakai dynamo elektris khusus *Power Steering*.

Electric Power Steering (EPS) adalah sistem perubahan proses kerja *power steering* yang mengalihkan sistem hidrolik ke sistem elektrik.

Cara kerja Sistem Electric Power Steering (EPS) adalah saat kunci diputar ke posisi ON, Control Module memperoleh arus listrik untuk kondisi stand-by, bersamaan dengan itu indikator EPS pada panel instrumen menyala. Saat mesin hidup, Noise Suppressor segera menginformasikan pada Control Module untuk mengaktifkan motor listrik dan clutch pun langsung menghubungkan motor dengan batang setir. Salah satu sensor yang terletak pada steering rack bertugas memberi informasi pada Control Module ketika setir mulai diputar. Disebut Torque Sensor, ia akan mengirimkan informasi tentang sejauh apa setir diputar dan seberapa cepat putarannya.

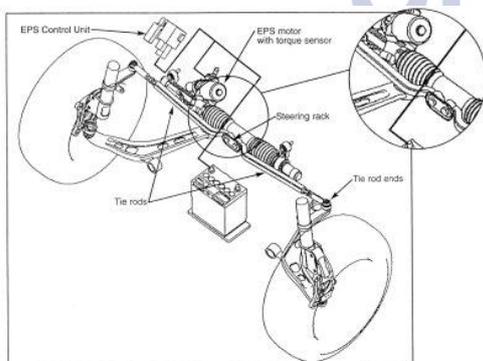
Dengan dua informasi tersebut, Control Module segera mengirim arus listrik sesuai yang dibutuhkan ke motor listrik untuk memutar gigi kemudi. Dengan begitu proses memutar setir menjadi ringan. Vehicle Speed Sensor bertugas begitu mobil mulai melaju. Sensor ini menyediakan informasi bagi control module tentang kecepatan kendaraan. Pada kecepatan tinggi, umumnya dimulai sejak 80 km/jam, motor elektrik akan dinonaktifkan oleh Control Module.

Dengan begitu setir menjadi lebih berat sehingga meningkatkan safety. Jadi sistem EPS ini mengatur besarnya arus listrik yang dialirkan ke motor listrik hanya sesuai kebutuhan saja. Selain mengatur kerja motor elektrik berdasarkan informasi dari sensor, Control Module juga mendeteksi jika ada malfungsi pada sistem EPS. Lampu indikator EPS pada panel instrumen akan menyala berkedip tertentu andai terjadi kerusakan. Selanjutnya, Control Module menonaktifkan motor

elektrik dan clutch akan melepas hubungan motor dengan batang setir. Namun karena sistem kemudi yang dilengkapi EPS ini masih terhubung dengan setir via batang baja, maka mobil masih dimungkinkan untuk dikemudikan. Walau memutar setir akan terasa berat seperti kemudi tanpa power steering.

Umumnya sistem Electric Power Steering (EPS) menggunakan beberapa perangkat elektronik yang sama, seperti:

- Control Module: Sebagai komputer untuk mengatur kerja EPS.
- Motor elektrik: Bertugas langsung membantu meringankan perputaran setir.
- Vehicle Speed Sensor: Terletak di girboks dan bertugas memberitahu control modul tentang kecepatan mobil.
- Torque Sensor: Berada di kolom setir dengan tugas memberi informasi ke control module jika setir mulai diputar oleh pengemudi.
- Clutch: Kopling ini ada di antara motor dan batang setir. Tugasnya untuk menghubungkan dan melepaskan motor dengan batang setir sesuai kondisi.
- Noise Suppressor: Bertindak sebagai sensor yang mendeteksi mesin sedang bekerja atau tidak.
- On-board Diagnostic Display: berupa indikator di panel instrumen yang akan menyala jika ada masalah sengan sistem EPS.



