

RE-DESIGN SISTEM KEMUDI KENDARAAN BIO-HYBRID OBHI-MEC UNUD DENGAN MENGGUNAKAN SINGLE TIE ROD

Kevin Daniel Markheshiwan, I Made Gatot Karohika, I Made Widiyarta
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Sistem kemudi pada kendaraan Bio-Hybrid OBHI-Mec Unud memiliki permasalahan yang pada saat dikemudikan dimana pengemudi merasakan berat yang berlebih disaat memutar kemudi dari kendaraan Bio-Hybrid OBHI-Mec Unud. Sistem kemudi yang terpasang saat ini adalah dengan menggunakan 2 buah tie rod yang terpasang langsung terhadap steering joint. Pada penelitian dilakukan pengujian terhadap struktur kemudi baru dengan menggunakan 1 buah tie rod Panjang sebagai pengganti 2 buah tie rod yang terhubung dengan steering joint dan 1 buah tie rod pendek sebagai penghubung antara steering joint dan tie rod Panjang tersebut. Pengujian dilakukan secara statis dengan kondisi kendaraan dengan 1 pengemudi ditambah 2 penumpang yang dilakukan pada permukaan jalan aspal. Analisa dilakukan terhadap nilai momen dan juga nilai gaya yang dihasilkan saat memutar stang kemudi. Hasil dari penelitian ini penggunaan sistem kemudi single tie rod berhasil mereduksi gaya maupun momen saat memutar stang kemudi dalam keadaan statis sebesar 37,12% yang memberikan efek perasaan lebih ringan dan mudah dalam memutar kemudi kendaraan Bio-Hybrid OBHI-Mec Unud.

Kata kunci Tie rod steering, gaya, momen

Abstract

Steering system on the Bio-Hybrid OBHI-Mec Unud vehicle has problem when being use where the driver feels difficult when turning the steering wheel of the Bio-Hybrid OBHI-Mec Unud vehicle. The steering system currently installed uses 2 tie rods which are attached directly to the steering joint. In the research, testing was carried out on a new steering structure using 1 long tie rod as a replacement for 2 tie rods that connected to the steering joint and 1 short tie rod as a connector between the steering joint and the long tie rod. The test was do statically with a vehicle with 1 driver plus 2 passengers carried out on the asphalt surface. Analysis was carried out on the moment value and also the force value produced when turning the steering handlebar. The results of this research using a single tie rod steering system succeeded in reducing the force and moment when turning the steering handlebar in a static condition by 37.12% which gave the effect of feeling lighter and easier when turning the steering wheel of the Bio-Hybrid OBHI-Mec Unud vehicle.

Keywords: Tie rod steering, force, moment

1. Pendahuluan

Penjualan dan pengembangan kendaraan elektrifikasi mengalami peningkatan. Semakin banyak penggunaan kendaraan listrik maka diperlukan usaha untuk merancang sebuah kendaraan yang mudah dikendarai, nyaman, berperforma baik dan aman. Salah satu aspek penunjang pada pengalaman berkendara adalah sistem kemudi.

Sistem kemudi adalah sebuah mekanisme dalam kendaraan yang berguna untuk mengendalikan dan mengubah arah roda. Perubahan arah gerak roda ini dilakukan dengan cara mengubah arah dua buah roda depan kendaraan. Adapun proses kerja sistem kemudi yaitu dengan roda kemudi (steering wheel) diputar gaya yang diperoleh akan diteruskan oleh kolom kemudi (steering column) ke dalam *steering gear*. Pada *steering gear* terdapat perbesaran momen putar yang menghasilkan gaya yang lebih besar untuk meneruskan putaran yang terhubung lewat sambungan kemudi (steering linkage). Terdapat dua tipe sistem

kemudi secara umum, yaitu sistem kemudi manual lalu sistem kemudi power steering¹.

