

**PERANCANGAN SISTEM KEMUDI DAN SUDUT SLIP BAN PADA
KENDARAAN HEMAT ENERGI (STUDI PADA KENDARAAN MESIN
BERKAPASITAS 100 CC)**

Gisca Mezitama

5315082348



Skripsi Ini Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Dalam Mendapatkan
Gelar Sarjana Pendidikan

**TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2014**

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : GiscaMezitama

No.Reg, : 5315082348

Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Universitas : Universitas Negeri Jakarta

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penulisan skripsi yang sayabuatini adalah benar hasil karya saya dan bukan salinan dari karya orang lain, kecuali beberapa kutipan yang telah disebutkan sumbernya.


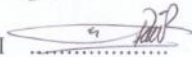
Jakarta, Januari
2014

GiscaMezitama



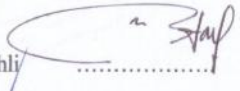
LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :
Perancangan Sistem Kemudi dan Sudut Slip Ban pada Kendaraan Hemat energi (Studi pada
Kendaraan Mesin Berkapasitas 100cc)

Telah Disetujui Oleh :

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
1. <u>Dr. Catur Setiawan Kusumohadi M.T</u> NIP. 197102232006041001	Pembimbing I		10/2/14
2. <u>Dr. Darwin Rio Budi Syaka, M.T</u> NIP. 197604222006041001	Pembimbing II		10/2/14

DewanPenguji :

3. <u>Drs. Adi Tri Tyasmadi, M.Pd</u> NIP. 1961052111986021001	Ketua Sidang		11/2 2014
4. <u>Eko Arif Syaefudin, M.T</u> NIP. 198310132008121002	Sekretaris		11/2 - 2014
5. <u>Imam Mahir S.Pd, M.Pd</u> NIP. 198404182009121002	Dosen Ahli		11-20-2014

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin


Drs. Agus Dudung, M.Pd.
NIP. 196508171991021001

Tanggal Ujian : 06 Februari 2014
Tanggal Lulus : 06 Februari 2014

ABSTRAK

GiscaMezitama, Perancangan Sistem Kemudi dan Sudut Slip Ban Pada Kendaraan Hemat Energi (Studi Pada Kendaraan Mesin Berkapasitas 100CC). Jakarta : Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta, Januari 2014.

Perkembangan teknologi mengenai sistem kemudi semakin canggih, pada saat ini sudah banyak beredar berbagai kemudi yang menggunakan berbagai macam model kemudi, namun model kemudi yang sering digunakan pada mobil-mobil sekarang ini adalah model *rack and pinion*. Model *rack and pinion* banyak digunakan pada kendaraan kecil umumnya yang menempatkan roda depan didepan sistem kemudi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem kemudi menggunakan sistem kerja kemudi *sliding* geser serta menghitung nilai sudut slip pada ban depan dan belakang untuk menentukan perilaku belok kendaraan apakah termasuk dalam perilaku belok kendaraan *understeer* atau *oversteer*.

Sistem kemudi yang dirancang menggunakan cara kerja sistem kemudi *sliding* geser. Sudut slip ban dapat dihitung dengan mencari gaya-gaya pada ban. Gaya tersebut meliputi gaya sentrifugal, gaya vertikal dan gaya lateral. Sistem kemudi dibuat dengan cara merancang desain dan membuat desainnya. Desain sistem kemudi dapat menentukan sudut belok kendaraan. Perhitungan sudut slip menggunakan data hasil pengukuran berat total kendaraan, gaya lateral, dan gaya vertikal.

Hasil yang didapatkan dengan perancangan sistem kemudi yaitu sudut belok roda bagian dalam sebesar 50° dan sudut belok roda bagian luar sebesar 36° . Hasil perhitungan sudut slip ban dengan variabel kecepatan 30 km/jam, 40 km/jam, dan 50 km/jam nilai rata-rata sudut slip ban belakang dengan adalah $12,85^\circ$ dan rata-rata sudut slip ban depan adalah 2° . Hal ini menunjukkan bahwa kendaraan hemat energi berperilaku *oversteer*.

Kata kunci : *sliding* geser, , *oversteer*, sudut slip ban

ABSTRACT

GiscaMezitama , Steering System Design and Slip Angle Tire On Energy Efficient Vehicles (Study on Vehicle Engine Capacity 100cc) . Jakarta: Department of Mechanical Engineering , State University of Jakarta , January 2014 .

The development of the technology is getting advanced steering system , the now widely circulated various steering that uses a variety of models of steering , but steering models are often used on cars today is the rack and pinion models . Rack and pinion models are widely used in small vehicles generally are put in front of the front wheel steering system . This study aims to design a steering system steering system uses a sliding shear work and calculate the value of slip angle on the front and rear tires to determine whether the vehicle turn behavior including the behavior of the vehicle understeer or oversteer turn.

The steering system is designed to use the workings of the steering system of a sliding shear . Tire slip angle can be calculated by finding the forces on the tires . The styles include centrifugal force , vertical force and lateral force . The steering system is made by way of designing and making designs . The design of the steering system can determine the vehicle turn a corner. Slip angle calculation using the measured data the total weight of the vehicle , lateral force , and vertical force .

The results obtained with the design of the steering system that turns inner wheel angle of 50° and the outer wheel turn angle of 36° . The results of the calculation of tire slip angle with a variable speed of 30 km / h , 40 km / h , and 50 km / h average value with the rear tire slip angle is 12.85° and the average front tire slip angle is 2° . This shows that the energy-efficient vehicle is oversteer .

Keywords : sliding shear , , oversteer , tire slip angle

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat karunia dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Perancangan Sistem Kemudi dan Sudut Slip Ban pada Kendaraan Hemat Energi (Studi pada Kendaraan Mesin Berkapasitas 100 cc)” yang merupakan persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Pendidikan Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Skripsi ini tidaklah dapat terwujud dengan baik tanpa adanya bimbingan, dorongan, saran-saran dan bantuan berbagai pihak. Maka dari itu saya ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Allah SWT atas segala rizki dan karunia-Nya
2. Kedua orang tua saya yang telah mendukung baik doa, materi dan moral.
3. Bapak Drs. Agus Dudung, M.Pd, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta
4. Bapak Ahmad kholil, S.T, M.T, selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin
5. Bapak Drs. Riyadi, S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik
6. Bapak Dr. Catur Setiawan Kusumohadi, M.T, selaku Dosen Pembimbing I
7. Bapak Dr. Darwin Rio Budi Syaka, M.T, selaku Dosen Pembimbing II
8. Seluruh keluarga Opak-Opak Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta Angkatan 2008

9. Para pihak yang telah memberikan bantuan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Saya menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna, untuk itu saya mohon maaf apabila terdapat kekurangan dan kesalahan baik isi maupun tulisan. Akhir kata, saya berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi yang membacanya.

Penulis

GiscaMezitama
5315082348

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERNYATAAN	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR.	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GRAFIK.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang.	1
B. Identifikasi Masalah.	2
C. Pembatasan Masalah.	3
D. Perumusan Masalah.....	3
E. Manfaat Penelitian.	3

BAB II LANDASAN TEORI

A. Komponen Utama Kendaraan	5
B. Sistem Kemudi Kendaraan.	6
1. Sistem Kemudi Manual.....	7
2. Model <i>Rack And Pinion</i>	8
3. Model <i>Recirculating Ball</i>	10
C. Ban.....	11
D. Front Wheel Alignment.....	11
1. Camber.....	12
2. Caster.....	13
3. Steering axis inclination (King pin inclination).....	14

4. Toe angle (Toe-in dan Toe-out).....	14
5. Turning radius (wheel angle dan turning angle).....	15
E. Mengukur posisi titik berat kendaraan.....	16
F. Gaya vertikal.....	17
G. Gaya lateral.....	19
H. Sudut slip ban.....	21
I. Pengaruh gaya lateral dan gaya vertical terhadap sudut slip.....	21
J. Jenis perilaku belok kendaraan.....	22
1. Perilaku <i>ackerman</i>	22
2. Perilaku <i>understeer</i>	23
3. Perilaku <i>oversteer</i>	24

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Tujuan Penelitian.....	25
B. Tempat dan Waktu Penelitian.	25
C. Instrumen Penelitian.....	25
D. Prosedur Penelitian.....	27
E. Analisis Data.....	36

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil pengukuran pada kendaraan.....	41
B. Hasil perancangan sistem kemudi.....	42
C. Perhitungan percepatan lateral bodi kendaraan.....	44
D. Perhitungan gaya sentrifugal sumbu y dan x.....	46
E. Hasil perhitungan gaya vertikal.....	48
F. Perhitungan percepatan roda pada sumbu y dan x.....	52
G. Hasil perhitungan gaya lateral pada roda.....	55
H. Hasil perhitungan sudut slip pada ban.....	60

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.....64

B. Saran.....64

DAFTAR PUSTAKA.....66

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tipe <i>Rack and Pinion</i>	9
Gambar 2.2 Tipe <i>Recirculating Ball</i>	10
Gambar 2.3 <i>Chamber</i>	13
Gambar 2.4 <i>Caster</i>	13
Gambar 2.5 <i>Steering Axis Inclination</i>	14
Gambar 2.6 <i>Toe-in</i>	14
Gambar 2.7 Titik pusat berbeda pada saat belok.....	15
Gambar 2.8 Titik pusat sama pada saat belok.....	16
Gambar 2.9 Proses terjadinya sudut slip.....	21
Gambar 2.10 Perilaku <i>Ackerman</i>	23
Gambar 2.11 Perilaku <i>Understeer</i>	23
Gambar 2.12 Perilaku <i>Oversteer</i>	24
Gambar 3.1 <i>Flow chart</i> penelitian.....	27
Gambar 3.2 <i>Steering column</i> dan kedudukan poros	28
Gambar 3.3 Kedudukan penghubung <i>steering column</i> dengan <i>tierod</i>	28
Gambar 3.4 Desain <i>tierod</i>	29
Gambar 3.5 Desain <i>knuckle arm</i>	29
Gambar 3.6 Desain <i>spindle arm</i>	30
Gambar 3.7 Desain <i>spindle cradle</i>	30
Gambar 3.8 <i>Steering Column</i> dan kedudukan poros.....	31
Gambar 3.9 Kedudukan <i>steering column</i> dan <i>tierod</i>	32
Gambar 3.10 <i>Tierod</i>	33
Gambar 3.11 <i>Knuckle arm</i>	33
Gambar 3.12 <i>Spindle arm</i>	34
Gambar 3.13 <i>Spindle cradle</i>	34
Gambar 3.14 Proses penimbangan berat kendaraan.....	36
Gambar 3.15 Ukuran panjang dan lebar kendaraan dilihat dari atas kendaraan.....	37
Gambar 3.16 Posisi titik berat kendaraan dilihat dari samping.....	38

Gambar 3.17 Posisi pusat guling kendaraan.....	38
Gambar 3.18 Pengukuran sudut <i>side slip</i> dan sudut <i>yawing</i>	40
Gambar 4.1 Hasil <i>assembly spindle cradle, spindle arm, dan knuckle arm</i>	42
Gambar 4.2 Hasil perancangan sistem kemudi.....	43

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil pengukuran pada kendaraan.	42
Tabel 4.2 Variabel kecepatan yang digunakan.	44
Tabel 4.3 Hasil perhitungan percepatan lateral bodi kendaraan pada sumbu y dan x.....	46
Tabel 4.4 Hasil perhitungan gaya sentrifugal.	47
Tabel 4.5 Hasil perhitungan gaya vertikal.....	50
Tabel 4.6 Hasil perhitungan percepatan roda sumbu y dan x.....	55
Tabel 4.7 Hasil perhitungan gaya lateral roda depan dan belakang.....	58
Tabel 4.8 Hasil perhitungan sudut slip ban.....	62

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1. Nilai gaya vertikal roda depan dan belakang.....	51
Grafik 4.2. Nilai gaya lateral roda depan dan belakang.	59
Grafik 4.3. Nilai Sudut Slip.	63

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	67
Lampiran 2	69
Lampiran 3	70
Lampiran 4	71
Lampiran 5	72

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi mengenai sistem kemudi semakin berkembang, pada saat ini sudah banyak beredar berbagai kemudi yang menggunakan berbagai macam model kemudi, namun model kemudi yang sering digunakan pada mobil-mobil sekarang ini adalah model *rack and pinion* dan model *recirculating ball*. Model *rack and pinion* banyak digunakan pada kendaraan kecil umumnya yang menempatkan roda depan didepan sistem kemudi berbeda dengan model *recirculating ball*, roda depan berada dibelakang sistem kemudi oleh karena itu model ini banyak diterapkan pada kendaraan berukuran sedang atau besar seperti bus.

Komponen kemudi merupakan suatu komponen dalam sistem penggerak dalam kendaraan. Komponen ini sangat vital mengingat fungsinya, yaitu untuk mengatur arah kendaraan dengan cara membelokkan roda depan. Cara kerjanya bila *steering wheel* (roda kemudi) diputar, *steering coulumn* (batang kemudi) akan meneruskan tenaga putarnya ke *steering gear* (roda gigi kemudi) yang menggerakkan roda melalui batang-batang penggerak.

Dalam berkendara, ketika kendaraan akan berbelok mengalami 2 kemungkinan yaitu *understeer* dan *oversteer*. *Oversteer* diakibatkan karena kendaraan mencapai daya tarik maksimal ketika berbelok. Roda bagian belakang memiliki daya tarik lebih besar dibandingkan dengan roda depan

sehingga roda belakang membuang jauh keluar lintasan, sedangkan *understeer* adalah kebalikannya dari *oversteer*. Penyebab terjadinya *understeer* :

1. Pengemudi membelokkan kemudi terlalu rendah pada kecepatan tinggi
2. Slip karena daya cengkraman ban depan hilang

Sedangkan penyebab terjadinya *oversteer* :

3. Kendaraan berbelok dengan kecepatan tinggi
4. Pengemudi membelokkan kemudi terlalu dalam
5. Mengerem ketika kendaraan sedang berbelok

Understeer dan *oversteer* merupakan perilaku belok kendaraan yang dipengaruhi oleh sudut slip ban. Semakin besar sudut slip ban belakang maka kendaraan mengalami *oversteer* begitu juga sebaliknya, semakin besar sudut slip ban depan maka kendaraan akan mengalami *understeer*.

Makin kecil sudut slip ban makin stabil arah kendaraan. Gaya kesamping pada ban akibat gaya sentrifugal menentukan besar kecilnya sudut slip yang terjadi. Makin besar gaya lateral pada ban maka semakin besar sudut slipnya yang mengakibatkan kendaraan tidak stabil.¹

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan dari penjabaran latar belakang masalah di atas, maka dapat diidentifikasi masalah-masalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah hasil konstruksi sistem kemudi yang akan dirancang dapat menghemat tenaga?

