

**ANALISA GAYA PADA SISTEM KEMUDI *TYPE*  
*RECIRCULATING BALL***



**PUBLIKASI ILMIAH**

**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan program studi  
Strata 1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta**

**Disusun Oleh :**

**FERI AGUS RIAWAN  
D200 090 040**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2016**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**ANALISA GAYA PADA SISTEM KEMUDI *TYPE RECIRCULATING*  
*BALL***

**PUBLIKASI ILMIAH**

Oleh :

**FERI AGUS RIAWAN**

**D200 090 040**

Telah diperiksa dan disetujui untuk di uji oleh :

**Dosen Pembimbing**



**SUPRIYONO, ST, MT, Ph.D**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISA GAYA PADA SISTEM KEMUDI *TYPE RECIRCULATING***

***BALL***

Oleh :

**FERI AGUS RIAWAN**

**D200 090 040**

**Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji**

**Fakultas Teknik**

**Universitas Muhammadiyah Surakarta**

Dewan Penguji :

Ketua : Supriyono, ST, MT, Ph.D

Anggota 1 : Amin Sulistyanto, ST

Anggota 2 : Agus Yulianto, ST, MT



Dekan,



**Ir. H Sri Sunarjono, MT, Ph.D**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 11 Agustus 2016

Penulis



FERI AGUS RIAWAN

D200 090 040

## ABSTRAKSI

Sistem Kemudi berfungsi untuk mengatur atau mengendalikan arah gerak kendaraan sesuai dengan keinginan pengemudi. Ditinjau dari tenaga yang digunakan sistem kemudi dibedakan menjadi dua yaitu sistem kemudi manual dan power steering, sedangkan sistem kemudi manual sendiri dibagi menjadi dua yaitu type recirculating ball dan rack & pinion.

Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar gaya yang terjadi pada sistem kemudi type recirculating ball khususnya gaya yang terjadi pada roda ketika mobil dibelokkan dan gaya yang dibutuhkan untuk memutar kemudi ketika mobil dalam posisi tertentu.

Dalam proses perhitungan ada beberapa batasan masalah yang harus ditentukan terlebih dahulu sebelum menyelesaikan analisa pembahasan yaitu, titik pusat berat kendaraan (center of gravity) telah ditentukan posisinya serta diasumsikan berjarak 1000mm dari tanah, sudut steer rata-rata roda depan 50°, sudut selip pada setiap roda diabaikan, nilai koefisien gesek statis diasumsikan sebesar 0,6,  $F_{max} = F_{tierod}$ , koefisien gesek kinetic ( $\mu_k$ ) = 0,4 (didapat dari buku dinamika kendaraan).

Hasil dari analisa perhitungan didapatkan hasil sebagai berikut : gaya yang bekerja pada tiap-tiap roda adalah masing-masing  $W_f = 5715,2$  N,  $W_r = 1642,3$  N,  $W_{total} = 14715$  N, gaya gesek maksimum yang terjadi pada tiap roda adalah  $f_{max} = 3411,12$  N, gaya untuk memutar kemudi statis maupun dinamis masing-masing adalah  $F_k = 46,8$  N,  $F_{k dinamis} = 31,2$  N, kecepatan maksimum ( $V_{max}$ ) yang diijinkan pada saat belok adalah 16 km/jam.

Kata kunci : Sistem kemudi, *Recirculating ball*, gaya yang bekerja

## ABSTRACTION

Steering system serves to regulate or control the direction of motion of the vehicle the driver's liking. Judging from the power steering system used divided into two manual steering systems and power steering, while the manual steering system itself is divided into two recirculating ball type and rack & pinion.

This final project aims to determine how large a force that occurs in the steering system is recirculating ball type that occurs in particular style on the wheel when the car is deflected and style dibutuhkan to turn the steering wheel when the car in a certain position.

In the calculation process there are some limitations problems that must be determined first before completing the analysis of the discussion, namely, the center point of the vehicle's weight (center of gravity) has determined its position

and assumed to be within 1000mm from the ground, the angle steer the average front wheel  $50^\circ$ , angle slippage each wheel is ignored, the value of the static friction coefficient is assumed at 0,6,  $F_{max} = F_{tierod}$ , the coefficient of kinetic friction ( $\mu_k$ ) = 0.4 (obtained from books vehicle dynamics).