Gambar 7. Sistem kemudi *Power Steering Elektrik*

Sumber: <http://www.insightcentral.net>

Menurut I Nyoman Sutantra (2009)

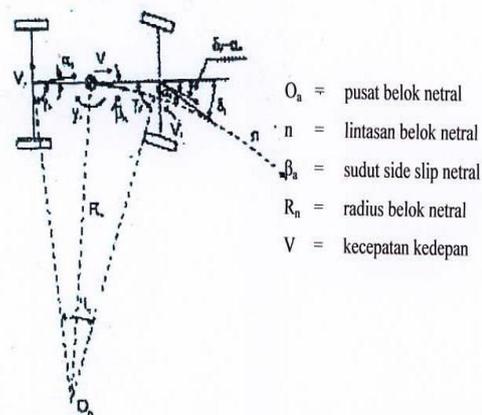
Perilaku – Perilaku Belok pada Kendaraan ada empat, yaitu:

Perilaku Ackerman

Perilaku *Ackerman* merupakan perilaku belok kendaraan yang ideal, kendaraan akan berbelok mengikuti gerakan *Ackerman* dimana tidak terjadi sudut slip pada setiap roda. Pada kecepatan yang rendah roda tidak memerlukan gaya lateral sehingga pada saat membelok belum menimbulkan sudut slip. Pusat belok dari kendaraan merupakan perpotongan garis yang berhimpit dengan poros belakang dengan garis tegak lurus terhadap sudut belok roda depan (δ_0 dan δ_i).

Perilaku Netral

Pada kenyataan setiap kendaraan selalu terjadi gaya sentrifugal yang cukup untuk menimbulkan sudut slip pada setiap roda. Jika besar rata-rata sudut slip roda depan sama dengan rata-rata sudut slip roda belakang maka kondisi ini dinamakan kondisi belok netral. Pada kondisi ini, dan besar radius kendaraan (R_n) hanya dipengaruhi oleh sudut belok roda depan. Namun lintasan kendaraan dipengaruhi oleh sudut belok roda depan dengan sudut slip roda depan serta belakang. Perilaku belok netral dari suatu kendaraan ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



- O_n = pusat belok netral
- n = lintasan belok netral
- β_n = sudut side slip netral
- R_n = radius belok netral
- V = kecepatan kedepan

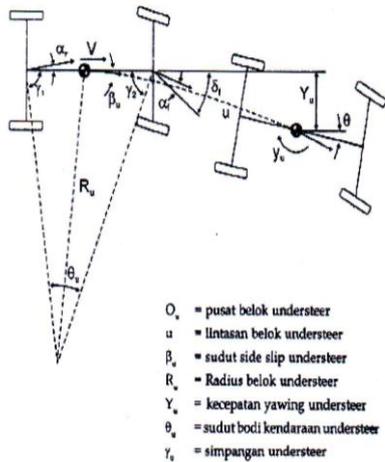
Gambar 8. Perilaku belok Netral

Sumber: Buku Teknologi Otomotif edisi kedua

Perilaku Understeer

Perilaku *understeer* adalah seperti perilaku belok netral yaitu memperhitungkan arah dari sudut slip rata – rata roda belakang dan roda depan. Pada kondisi *understeer* sudut slip roda belakang lebih kecil dari sudut slip roda depan.

Titik pusat belok dan lintasan belok kendaraan *understeer* berbeda dengan kendaraan dengan perilaku netral kendaraan *understeer* adalah kendaraan yang sulit untuk berbelok sehingga umumnya ia memerlukan sudut belok yang lebih besar untuk belokan tertentu. Kendaraan dengan perilaku belok yang *understeer* mempunyai radius belok yang lebih besar dibandingkan radius belok kendaraan dengan perilaku netral. Dapat dikatakan bahwa kendaraan dengan perilaku *understeer* mempunyai sudut slip roda depan lebih besar dari sudut slip roda belakang. Untuk mengendalikan kendaraan yang mempunyai perilaku *understeer* tidaklah begitu sulit karena pada dasarnya kendaraan ini berbelok sedikit untuk sudut *steer* tertentu. Untuk berbelok lebih besar maka cukup dengan memberikan sudut *steer* yang lebih besar. Perilaku *understeer* dapat ditunjukkan oleh gambar dibawah ini :



Gambar 9. Perilaku belok *Understeer*
 Sumber: Buku Teknologi Otomotif edisi kedua

Dengan mengacu pada gambar pdan analisa yang telah diuraikan pada perilaku belok netral maka didapat radius belok dan kecepatan yawing *understeer* sebagai berikut :