¹ | Nyoman Sutantra dan Bambang Sampurno, *Teknologi Otomotif*, (Surabaya : Guna Widya, 2010), hal. 107

2. Apakah perancangan sistem kemudi kendaraan hemat energi menghasilkan sudut belok yang baik sesuai dengan perhitungan?
3. Berapakah besar sudut slip ban depan dan belakang pada saat belok?
4. Apakah kendaraan hemat energi termasuk kedalam perilaku *understeer* atau *oversteer* dilihat dari sudut slip ban depan dan belakang?

C. Pembatasan Masalah

Untuk memudahkan penelitian dan tidak terjadi pelebaran masalah maka penulis membatasi masalah sebagai berikut :

1. Perancangan sistem kemudi pada kendaraan menggunakan cara kerja sistem kemudi *sliding* geser.
2. Perhitungan sudut slip ban untuk menentukan perilaku *understeer* atau *oversteer* pada kendaraan hemat energi.

D. Perumusan Masalah

Dilihat dari identifikasi dan pembatasan masalah, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah “Apakah perancangan sistem kemudi dan sudut slip ban menentukan perilaku *understeer* atau *oversteer* pada kendaraan hemat energi ?”

E. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi masyarakat pada umumnya, antara lain :

1. Bagi penulis, proses dan hasil penelitian merupakan pengetahuan yang sangat bermanfaat untuk berpikir secara ilmiah, lebih memahami tidak hanya berdasarkan teori tetapi juga hasil selama penelitian.

2. Bagi masyarakat, hasil penelitian diharapkan dapat bermanfaat untuk mengetahui cara membuat sistem kemudi sederhana dan mengetahui sudut slip ban yang dapat menentukan perilaku *understeer* dan *oversteer* pada kendaraan.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Komponen utama kendaraan

Kendaraan adalah salah satu produk dari suatu sarana transportasi yang selalu digunakan setiap hari. Teknologi kendaraan yang setiap hari semakin maju membuat persaingan yang sangat ketat diantara perusahaan kendaraan.

Secara fungsinya komponen-komponen utama dari kendaraan dapat dikelompokkan menjadi 9 fungsi utama yaitu :²

- 1) Komponen pembangkit tenaga atau mesin
- 2) Komponen rangka sasis
- 3) Komponen bodi
- 4) Komponen penyalur tenaga
- 5) Komponen kemudi/pengarah gerakan
- 6) Komponen rem/pengendali kecepatan
- 7) Komponen untuk kenyamanan/sistem suspensi
- 8) Komponen untuk keamanan
- 9) Komponen keindahan/estetika

Secara lebih sederhana, maka komponen kendaraan dapat dibagi menjadi 4 komponen utama yaitu :³

- 1) Komponen mesin atau pembangkit tenaga

² ibid. hal. 3

³ *ibid*

- 2) Komponen sasis yang termasuk didalamnya penyalur tenaga dan transmisi, suspensi, sistem kemudi, sistem rem, roda, dan rangka
- 3) Komponen bodi termasuk untuk keindahan, pelindung, dan kenyamanan penumpang
- 4) Komponen pengaman, pengendalian, dan navigasi.

B. Sistem kemudi kendaraan

Sistem kemudi suatu kendaraan dimaksudkan untuk mengendalikan arah kendaraan. Suatu sistem kemudi dikatakan ideal untuk suatu kendaraan jika memiliki sifat sebagai berikut :⁴

- 1) Dapat digunakan sebagai pengendali arah kendaraan untuk segala kondisi, segala belokan, dan segala kecepatan.
- 2) Dapat menjamin serta menjaga stabilitas arah kendaraan pada segala jenis gerakan belok dan pada segala kecepatan.
- 3) Tidak membutuhkan tenaga yang besar dari pengemudi untuk menggerakkan roda kemudi dalam mengendalikan arah gerak kendaraan.
- 4) Tidak membahayakan pengemudi jika terjadi kecelakaan.

Sistem kemudi yang ada pada kendaraan jika dilihat dari tenaga yang dipakai untuk membelokkan roda kemudi dibedakan menjadi :

1) *Manual Steering*

Pada kemudi ini semua tenaga yang dibutuhkan untuk membelokkan roda berasal dari tenaga yang datang dari lingkaran kemudi yang diputar oleh pengemudi.

⁴ *Ibid.* hal. 329-330

2) *Power Steering*

Pada sistem kemudi ini tenaga untuk membelokkan datang dari tenaga hidrolik atau elektrik, tidak berasal dari tenaga pengemudi. Putaran lingkaran kemudi oleh pengemudi hanya sinyal bagi sistem tenaga bagi sistem kemudi.

Dilihat dari jumlah roda yang belok saat lingkaran kemudi diputar maka kemudi dibedakan menjadi :

- 1) Sistem kemudi 2 roda, yaitu sistem kemudi yang hanya menggunakan 2 roda (umumnya roda depan) untuk mengendalikan arah gerakan kendaraan.
- 2) Sistem kemudi 4 roda, yaitu sistem kemudi yang menggunakan belokan keempat roda untuk mengendalikan arah gerakan. Belokan roda depan sebagai pemberi arah sedangkan belokan roda belakang berfungsi sebagai pengendali arah dari gerakan kendaraan.

1. Sistem kemudi manual

Sistem kemudi manual biasa disebut juga sebagai sistem kemudi konvensional karena masih menggunakan tenaga dari pengemudi untuk membelokkan roda. Seluruh tenaga yang diperlukan untuk membelokkan roda kendaraan datang dari tenaga pengemudi yang ditransmisikan ke roda melalui sistem kemudi. Sistem kemudi berfungsi untuk meneruskan tenaga belok dari pengemudi ke roda pada umumnya terdiri dari 3 komponen yaitu :

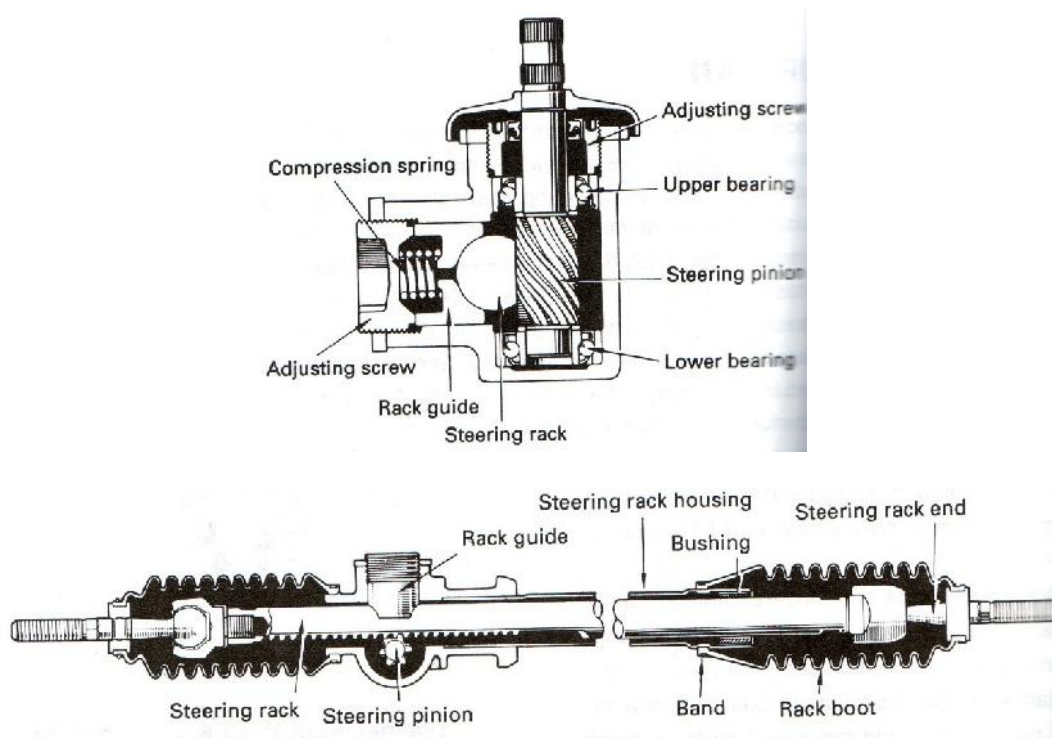
- 1) Lingkar kemudi dan poros lingkar kemudi yang berfungsi untuk menyalurkan gerakan putaran dari pengemudi kepada komponen penggerak batang pembelok roda kemudi.
- 2) *Steering gear* berfungsi untuk meningkatkan gaya putar dari pengemudi untuk mendapatkan momen puntir yang lebih besar untuk diteruskan ke *steering linkage*.
- 1) *Steering linkage* berfungsi untuk meneruskan gerakan dari *steering gear* ke lengan pembelok roda.

Ada 2 jenis komponen mekanis yang umum dipakai untuk meningkatkan gaya putar dari pengemudi dan mentransmisikan gerakan melingkar menjadi gerakan lurus yaitu *recirculating ball* dan *rack and pinion*.

Model *rack and pinion* pada umumnya digunakan untuk kendaraan yang berukuran kecil sampai sedang, mobil penumpang, dan kendaraan-kendaraan komersial, sedangkan tipe *recirculating ball* biasanya digunakan pada mobil yang berukuran sedang, mobil penumpang besar, dan kendaraan-kendaraan komersial.

2. Model rack and pinion

Steering pinion pada bagian ujung bawah poros utama kemudi (*steering main shaft*) bersinggungan dengan *steering rack*. Bila roda kemudi diputar maka *steering pinion* akan berputar menggerakkan *steering rack* dari kiri ke kanan. Gerakan *steering rack* diteruskan *knuckle arm* melalui ujung-ujung *rack* dan ujung *tie rod*.



Gambar 2.1. Tipe *Rack and Pinion*⁵

Roda gigi tipe rack and pinion mempunyai kelebihan sebagai berikut :⁶

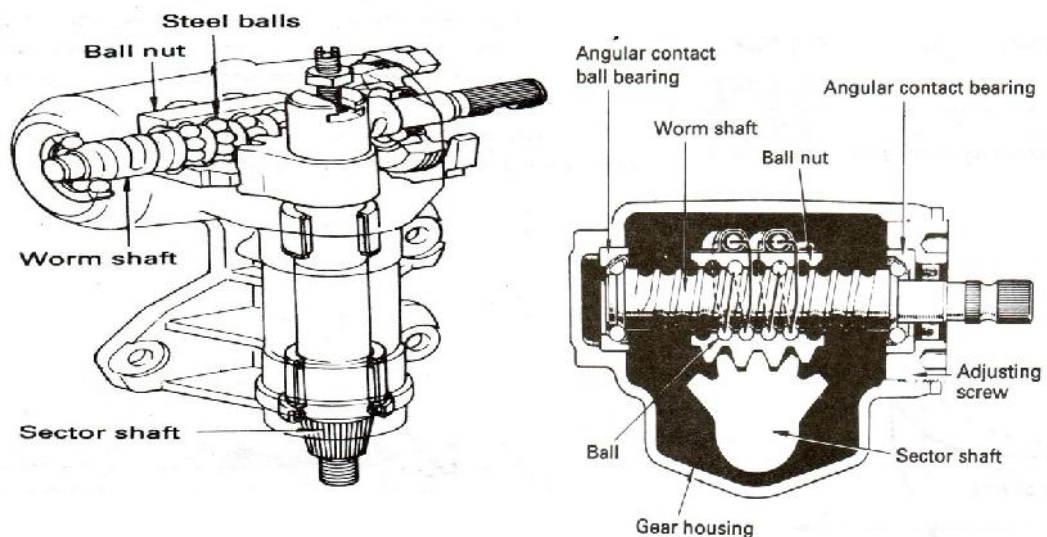
- 1) Konstruksinya sederhana dan ringan.
- 2) Persinggungan gigi langsung, sehingga respon pengemudian sangat tajam.
- 3) Tahanan gesernya kecil, sehingga pemindahan momen lebih baik dan kemudi menjadi sangat ringan.
- 4) Rakitan *steering gear* tertutup rapat sehingga tidak memerlukan perawatan.

⁵ *New Step 2* (Jakarta: PT. Toyota Astra Motor, 1994) hal. 20

⁶ *Ibid*

3. Model recirculating ball

Kedua ujung steering worm ditopang oleh bantalan-bantalan. *Ball nut* berjalan pada *worm* dengan dilandasi oleh peluru-peluru didalam alur spiral dari *worm* dan didalam mur (*nut*). Peluru-peluru berputar didalam alur, dan alur tersebut dirancang dengan bentuk seperti digambar dengan tujuan supaya peluru-peluru tersebut dapat bersirkulasi terus didalam alur.



Gambar 2.2. Tipe *Recirculating Ball*⁷

Sector shaft dipasang pada *gear housing* melalui bantalan-bantalan *needle roller*. Pada saat *steering worm* diputar bagian *sector shaft* bersinggungan dengan *ball nut* dan *ball nut* berjalan disepanjang *worm shaft*. Gerakan ini yang nantinya akan menggerakkan *sector shaft* dan diteruskan ke *pitman arm*.

Kemudi tipe *recirculating ball* memiliki keistimewaan mempunyai tahanan geser yang kecil karena gesekan yang terjadi antara *worm shaft*

⁷ *Ibid*, hal. 22

dengan *ball nut* tidak bersentuhan secara langsung melainkan melalui peluru-peluru.

Kemudi tipe ini memiliki memberikan preload antara *sector shaft* dan *ball nut* masing-masing $\pm 5^\circ$ ke kiri dan ke kanan (pada sudut putaran *sector shaft* bila kemudi pada posisi lurus).⁸ Tujuannya adalah untuk memperoleh berat beban pada roda kemudi pada posisi lurus agar agar pengemudian menjadi stabil.

C. Ban

Ban merupakan bagian dari roda yang terbuat dari bahan karet. Ban berfungsi sebagai penahan beban kendaraan, menyerap getaran-getaran yang terjadi akibat permukaan jalan yang tidak rata dan sekaligus sebagai untuk memperoleh gaya gesek yang besar terhadap permukaan jalan.

Bagian ban pada umumnya diisi dengan udara yang mempunyai suatu tekanan tertentu. Konstruksi ban semacam ini disebut ban pompa (*pneumatic tire*). Selain daripada itu ban umumnya terdiri dari 2 bagian yaitu ban luar dan ban dalam. Tetapi ada juga ban yang hanya terdiri dari ban luar saja dan tidak mempunyai ban dalam . Ban semacam ini disebut ban tanpa ban dalam (*tubeless tire*).⁹

D. Front wheel alignment

Pengemudi dapat membelokkan mobil ke segala arah yang dikehendaknya dengan memutar roda kemudi. Akan tetapi, bila pengemudi harus menahan roda kemudi agar kendaraan berjalan lurus atau

⁸ *Ibid*

⁹ Ir. P. Budiardjo, *Mengenal Konstruksi Mobil*, (Yogyakarta : Liberty Yogyakarta, 1989), hal. 107

harus mengeluarkan energi yang besar untuk membelokkan kendaraan itu akan melelahkan. Maka dari itu, roda-roda dipasangkan pada *body* dengan besar sudut tertentu untuk menghilangkan masalah tersebut dan menjaga agar ban juga tidak cepat aus. Sudut-sudut ini yang disebut dengan *front wheel alignment*. Ada lima faktor yang mempengaruhi *front wheel alignment*, yaitu¹⁰.