The results of calculation analysis obtained the following results: the forces acting on each wheel are each  $W_f = 5715,2$  N,  $W_r = 1642,3$  N,  $W_{total} = 14715$  N, the maximum frictional force that occurs at each wheel is  $f_{max} = 3411,12$  N, a force to rotate static or dynamic steering, respectively  $F_k = 46,8$  N,  $F_{k\ dynamic} = 31,2$  N, maximum speed ( $V_{max}$ ) are allowed at the time of turn is 16 km/ hour.

Keywords: Steering system, Recirculating ball, the force acting

## 1. PENDAHULUAN

Di masa modern seperti saat ini kebutuhan akan sarana transportasi sangatlah penting adanya untuk menunjang kegiatan diberbagai aspek sendi kehidupan, mulai dari kendaraan yang bermesin hingga yang tidak, dari kendaraan yang menggunakan dua roda sampai yang lebih.

Mobil merupakan kendaraan yang mewakili salah satu dari sarana transportasi yang disebutkan diatas. Dibandingkan dengan kendaraan roda dua/ motor, mobil disini memiliki keunggulan dari segi kapasitas angkut penumpang maupun barang, dalam mengoperasikanya pun mobil dirasa juga lebih rumit daripada motor serta mempunyai bagian-bagian komponen yang kompleks.

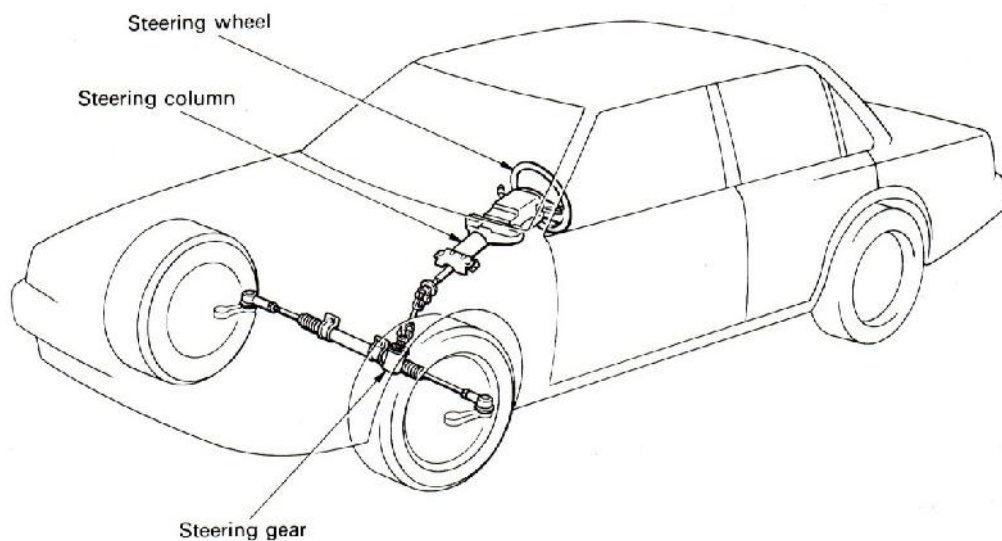
Pada kendaraan mobil terdapat beberapa bagian sistem yang penting guna menunjang kendaraan tersebut dapat beroperasi dengan normal, salah satunya adalah sistem kemudi. Sistem kemudi berfungsi untuk mengatur atau mengendalikan arah kendaraan/ mobil sesuai dengan yang dikehendaki oleh pengemudi. Sistem kemudi sendiri dibedakan menjadi dua yaitu sistem kemudi manual dan sistem kemudi elektrik/ *power steering*. Perbedaan mendasar yang dirasakan antara sistem kemudi manual dan *power steering* adalah gaya yang dipakai untuk memutar setir kemudi/ *steering wheel* .