Sistem kemudi yang ada pada mobil biohybrid OBHI-Mec saat ini memanfaatkan sistem kemudi manual dengan mekanisme sederhana tie rod. Sistem ini lebih murah dan sederhana dibanding dengan sistem kemudi lainnya. Sistem ini terdiri dari beberapa bagian utama meliputi stang kemudi, dua buah batang penghubung, dua buah tie-rod, dan sebuah penghubung konfigurasi V. semua bagian dari sistem tersebut harus mampu menopang beban saat kendaraan melakukan pergerakan yang mana beban terbesar yang harus ditopang adalah ketika beban saat kendaraan berbelok.

Oleh karena itu, dilakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan single tie rod terhadap gaya maksimum yang diperlukan saat membelokkan roda pada jalan aspal. Batasan penelitian ditetapkan untuk membatasi lingkup dalam penelitian ini yang meliputi:

1. Sistem kemudi yang menjadi perbandingan adalah sistem kemudi saat ini (double tie rod)

dengan sistem kemudi modifikasi (single tie rod).

2. Pengujian dilakukan pada permukaan jalan aspal.

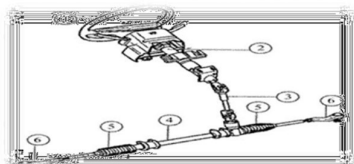
2. Dasar Teori

2.1. Sistem Kemudi

Sistem kemudi adalah salah satu aspek penting terhadap kendaraan yang memiliki fungsi untuk mengatur serta mengarahkan arah gerak kendaraan dengan mengendalikan roda. Sistem kemudi secara umum terdiri dari beberapa komponen seperti steering column, steering gear, dan steering linkage. Steering column berperan dalam meneruskan gaya dari kemudi ke roda gigi kemudi, steering gear berperan dalam membuat tenaga yang lebih besar untuk membuat roda bergerak dengan memperbesar momen putar kemudi, dan steering linkage berfungsi untuk melanjutkan gaya dari steering gear ke roda kemudi. Terdapat dua jenis sistem kemudi dimana diantaranya adalah sistem kemudi manual dan sistem kemudi dengan power steering².

2.2. Steering Column

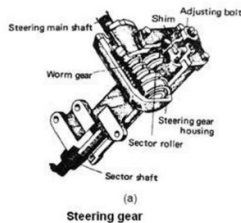
Kolom kemudi (steering column) terhubung langsung dengan pengemudi dengan memiliki beberapa komponen yang terdiri dari batang kemudi (main shaft) yang bekerja meneruskan input pengemudi dari roda kemudi (steering wheel) ke steering gear.



Gambar 1. Steering Column

2.3. Steering Gear

Komponen ini berguna untuk meningkatkan momen putar untuk memperoleh gaya yang lebih besar untuk disalurkan ke masing-masing roda penggerak melalui steering linkage.

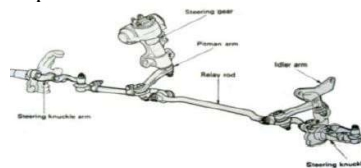


Gambar 2. Steering Column

2.4. Steering Linkage

Sambungan kemudi (steering linkage) memiliki dua komponen besar yang berfungsi untuk meneruskan gaya yang terjadi pada steering gear menuju roda depan, yaitu rod dan arm. Walaupun kendaraan bergerak dinamis secara vertikal, tetapi

putaran yang berasal dari steering wheel harus tetap diteruskan ke masing-masing roda depan dengan presisi disetiap waktu.



Gambar 3. Steering Column

2.5. Deformasi

Gaya adalah aksi suatu komponen kepada komponen lain. Suatu benda memiliki kecenderungan untuk bergerak sesuai dengan arah gaya yang mempengaruhinya. Gaya mempunyai titik tangkap, arah, dan besar oleh karena itu gaya merupakan besaran vektor (amisyam nasution, 2016). Dalam Principia (1687) oleh F. Cajori, University of California Press, 1934 Sir Isaac Newton menyatakan secara rinci hukum dasar yang menyatakan gerak benda. Hukum tersebut dijelaskan seperti berikut :