- 1) *Camber*
- 2) *Caster*
- 3) *Steering axis inclination (King pin inclination)*
- 4) *Toe angle (Toe-in dan Toe-out)*
- 5) *Turning radius (wheel angle dan turning angle)*

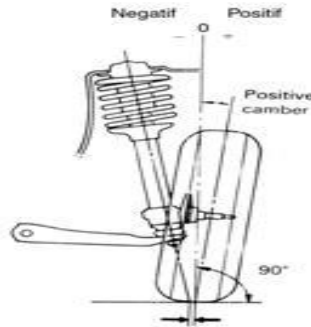
1. *Camber*

Roda-roda depan pada kendaraan dipasang dengan bagian atas dibuat miring keluar ataupun kedalam. Kemiringan tersebut dinamakan *camber* dan diukur dalam derajat kemiringan dari garis tegak lurus. *Camber* positif adalah apabila bagian roda kendaraan miring keluar dilihat dari depan, dan sebaliknya bila miring kedalam disebut *camber* negatif.

Namun ada lagi yang disebut dengan *camber* nol dimana *camber* nol ini adalah untuk mencegah keausan ban yang tidak merata. Bila roda dipasang dengan *camber* positif bagian ban sebelah luar akan membelok dengan radius yang lebih pendek daripada bagian ban sebelah dalam. Karena kecepatan putar ban pada sisi dalam dan luar, ban sebelah luar akan slip dengan tanah sampai

¹⁰ Martin T. Teiseran, *Merawat dan Memelihara Mobil*, (Yogyakarta : Kanisius, 1992), hal. 108

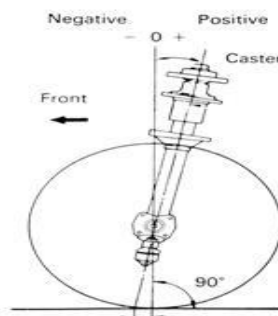
yang bagian dalam sama. Hal ini mengakibatkan keausan ban pada bagian luar akan lebih cepat aus begitu juga sebaliknya, apabila dibuat *camber* negatif bagian dalam ban akan lebih cepat aus dibandingkan dengan bagian luar.



Gambar 2.3 *Camber*¹¹

1. *Caster*

Caster adalah kemiringan steering axis ke depan atau belakang. *Caster* diukur dalam derajat dari steering axis dan garis tegak lurus bila dilihat dari samping. *Caster* disebut positif apabila kemiringannya ke arah belakang dari garis tegak lurus dan negatif bila kemiringannya ke depan. Jarak perpotongan antara garis pusat steering axis dengan tanah ke pusat persinggungan roda dengan jalan disebut *caster trail*.



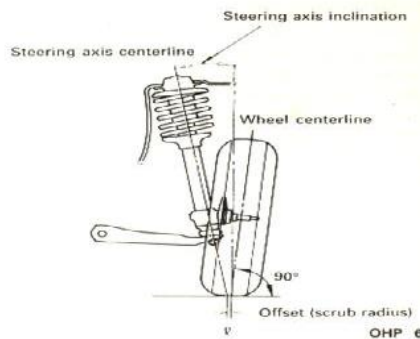
Gambar 2.4 *Caster*¹²

¹¹ *New Step 2, op. cit.* hal 119

¹² *Ibid*, hal. 123

3. *Steering axis inclination (Kingpin Inclination)*

Proses yang menjadi tumpuan roda pada saat membelok ke kiri dan ke kanan disebut *steering axis*. Garis ini miring ke dalam jika dilihat dari bagian depan kendaraan dan ini disebut *steering axis inclination* atau sudut kingpin. Sudut ini disebut dalam satuan derajat. Jarak “*l*” dari pertemuan *steering axis* dengan tanah ke garis pusat roda dengan tanah disebut *offset* atau *scrub radius*.



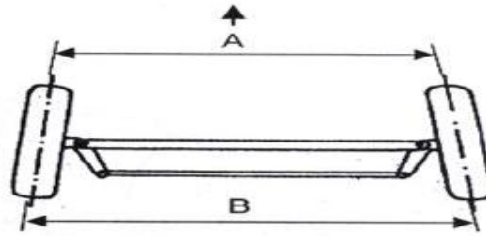
Gambar 2.5. *Steering Axis Inclination*¹³

4. *Toe angle (Toe-in dan Toe-Out)*

Bila bagian depan roda jaraknya lebih pendek dari pada bagian belakang (bila dilihat dari atas), maka ini disebut *toe-in* dan bila kebalikannya disebut *toe-out*.

Toe angle biasanya dinyatakan dalam satuan jarak (A – B).

¹³ *Ibid*, hal. 126



Gambar 2.6. Toe-in : $A < B$ ¹⁴

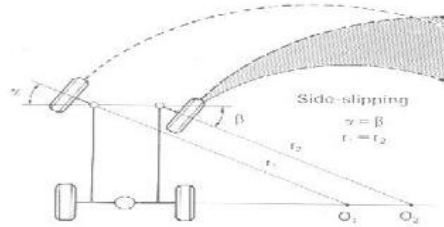
Fungsi utama *toe angle* adalah untuk mencegah *chamber thrust* jika pada roda dibuat *camber*. Jika roda depan diberi *camber* positif, posisinya akan condong keluar pada bagian atasnya. Hal ini menyebabkan roda cenderung menggelinding keluar pada saat mobil berjalan maju, dan akan terjadi *side slip* yang menyebabkan ban cepat aus.

Roda depan dibuat *toe-in* untuk mencegah terjadinya hal tersebut dengan cara mencegah roda menggelinding keluar akibat *chamber*. Kendaraan-kendaraan sekarang *chamber* dibuat mendekati nol, maka nilai *toe angle* menjadi lebih kecil.

5. *Turning radius (wheel angle dan turning angle)*

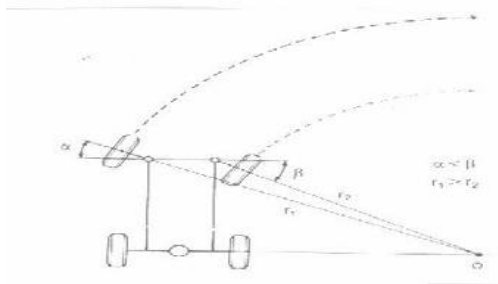
Apabila roda kiri dan kanan bagian depan memiliki sudut belok yang sama maka keduanya akan memiliki *turning radius* yang sama ($r_1 = r_2$) yang mengakibatkan kendaraan memiliki titik pusat belok yang berbeda (O_1 dan O_2). Selain itu kendaraan tidak dapat membelok dengan halus dan terjadi keausan yang tidak merata pada ban.

¹⁴ *Ibid*, hal. 129



Gambar 2.7. Titik pusat berbeda pada saat belok¹⁵

Maka dari itu kendaraan dibuat sudut belok bagian dalam harus lebih besar dibandingkan dengan sudut bagian luar ().



Gambar 2.8. Titik pusat sama pada saat belok¹⁶

Persamaan untuk mencari sudut belok roda depan bagian luar dan dalam sebagai berikut :

$$\bullet \quad = \tan^{-1} \frac{L}{R+T_f/2} \dots\dots\dots 17$$

$$\bullet \quad = \tan^{-1} \frac{L}{R-T_f/2} \dots\dots\dots 18$$

dimana : = Sudut belok roda luar (°)

 = Sudut belok roda dalam (°)

R = Radius belok kendaraan (m)

T_f = Lebar *track* roda depan (m)

¹⁵ *Ibid*, hal. 130

¹⁶ *Ibid*

¹⁷ *Ibid*

¹⁸ Thomas D. Gillespie. *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. (Warrendale :Society of Otomotif Engineers Inc, 1992), hal. 277

E. Mengukur posisi titik berat kendaraan

Dalam analisa dinamika kendaraan, posisi titik berat memegang peranan penting. Posisi titik berat terhadap poros depan (a) dan terhadap poros belakang (b), serta tinggi titik berat dari permukaan jalan (h).

Pengukuran (a) dan (b) dilakukan dengan menimbang bagian depan dan belakang kendaraan pada posisi betul-betul horizontal. Jika pada saat penimbangan poros depan didapat hasil penimbangan W_f dan pada poros belakang W_r , maka berat total kendaraan didapat :

- $W_t = W_f + W_r = W$ ¹⁹

Dengan memakai hasil penimbangan tersebut dan menerapkan konsep statika maka didapat :

- $L = a + b$ ²⁰

- $a = \frac{L \times W_r}{W_f + W_r}$ ²¹

- $b = \frac{L \times W_f}{W_f + W_r}$ ²²

dimana : L = Panjang *wheel base* (m)

a = Jarak pusat berat terhadap poros depan (m)

b = Jarak pusat berat terhadap poros belakang (m)

W_f = Berat depan kendaraan (N)

¹⁹ I Nyoman Sutantra dan Bambang Sampurno, *op. cit.* hal. 87

²⁰ *Ibid*, hal. 88

²¹ *Ibid*

²² *Ibid*

W_r = Berat belakang kendaraan (N)

W_t = Berat total (N)

Untuk tinggi titik berat kendaraan dapat dirumuskan sebagai berikut :

• $h = r + h_r$ ²³

dimana : h_r = Tinggi titik guling kendaraan (m)

r = Jari-jari roda (m)

F. Gaya vertikal

Gaya vertikal pada ban pada pokoknya terdiri dari 2 tipe gaya yaitu gaya vertikal statis dan gaya vertikal dinamis. Gaya vertikal statis adalah gaya vertikal akibat beban statis dan gaya vertikal dinamis adalah gaya vertikal yang disebabkan oleh gaya-gaya dinamis seperti perpindahan gaya/beban karena *pitching* atau *rolling*.

Sudut *pitching* atau *rolling* dapat diabaikan dengan menganggap daya redam suspensi cukup baik. Anggapan ini berlaku dalam menghitung perpindahan beban/gaya normal dari ban kiri ke kanan atau sebaliknya, dan dari ban belakang ke depan atau sebaliknya.

Pertambahan gaya normal pada roda depan dan pengurangan gaya normal pada roda belakang didapat sebagai berikut :

• $F_{VL} = \frac{F_{cgx.rc} + W_{s.rc} \psi}{L}$ ²⁴

²³ *Ibid*, hal. 89

²⁴ *Ibid* hal. 306

karena suspensi kendaraan dianggap baik, maka anggukan bodi atau *pitching* yang menghasilkan sudut dianggap = 0 jadi rumusan tersebut menjadi :

$$F_{VL} = \frac{F_{cgx} \cdot r_c}{L} \dots\dots\dots 25$$

dimana : F_{cgx} = Gaya sentrifugal sumbu x (N)

r_c = Tinggi titik berat kendaraan diatas sumbu guling (m)

Gaya vertikal masing-masing roda dirumuskan sebagai berikut :

Untuk roda depan :

$$\bullet \quad F_{v2} = \frac{b \cdot W_t}{2(a+b)} + F_{VL} \dots\dots\dots 26$$

Untuk roda belakang :

$$\bullet \quad F_{v1} = \frac{a \cdot W_t}{2(a+b)} - F_{VL} \dots\dots\dots 27$$

G. Gaya lateral

Gaya lateral yang timbul pada ban adalah terbatas besarnya yang mampu ditahan oleh bidang kontak ban dan jalan. Gaya lateral pada ban akan mengakibatkan sudut slip pada ban yang mana akan mempengaruhi arah gerak dari kendaraan. Percepatan lateral bodi kendaraan pada sumbu y dan x dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\bullet \quad a_{cy} = V_y + a_y = V^2/R \times \cos(\delta + \alpha) + V \times \sin(\delta + \alpha) - h r \times \omega^2 \times \sin \dots\dots\dots 28$$

$$\bullet \quad a_{cx} = V_x + a_x = V^2/R \times \sin(\delta + \alpha) + V \times \cos(\delta + \alpha) - h r \times \omega^2 \times \sin \dots\dots\dots 29$$

²⁵ *Ibid*

²⁶ *Ibid*

²⁷ *Ibid*

²⁸ *Ibid* hal. 307

dimana : V = Kecepatan (m/s)
 δ , σ = Sudut *side slip* dan sudut *rolling*
 γ = Sudut *yawing*
 h_r = Tinggi titik pusat kendaraan (m)
 R = Radius belok (m)

Percepatan pada arah y dan x dari masing-masing ban dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

- $a_{ty1} = V^2/R \times \cos(\delta + \sigma) + V \times \sin(\delta + \sigma) + \frac{T_r}{2}$ 30

- $a_{ty2} = V^2/R \times \cos(\delta + \sigma) + V \times \sin(\delta + \sigma) + \frac{T_f}{2}$ 31

- $a_{tx1} = V^2/R \times \sin(\delta + \sigma) + V \times \cos(\delta + \sigma) + \frac{T_r}{2}$ 32

- $a_{tx2} = V^2/R \times \sin(\delta + \sigma) + V \times \cos(\delta + \sigma) + \frac{T_f}{2}$ 33

dimana : T_r = Lebar *track* roda belakang (m)

T_f = Lebar *track* roda depan (m)

Gaya sentrifugal sumbu y dan x pada pusat dari kendaraan didapat sebagai berikut :

- $F_{cgy} = \frac{W_t}{g} \times a_{cy}$ 34

²⁹ *Ibid*

³⁰ *Ibid* hal. 308

³¹ *Ibid*

³² *Ibid*

³³ *Ibid*

³⁴ *Ibid*

- $F_{cgy} = \frac{W_t}{g} \times a_{cy}$ ³⁵

dimana : W_t = Berat total kendaraan (N)

Gaya lateral pada roda dapat dihitung sebagai berikut :

- $F_{L1} = L_f/2L \times F_{cgy} \times \cos \delta - F_{cgy}/4 \times \sin \delta + W_{ro}/g \times a_{ty1} \times \cos \delta - W_{ro}/g \times a_{tx1} \times \sin \delta$ ³⁶

- $F_{L2} = L_r/2L \times F_{cgy} \times \cos \delta - F_{cgy}/4 \times \sin \delta + W_{ro}/g \times a_{ty2} \times \cos \delta - W_{ro}/g \times a_{tx2} \times \sin \delta$ ³⁷

dimana : L_f = Jarak poros roda depan dengan titik berat (m)

L_r = Jarak poros roda belakang dengan titik berat (m)

L = Jarak poros roda depan dan belakang (m)

W_{ro} = Berat roda (N)

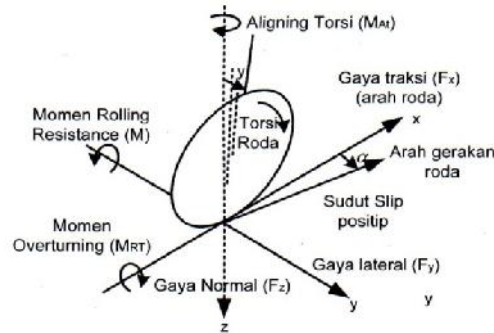
H. Sudut slip ban

Jika ban berputar dan tidak ada gaya samping yang tegak lurus dengan bidang ban, maka akan bergerak pada arah bidang ban. Jika pada ban bekerja gaya ke samping F pada pusat ban maka ban akan mengalami deformasi lateral. Karena ban berputar maka bagian atas tidak mengalami deformasi, namun akan juga mengalami deformasi pada saat sampai dibawah. Karena adanya gaya kesamping dan deformasi pada ban maka terbentuk sudut dengan arah bidang ban, sudut ini yang disebut sudut slip.