## 2. LANDASAN TEORI

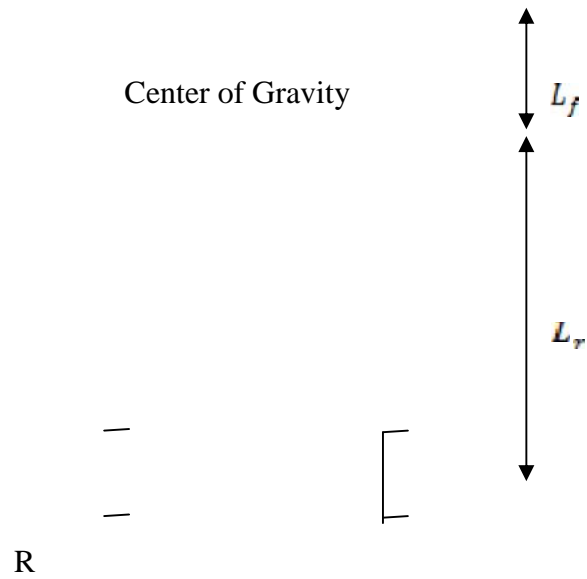
### 2.1 Sistem kemudi

Sistem kemudi berfungsi untuk mengatur atau mengendalikan arah gerak kendaraan sesuai dengan keinginan pengemudi. Prinsip kerjanya, apabila *steering wheel* (roda kemudi) diputar, *steering colomn* (batang kemudi) akan meneruskan tenaga putarnya ke *steering gear* (roda gigi kemudi). *Steering gear* memperbesar tenaga putar ini sehingga dihasilkan momen puntir yang lebih besar untuk diteruskan ke *steering linkage*. *Steering linkage* akan meneruskan gerakan *steering gear* ke roda-roda depan.

### 2.2 Perhitungan Kinematika Dinamika



Kinematika adalah ilmu yang mempelajari bagaimana gerak dapat terjadi tanpa memperdulikan penyebab terjadinya gerak tersebut. Sedangkan Dinamika adalah ilmu yang mempelajari gerak dengan menganalisis seluruh penyebab yang menyebabkan gerak itu terjadi. Pada gambar 2.12 yang terdapat dibawah ini



Gambar 2.12 Kinematika Kemudi

Untuk perhitungan radius kendaraan dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$R = \frac{L_f \cdot L_r}{\delta f} \cdot 57,29 \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

$R$  : Radius kendaraan

$L_f$  : Panjang titik pusat kendaraan dari poros depan

$L_r$  : Panjang titik pusat kendaraan dari poros belakang

$\delta f$  : Sudut *steer* rata-rata roda depan

### 2.3 Perhitungan Gaya-gaya pada Kendaraan

#### 2.3.1 Perhitungan Gaya Gesek Kendaraan

Gaya gesek adalah gaya yang timbul akibat persentuhan langsung antara dua permukaan benda, pada Gambar 2.13 arah gaya gesekan berlawanan dengan kecenderungan arah gerak benda.





Gambar 2.13 Gaya gesek (<http://karsonofisika.blogspot.com>)

Besarnya gaya gesekan ditentukan oleh kehalusan atau kekasaran permukaan benda yang bersentuhan dan dapat dihitung dengan menggunakan rumus,

$$f = \mu \cdot N \dots\dots\dots(2)$$

1. Gaya gesek statis

Gaya gesek statis adalah gesekan antara dua benda padat yang tidak bergerak relatif satu sama lainnya. Koefisien gesek statis umumnya dinotasikan dengan  $\mu_s$ , dan pada umumnya lebih besar dari koefisien gesek kinetis.

Gaya gesek statis dihasilkan dari sebuah gaya yang diaplikasikan tepat sebelum benda itu bergerak. Gaya gesekan maksimum antara dua permukaan sebelum gerakan terjadi adalah hasil dari koefisien gesek statis dikalikan dengan gaya normal. Gaya gesek statis dihitung dengan persamaan,

$$f_s = \mu_s \cdot N \dots\dots\dots(3)$$

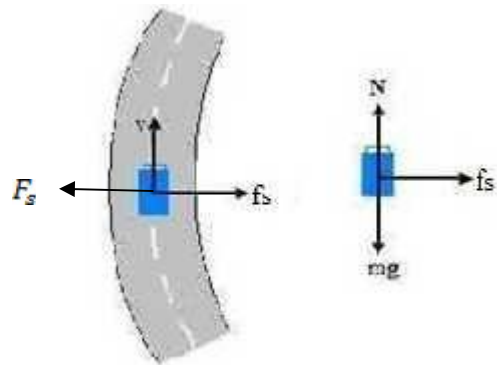
2. Gaya gesek kinetis

Gaya gesek kinetis (dinamis) terjadi ketika dua benda bergerak relatif satu sama lainnya dan saling bergesekan. Koefisien gesek kinetis umumnya dinotasikan dengan  $\mu_k$  dan umumnya selalu lebih kecil dari gaya gesek statis untuk material yang sama dan dapat dihitung dengan menggunakan rumus,