Hukum I menyatakan “Suatu partikel tetap berada dalam keadaan diam atau selalu bergerak dengan kecepatan konstan, jika padanya tidak bekerja gaya yang tak seimbang”. Hukum I ditulis sebagai :

$$\sum F = P/A \dots \dots \dots (1)$$

Hukum II menyatakan “Percepatan suatu partikel berbanding lurus dengan resultan gaya yang bekerja padanya dan mempunyai arah yang sama dengan arah gaya tersebut”. Hukum II dinyatakan sebagai :

$$\sum F = m \cdot a \dots \dots \dots (2)$$

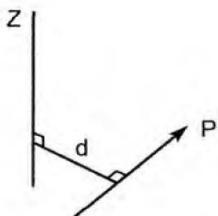
Hukum III menyatakan “Gaya aksi dan gaya reaksi antar benda yang bersinggungan adalah sepadan, berkebalikan arah, titik tangkapnya berada pada titik kontak dan garis kerjanya terdapat dalam satu garis lurus. Hukum III dinyatakan sebagai :

$$F \text{ aksi} = F \text{ reaksi} \dots \dots \dots (3)$$

Gaya terbagi menjadi dua yaitu gaya terkonsentrasi dan gaya teredarkan. Karena setiap gaya kontak beraksi pada satuan luas tertentu. Apabila area luas kontak akibat gaya jauh lebih kecil dengan ukuran lainnya karena itu gaya dapat disebut sebagai gaya yang terkonsentrasi satu titik. Pada benda yang dibebani, gaya yang bekerja dapat digolongkan dalam gaya luar dan gaya dalam. Gaya luar adalah gaya yang bekerja pada parasan benda. Sedangkan gaya dalam merupakan gaya yang bekerja di bagian internal benda³.

2.5. Momen

Selain sebagai penyebab benda bergerak secara translasi, gaya memiliki kemampuan untuk menjadi penyebab gerak rotasi yang disebut momen dari gaya yang bekerja terhadap sumbu yang ditentukan⁴. Pada gambar 3 gaya ditunjukkan oleh P dan gaya tersebut menyebabkan kecenderungan benda berputar terhadap sumbu.



Gambar 3. Vektor Momen

Pada gambar 3 bisa dilihat bahwa momen adalah vektor yang vertikal terhadap benda. Pada dasarnya arah momen didefinisikan dengan penggunaan kaidah tangan kanan yang menyatakan jika ke empat jari tangan kanan searah dengan arah momen, maka arah vektor sama pada arah yang dituju oleh ibu jari. Aturan tersebut jelas menggambarkan vektor momen pada gambar 3.

Pada penelitian ini ada beberapa variabel yang akan dikontrol yaitu :

1. Pengujian ini menggunakan variasi penggunaan sistem kemudi lama (dengan 2 *tie rod* pada *linkage*) dan modifikasi (dengan 1 *long tie rod* pada *linkage*).
2. Beban yang digunakan adalah 210 Kg dari adanya 3 penumpang dalam kendaraan OBHI-Mec Unud.

3. Metode Penelitian

3.1. Alat

Alat yang dipakai untuk membantu penelitian ini merupakan perangkat torque gauge Untuk membantu dalam perhitungan gaya pada sistem kemudi kemudi digunakan alat pengukur torsi “Mxita” dengan model MT2-200Nm yang terpasang pada poros sistem kemudi.



Gambar 4. Torque Gauge

3.2. Variabel bebas

1. Desain Struktur Kemudi

Dalam penelitian ini dilakukan perbandingan antara dua desain struktur kemudi antara kemudi existing dan yang baru. Desain struktur yang ada pada saat ini dengan konfigurasi dua buah *tie rod* yang langsung terhubung ke dua roda depan, model ke dua dengan satu buah *tie rod* menghubungkan ke roda bagian kanan yang diteruskan oleh satu buah *tie rod* lainnya ke roda bagian kiri. Kedua desain struktur tersebut di uji pada dua permukaan jalan berbeda yaitu pada jalan aspal dan jalan beton.