³⁵ *Ibid*

³⁶ *Ibid* hal. 309

³⁷ *Ibid*



Gambar 2.9. Proses terjadinya sudut slip³⁸

I. Pengaruh gaya lateral dan gaya vertikal terhadap sudut slip

Hubungan antara sudut slip (δ) dan gaya belok telah diteliti secara efektif. Salah satu hasil penelitian *Philips 1973* yang menggambarkan hubungan antara gaya belok (F_L) sudut slip (δ), dan gaya vertikal (F_V) untuk ban bias *ply* dan ban radial. Maka perumusan matematisnya sebagai berikut :

- Untuk ban bias-*ply* :

$$= 0,052817 (F_L)^{0,90635} - 0,004633 (F_V) \dots\dots\dots 39$$

- Untuk ban radial :

$$= 0,087935 (F_L)^{0,79008} - 0,005277 (F_V) \dots\dots\dots 40$$

dimana : δ = Sudut slip ($^{\circ}$)

F_L, F_V = Gaya lateral dan gaya vertikal (N)

³⁸ *Ibid* hal. 106

³⁹ *Ibid* hal. 126

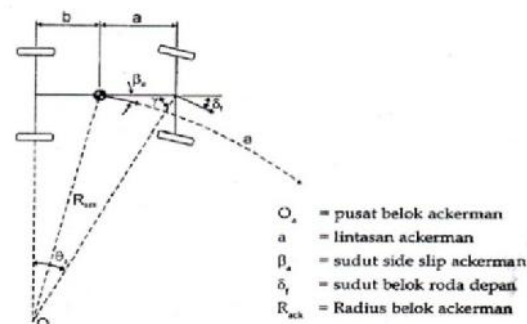
⁴⁰ *Ibid*

J. Jenis perilaku belok kendaraan

Gerakan belok adalah gerakan kendaraan paling kritis dimana gerakan tersebut dapat menunjukkan kualitas kestabilan dari kendaraan. Pada gerakan belok terjadi gerakan sentrifugal yang menimbulkan gaya-gaya dan momen pada roda sehingga terjadi sudut slip pada ban. Berikut ini ada beberapa jenis perilaku belok yaitu :

1. Perilaku *ackerman*

Perilaku gerakan belok *ackerman* juga sering disebut perilaku gerak belok ideal yang artinya menganggap bahwa tidak ada sudut slip yang terjadi pada ban. Kondisi ini pada kenyataannya sulit terjadi atau hanya mungkin terjadi pada gerakan belok dengan kecepatan sangat rendah atau pada radius belok besar sehingga gaya sentrifugal yang terjadi belum mampu membentuk sudut slip pada ban.

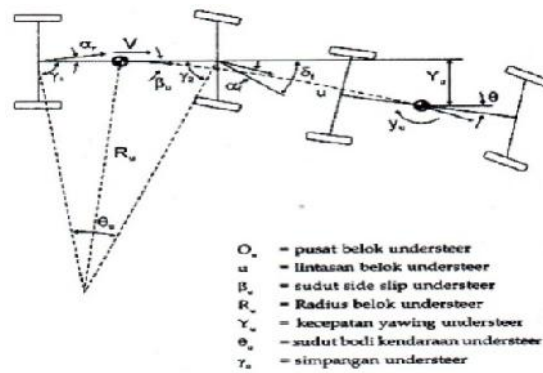


Gambar 2.10 Perilaku *ackerman*⁴¹

⁴¹ *Ibid* hal. 262

2. Perilaku *understeer*

Perilaku *understeer* menunjukkan kondisi dimana pengaruh sudut slip ban depan sangat dominan dibandingkan dengan sudut slip ban belakang terhadap gerakan belok kendaraan. Pada kendaraan dengan perilaku *understeer* sudut slip ban belakang (β_r) lebih kecil dari sudut slip ban depan (β_f).⁴²



Gambar 2.11 Perilaku *understeer*.⁴³

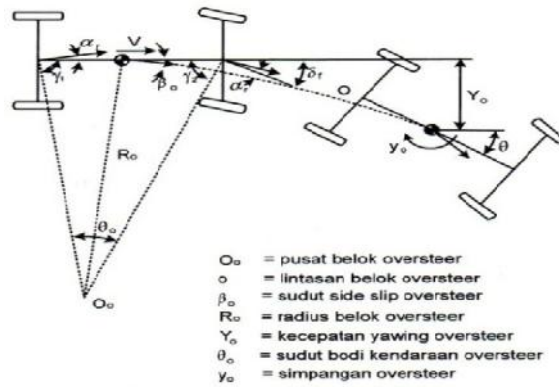
3. Perilaku *oversteer*

Perilaku *oversteer* merupakan kebalikan dari perilaku *understeer*. Perilaku *oversteer* adalah perilaku kendaraan yang sulit untuk dikendalikan dan sering mengakibatkan kecelakaan. Pada kondisi *oversteer* sudut *slip* ban belakang (β_r) lebih besar dari sudut *slip* ban depan (β_f).⁴⁴

⁴² Ian Hardianto Siahaan dan Willyanto Anggono, *Real Time Parameter Sudut Roll, Yaw Rate, dan Slip Sudut Ratio Antara Truk terhadap Trailernya Sebagai Respon Pendeteksi Stabilitas Gerak Beloknya Berbasis Software ARCSIM 3-Axle Truck-3-Axle Trailer*, (Surabaya : Teknik Mesin, Universitas Kristen Petra), 2005, hal. 2

⁴³ I Nyoman Sutantra dan Bambang Sampurno, *op. cit.* hal. 266

⁴⁴ Ian Hardianto Siahaan dan Willyanto Anggono, *op. cit.* hal 3



Gambar 2.12 Perilaku *oversteer*⁴⁵

⁴⁵ I Nyoman Sutantra dan Bambang Sampurno, *op. cit.* hal. 267

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem kemudi menggunakan sistem kerja *sliding* geser serta menghitung nilai sudut slip pada ban depan dan belakang untuk menentukan perilaku belok kendaraan apakah termasuk dalam perilaku belok kendaraan *understeer* atau *oversteer*.

B. Tempat dan Waktu Penelitian

1) Tempat pelaksanaan penelitian :

- Perhitungan sudut slip ban di laboratorium perancangan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta
- Laboratorium otomotif Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta

2) Waktu Penelitian :

Waktu penelitian dimulai dari bulan Mei 2013 sampai dengan bulan Desember 2013.

C. Instrumen Penelitian

Berikut beberapa instrumen yang digunakan dalam penelitian :

1) Program *AutoCad*

Dalam penelitian ini peneliti membuat rancangan sistem kemudi menggunakan program *AutoCad* karena dinilai mudah untuk menggambarkan rancangan sistem kemudi yang peneliti buat dalam suatu media gambar 2

dimensi. Disamping itu program ini juga digunakan peneliti untuk menggambarkan ukuran panjang, lebar, tinggi, dan sudut belok kendaraan hemat energi.

2) Timbangan

Timbangan ini digunakan untuk menghitung berat kendaraan. Pada masing-masing roda diberikan timbangan kemudian berat masing-masing pada setiap roda dihitung, maka didapat berat total kendaraan. Berat total kendaraan itu yang nantinya digunakan untuk menghitung sudut slip ban.

3) Peralatan Pembuatan Komponen Sistem Kemudi

Peralatan ini digunakan peneliti untuk membuat komponen sistem kemudi diantaranya sebagai berikut :

a) Bor

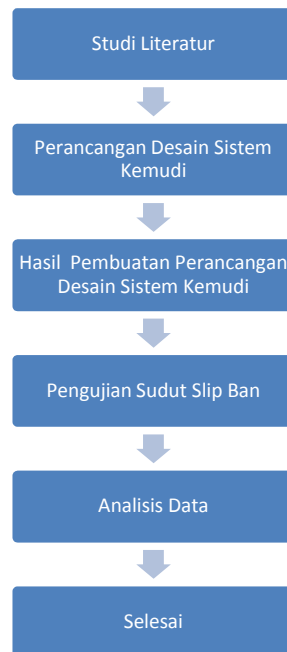
Pada pembuatan komponen sistem kemudi digunakan alat ini untuk melubangi beberapa bagian komponen yang akan dihubungkan dengan komponen lain menggunakan baut dan mur.

b) Las Listrik

Las listrik adalah suatu proses penyambungan logam menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas. Alat ini digunakan peneliti untuk menyambungkan beberapa komponen sistem kemudi.

D. Prosedur Penelitian

Sebelum memulai penelitian diperlukan prosedur penelitian agar penelitian terencana dan tersusun dengan baik sehingga memperoleh hasil yang jelas. Berikut ini merupakan *flow chart* sebagai acuan dalam penelitian :



Gambar 3.1 *Flow chart* penelitian

Pada gambar diatas dijelaskan flow chart sebagai acuan dalam penelitian dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- **Studi Literatur**

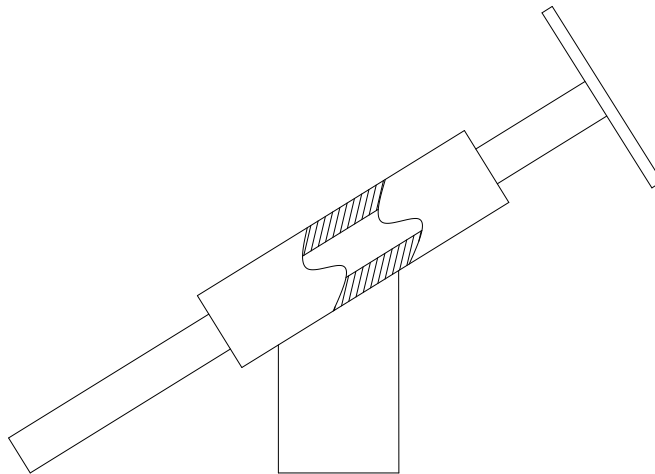
Studi literatur merupakan tahap awal dari penelitian yang bertujuan untuk mengkaji teori-teori yang berhubungan dengan sistem kemudi, *front wheel*

alignment, ban, dan sudut slip ban dari berbagai sumber seperti buku, skripsi, dan jurnal yang berhubungan dengan penelitian ini.

- **Perancangan Desain Sistem Kemudi**

Perancangan desain ini berdasarkan bagian dan cara kerja dari sistem kemudi *rack and pinion*, adapun desain yang dibuat sebagai berikut :

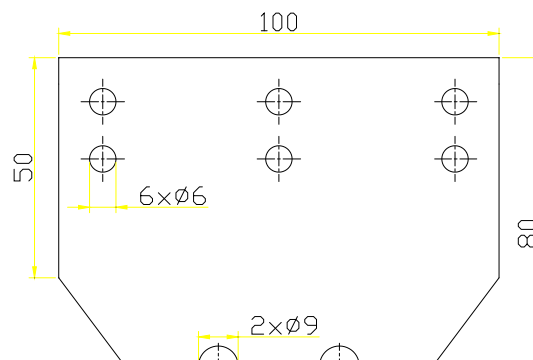
- 1) ***Steering Coloumn* dan Dudukan Poros**



Gambar 3.2 *Steering coloumn* dan dudukan poros

Perancangan *steering coloumn* dari bahan as besi dengan panjang 700 mm dengan diameter 17 mm. Dudukan poros dibuat dengan pipa besi berdiameter 35 mm.

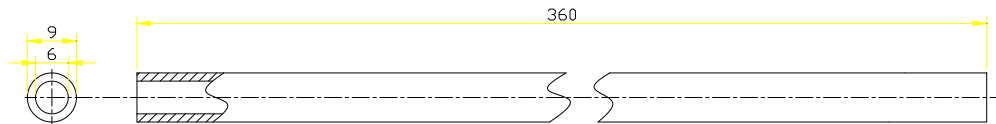
- 2) **Dudukan penghubung *steering coloumn* dengan *tierod***



Gambar 3.3 Dudukan penghubung *steering coloumn* dengan *tierod*

Perancangan ini dibuat dengan panjang komponen 100 mm dan memiliki lebar 80 mm. Komponen ini memiliki 8 lubang yang diantaranya 6 lubang dengan diameter 6 mm sebagai penghubung dengan *tierod* sedangkan 2 lubang dengan diameter 9 mm sebagai penghubung dengan *steering coloumn*.

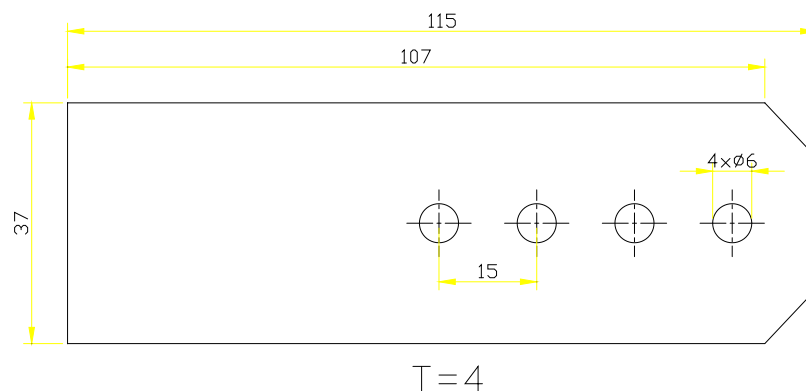
3) *Tierod*



Gambar 3.4 Desain *tierod*

Perancangan *tierod* dibuat dengan panjang as alumunium 360 mm dengan diameter luar 9 mm dan diameter dalam 6 mm. Dikedua ujungnya akan diberikan PHS atau disebut *ball joint* yang akan dikaitkan dipenghubung *steering coloumn* dan juga *knuckle arm*.