$$f_k = \mu_k \cdot N \dots\dots\dots(4)$$

### 2.3.2 Perhitungan gaya sentrifugal kendaraan

Pada saat mobil melaju pada sebuah tikungan, maka mobil akan melakukan gerak melingkar seperti pada Gambar 2.14. Hal itu menyebabkan timbulnya gaya sentrifugal yang arahnya keluar tikungan yang besarnya sama dengan gaya sentripetal dan selalu menuju pusat kelengkungan sehingga mobil tidak tergelincir. Dalam hal ini gaya sentripetal yang arahnya menuju pusat kelengkungan diwakili oleh gaya gesekan roda yang melawan gaya sentrifugal mobil. Sesuai dengan Hukum Newton II bahwa gaya sentrifugal akan menyebabkan percepatan sentrifugal. Pada saat menikung kecepatan mobil tidak boleh terlalu tinggi karena akan menghasilkan gaya sentrifugal yang besar. Batas kecepatan mobil terjadi saat besarnya gaya sentrifugal sama dengan gaya gesekan maksimum mobil terhadap jalan yang arahnya berlawanan dengan gaya sentrifugal.



Gambar 2.14 Gaya sentrifugal kendaraan ( $F_s$ )

(<http://zulfauzi.blogspot.com>)

Dengan demikian, resultan gaya pada arah tegak lurus gerak mobil harus sama dengan nol. Sehingga dapat dirumuskan dengan persamaan :

$$F_s = f_s$$

$$m v^2 / R = \mu_s N = \mu_s m g$$

$$V_{max}^2 = \mu_s g R$$

Dimana :

$F_s$  = Gaya sentrifugal kendaraan (N)

$f_s$  = Gaya gesek kendaraan terhadap jalan (N)

$V_{max}$  = Kelajuan maksimum gerak benda pada tikungan (m/s)

$\mu_s$  = Koefisien gesekan statis antara gerak benda terhadap jalan

$g$  = Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$R$  = Jari-jari lintasan tikungan (meter)

### 3. ANALISA PERHITUNGAN

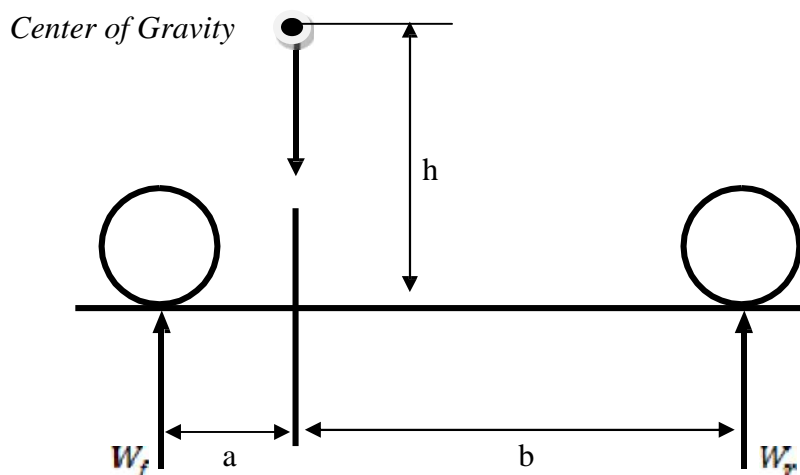
#### 3.1 Analisa Sistem Kemudi

Analisa yang dilakukan terhadap sistem kemudi ini adalah gaya-gaya yang bekerja pada roda depan, radius putar maksimum, serta kondisi belok ideal dari kendaraan. Analisa gaya-gaya pada roda depan dicari dengan tujuan untuk mengetahui berapa besar gaya yang dibutuhkan agar sistem kemudi dapat digerakkan dan kendaraan dapat berbelok.