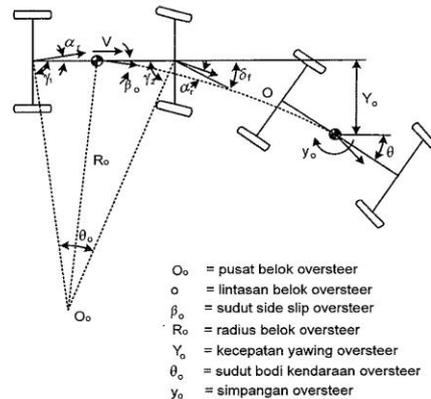
$$R_u = \frac{a + b}{\delta_f^0 + \alpha_r^0 - \alpha_f^0} 57,29$$

$$Y_u = \frac{V(\delta_f + \alpha_r^0 - \alpha_f^0)}{(a + b) 57,29}$$

Perilaku oversteer

Sama dengan perilaku *understeer*, perilaku *oversteer* menunjukkan kondisi dimana pengaruh sudut slip roda depan dan belakang sangat dominan terhadap gerakan belok kendaraan. Pada kendaraan yang memiliki perilaku *oversteer* pengaruh sudut slip mengakibatkan kendaraan sangat responsive pada waktu belok, atau ia dapat berbelok lebih besar dari yang diharapkan.

Kendaraan *oversteer* sering lebih sulit dikendalikan oleh pengemudi normal, namun pengemudi trampil atau pembalap sering lebih senang menggunakan kendaraan yang sedikit *oversteer*. Perilaku belok *oversteer* ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



- O_o = pusat belok oversteer
- o = lintasan belok oversteer
- β_o = sudut side slip oversteer
- R_o = radius belok oversteer
- Y_o = kecepatan yawing oversteer
- θ_o = sudut bodi kendaraan oversteer
- γ_o = simpangan oversteer

Gambar 10. Perilaku belok *Oversteer*
 Sumber: Buku Teknologi Otomotif edisi kedua

**PENUTUP
 SIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Dapat disimpulkan bahwa sistem kemudi yang digunakan pada mobil listrik termasuk sistem kemudi konvensional dimana semua tenaga yang diperlukan untuk membelokkan roda dari pengemudi yang ditransmisikan melalui sistem kemudi. Sistem

kemudi yang digunakan dalam pembuatan mobil listrik hanya menggunakan belokan 2 roda (roda depan) untuk mengendalikan arah gerakan kendaraan dan hanya memakai tenaga manual.

- Setelah dilakukan pengujian dapat disimpulkan performa dari sistem kemudi manual bekerja dengan baik, sistem kemudi manual ini menghasilkan sudut belok maksimal 36° . Roda kemudi dan batang kemudi dapat diputar dengan ringan dan mudah. Dengan demikian sistem kemudi ini dapat mendukung kinerja pada mobil listrik Garuda Unesa.

SARAN

- Pemasangan mur-mur baut *ball joint* dan batang kemudi harus kencang agar tidak terjadi kekocakan pada bagian batang kemudi, untuk mengurangi speling pada batang kemudi agar tidak terlalu berat pada saat dibelokkan.
- Komponen-komponen sistem kemudi harus mendapatkan perawatan yang berkala agar kerusakan maupun keausan pada salah satu komponen dapat dicegah.
- Perlu penelitian lanjutan tentang sistem kemudi manual ini sebagai penyempurna untuk sistem kemudi mobil listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- PT. NISSAN Motor Indonesia. Tanpa tahun. *Fundamental skill and technical*. Jakarta: PT. NISSAN Motor Indonesia.
- Suhariyanto dan S. Hadi. 2004. *Elemen Mesin II*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember FTI- Jurusan D3Teknik Mesin
- I Nyoman Sutantra, 2009. *Teknologi otomotif*. Surabaya : Guna Widya.
- Tim. 2012. *Panduan Penulisan Artikel E-Journal Unesa*. Surabaya : Unesa University Press.
- <http://www.insightcentral.net>, diakses 9 Juli 2012.
- <http://www.ars94ps.com>, diakses 9 Juli 2012.
- <http://otodiy.blogspot.com>, diakses 20 Juli 2012.
- <https://agungsevi.wordpress.com>, diakses 9 Agustus 2012.