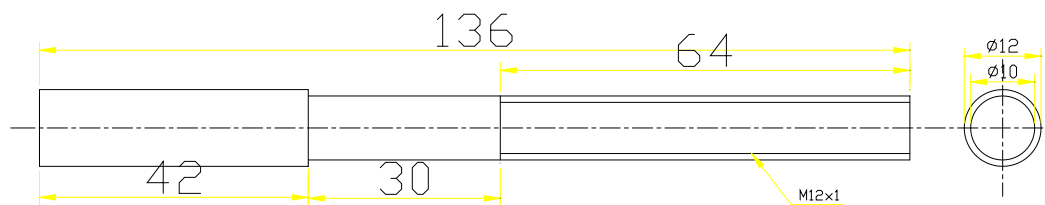
4) *Knuckle Arm*



Gambar 3.5 Desain *knuckle arm*

Komponen memiliki panjang 115 mm dan lebarnya 37 mm. Dan juga lubang dengan diameter 6 mm untuk dihubungkan pada ujung *tierod*.

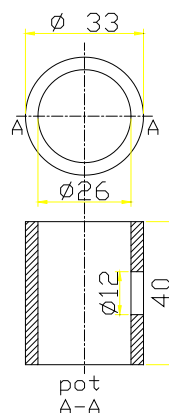
5) *Spindel arm*



Gambar 3.6 Desain *spindle arm*

Komponen *spindle* memiliki panjang 136 mm dengan diameter 12 mm. Kemudian dibubut 2 mm pada salah satu ujungnya dan bagian yang dibubut memiliki panjang 94 mm, panjang bagian yang dibuat ulir yaitu 64 mm. *Spindle* ini sebagai tempat dipasangnya roda.

6) *Spindle cradle*



Gambar 3.7 Desain *spindle cradle*

Komponen ini sebagai rumah dari *spindle* yang dapat berputar. Putaran itu berasal dari *knuckle arm* yang digerakkan oleh *tierod* dari putaran kemudi. Komponen ini memiliki diameter dalam 26 mm dan diameter luar 33 mm. Pada bagian samping pipa besi dibuat lubang dengan diameter 12 mm yang akan dipasangkan dengan *spindle arm*.

- **Hasil Pembuatan Perancangan Desain**

Setelah desain sistem kemudi dibuat dengan menggunakan *software autocad*, maka hasilnya sebagai berikut :

1. ***Steering Coloumn* dan Dudukan Poros**



Gambar 3.8 *Steering Coloumn* danudukan poros

Langkah-langkah pembuatan :

- a) Pengelasan penyangga kemudi pada alas pengemudi
- b) Dudukan poros dibuat dari besi pipa dengan diameter 35 mm
- c) Dudukan poros diberikan 2 buah *bearing* 6003
- d) *Steering coloumn* dimasukan kedalam dudukan poros
- e) Dudukan poros dilas diatas penyangga kemudi

2. Dudukan *steering coloumn* dengan *tierod*



Gambar 3.9 Dudukan *steering coloumn* dan *tierod*

Langkah-langkah pembuatan :

- a) Siapkan plat besi
- b) Potong plat besi dengan panjang 100 mm dan lebar 80 mm
- c) Ukur panjang sisi lebar ke dalam 45 mm kemudian tandai
- d) Ukur panjang ke bawah 50 mm kemudian tandai

- e) Hubungkan tanda sehingga membentuk garis
- f) Garis tersebut kemudian dipotong dan menjadi bentuk persegi enam
- g) Lubangi plat menggunakan bor dengan mata bor berukuran diameter 6 dan 9
- h) Diameter 6 untuk bagian atas dan jarak setiap lubang 40 mm diukur dari diameternya
- i) Diameter 9 untuk bagian bawah dan jarak setiap lubang 30 mm diukur dari diameternya

3. *Tierod*



Gambar 3.10 *Tierod*

Langkah-langkah pembuatan :

- a) Siapkan alumunium dengan diameter 9 mm dan panjang 360 mm
- b) Kemudian kedua sisinya di bor hingga membuat lubang dengan kedalaman 25 mm menggunakan mata bor berukuran diameter 6 mm



4. *Knuckle arm*

Gambar 3.11 *Knuckle arm*

Langkah-langkah pembuatan :

- a) Siapkan plat besi dengan tebal 5 mm
- b) Potong plat tersebut dengan panjang 115 mm dan lebar 37 mm
- c) Lubangi plat tersebut dengan mata bor diameter 6 mm sebanyak 4 lubang

5. *Spindle arm*



Gambar 3.12 *Spindle arm*

Langkah-langkah pembuatan :

- a) Siapkan besi dengan diameter 12 dan panjang 360 mm sebanyak 2 buah

- b) Besi dibubut dengan ukuran pemakanan 2 mm dan panjang 94 mm
- c) Besi yang sudah dibubut kemudian dibuat ulir dengan panjang 64 mm

6. *Spindle cradle*



Gambar 3.13 *Spindle cradle*

Langkah-langkah pembuatan :

- a) Siapkan besi pipa dengan diameter luar 33 mm dan diameter dalam 23 mm
- b) Potong besi pipa dengan panjang 40 mm sebanyak 2 buah
- c) Lubangi bagian samping besi pipa tersebut dengan mata bor berdiameter 12 mm

• **Pengujian Sudut Slip Ban**

Setelah pembuatan komponen sistem kemudi, maka tahap selanjutnya adalah pengujian sudut slip ban. Langkah-langkah pengujiannya sebagai berikut :

1) Penimbangan berat total kendaraan

Timbangan yang sudah disiapkan sebanyak 4 buah ditempatkan pada masing-masing roda. Kemudian dilihat hasil pengukuran timbangan pada masing-masing roda. Hasil pengukuran tersebut ditotal maka menghasilkan berat total kendaraan (W_t). Pengukuran timbangan pada roda depan menghasilkan berat poros depan (W_r) dan pengukuran pada roda belakang menghasilkan berat poros belakang (W_f).

2) Posisi titik berat kendaraan

Posisi titik berat kendaraan dapat diukur dengan cara mengukur berat poros bagian depan dan belakang kendaraan serta jarak *wheel base* (L). Data hasil pengukuran tersebut kemudian diolah menggunakan rumus matematis sehingga mendapatkan letak titik berat kendaraan.

3) Posisi sumbu guling kendaraan

Untuk mengetahui sumbu guling kendaraan digunakan program *autocad* dimana sumbu guling didapatkan dari persinggungan garis dari lebar *track* ban dan garis titik berat kendaraan.

4) Nilai sudut *steer*, *side slip* dan *yawing*

Untuk mencari nilai sudut *side slip* dan *yawing* peneliti mencari nilai sudut *steer* terlebih dahulu menggunakan persamaan matematis kemudian menggunakan program *autocad* untuk mencari besar sudut *side slip* dan *yawing*.

E. Analisis Data

Dari data-data yang sudah dijelaskan diatas maka akan dianalisis untuk memperoleh hasil akhir yang akan digunakan untuk membedakan sudut slip ban depan dan belakang kendaraan. Berikut adalah teknik analisis dari pengujian yang telah dilakukan :

1) Penimbangan berat total kendaraan

Dalam menganalisis berat kendaraan, peneliti mengukur berat total kendaraan seperti pada gambar, yaitu ke empat roda diberikan timbangan kemudian peneliti membaca hasil timbangan masing-masing roda. Hasil timbangan masing-masing roda kemudian dijumlahkan dan mendapatkan berat total dari kendaraan.

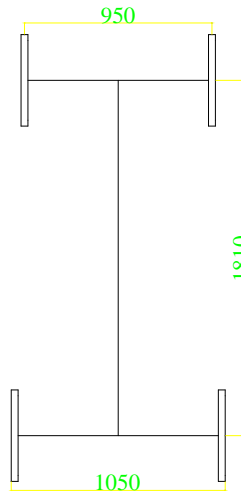


Gambar 3.14 Proses penimbangan berat kendaraan

2) Posisi titik berat kendaraan

Dalam menganalisis posisi titik berat ini peneliti mengambil data dengan cara mengukur panjang *wheel base* dan lebar kendaraan menggunakan alat ukur

meteran. Hasilnya kemudian dibuat sketsa panjang dan lebar *wheel base* mobil menggunakan program *autocad*.



Gambar 3.15 Ukuran panjang dan lebar kendaraan dilihat dari atas kendaraan

Kemudian menggunakan rumus untuk menentukan letak titik berat dari poros roda depan (a) dan jarak dari poros roda belakang (b).

Rumus perhitungannya sebagai berikut :

$$- a = \frac{L \times W_r}{W_f + W_r}$$

$$- a = \frac{1,81 \times 800}{600 + 800}$$

$$- a = \frac{1448}{1400}$$

$$- a = 1,03 \text{ m} = 1030 \text{ mm}$$

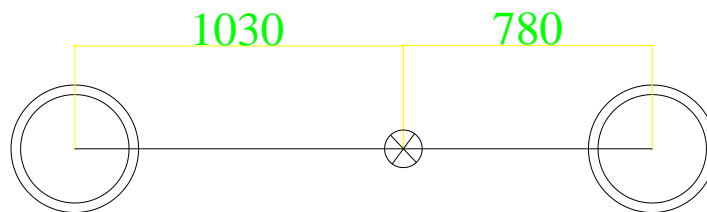
$$- L = a + b$$

$$- 1,81 = 1,03 + b$$

$$- b = 1,81 - 1,03$$

- $b = 0,78 \text{ m} = 780 \text{ mm}$

maka letak titik berat kendaraan sebagai berikut :

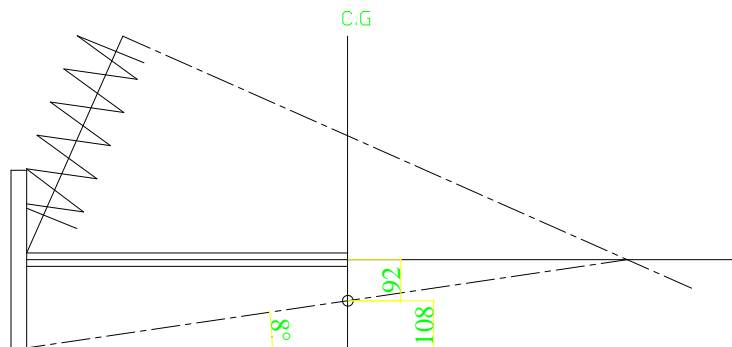


Gambar 3.16 Posisi titik berat kendaraan dilihat dari samping

3) Posisi pusat guling kendaraan

Dalam menganalisis posisi pusat guling kendaraan, peneliti mengukur menggunakan program *autocad*. Posisi pusat guling diukur dengan cara menarik garis dari ujung *shock breaker* belakang sampai bersinggungan dengan poros roda belakang.

Tarik garis dari bawah roda sampai bertemu dengan garis singgung *shock breaker* dan poros roda. Posisi pusat guling kendaraan sudah diketahui dimana letaknya berpotongan dengan garis titik berat kendaraan.



Gambar 3.17 Posisi pusat guling kendaraan

4) Nilai sudut *steer*, sudut *side slip* dan sudut *yawing*

Dalam menganalisis sudut *side slip* yaitu sudut antara sudut longitudinal bodi dan arah gerak bodi serta sudut *yawing* yaitu sudut antara perputaran bodi kendaraan dengan sumbu vertikal kendaraan. Peneliti menganalisis sudut tersebut dengan cara mengetahui sudut *steer* terlebih dahulu. Data tersebut digunakan untuk mencari sudut *side slip* dan sudut *yawing*. Peneliti menggunakan radius belok kendaraan sejauh 2 meter. Nilai sudut *steer* roda bagian luar dan dalam menggunakan persamaan sebagai berikut :

Untuk roda depan bagian luar :

- $= \tan^{-1} \frac{L}{R+Tf/2}$
- $= \tan^{-1} \frac{1,81}{2+0,95/2}$
- $= \tan^{-1} \frac{1,81}{2+0,48}$
- $= \tan^{-1} \frac{1,81}{2,48}$
- $= \tan^{-1}(0,73)$
- $= 36^{\circ}$

Untuk roda depan bagian dalam :

- $= \tan^{-1} \frac{L}{R-Tf/2}$
- $= \tan^{-1} \frac{1,81}{2-0,95/2}$
- $= \tan^{-1} \frac{1,81}{2-0,48}$

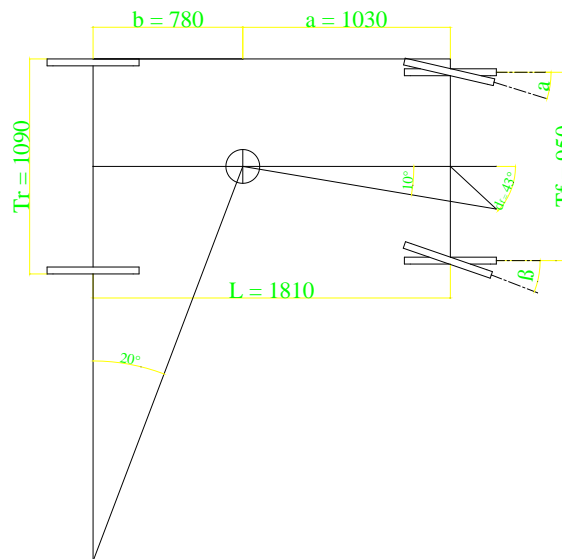
- $= \tan^{-1} \frac{1,81}{1,52}$
- $= \tan^{-1}(1,2) = 50^\circ$

Maka sudut *steer* roda depan :

- $f = \frac{\alpha + \beta}{2}$
- $f = \frac{36 + 50}{2}$
- $f = \frac{86}{2} = 43^\circ$

Jadi, nilai sudut *steer* adalah 43°

Sudut *side slip* dan sudut *yawing* dapat diukur setelah mendapatkan nilai sudut *steer* dengan menggunakan program *autocad*.