#### 3.2 Perhitungan

##### 3.2.1 Perhitungan gaya-gaya pada roda

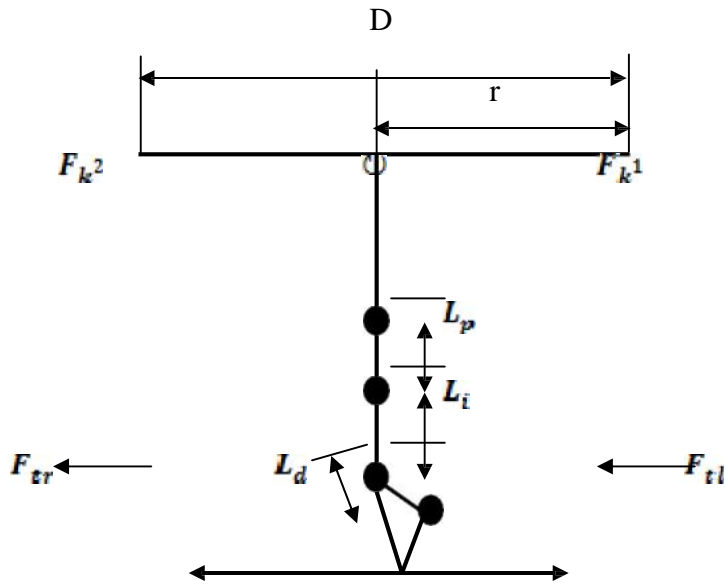
Perhitungan gaya-gaya pada roda dicari dengan tujuan untuk mengetahui berapa besar gaya yang dibutuhkan agar sistem kemudi dapat digerakkan dan kendaraan dapat berbelok.



Gambar 3.4 Titik berat kendaraan (*Center of Gravity*)

##### 3.2.2 Gaya untuk memutar kemudi ( $F_k$ )

1. Gaya untuk memutar kemudi pada kondisi statis



Gambar 3.6 Arah gaya tie rod ( $F_t$ )

Keterangan :

$F_{k^1}$  = Gaya tangan horizontal arah kedepan

$F_{k^2}$  = Gaya tangan horizontal arah kebelakang

$F_{tr}$  = Gaya pada *right tie rod* dimisalkan kondisi belok kanan

$F_{tl}$  = Gaya pada *left tie rod* dimisalkan kondisi belok kanan

$L_p$  = Panjang lengan *pit man arm*

$L_i$  = Panjang *idle arm*

$L_d$  = Panjang *drag link*

### 3.2.3 Kecepatan maksimum ( $V_{max}$ ) yang diijinkan pada saat belok

Dari analisa kecepatan maksimum ( $V_{max}$ ) yang diijinkan, resultan gaya pada arah tegak lurus gerak kendaraan sama dengan nol. Maka diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$F_s = f_s$$

$$\frac{mV^2}{r} = \mu_s m g$$

$$V_{max}^2 = \mu_s g R$$

Dimana :

$F_s$  = Gaya sentrifugal

$f_s$  = Gaya gesek maksimum mobil terhadap jalan

$\mu_s$  = Koefisien gesek maksimum

$g$  = Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$R$  = Jari-jari tikungan diambil dari jari-jari radius yang mampu dicapai kendaraan saat belok maksimal (m)

## 4. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Dari analisa perhitungan yang dilakukan dapat diketahui :

1. Gaya yang bekerja pada tiap-tiap roda adalah masing-masing  $W_f = 5685,45$  N,  $W_r = 1672,05$  N dan gaya total yang bekerja  $W_{total} = 14715$  N
2. Gaya gesek maksimum yang terjadi pada tiap roda adalah  $f_{max} = 3411,27$  N
3. Gaya untuk memutar kemudi pada kondisi statis dan dinamis masing-masing adalah  $F_k = 46,56$  N,  $F_{k \text{ dinamis}} = 31,03$  N
4. Kecepatan maksimum ( $V_{max}$ ) yang di ijinakan saat kendaraan belok adalah  $16,67 \text{ km/jam}$

### 4.2 Saran

1. Melihat begitu banyak komponen yang ada pada sistem kemudi, maka perlu adanya pengembangan yang berkelanjutan terhadap analisis yang lain
2. Referensi buku yang lebih luas agar pemahaman terhadap teori yang digunakan bisa lebih dipahami

## **DAFTAR PUSTAKA**

Team toyota. 1995. *NEW STEP 1 : Training Manual*. Jakarta : Toyota Astra Motor PT.

Team toyota. 1995. *TOYOTA STEP 2 : Materi Pelajaran chassis Group*. Jakarta : Toyota Astra Motor PT.

<http://m-edukasi.net/online/2007/sistemkemudi/fungsidanck.html>, 25 Juni 2012

<http://m-edukasi.net/online/2007/sistemkemudi/psck.html>, 25 Juni 2012

<http://m-edukasi.net/online/2007/sistemkemudi/komponen.html>, 25 Juni 2012