2. Jumlah Beban Pada Roda

Jumlah beban di setiap roda dengan menghitung beban pada roda depan pada saat kendaraan diisi dengan pengemudi ditambah dengan 2 orang penumpang.

3.3. Variabel Terikat

1. Momen Kopel

Momen kopel pada sistem kemudi merupakan out-put yang dihasilkan kemudian dilakukan pengumpulan dan analisis data pada penelitian ini.

2. Gaya Maksimum untuk Memutar Kemudi

Gaya maksimum yang digunakan adalah gaya maksimum untuk memutar kemudi saat keadaan statis.

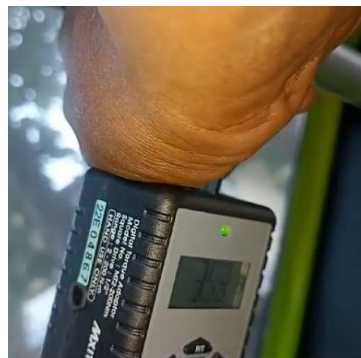
4. Hasil dan Pembahasan

Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh torsi kemudi seperti pada tabel berikut.

Tabel 1. Torsi Maksimal Pada Stang Kemudi Pada Jalan Aspal

Torsi Maksimal (Nm)	Lama	Baru
Belok Kanan	56,70	33,70
Belok Kiri	35,30	22,80

Sistem Kemudi lama adalah sistem kemudi yang menggunakan dua buah *tie rod* sebagai steering relay nya sedangkan yang baru merupakan desain modifikasi yang menggunakan single *tie rod* pada bagian steering relaynya. Berikut Gambar yang didapat dari alat torque gauge yang dipakai saat melakukan pengujian. Dari data Tabel 1. didapat bahwa penggunaan single *tie rod* mampu mereduksi torsi maksimal dari sistem kemudi dengan menggunakan 2 buah *tie rod* dengan menghasilkan efisiensi rata-rata sebesar 37,99 %.



Gambar 5. Torsi Maskimal Sistem Kemudi Lama Saat Berbelok ke Kiri



Gambar 6. Torsi Maskimal Sistem Kemudi Lama Saat Berbelok ke Kanan



Gambar 7. Torsi Maskimal Sistem Kemudi Modifikasi Saat Berbelok ke Kiri



Gambar 8. Torsi Maskimal Sistem Kemudi Modifikasi Saat Berbelok ke Kanan

Dari torsi yang dihasilkan oleh Torque gauge dapat diketahui gaya yang diperlukan untuk membelokkan roda pada stang kemudi dengan

menggunakan perhitungan dengan rumus dibawah ini :

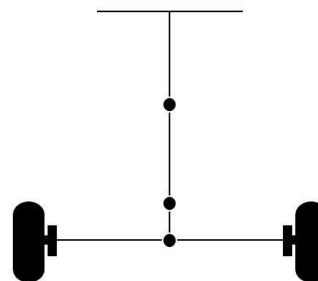
$$F = \frac{\tau}{r} \dots\dots\dots(4)$$

Tabel 2. Gaya yang diperlukan untuk membelokkan ban pada stang kemudi

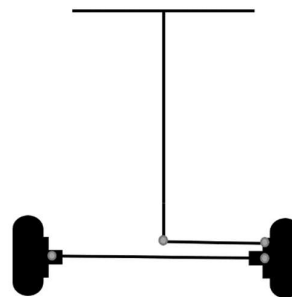
Gaya Maksimal (N)	Lama	Baru
Belok Kanan	113,4	67,40
Belok Kiri	70,60	45,60

Hasil pada Tabel 2. Didapatkan dengan membagi Torsi Pada Tabel 1. Dengan Panjang stang kemudi yang memiliki Panjang sebesar 50cm (0,5m). Dari hasil perhitungan gaya dapat diketahui bahwa dengan penggunaan single tie rod berhasil menghasilkan efisiensi secara rata-rata sebesar 37,99%.