Gambar 3.18 Pengukuran sudut *side slip* dan sudut *yawing*

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan serangkaian pengukuran pada kendaraan maka didapat data-data hasil pengukuran sebagai berikut :

A. Hasil pengukuran pada kendaraan

Tabel 4.1 Hasil pengukuran pada kendaraan

Massa depan kendaraan	60 kg
Massa belakang kendaraan	80 kg
Massa kendaraan kosong	140 kg
Massa penumpang	60 kg
Massa total kendaraan	200 kg
Massa roda	2 kg
Panjang <i>Wheel base</i>	1,81 m
Diameter roda	0,4 m
Sudut yaw (°)	20°
Sudut roll (°)	8°
Sudut <i>side slip</i> (°)	10°
Lebar track roda depan (T_f)	0,95 m
Lebar track roda belakang (T_r)	1,05 m
Tinggi titik guling (h_r)	0,108 m

Tinggi titik guling ke titik berat kendaraan (r_c)	0,2 m
--	-------

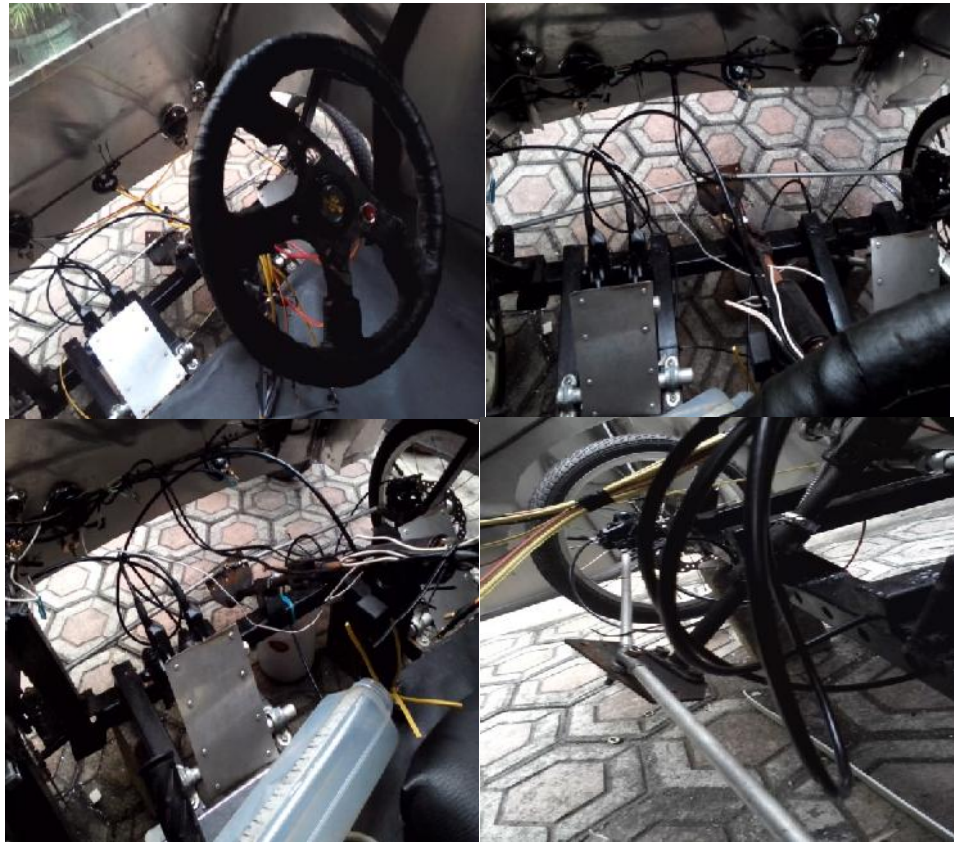
B. Hasil perancangan sistem kemudi

Komponen-komponen sistem kemudi yang sudah dibuat kemudian dipasang, maka hasil perancangan sistem kemudi sebagai berikut :



Gambar 4.1 Hasil *assembly spindle cradle, spindle arm, dan knuckle arm*

Gambar ini adalah hasil *assembly* komponen *spindle cradle, spindle arm, dan knuckle arm*. Pemasangan *spindle arm* dilas pada bagian samping *spindle cradle* kemudian *knuckle arm* dilas tegak lurus *spindle arm*.



Gambar 4.2 Hasil perancangan sistem kemudi

Gambar diatas merupakan hasil desain perancangan sistem kemudi. Komponen-komponen hasil desain sistem kemudi kemudian dirancang dan menghasilkan sebuah sistem kemudi. Cara kerja sistem kemudi ini yaitu putaran dari roda kemudi diteruskan *steering coloumn* yang menggerakkan dudukan *steering coloumn* dan *tierod* menuju *knuckle arm* untuk menggerakkan roda ke kiri atau ke kanan.

Sudut belok roda bagian dalam sebesar 50° dan sudut belok roda bagian luar sebesar 36° . Hal ini berarti kendaraan memiliki sudut belok yang berbeda antara roda kanan dan kiri sehingga kendaraan dapat belok dengan halus.

C. Perhitungan percepatan lateral bodi kendaraan

Data perhitungan didapat dari penyajian data berikut ini :

Tabel 4.2 Variabel kecepatan yang digunakan

No	Sampel	Kecepatan
1	V ₁	30 km/jam = 8,33 m/s
2	V ₂	40 km/jam = 11,1 m/s
3	V ₃	50 km/jam = 13,8 m/s

Percepatan lateral pada bodi kendaraan dengan kecepatan 8,33 m/s :

- $$a_{cy} = V^2/R \times \cos(\theta + \alpha) + V \times \sin(\theta + \alpha) - h r \times \omega^2 \times \sin \theta$$

$$a_{cy} = (8,33)^2/2 \times \cos(10+10 \times 8) + 8,33 \times \sin(10+10 \times 8) - 0,108 \times (20)^2 \times \sin 8$$

$$a_{cy} = 69,4/2 \times \cos(90) + 8,33 \times \sin(90) - 0,108 \times 400 \times 0,14$$

$$a_{cy} = 34,7 \times 0 + 8,33 \times 1 - 6,05$$

$$a_{cy} = 0 + 8,33 - 6,05$$

$$a_{cy} = 2,28 \text{ m/s}^2$$
- $$a_{cx} = V^2/R \times \sin(\theta + \alpha) + V \times \cos(\theta + \alpha) - h r \times \omega^2 \times \sin \theta$$

$$a_{cx} = (8,33)^2/2 \times \sin(10+10 \times 8) + 8,33 \times \cos(10+10 \times 8) - 0,108 \times (20)^2 \times \sin 8$$

$$a_{cx} = 69,4/2 \times \sin(90) + 8,33 \times \cos(90) - 6,05$$

$$a_{cx} = 34,7 \times 1 + 8,33 \times 0 - 6,05 = 28,65 \text{ m/s}^2$$

Percepatan lateral pada bodi kendaraan dengan kecepatan 11,1 m/s :

- $$a_{cy} = V^2/R \times \cos(\theta + \alpha) + V \times \sin(\theta + \alpha) - h r \times \omega^2 \times \sin \theta$$

$$a_{cy} = (11,1)^2/2 \times \cos(90) + 11,1 \times \sin(90) - 6,05$$

$$a_{cy} = 123,21/2 \times 0 + 11,1 \times 1 - 6,05$$

$$a_{cy} = 0 + 11,1 - 6,05$$

$$a_{cy} = 5,05 \text{ m/s}^2$$

- $a_{cx} = V^2/R \times \sin(\theta + \phi) + V \times \cos(\theta + \phi) - h r \times \omega^2 \times \sin(\theta + \phi)$

$$a_{cx} = 123,21/2 \times 1 + 11,1 \times 0 - 6,05$$

$$a_{cx} = 61,6 + 0 - 6,05$$

$$a_{cx} = 55,55 \text{ m/s}^2$$

Percepatan lateral pada bodi kendaraan dengan kecepatan 13,8m/s :

- $a_{cy} = V^2/R \times \cos(\theta + \phi) + V \times \sin(\theta + \phi) - h r \times \omega^2 \times \sin(\theta + \phi)$

$$a_{cy} = (13,8)^2/2 \times \cos(90) + 13,8 \times \sin(90) - 6,05$$

$$a_{cy} = 190,44/2 \times 0 + 13,8 \times 1 - 6,05$$

$$a_{cy} = 0 + 13,8 - 6,05$$

$$a_{cy} = 7,75 \text{ m/s}^2$$

- $a_{cx} = V^2/R \times \sin(\theta + \phi) + V \times \cos(\theta + \phi) - h r \times \omega^2 \times \sin(\theta + \phi)$

$$a_{cx} = 190,44/2 \times 1 + 13,8 \times 0 - 6,05$$

$$a_{cx} = 95,22 + 0 - 6,05$$

$$a_{cx} = 89,17 \text{ m/s}^2$$

Tabel 4.3 Hasil perhitungan percepatan lateral bodi kendaraan pada sumbu y dan x

Kecepatan	a_{cy}	a_{cx}
8,33 m/s	$2,28 \text{ m/s}^2$	$28,65 \text{ m/s}^2$
11,1 m/s	$5,05 \text{ m/s}^2$	$55,55 \text{ m/s}^2$
13,8 m/s	$7,75 \text{ m/s}^2$	$89,17 \text{ m/s}^2$

D. Perhitungan gaya sentrifugal sumbu y dan x

Perhitungan gaya sentrifugal pada kecepatan 8,33 m/s didapat sebagai berikut :

- $F_{cgy} = \frac{W_t}{g} \times a_{cy}$

$$F_{cgy} = \frac{2000}{10} \times 2,28$$

$$F_{cgy} = 456 \text{ N}$$

- $F_{cgx} = \frac{W_t}{g} \times a_{cx}$

$$F_{cgx} = \frac{2000}{10} \times 28,65$$

$$F_{cgx} = 5730 \text{ N}$$

Perhitungan gaya sentrifugal pada kecepatan 11,1 m/s :

- $F_{cgy} = \frac{W_t}{g} \times a_{cy}$

$$F_{cgy} = \frac{2000}{10} \times 5,05$$

$$F_{cgy} = 1010 \text{ N}$$

- $F_{cgx} = \frac{W_t}{g} \times a_{cx}$

$$F_{cgx} = \frac{2000}{10} \times 55,55$$

$$F_{cgx} = 11110 \text{ N}$$

Perhitungan gaya sentrifugal pada kecepatan 13,8 m/s :

- $F_{cgy} = \frac{W_t}{g} \times a_{cy}$

$$F_{cgy} = \frac{2000}{10} \times 7,75 = 1550 \text{ N}$$

- $F_{cgx} = \frac{W_t}{g} \times a_{cx}$

$$F_{cgx} = \frac{2000}{10} \times 89,17$$

$$F_{cgx} = 17834 \text{ N}$$

Tabel 4.4 Hasil perhitungan gaya sentrifugal

Kecepatan	F_{cgy}	F_{cgx}
8,33 m/s	456 N	5730 N
11,1 m/s	1010 N	11110 N
13,8 m/s	1550 N	17834 N

E. Hasil perhitungan gaya vertikal

Perhitungan gaya vertikal pada kecepatan $8,33 \text{ m/s}^2$ sebagai berikut :

- $F_{VL} = \frac{Fcgx \times rc}{L}$

$$F_{VL} = \frac{5730 \times 0,2}{1,81}$$

$$F_{VL} = 633,15 \text{ N}$$

- $F_{v2} = \frac{b \times Wt}{2(a+b)} + F_{VL}$

$$F_{v2} = \frac{0,78 \times 2000}{2(1,81)} + 633,15$$

$$F_{v2} = \frac{1560}{3,62} + 633,15$$

$$F_{v2} = 431 + 633,15 = 1064,15 \text{ N}$$

- $F_{v1} = \frac{a \times Wt}{2(a+b)} - F_{VL}$

$$F_{v1} = \frac{1,03 \times 2000}{3,62} - 633,15$$

$$F_{v1} = \frac{2060}{3,62} - 633,15$$

$$F_{v1} = 569 - 633,15$$

$$F_{v1} = - 64,15 \text{ N}$$

Perhitungan gaya vertikal pada kecepatan $11,1 \text{ m/s}^2$ sebagai berikut :

- $F_{VL} = \frac{Fcgx \times rc}{L}$

$$F_{VL} = \frac{11110 \times 0,2}{1,81}$$

$$F_{VL} = 1227,6 \text{ N}$$

- $F_{v2} = \frac{b \times Wt}{2(a + b)} + F_{VL}$

$$F_{v2} = \frac{0,78 \times 2000}{2(1,81)} + 1227,6$$

$$F_{v2} = \frac{1560}{3,62} + 1227,6$$

$$F_{v2} = 431 + 1227,6 = 1658,6 \text{ N}$$

- $F_{v1} = \frac{a \times Wt}{2(a + b)} - F_{VL}$

$$F_{v1} = \frac{1,03 \times 2000}{3,62} - 1227,6$$

$$F_{v1} = \frac{2060}{3,62} - 1227,6$$

$$F_{v1} = 569 - 1227,6$$

$$F_{v1} = - 658,6 \text{ N}$$

Perhitungan gaya vertikal pada kecepatan $13,8 \text{ m/s}^2$ sebagai berikut :

- $F_{VL} = \frac{Fcgx \times rc}{L}$

$$F_{VL} = \frac{17834 \times 0,2}{1,81}$$

$$F_{VL} = 1970,6 \text{ N}$$

- $F_{v2} = \frac{b \times Wt}{2(a + b)} + F_{VL}$

$$F_{v2} = \frac{0,78 \times 2000}{2(1,81)} + 1970,6$$

$$F_{v2} = \frac{1560}{3,62} + 1970,6$$

$$F_{v2} = 431 + 1970,6$$

$$F_{v2} = 2401,6 \text{ N}$$

- $F_{v1} = \frac{a \times Wt}{2(a + b)} - F_{VL}$

$$F_{v1} = \frac{1,03 \times 2000}{3,62} - 1970,6$$

$$F_{v1} = \frac{2060}{3,62} - 1970,6$$

$$F_{v1} = 569 - 1970,6 = - 1401,6 \text{ N}$$

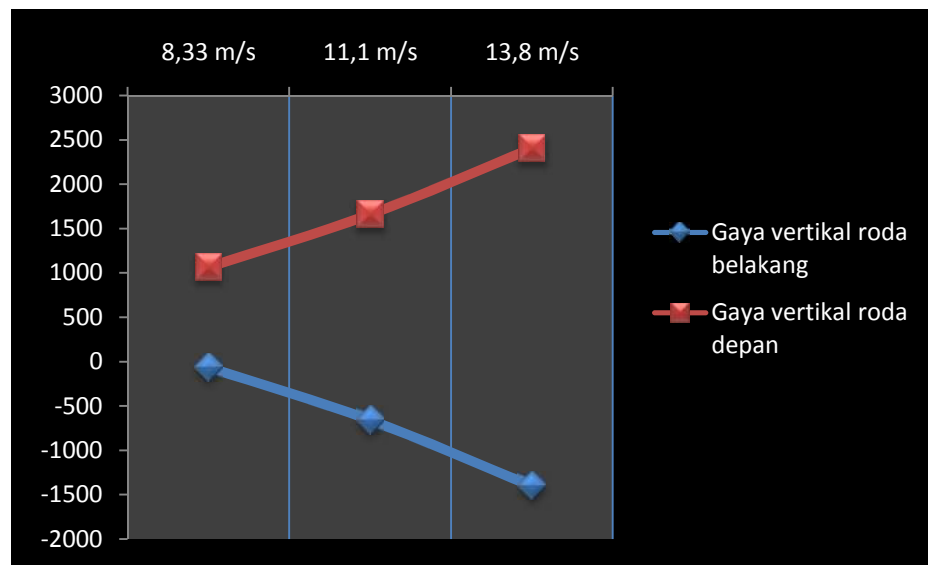
Tabel 4.5 Hasil perhitungan gaya vertikal

Kecepatan	F_{v1}	F_{v2}
8,33 m/s	- 64,15 N	1064,15 N
11,1 m/s	- 658,6 N	1658,6 N
13,8 m/s	- 1401,6 N	2401,6 N
Rata-rata	- 708,11 N	1708,11 N

Dari tabel hasil perhitungan gaya vertikal diatas, dapat kita ambil kesimpulan bahwa :

- 1) Gaya vertikal roda depan lebih besar daripada gaya vertikal roda belakang
- 2) Tanda negatif pada roda belakang karena berlawanan arah dengan gaya vertikal pada roda depan, maka dari itu terjadi pengurangan gaya vertikal pada roda belakang
- 3) Gaya vertikal terkecil pada roda belakang terdapat pada kecepatan 8,33 m/s

- 4) Gaya vertikal terbesar pada roda depan terdapat pada kecepatan 13,8 m/s
- 5) Rata-rata perhitungan gaya vertikal pada roda belakang : - 708,11 N
- 6) Rata-rata perhitungan gaya vertikal pada roda depan : 1708,11 N



Grafik 4.1 Nilai gaya vertikal roda depan dan belakang

Dari grafik diatas terlihat bahwa gaya vertikal roda belakang lebih kecil dibandingkan dengan gaya vertikal roda depan, karena adanya pertambahan gaya vertikal roda depan dan pengurangan gaya vertikal pada roda belakang. Gaya vertikal terkecil pada roda belakang terdapat pada kecepatan 8,33 m/s yaitu - 64,15 N, sedangkan gaya vertikal terbesar roda depan terdapat pada kecepatan 13,8 m/s yaitu sebesar 2401,6 N.

$$F_{V2} \quad F_{V1}$$

F. Perhitungan percepatan roda pada sumbu y dan x

Perhitungan pada sumbu y pada kecepatan $8,33 \text{ m/s}^2$ sebagai berikut :

- $a_{ty1} = V^2/R \times \cos(\theta + \alpha) + V \times \sin(\theta + \beta \times \varphi) + \frac{Tr}{2}$

$$a_{ty1} = (8,33)^2/R \times \cos 90 + 8,33 \times \sin 90 + \frac{1,05}{2}$$

$$a_{ty1} = 69,4/2 \times 0 + 8,33 \times 1 + 0,525$$

$$a_{ty1} = 0 + 8,33 + 0,525$$

$$a_{ty1} = 8,85 \text{ m/s}^2$$

- $a_{ty2} = V^2/R \times \cos(\theta + \alpha) + V \times \sin(\theta + \beta \times \varphi) + \frac{Tr}{2}$

$$a_{ty2} = 69,4/2 \times 0 + 8,33 \times 1 + \frac{0,95}{2}$$

$$a_{ty2} = 0 + 8,33 + 0,475 = 8,8 \text{ m/s}^2$$

Perhitungan pada sumbu x pada kecepatan $8,33 \text{ m/s}^2$ sebagai berikut :

- $a_{tx1} = V^2/R \times \sin(\theta + \alpha) + V \times \cos(\theta + \beta \times \varphi) + \frac{Tr}{2}$

$$a_{tx1} = 69,4/2 \times \sin 90 + 8,33 \times \cos 90 + \frac{1,05}{2}$$

$$a_{tx1} = 69,4/2 \times 1 + 8,33 \times 0 + 0,525$$

$$a_{tx1} = 34,7 + 0 + 0,525$$

$$a_{tx1} = 35,22 \text{ m/s}^2$$

- $a_{tx2} = V^2/R \times \sin(\theta + \alpha) + V \times \cos(\theta + \beta \times \varphi) + \frac{Tr}{2}$

$$a_{tx2} = 34,7 + 0 + 0,475$$

$$a_{tx2} = 35,17 \text{ m/s}^2$$

Perhitungan pada sumbu y pada kecepatan 11,1 m/s² sebagai berikut :

- $a_{ty1} = V^2/R \times \cos(\theta + \beta \times \varphi) + V \times \sin(\theta + \beta \times \varphi) + \frac{T_r}{2}$

$$a_{ty1} = (11,1)^2/2 \times \cos 90 + 11,1 \times \sin 90 + \frac{1,05}{2}$$

$$a_{ty1} = 123,21/2 \times 0 + 11,1 \times 1 + 0,525$$

$$a_{ty1} = 0 + 11,1 + 0,525$$

$$a_{ty1} = 11,62 \text{ m/s}^2$$

- $a_{ty2} = V^2/R \times \cos(\theta + \beta \times \varphi) + V \times \sin(\theta + \beta \times \varphi) + \frac{T_f}{2}$

$$a_{ty2} = 0 + 11,1 \times 1 + \frac{0,95}{2}$$

$$a_{ty2} = 0 + 11,1 + 0,475 = 11,57 \text{ m/s}^2$$

Perhitungan pada sumbu x pada kecepatan 11,1 m/s² sebagai berikut :

- $a_{tx1} = V^2/R \times \sin(\theta + \beta \times \varphi) + V \times \cos(\theta + \beta \times \varphi) + \frac{T_r}{2}$

$$a_{tx1} = 123,21/2 \times \sin 90 + 11,1 \times \cos 90 + \frac{1,05}{2}$$

$$a_{tx1} = 61,6 \times 1 + 11,1 \times 0 + 0,525$$

$$a_{tx1} = 61,6 + 0 + 0,525$$

$$a_{tx1} = 62,12 \text{ m/s}^2$$

- $a_{tx2} = V^2/R \times \sin(\theta + \beta \times \varphi) + V \times \cos(\theta + \beta \times \varphi) + \frac{T_f}{2}$

$$a_{tx2} = 61,6 + 0 + 0,475$$

$$a_{tx2} = 62,07 \text{ m/s}^2$$

Perhitungan pada sumbu y pada kecepatan $13,8 \text{ m/s}^2$ sebagai berikut :

- $a_{ty1} = V^2/R \times \cos(\alpha + \beta) + V \times \sin(\alpha + \beta) \times \frac{T_r}{2}$

$$a_{ty1} = (13,8)^2/2 \times \cos 90 + 13,8 \times \sin 90 + \frac{1,05}{2}$$

$$a_{ty1} = 190,44/2 \times 0 + 13,8 \times 1 + 0,525$$

$$a_{ty1} = 0 + 13,8 + 0,525$$

$$a_{ty1} = 14,32 \text{ m/s}^2$$

- $a_{ty2} = V^2/R \times \cos(\alpha + \beta) + V \times \sin(\alpha + \beta) \times \frac{T_f}{2}$

$$a_{ty2} = 190,44/2 \times 0 + 13,8 \times 0,58 + \frac{0,95}{2}$$

$$a_{ty2} = 0 + 13,8 + 0,475$$

$$a_{ty2} = 14,27 \text{ m/s}^2$$

Perhitungan pada sumbu x pada kecepatan $13,8 \text{ m/s}^2$ sebagai berikut :

- $a_{tx1} = V^2/R \times \sin(\alpha + \beta) + V \times \cos(\alpha + \beta) \times \frac{T_r}{2}$

$$a_{tx1} = 190,44/2 \times \sin 90 + 13,8 \times 0 \times \cos 90 + \frac{1,05}{2}$$

$$a_{tx1} = 95,22 \times 1 + 0 + 0,525$$

$$a_{tx1} = 95,22 + 0 + 0,525$$

$$a_{tx1} = 95,74 \text{ m/s}^2$$

- $a_{tx2} = V^2/R \times \sin(\alpha + \beta) + V \times \cos(\alpha + \beta) \times \frac{T_f}{2}$

$$a_{tx2} = 95,22 + 0 + 0,475$$

$$a_{tx2} = 95,69 \text{ m/s}^2$$

Tabel 4.6 Hasil perhitungan percepatan roda sumbu y dan x

Kecepatan	a_{ty1}	a_{ty2}	a_{tx1}	a_{tx2}
8,33 m/s	8,85 m/s ²	8,8 m/s ²	35,22 m/s ²	35,17 m/s ²
11,1 m/s	11,62 m/s ²	11,57 m/s ²	62,12 m/s ²	62,07 m/s ²
13,8 m/s	14,32 m/s ²	14,27 m/s ²	95,74 m/s ²	95,69 m/s ²

G. Hasil perhitungan gaya lateral pada roda

Perhitungan gaya lateral pada roda belakang dengan kecepatan 8,33 m/s² sebagai berikut :

- $$F_{L1} = L_r/2L \times F_{cgy} \times \cos - F_{cgx}/4 \times \sin \beta + W_{ro}/g \times a_{ty1} \times \cos \times W_{ro}/g \times a_{tx1} \times \sin$$

$$F_{L1} = \frac{1,03}{2(1,81)} \times 456 \times \cos 10^\circ - \frac{5730}{4} \times \sin 10^\circ + \frac{20}{10} \times 8,85 \times \cos 10^\circ \times \frac{20}{10} \times 35,22$$

$$\times \sin 10^\circ$$

$$F_{L1} = 0,28 \times 456 \times 0,98 - 1432,5 \times 0,17 + 2 \times 8,85 \times 0,98 \times 2 \times 35,22 \times 0,17$$

$$F_{L1} = 125,12 - 243,52 + 17,35 \times 11,97$$

$$F_{L1} = 125,12 - 243,52 + 207,67$$

$$F_{L1} = 89,27 \text{ N}$$

Perhitungan gaya lateral pada roda depan dengan kecepatan 8,33 m/s² sebagai berikut :

- $$F_{L2} = L_r/2L \times F_{cgy} \times \cos - F_{cgx}/4 \times \sin \beta + W_{ro}/g \times a_{ty2} \times \cos \times W_{ro}/g \times a_{tx2} \times \sin$$

$$F_{L2} = \frac{0,78}{2(1,81)} \times 456 \times \cos 10^\circ - \frac{5730}{4} \times \sin 10^\circ + \frac{20}{10} \times 8,8 \times \cos 10^\circ \times \frac{20}{10} \times 35,17$$

$$\times \sin 10^\circ$$

$$F_{L2} = 0,21 \times 456 \times 0,98 - 1432,5 \times 0,17 + 2 \times 8,8 \times 0,98 \times 2 \times 35,17 \times 0,17$$

$$F_{L2} = 93,84 - 243,52 + 17,25 \times 11,96$$

$$F_{L2} = 75,07 - 243,52 + 206,31$$

$$F_{L2} = 56,63 \text{ N}$$

Perhitungan gaya lateral pada roda belakang dengan kecepatan $11,1 \text{ m/s}^2$ sebagai berikut :

$$\bullet \quad F_{L1} = L_r/2L \times F_{cgy} \times \cos - F_{cgx}/4 \times \sin\beta + W_{ro}/g \times a_{ty1} \times \cos \times W_{ro}/g \times a_{tx1} \times \sin\beta$$

$$F_{L1} = \frac{1,03}{2(1,81)} \times 1010 \times \cos 10^\circ - \frac{11110}{4} \times \sin 10^\circ + \frac{20}{10} \times 11,62 \times \cos 10^\circ \times \frac{20}{10} \times 62,12 \times \sin 10^\circ$$

$$F_{L1} = 0,28 \times 1010 \times 0,98 - 2777,5 \times 0,17 + 2 \times 11,62 \times 0,98 \times 2 \times 62,12 \times 0,17$$

$$F_{L1} = 277,14 - 472,17 + 22,77 \times 21,12$$

$$F_{L1} = 277,14 - 472,17 + 480,9$$

$$F_{L1} = 285,87 \text{ N}$$

Perhitungan gaya lateral pada roda depan dengan kecepatan $11,1 \text{ m/s}^2$ sebagai berikut :

$$\bullet \quad F_{L2} = L_r/2L \times F_{cgy} \times \cos - F_{cgx}/4 \times \sin\beta + W_{ro}/g \times a_{ty2} \times \cos \times W_{ro}/g \times a_{tx2} \times \sin\beta$$

$$F_{L2} = \frac{0,78}{2(1,81)} \times 1010 \times \cos 10^\circ - \frac{11110}{4} \times \sin 10^\circ + \frac{20}{10} \times 11,57 \times \cos 10^\circ \times \frac{20}{10} \times 62,07 \times \sin 10^\circ$$

$$F_{L2} = 0,21 \times 1010 \times 0,98 - 2777,5 \times 0,17 + 2 \times 11,57 \times 0,98 \times 2 \times 62,07 \times 0,17$$

$$F_{L2} = 207,85 - 472,17 + 22,67 \times 21,1$$

$$F_{L2} = 207,85 - 472,17 + 478,33$$

$$F_{L2} = 214 \text{ N}$$

Perhitungan gaya lateral pada roda belakang dengan kecepatan $13,8 \text{ m/s}^2$ sebagai berikut :

$$\bullet \quad F_{L1} = L_r/2L \times F_{cgy} \times \cos \beta - F_{cgx}/4 \times \sin \beta + W_{ro}/g \times a_{ty1} \times \cos \beta - W_{ro}/g \times a_{tx1} \times \sin \beta$$

$$F_{L1} = \frac{1,03}{2(1,81)} \times 1550 \times \cos 10^\circ - \frac{17834}{4} \times \sin 10^\circ + \frac{20}{10} \times 14,32 \times \cos 10^\circ - \frac{20}{10}$$

$$\times 95,74 \times \sin 10^\circ$$

$$F_{L1} = 0,28 \times 1550 \times 0,98 - 4458,5 \times 0,17 + 2 \times 14,32 \times 0,98 - 2 \times 95,74$$

$$\times 0,17$$

$$F_{L1} = 425,32 - 758 + 28,06 \times 32,55$$

$$F_{L1} = 425,32 - 758 + 913,35$$

$$F_{L1} = 580,67 \text{ N}$$

Perhitungan gaya lateral pada roda depan dengan kecepatan $13,8 \text{ m/s}^2$ sebagai berikut :

$$\bullet \quad F_{L2} = L_r/2L \times F_{cgy} \times \cos \beta - F_{cgx}/4 \times \sin \beta + W_{ro}/g \times a_{ty2} \times \cos \beta - W_{ro}/g \times a_{tx2} \times \sin \beta$$

$$F_{L2} = \frac{0,78}{2(1,81)} \times 1550 \times \cos 10^\circ - \frac{17834}{4} \times \sin 10^\circ + \frac{20}{10} \times 14,27 \times \cos 10^\circ - \frac{20}{10}$$

$$\times 95,69 \times \sin 10^\circ$$

$$F_{L2} = 0,21 \times 1550 \times 0,98 - 4458,5 \times 0,17 + 2 \times 14,27 \times 0,98 - 2 \times 95,69 \times 0,17$$

$$F_{L2} = 319 - 758 + 27,96 \times 32,53$$

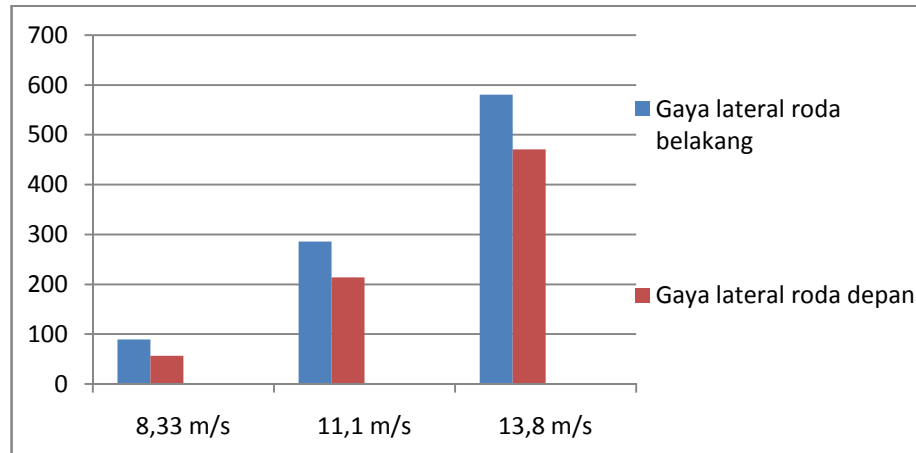
$$F_{L2} = 319 - 758 + 909,53 = 470,53 \text{ N}$$

Tabel 4.7 Hasil perhitungan gaya lateral roda depan dan belakang

Kecepatan	F_{L1}	F_{L2}
8,33 m/s	89,27 N	56,63 N
11,1 m/s	285,87 N	214 N
13,8 m/s	580,67 N	470,53 N
Rata-rata	318,6 N	247,05 N

Dari tabel hasil perhitungan gaya lateral diatas, dapat kita ambil kesimpulan bahwa :

- 1) Gaya lateral roda belakang lebih besar daripada gaya lateral roda depan
- 2) Gaya lateral terkecil pada roda depan terdapat pada kecepatan 8,33 m/s
- 3) Gaya lateral terbesar pada roda belakang terdapat pada kecepatan 13,8 m/s
- 4) Rata-rata perhitungan gaya lateral pada roda belakang : 377,45 N
- 5) Rata-rata perhitungan gaya lateral pada roda depan : 304 N



Grafik 4.2 Nilai gaya lateral roda depan dan belakang

Dari grafik diatas terlihat bahwa gaya lateral roda depan lebih kecil dibandingkan dengan roda belakang. Gaya lateral terkecil pada roda depan terdapat pada kecepatan 8,33 m/s sebesar 56,63 N, sedangkan gaya lateral terbesar pada roda belakang terdapat pada kecepatan 13,8 m/s sebesar 580,67 N.

$$F_{L1} > F_{L2}$$

H. Hasil perhitungan sudut slip pada ban

Pengukuran sudut slip pada ban belakang dengan kecepatan 8,33 m/s sebagai berikut :

- $$\alpha_1 = 0,052817 (F_L)^{0,90635} - 0,004633 (F_V)$$
$$\alpha_1 = 0,052817 (89,27)^{0,90635} - 0,004633 (-64,15)$$
$$\alpha_1 = 0,052817 (58,61) + 0,3$$
$$\alpha_1 = 3,1 + 0,2$$
$$\alpha_1 = 3,3^\circ$$

Pengukuran sudut slip pada ban depan dengan kecepatan 8,33 m/s sebagai berikut :

- $$\alpha_2 = 0,052817 (F_L)^{0,90635} - 0,004633 (F_V)$$
$$\alpha_2 = 0,052817 (56,63)^{0,90635} - 0,004633 (1064,15)$$
$$\alpha_2 = 0,052817 (38,8) - 1,03$$
$$\alpha_2 = 2,05 - 1,03$$
$$\alpha_2 = 1,02^\circ$$

Perhitungan sudut slip pada ban belakang dengan kecepatan 11,1 m/s sebagai berikut :

- $$\alpha_1 = 0,052817 (F_L)^{0,90635} - 0,004633 (F_V)$$
$$\alpha_1 = 0,052817 (285,87)^{0,90635} - 0,004633 (-658,6)$$
$$\alpha_1 = 0,052817 (168,32) + 3,05$$
$$\alpha_1 = 8,8 + 3,05 = 11,75^\circ$$

Perhitungan sudut slip pada ban depan dengan kecepatan 11,1 m/s sebagai berikut :

- $$\alpha_2 = 0,052817 (F_L)^{0,90635} - 0,004633 (F_V)$$

$$\alpha_2 = 0,052817 (214)^{0,90635} - 0,004633 (1658,6)$$

$$\alpha_2 = 0,052817 (129,5) - 4,8$$

$$\alpha_2 = 6,83 - 4,8 = 2,03^\circ$$

Perhitungan sudut slip pada ban belakang dengan kecepatan 13,8 m/s sebagai berikut :

- $$\alpha_1 = 0,052817 (F_L)^{0,90635} - 0,004633 (F_V)$$

$$\alpha_1 = 0,052817 (580,67)^{0,90635} - 0,004633 (-1401,6)$$

$$\alpha_1 = 0,052817 (320) + 6,5$$

$$\alpha_1 = 17 + 6,5$$

$$\alpha_1 = 23,5^\circ$$

Perhitungan sudut slip pada ban depan dengan kecepatan 13,8 m/s sebagai berikut :

- $$\alpha_2 = 0,052817 (F_L)^{0,90635} - 0,004633 (F_V)$$

$$\alpha_2 = 0,052817 (470,53)^{0,90635} - 0,004633 (2401,6)$$

$$\alpha_2 = 0,052817 (264,42) - 11$$

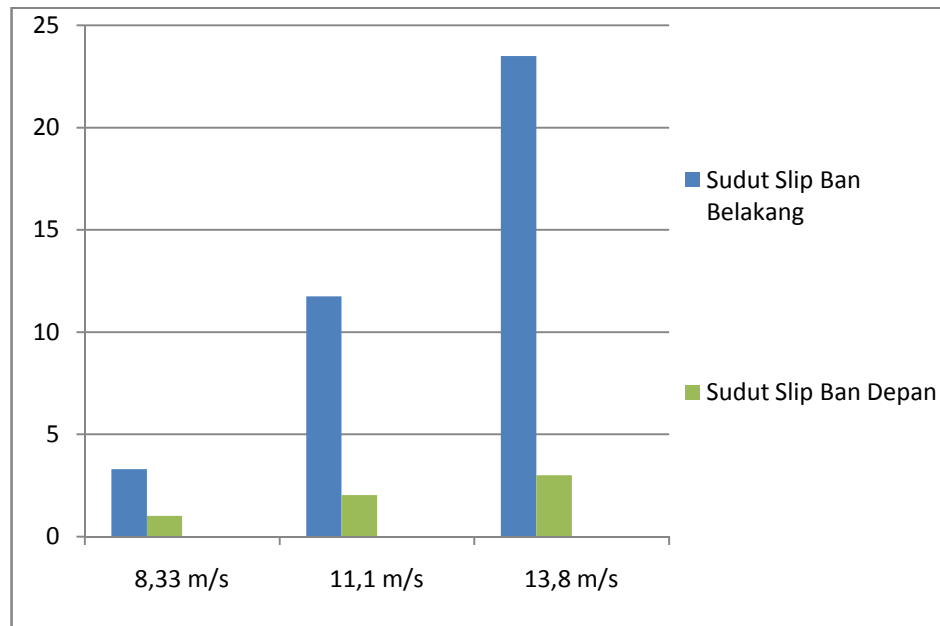
$$\alpha_2 = 14 - 11 = 3^\circ$$

Tabel 4.8 Hasil perhitungan sudut slip ban

Kecepatan	1	2
8,33 m/s	3,3°	1,02°
11,1 m/s	11,75°	2,03°
13,8 m/s	23,5°	2,88°
Rata-rata	12,85°	2°

Dari tabel hasil perhitungan sudut slip ban diatas, dapat kita ambil kesimpulan bahwa :

- 1) Sudut slip ban belakang lebih besar daripada sudut slip ban depan maka kendaraan memiliki perilaku *oversteer*
- 2) Sudut slip terkecil pada ban depan terdapat pada kecepatan 8,33 m/s
- 3) Sudut slip terbesar pada ban belakang terdapat pada kecepatan 13,8 m/s
- 4) Rata-rata perhitungan sudut slip ban belakang : 12,85°
- 5) Rata-rata perhitungan sudut slip ban depan: 2°



Grafik 4.3 Nilai Sudut Slip

Dari grafik diatas terlihat bahwa sudut slip ban depan lebih kecil dibandingkan dengan sudut slip ban belakang. Sudut slip terendah pada ban depan terdapat pada kecepatan 8,33 m/s yaitu $1,02^\circ$, sedangkan sudut slip ban terbesar pada kecepatan 13,8 m/s yaitu sebesar $23,5^\circ$.

$$1 > 2$$

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Setelah melakukan berbagai pengujian dan analisa terhadap objek penelitian, maka dapat diambil kesimpulan dari hasil pengujian sebagai berikut :

1. Sudut belok roda depan bagian dalam sebesar 50° dan sudut belok roda depan bagian luar sebesar 36° ini menunjukkan bahwa kendaraan memiliki sudut belok berbeda sehingga kendaraan dapat belok dengan halus.
2. Hasil perhitungan rata-rata sudut slip ban belakang adalah $12,85^{\circ}$ dan rata-rata sudut slip ban depan adalah 2° .
3. Hasil perhitungan rata-rata sudut slip ban belakang dan ban depan menunjukkan bahwa gaya lateral mempengaruhi sudut slip ban yang mengakibatkan sudut slip ban belakang lebih besar daripada ban depan.
4. Hasil sudut slip ban belakang lebih besar daripada sudut slip ban depan maka kendaraan hemat energi ini berperilaku *oversteer*.

B. Saran

1. Perancangan sistem kemudi ini merupakan bentuk sederhana dari sistem kemudi *rack and pinion*. Komponen-komponen sistem kemudi masih jauh dari bentuk sempurna. Penulis mengharapkan adanya masukan untuk memperbaiki kekurangan dalam perancangan sistem kemudi ini.

2. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, maka harapan penulis adalah skripsi ini dapat dilanjutkan kembali agar hal-hal yang belum atau masih kurang diteliti dalam pembahasan skripsi ini dapat diteliti untuk mengisi kekurangan didalamnya.

DAFTAR PUSTAKA

Budiardjo, P. 1989. *Mengenal Konstruksi Mobil*. Yogyakarta : Liberty Yogyakarta

Gillespie, Thomas D. 1992. *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. Warrendale :
Society of Otomotif Engineers Inc

New Step 2, 1994. Jakarta : PT. Toyota Astra Motor

Siahaan, Ian Hardianto, dan Willyanto Anggono. 2005. *Real Time Parameter Sudut Roll, Yaw Rate, dan Slip Sudut Ratio Antara Truk terhadap Trailernya Sebagai Respon Pendeteksi Stabilitas Gerak Beloknya Berbasis Software ARCSIM 3-Axle Truck-3-Axle Trailer*. Surabaya : Teknik Mesin, Universitas Kristen Petra

Sutantra, I Nyoman dan Bambang Sampurno. 2010. *Teknologi Otomotif*. Surabaya :
Guna Widya

Teiseran, Martin T. 1992. *Merawat dan Memelihara Mobil*. Yogyakarta : Kanisius

	Bagian	Spesifikasi
DIMENSI	Panjang Lebar Tinggi Jarak sumbu roda depan-belakang Jarak sumbu roda depan kanan-kiri Jarak sumbu roda belakang kanan-kiri Jarak terendah ke tanah Berat kosong Berat penumpang	2.000 mm 950 mm 1.200 mm 1.081 mm 950 mm 1.050 mm 150 mm 140 kg 200 kg
MESIN	Tipe Susunan silinder Diameter x langkah Volume langkah Perbandingan kompresi Daya maksimum Momen puntir maksimum Kapasitas Minyak Pelumas Sistem pelumasan Penggerak katup Sistem penegang rantai Klep masuk Klep buang Renggang klep Kecepatan stasioner Berat mesin	Mesin OHC, 4 langkah, pendingin udara Satu silinder, kemiringan 80° dari vertikal 50 x 49,5 mm 97,1 cm ³ 8,8 : 1 7,5 DK/8000 rpm (JIS) 0,77 kg-m/6000 rpm 0,75 liter pada penggantian priodik 0,90 liter pada pembongkaran mesin Sirkulasi minyak pelumas digerakan pompa pelumas, bak mesin sebagai tempat penampungan minyak pelumas. Poros bubungan digerakan rantai mesin Bekerja secara otomatis Buka 2° sebelum TMA Tutup 2° setelah TMB Buka 33° sebelum TMB Tutup 0° setelah TMA Masuk 0,05 mm Buang 0,05 mm 1400 ± 100rpm 22,7 kg
KARBURATOR	Tipe Diameter venturi	Sistem injeksi

SISTEM PENGGERAK	Kopling Transmisi Pola pengoprasian gigi Perbandingan reduksi gigi 1 gigi 2 gigi 3 gigi 4	Otomatis centrifugal N – 1 – 2 – 3 – 4 – N 2,75 1,6 1,238 0,875
SISTEM LISTRIK	Pengapian Sistem starter Alternator / kapasitas Kapasitas batere Sekring Busi Jarak renggang busi	ECU Kick stater Generator AC/5000rpm 12V 5AH 10A NGK 0,6-0,7 mm

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Data Pribadi

1. Nama Lengkap : Gisca Mezitama
2. Jenis Kelamin : Laki-Laki
3. Agama : Islam
4. Nama Ayah : Chepy Ismayadi
5. Alamat rumah : Jalan Sumur Bandung 1 RT 01/RW 002
Harjamukti, Cimanggis-Depok
6. No. Hp. : 089667002505
7. Email : giscamezitama@yahoo.com



Riwayat Pendidikan :

1. SDN Cibubur 05 Pagi Jakarta Timur
2. SMPN 147 Jakarta Timur
3. SMAN 39 Jakarta Timur
4. S1 Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta

Riwayat Pekerjaan :

1. Guru di SMK Jakarta Raya, Jakarta Timur
2. Guru PPL di SMKN 1Depok, Jawa Barat
3. Guru di SMK Harapan, Ciseeng, Bogor
4. Guru Privat SMP dan SMA
5. Praktek Kerja Industri di PT. BUKAKA TEKNIK UTAMA.