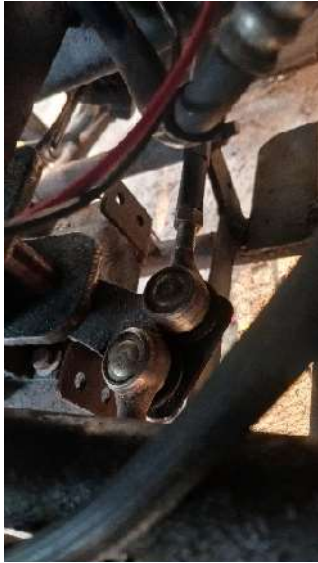
Dapat dilihat dengan sistem kemudi baru yaitu dengan menggunakan single tie rod pada bagian relay kendaraan Bio-Hybrid OBHI-Mec Unud dapat mengurangi Torsi maupun Gaya untuk membelokkan roda. Hal tersebut terjadi akibat adanya perbedaan Panjang tumpuan torsi pada relay yang dimana pada single tie rod tumpuan torsi berada persis ditengah-tengah kedua Tie-Rod sedangkan dengan sistem kemudi baru memiliki tumpuan torsi yang lebih Panjang dibanding yang sebelumnya karena tumpuan dari steering joint berada di ujung kiri tie rod yang dihubungkan 1 tie rod pendek dari steering joint ke tie rod pada relay sistem kemudi.



Gambar 9. Model Steering Pada Sistem Kemudi Lama



Gambar 10. Model Steering Pada Sistem Kemudi Baru



Gambar 11. duduk steering bawah yang menghubungkan Tie rod bagian depan kanan dan kiri dengan batang bawah kemudi (Pada Sistem Kemudi Lama).



Gambar 12. duduk steering bawah yang menghubungkan Long Tie rod bagian depan kanan dan kiri dengan Tie Rod yang terhubung pada Steering Joint.

1. Penelitian terhadap kondisi kendaraan Bio Hybrid OBHI-Mec Unud pada distribusi beban kendaraan secara lebih mendalam.
2. Penelitian lebih lanjut pada keseluruhan sistem kemudi Kendaraan Bio Hybrid OBHI-Mec Unud.
3. Penelitian menggunakan sistem kemudi lain pada kendaraan Bio Hybrid OBHI-Mec Unud.

Daftar Pustaka

1. Artika, K. D., Syahyuniar, R., & Priono, N. (2017). Perancangan Sistem Kemudi Manual Pada Mobil Listrik. Elemen: Jurnal Teknik Mesin, 4(1), 01-06.2. Popov E., ed., 1984, *Mekanika Teknik*. PT. Erlangga Jakarta.
2. Amisyam nasution. (2016). Statika Struktur. 1-167.
3. Hilmi, B. W. S. (2021). Analisa Mekanisme Rack Steer Mobil Listrik Otonom. Almikanika, 2(3), 87-94.
4. I Widiyarta, I. M., Kumara, I. N. S., Parwata, I. M., & Karohika, I. M. G. (2021). Analisa Kebutuhan Daya Kendaraan Listrik. Xxx, 24-26.



Kevin Daniel Markheshiwan menyelesaikan program sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2024.

Judul tugas akhir Re-Design Sistem Kemudi Kendaraan Bio-Hybrid OBHI-Mec UNUD Dengan Menggunakan Single Tie Rod

5. Kesimpulan dan Saran

Didapatkan kesimpulan bahwa dengan penggunaan steering dengan sistem long tie-rod dapat mengurangi momen dan gaya torsi rata-rata sebesar 37,99% dimana saat berbelok kanan sistem kemudi dapat mereduksi gaya sebesar 32,42 N dan saat berbelok ke kiri dapat mereduksi gaya sebesar 18,94 N. Pada penelitian ini masi terdapat perbedaan gaya maupun torsi saat berbelok kanan maupun berbelok ke kiri Maka dari itu untuk selanjutnya penulis menyampaikan saran sebagai berikut: