



**PEMBUATAN DUDUKAN SISTEM KEMUDI
PADA MOBILBARANG'13**

PROYEK AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik



Oleh:

**ANGGIT NURCAHYA PUTRA
NIM. 13509134008**

**PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMOTIF D3 FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

2017

PERSETUJUAN

Proyek Akhir ini yang berjudul "PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM KEMUDI PADA MOBIL BARANG'13" ini telah di setujui oleh pembimbing untuk diujikan.

Yogyakarta, 25 September 2017

Dosen Pembimbing,



Muhkamad Wakid, M.Eng.

NIP. 19770717 200212 1 001

PENGESAHAN
PROYEK AKHIR
PEMBUATAN DUDUKAN SISTEM KEMUDI PADA MOBIL BARANG'13

Disusun oleh :
ANGGIT NURCAHYA PUTRA
NIM. 13509134008

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Proyek Akhir
Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Pada Tanggal : 25 Oktober 2017

SUSUNAN DEWAN PENGUJI

Jabatan	Nama	Tanda tangan	Tanggal
Ketua Penguji	Muhkamad Wakid, S.Pd. M.Eng		27 / 10 / 17
Sekretaris Penguji	Drs. Sukaswanto, M.Pd		27 / 10 / 17
Penguji Utama	Drs. Sudyanto, M.pd		27 / 10 / 17

Yogyakarta, 27 Oktober 2017

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta




Drs. Sudyanto, M.Pd

19631230 198812 1 001A

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa proyek akhir ini benar-benar karya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Yogyakarta, 4 September 2017

Yang menyatakan,



Anggit Nurcahya Putra
NIM. 13509134008

PERSEMBAHAN

Laporan Proyek Akhir ini kupersembahkan kepada :

- ✓ Bapak, Ibu, Adikku tercinta yang telah memberikan bimbingan, doa dan segala dukungannya.
- ✓ Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif UNY yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya.
- ✓ Umi Puspasari yang sudah memberikan semangat serta bimbingan dan Doa sehingga Proyek Akhir ini dapat terselesaikan.
- ✓ Rekan – rekan kerja Biro Umum Dan Protokol Setda DIY terutama Sub Bag Kendaraan yang selalu memberi motivasi dan dorongan.
- ✓ Teman-teman Kelas B Teknik Otomotif angkatan 2013 terimakasih atas dukungan dan motivasinya.
- ✓ Almamater Universitas Negeri Yogyakarta yang akan selalu kubanggakan.

MOTTO

Sesungguhnya semua urusan (perintah) apabila Allah menghendaki segala sesuatu,

Allah hanya berkata “jadi” maka jadilah.

(Q.S Yasiin:82)

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.

(Q.S al-Insyirah:6)

“...dan sebaik-baiknya manusia adalah manusia yang bermanfaat bagi orang lain” (HR.ThabranidanDaruquthni)

“ YAKIN, IKHLAS, ISTIQOMAH “

(TGKH. Muhammad Zainuddin Abdul Madjid)

Ojo dumeh, ojo nyleneh, ojo gersulo, ojo suloyo, lan rasah neko-neko. . .

(PepatahJawa)

PEMBUATAN DUDUKAN SISTEM KEMUDI PADA MOBIL BARANG '13

Oleh :

**ANGGIT NURCAHYA PUTRA
13509134008**

ABSTRAK

Tujuan dari pembuatan dudukan sistem kemudi ini adalah membuat dan menguji dudukan sistem kemudi pada mobil barang'13.

Proses pembuat dudukan sistem kemudi pada mobil barang'13 tersebut dimulai dari (1) merancang dudukan sistem kemudi dengan memberi ukuran (2) mendesain dudukan sistem kemudi (3) mempersiapkan bahan yang dibutuhkan (4) proses pembuatan dudukan *steering column* bagian atas, bawah, dan dudukan *rack housing*. (5) merakit dudukan sistem kemudi (6) melakukan pengujian pada dudukan sistem kemudi mobil barang'13.

Setelah merancang, membuat sampai merakit serta menguji dudukan sistem kemudi pada mobil barang'13 didapatkan hasil yaitu sistem kemudi bekerja sesuai dengan fungsinya. Sistem kemudi mampu membuat radius putar sebesar 7,5 m. Kemudian kemudi kurang dapat menstabilakan pada posisi jalan lurus karena pada pengujian jarak kedua roda memiliki selisih 5 cm pada titik luar roda dan tempat pengujian. Sedangkan gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kemudi pada saat jalan lurus tidak memerlukan gaya yang besar yaitu 0 kg dengan kecepatan 10 km/jam begitu juga pada saat kemudi diputar ke kanan dan ke kiri yang masing – masing memiliki hasil 7.3 kg dan 7.4 kg.

Kata kunci : Pembuatan, Dudukan sistem kemudi pada mobil barang'13

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan KaruniaNya sehingga penyusunan Laporan Proyek Akhir ini dapat diselesaikan. Proyek Akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar Ahli Madya Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Selesainya Proyek Akhir ini, masih disadari bahwasanya Proyek Akhir ini tidak dapat tersusun dengan baik tanpa bimbingan dari berbagai pihak baik langsung dan tidak langsung berupa dukungan dan doa sehingga menjadi inspirasi dalam pengerjaan Proyek Akhir ini. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati pada kesempatan ini diucapkan banyak terimakasih kepada yang terhormat :

1. Bapak Muhkamad Wakid, S.pd. M.Eng., selaku Pembimbing Proyek Akhir atas segala bantuan dan bimbinganya yang telah diberikan demi tercapainya penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Sutrisna Wibawa, M.Pd selaku Rektor Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Bapak Dr. Widiarto, M.Pd, Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Bapak Dr. Zainal Arifin, M.T selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
5. Bapak Moch. Solikin, M.Kes. selaku Koordinator Program Studi D3 Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

6. Bapak Sudarwanto, M.Eng., selaku pembimbing akademik kelas B Teknik Otomotif 2013.
7. Kedua Orang Tua tercinta yang telah banyak memberi dukungan dan doa.
8. Kepada kelompok tugas akhir mobil barang*13 yang telah dengan baik bekerjasama dan mendukung dalam penyelesaian proyek akhir ini.
9. Segenap Dosen dan karyawan Program Studi Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
10. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesainya penulisan karya ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, kemajuan teknologi khususnya pada dunia otomotif, dan semua pihak yang membutuhkannya. Kritik dan saran dari semua pihak sangat diharapkan untuk kemajuan penyusunan proyek akhir ini .

Yogyakarta, 28 Agustus 2017



Anggit Nurcahya Putra
NIM 13509134008

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
PERSEMBAHAN.....	v
MOTTO	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah.....	4
E. Tujuan	5
F. Manfaat	5
G. Keaslian Gagasan.....	5
BAB II. PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH	
A. Sistem Kemudi Kendaraan	6
1. Fungsi Sistem Kemudi.....	6
2. Sifat – Sifat Yang Harus Dimiliki Sistem Kemudi.....	7
3. Tinjauan Sistem Kemudi	7
B. Macam – Macam Sistem Kemudi.....	8
C. Komponen Sistem Kemudi.....	9
1. <i>Steering Column</i>	9
2. <i>Steering Gear</i>	10
3. <i>Steering Linkage</i>	12
D. Alignment Roda Depan	13
1. Sudut Camber	14
2. Sudut Caster.....	15
3. King Pin Inclination.....	17

4. Toe In	18
5. Turning Radius	19
E. Dinamika Untuk Kendaraan Berbelok.....	20
1. Perhitungan Belok Roda Depan.....	21
2. Menghitung Jari – Jari Belok Maksimum	21
3. Mekanisme Steering Tipe Ackerman	21
F. Pengujian Sistem Kemudi.....	23
G. Uji Geser.....	28
H. Uji Tarik.....	29

BAB III. KONSEP PERANCANGAN

A. Pertimbangan Perencanaan	30
1. Pertimbangan Ekonomi	30
B. Pemilihan Sistem Kemudi	31
1. Pemilihan Sistem Kemudi Berdasarkan Tenaga Yang Digunakan.....	31
2. Pemilihan Sistem Kemudi Berdasarkan Jumlah Roda Yang Bergerak	31
3. Pertimbangan Penggunaan Worm Steer atau Pinion Steer..	32
C. Perencanaan Mekanisme Sistem Kemudi.....	33
1. Menghitung Radius Putar Mekanisme Kendaraan	33
D. Perencanaan <i>Wheel Alignment</i>	35
1. Perencanaan Sudut <i>Camber</i>	35
2. Perencanaan Sudut <i>Caster</i>	36
E. Konsep Rancangan	37
F. Kebutuhan Alat dan Bahan	39
G. Rencana Langkah Kerja.....	40
1. Identifikasi Komponen	41
2. Observasi Harga dan Toko	41
3. Proses Pembuatan Sistem Kemudi	41
4. Perakitan Sistem Kemudi	44
5. Pengujian	45
H. Rencana Pengujian.....	45
1. Konsep Pengujian Radius Belok	45
2. Konsep Pengujian Kestabilan Kemudi Pada Jalan Lurus	47
3. Konsep Penngujian Gaya Untuk Menggerakkan Kemudi...	49
4. Pengujian Geser.....	50
5. Pengujian Tarik.....	50
I. Perencanaan Waktu Pembuatan.....	51
J. Kalkulasi Biaya.....	52

BAB IV. PROSES, HASIL, DAN PEMBAHASAN

A. Proses Pembuatan Alat	53
1. Proses Perancangan Sistem Kemudi.....	53
2. Proses Pembuatan Sistem Kemudi.....	57

3. Proses Pengujian Sistem kemudi	59
B. Hasil Proyek Akhir	67
1. Hasil Perancangan Kemudi	67
2. Hasil Pembuatan Kemudi	68
3. Hasil Pengujian	70
C. Pembahasan	73
1. Pembuatan Sistem Kemudi	73
2. Hasil Pengujian	75
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	79
B. Keterbatasan Alat	80
C. Saran	81
DAFTAR PUSTAKA	82
LAMPIRAN	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Tipe <i>Recirculating Ball</i>	8
Gambar 2.	Tipe <i>Rack Dan Pinion</i>	8
Gambar 3.	<i>Steering Column</i>	9
Gambar 4.	Tipe <i>Lower Fulcrum</i>	10
Gambar 5.	Tipe <i>Upper Fulcrum</i>	10
Gambar 6.	<i>Steering Gear Tipe Recirculating Ball</i>	11
Gambar 7.	<i>Steering Gear Tipe Rack And Pinion</i>	11
Gambar 8.	<i>Steering Linkage Suspensi Rigid</i>	12
Gambar 9.	<i>Steering Linkage Untuk Tipe Recirculating Ball</i>	13
Gambar 10.	<i>Steering Linkage Untuk Tipe Rack And Pinion</i>	13
Gambar 11.	Sudut <i>Camber</i>	15
Gambar 12.	Sudut <i>Caster</i>	16
Gambar 13.	<i>Kingpin Inclination</i>	18
Gambar 14.	<i>Toe In dan Toe Out</i>	19
Gambar 15.	Besarnya Sudut Belok	20
Gambar 16.	Contoh Uji Geser.....	28
Gambar 17.	Perilaku Belok <i>Ackerman</i>	33
Gambar 18.	Rancangan Sistem Kemudi.....	36
Gambar 19.	Rancangan Dudukan <i>Steering Column</i> Bagian Atas	37
Gambar 20.	Rancangan Dudukan <i>Steering Column</i> Bagian Bawah	37
Gambar 21.	Rancangan Dudukan <i>Rack Housing</i>	38
Gambar 22.	Dudukan <i>Rack Housing</i> Sebelah Kanan.....	41
Gambar 23.	Lubang Dudukan <i>Rack Housing</i> Sebelah Kiri.....	41

Gambar 24. Dudukan <i>Steering Column</i> Bagian Bawah	42
Gambar 25. Dudukan <i>Steering Column</i> Bagian Atas	42
Gambar 26. Pengujian Dengan Membentuk Pola Lingkaraan	45
Gambar 27. Pengujian Kestabilan Pada Jalan Lurus Dengan Melintasi Lintasan Yang Disusun <i>Traffic Cone</i>	47
Gambar 28. Desain Sistem Kemudi	53
Gambar 29. Dudukan <i>Steering Column</i> Bagian Atas	53
Gambar 30. Dudukan <i>Steering Column</i> Bagian Bawah	54
Gambar 31. Dudukan <i>Rack Housing</i>	54
Gambar 32. Desain <i>Rack Housing</i>	59
Gambar 33. Pola Dudukan <i>Rack Housing</i>	60
Gambar 34. Dudukan <i>Steering Column</i> Bagian Bawah.....	61
Gambar 35. Dudukan <i>Steering Column</i> Bagian Atas	62
Gambar 36. Hasil Perancangan Sistem Kemudi.....	66
Gambar 37. Hasil Dudukan <i>Steering Column</i> Bagian Bawah Yang Sudah Terpasang.....	67
Gambar 38. Hasil Dudukan <i>Steering Column</i> Bagian Atas yang sudah Terpasang.....	67
Gambar 39. Hasil Dudukan <i>Rack Housing</i> Bagian Kanan Yang Sudah Terpasang.....	68
Gambar 40. Hasil Dudukan <i>Rack Housing</i> Bagian Kiri Yang Sudah Terpasang.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Alat Yang Dibutuhkan	39
Tabel 2. Bahan Yang Dibutuhkan.....	39
Tabel 3. Hasil Pengujian Radius Belok Dengan Membentuk Pola Lingkaran	46
Tabel 4. Pengujian Kestabilan Kemudi Pada Jalan Lurus	47
Tabel 5. Pengujian Gaya Untuk Menggerakkan Roda Kemudi.....	48
Tabel 6. Jadwal Rencana Kerja Atau Kegiatan.....	49
Tabel 7. Kalkulasi Biaya	50
Tabel 8. Hasil Pengujian Radius Belok	68
Tabel 9. Hasil Pengujian Kestabilan Kemudi Di Jalan Lurus.....	.69
Tabel 10. Hasil Pengujian Gaya Untuk Menggerakkan Kemudi.....	69
Tabel 11. Hasil Pengujian Geser Baut Pengencang Sistem Kemudi.....	72
Tabel 12. Hasil Pengujian Uji Tarik.....	73

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Sistem Kemudi.....	83
Lampiran 2. Rancangan Dudukan Steering Column Bagian Atas	84
Lampiran 3. Rancangan Dudukan Steering Column Bagian Bawah	85
Lampiran 4. Rancangan Dudukan Rack Housing	86
Lampiran 5. Kartu Bimbingan Proyek Akhir.....	87
Lampiran 6. Bukti Selesai Revisi	91

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini, transportasi menjadi salah satu kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan sehari - hari. Alat transportasi terutama mobil yang ada saat ini telah berkembang dengan pesatnya dengan berbagai jenis, bentuk, dan juga karakteristik yang berbeda - beda. Selain itu setiap transportasi terutama mobil memiliki kegunaan masing - masing sesuai dengan fungsinya. Jenis dari mobil sendiri antara lain berupa truk, sedan, minibus, dll. Dari beberapa jenis yang ada tersebut memiliki kegunaan serta karakteristik yang tidaklah sama. Misalnya saja truk memiliki kegunaan untuk mengangkut barang sedangkan mobil sedan cenderung untuk mengangkut penumpang.

Kenyataannya pada saat ini kendaraan yang beroperasi di Indonesia memiliki pertumbuhan yang sangat signifikan. Data terakhir yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Indonesia, menyatakan bahwa pertumbuhan kendaraan khususnya kendaraan bermotor yang beroperasi di Indonesia pada tahun 2013 tercatat sebanyak 104.118.969 buah, yang terdiri dari jenis mobil penumpang sebanyak 11.484.514 buah, kendaraan bis sebanyak 2.286.309 buah, kendaraan truk sebanyak 5.615.494 buah, dan sepeda motor sebanyak 84.732.652 buah. Data tersebut jika dilihat dari data tahun sebelumnya, yakni tahun 2012 terjadi kenaikan sebesar 9.745.645 buah. Data peningkatan populasi kendaraan tersebut membuktikan bahwa animo masyarakat umum untuk membeli kendaraan bermotor dari tahun ke tahun meningkat pesat.

Meningkatnya jumlah kendaraan memiliki dampak terhadap bahan bakar kendaraan. Hal tersebut sudah pasti karena kendaraan bermotor sangat memerlukan bahan bakar untuk menjalankannya. Meningkatnya kebutuhan minyak bumi khususnya bahan bakar kendaraan. Pada saat ini cadangan minyak bumi tersisa hanya sampai kurang lebih 53 tahun lagi. Cadangan tersebut tersebar di dunia ini. Data tersebut jelas bahwa dampak langsung peningkatan jumlah kendaraan dengan cadangan minyak bumi di dunia.

Diawali dari perkembangan dan pertumbuhan kendaraan yang pesat, serta dengan mempertimbangkan aspek ketersediaan cadangan minyak bumi di dunia, maka dalam perkuliahan ini, penulis dan rekan-rekan akan membuat kendaraan. Kendaraan tersebut berjenis kendaraan pengangkut barang. Kami memilih jenis mobil barang karena kebanyakan kegiatan masyarakat sekitar berhubungan dengan barang. Mobil barang yang kami rancang memiliki kapasitas angkut 300 kg yang diberi nama mobil barang '13. Mobil barang '13 sendiri memiliki arti antara lain mobil barang yang dirancang dan dibuat oleh mahasiswa angkatan 2013. Tentunya dalam mobil ini memiliki beberapa sistem yang harus dimiliki oleh mobil sebagaimana mestinya. Spesifikasi mobil barang '13 sendiri antara lain adalah menggunakan mesin tossa 200 cc, memiliki *wheelbase* sebesar 2910 mm, *track width* sebesar 1380 mm, *ground clearance* 150 mm. Kemudian sistem kemudinya menggunakan tipe rack and pinion.

Sistem kemudi merupakan bagian yang memiliki peran untuk mengatur arah laju kendaraan, karena sistem ini adalah bagian yang dapat membelokkan

dan mengarahkan roda kendaraan. berfungsi untuk mengatur arah kendaraan dengan cara membelokkan roda-roda depan. Bila roda kemudi diputar, *steering column* akan meneruskan tenaga putarnya ke *steering gear*. *Steering gear* memperbesar tenaga putar ini sehingga dihasilkan tenaga yang lebih besar untuk menggerakkan roda depan melalui *steering linkage*. Sistem kemudi yang baik haruslah ringan, lincah serta dapat meredam getaran. Sistem kemudi merupakan bagian yang sangat penting. Apabila kendaraan tidak memakai sistem kemudi maka kendaraan tersebut tidak mampu untuk melakukan manuver ataupun mengarahkan kendaraan tersebut. Masalah lain yang terjadi apabila kendaraan tersebut tidak memiliki sistem kemudi ialah kendaraan akan melaju dengan arah lurus. Keadaan itulah yang membuat pentingnya sistem kemudi ada dalam kendaraan.

Dalam melakukan pengerjaan sistem kemudi, maka penulis merancang terlebih dahulu dudukan sistem kemudi, dan dilanjutkan melakukan pembuatan partnya. Selain itu pemilihan jenis sistem kemudi yang cocok diaplikasikan dengan Mobil Barang'13 menjadi penentunya. Penyesuaian seperti pembuatan dudukan, penyesuaian dengan chasis, serta pembuatan.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah, yakni sebagai berikut :

1. Kelangkaan bahan bakar disebabkan adanya peningkatan jumlah kendaraan disetiap tahunnya.
2. Cadangan minyak bumi yang akan habis kurang lebih 53 tahun lagi.

3. Perlunya sistem kemudi yang ada pada kendaraan harus dapat ringan, lincah, serta meredam getaran.
4. Penyesuaian jenis sistem kemudi dengan chasisnya.
5. Perlunya sistem kemudi agar kendaraan dapat berbelok dengan baik.
6. Perlunya penyesuaian perancanganudukan serta bagian sistem kemudi agar dapat berguna dengan baik.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dan identifikasi masalah tersebut, maka penulis memberikan batasan masalah agar lebih fokus dalam pembuatan proyek akhir. Adapun masalah yang dikaji merupakan identifikasi masalah nomor 5 dan nomor 6. Akan tetapi untuk nomor 6 hanya sebatas pembuatanudukan agar dapat terpasang dengan baik pada Mobil Barang'13.

D. Rumusan Masalah

Dari batasan masalah diatas, penyusun dapat merumuskan beberapa rumusan masalah yang akan dipecahkan dalam proyek akhir ini, yaitu diantaranya :

1. Bagaimana membuatudukan sistem kemudi yang cocok dengan Mobil Barang '13 ?
2. Bagaimana kinerjaudukan sistem kemudi pada Mobil Barang' 13?

E. Tujuan

Berdasarkan rumusan di atas maka tujuan pembuatan sistem kemudi pada mobil barang '13 adalah sebagai berikut:

1. Dapat membuat dudukan sistem kemudi yang dapat digunakan pada mobil barang'13.
2. Dapat menguji dan mengetahui kerja dari dudukan sistem kemudi pada Mobil Barang'13.

F. Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menambah pengetahuan mahasiswa dalam membuat bentuk dan dudukan sistem kemudi.
2. Menambah aspek keselamatan pada mobil barang'13 yang telah dibuat.
3. Meningkatkan kinerja kendaraan pada mobil barang'13.

G. Keaslian Gagasan

Bahwa penyusunan dan pembuatan Proyek Akhir ini dengan judul Perancangan dan Pembuatan Sistem Kemudi Pada Mobil Barang'13 adalah benar-benar asli dibuat dan disusun oleh penulis yang merupakan pengembangan dari kreativitas ilmu otomotif. Dengan adanya hasil karya sistem kemudi ini semoga dapat bermanfaat guna acuan pembuatan kemudi selanjutnya.

BAB II

PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

Dalam sebuah perancangan dan pembuatan sistem kemudi pada mobil barang '13 diperlukan beberapa pendekatan pemecahan masalah antara lain fungsi sistem kemudi, macam-macam dari sistem kemudi dalam bidang otomotif serta komponen utama kemudi. Hal tersebut dapat digunakan landasan guna merancang dan membuat sistem kemudi pada mobil barang '13. Oleh karena itu sebelum pembuatan, diperlukan adanya proses perancangan sistem kemudi agar kenyamanan diperoleh pada mobil tersebut. Untuk mendapatkan sistem kemudi yang sesuai dengan mobil barang '13 maka diperlukan landasan teori sebagai berikut:

A. Sistem kemudi kendaraan

Sistem kemudi (*steering system*) adalah nama untuk semua komponen yang membawa gerakan dari roda kemudi ke roda diatas permukaan jalan. Didalam rumah (kotak) dari sumbu depan yang kaku (*rigid*) kemudinya adalah relatif sangat sederhana. Gerakan dari roda kemudi dipindahkan melalui kotak kemudi kepada pitman arm (lengan pitman). Kemudian melalui drag link ke drag link arm (lengan drag link) ke salah satu roda. (Daryanto, 2014:416)

1. Fungsi Sistem Kemudi

Fungsi sistem kemudi untuk membelokkan roda-roda depan ke kiri atau ke kanan sesuai dengan tujuan yang dikehendaki pengemudi. Bila roda kemudi diputar maka putaran diteruskan ke *pitman arm* melalui proses dan rumah gigi kemudi (*steering-gear box*). (Saleh, 1995:119)

2. Sifat – sifat yang harus dimiliki sistem kemudi

Sistem kemudi suatu kendaraan dimaksudkan untuk mengendalikan arah gerakan kendaraan. Suatu sistem kemudi dikatakan ideal untuk suatu kendaraan jika ia mempunyai sifat – sifat :

- a. Dapat digunakan sebagai pengendali arah kendaraan untuk segala kondisi, segala jenis belokan, dan segala kecepatan.
- b. Dapat menjamin serta menjaga stabilitas arah kendaraan pada segala jenis gerakan belok dan pada segala kecepatan.
- c. Tidak membutuhkan tenaga yang besar dari pengemudi untuk menggerakkan roda kemudi dalam mengendalikan arah gerak kendaraan.
- d. Tidak membahayakan pengemudi jika terjadi kecelakaan pada saat berkendara. (I Nyoman Sutantra,2001:331)

3. Tinjauan sistem kemudi

Sistem kemudi yang dipakai pada kendaraan jika ditinjau dari tenaga yang dipakai untuk membelokkan roda kemudi, dapat dibedakan menjadi :

a. *Manual steering*

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

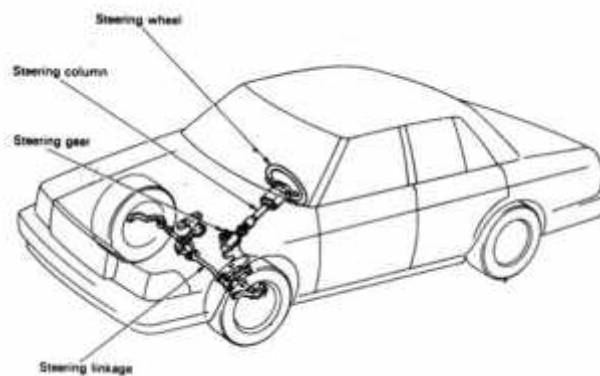
b. *Power Steering*

Pada sistem kemudi ini tenaga untuk membelokkan datang dari tenaga hidrolik atau elektrik, tidak datang dari tenaga pengemudi. Putaran

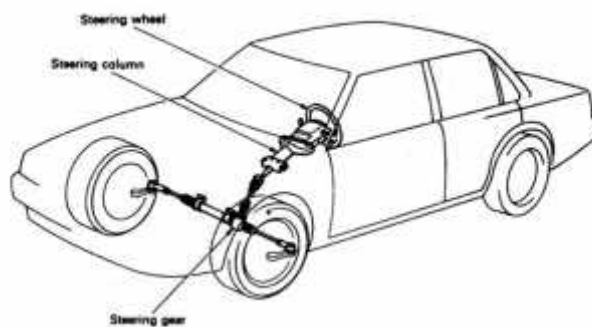
lingkaran kemudi oleh pengemudi hanya merupakan signal bagi sistem tenaga bagi sistem kemudi. (I Nyoman Sutantra,2001:329 - 330)

B. Macam-Macam Sistem Kemudi

Pada sistem kemudi mobil roda 4, tipe sistem kemudi yang digunakan tergantung dari model mobil (sistem pemindah daya dan suspensinya, apakah mobil penumpang atau komersil dan seterusnya).Tipe yang banyak di gunakan sekarang adalah *recirculating ball* dan *rack & pinion*, khususnya untuk mobil penumpang, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut ini. (Anonim, 2003:5-26)



Gambar 1. *Tipe Recirculating ball*
(Anonim, 2003:5-26)



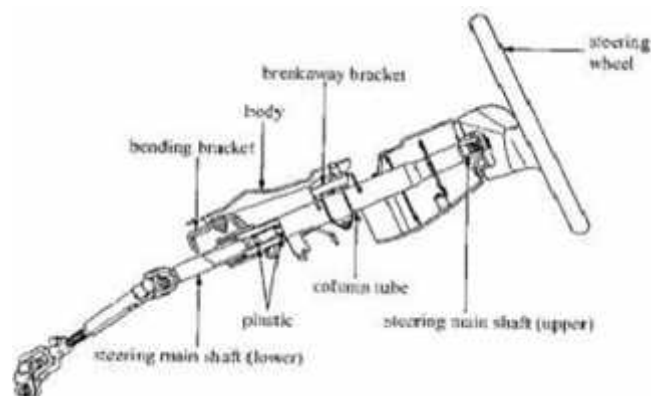
Gambar 2. *Tipe Rack & Pinion*
(Anonim, 2003:5-26)

C. Komponen Sistem Kemudi

Bagian – bagian sistem kemudi mobil terdiri dari tiga bagian utama yaitu: *steering column*, *steering gear*, dan *steering linkage*.

1. *Steering Column*

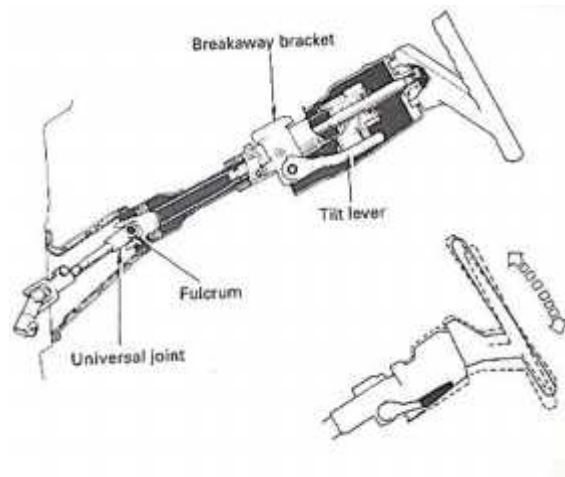
Steering column terdiri dari *main shaft* yang meneruskan putaran roda kemudi ke *steering gear*, dan *column tube* yang mengikat *main shaft* ke bodi. Ujung atas dari *main shaft* dibuat meruncing dan bergerigi dan roda kemudi dikaitkan ditempat tersebut dengan sebuah mur. Bagian bawah *main shaft* di hubungkan pada *steering gear* melalui *flexible joint* atau *universal joint* yang berfungsi untuk memperkecil pengiriman kejutan yang diakibatkan oleh keadaan jalan dari *steering gear* ke roda kemudi. (Anonim, 2003:5-28)



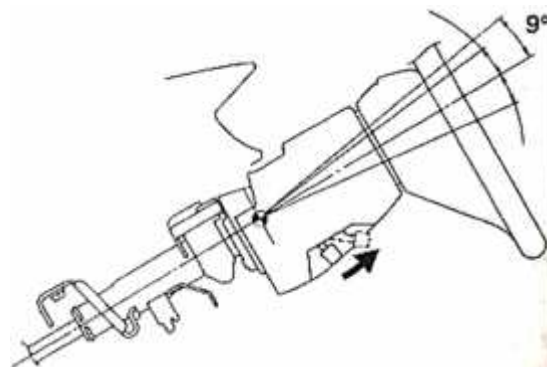
Gambar 3. *Steering Column*
(Anonim, 2003:5-29)

Komponen dan mekanisme yang terdapat pada *steering column* unit adalah peredam benturan, *tilt steering*, *steering lock*, dan *telescopic steering*. Peredam benturan pada *steering column* ada beberapa tipe, antara lain : *bending bracket type*, *sealed-in pulverized silicon rubber type*, *mesh*

type dan bellows type. Sedangkan mekanisme tilt steering ada beberapa tipe juga, yaitu *lower fulcrum* dan *upper fulcrum*. (Muhkamad Wakid, 2010:10)



Gambar 4. Tipe *lower fulcrum*
(Muhkamad Wakid, 2010:10)

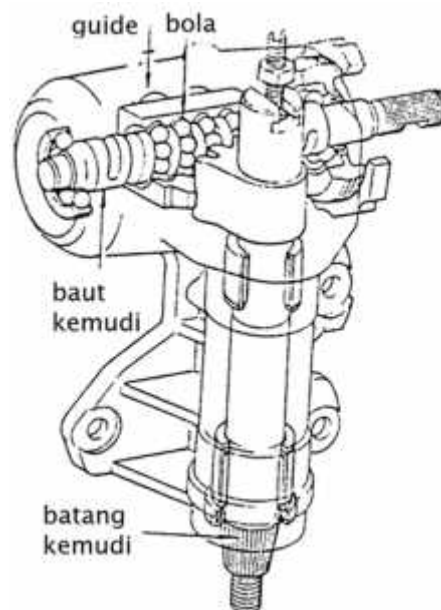


Gambar 5. Tipe *upper fulcrum*
(Muhkamad Wakid, 2010:10)

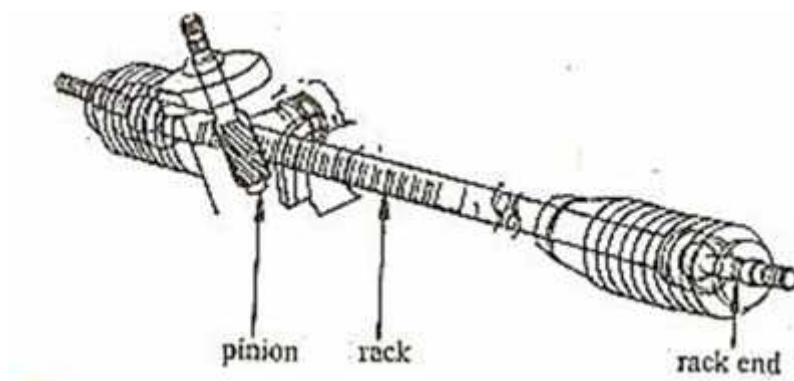
2. *Steering Gear*

Steering gear tidak saja berfungsi untuk mengarahkan roda depan, tetapi dalam waktu yang bersamaan juga berfungsi gigi reduksi untuk meningkatkan momen agar kemudi menjadi ringan. Untuk itu diperlukan perbandingan reduksi yang disebut juga perbandingan *steering gear*, dan

biasanya perbandingan steering gear antara 18 sampai 20 : 1. Perbandingan yang semakin besar akan menyebabkan kemudi menjadi semakin ringan akan tetapi jumlah putarannya akan bertambah banyak, untuk sudut belok yang sama. Ada beberapa tipe steering gear, tetapi yang banyak digunakan adalah *recirculating ball* dan *rack and pinion*.



Gambar 6. *Steering Gear Tipe Recirculating Ball*
(Anonim, 2003:5-30)



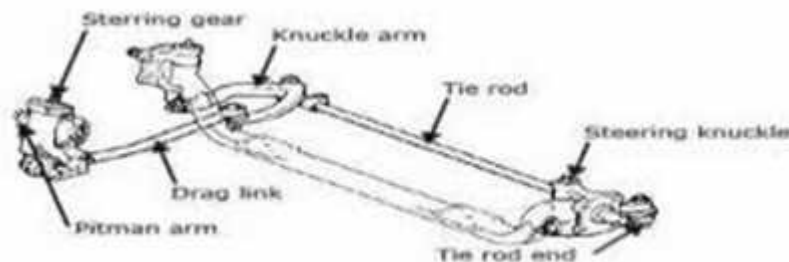
Gambar 7. *Steering Gear Tipe Rack And Pinion*
(Anonim, 2003:5-30)

3. *Steering linkage*

Steering linkage terdiri dari rod dan arm yang meneruskan tenaga gerak dari steering gear ke roda depan. Walaupun mobil bergerak naik turun, gerakan roda kemudi harus diteruskan ke roda – roda depan dengan sangat tepat (akurat) setiap saat. Ada beberapa tipe steering linkage dan konstruksi joint yang dirancang untuk tujuan tersebut. bentuk yang tepat sangat mempengaruhi kestabilan pengendaraan. (Anonim, 2003:5-31)

a. *Steering linkage* untuk suspensi rigid

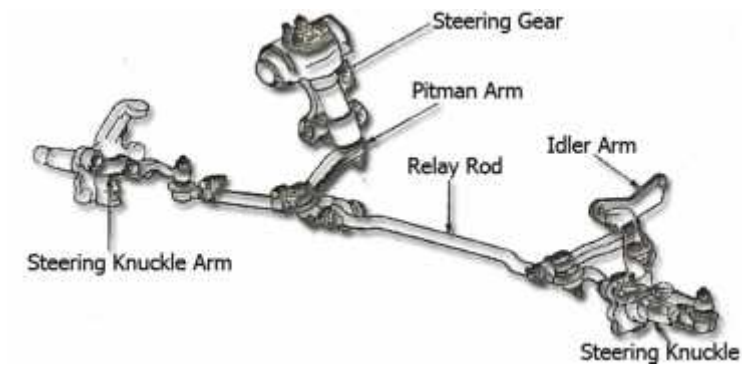
Steering linkage tipe ini terdiri dari *pitman arm*, *drag link*, *knuckle arm*, *tie rod*, dan *tie rod end*. Tie rod mempunyai pipa untuk menyetel panjangnya rod.



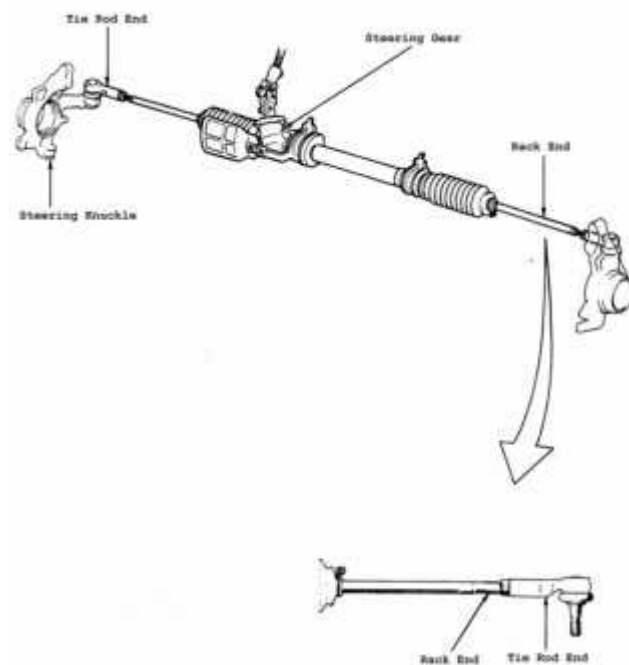
Gambar 8. *Steering Linkage Suspensi Rigid*
(Anonim, 2003:5-31)

b. *Steering linkage* untuk suspensi independent

Pada tipe ini terdapat tie rod yang disambungkan dengan relay rod (pada tipe rack dan pinion, rack berfungsi sebagai relay rod). Sebuah pipa dipasang diantara tie rod dan tie rod end untuk menyetel panjangnya rod. Penyetelan tersebut dapat dilakukan dengan cara memutar baut yang ada diantara tie rod dan tie rod end.



Gambar 9. *Steering Linkage* Untuk Tipe Recirculating Ball
(Anonim, 2003:5-32)



Gambar 10. *Steering Linkage* Untuk Tipe Rack And Pinion
(Anonim, 2003:5-33)

D. Alignment Roda Depan

Kesesuaian roda depan yang sering disebut front wheel alignment (FWA) sangat di perlukan pada sebuah kendaraan bermotor untuk mengurangi kemudi dalam mengendalikan kendaraan khususnya pada saat kendaraan menempuh perjalanan jauh. Apabila kesesuaian roda depan kurang baik maka

akan mengakibatkan pengemudian menjadi berat dan tidak stabil sehingga melelahkan pengemudi. Unsur – unsurnya yang di pakai antara lain .

1. Camber
2. Caster
3. King pin inclination
4. Toe – in
5. Toe – out
6. Turning radius (radius pembelokkan)

Semua faktor – faktor diatas bila keadaanya baik maka akan memudahkan kendaraan dikemudiakan. Demikian juga faktor keselamatan dan penumpang dapat terjamin. Keausan ban terutama ban depan keausannya harus rata. Yang diharapkan dari front wheel alignment (FWA) adalah :

1. Tidak terjadi getaran yang abnormal
2. Kemudi menjadi ringan pada saat kendaraan membelok
3. Kendaraan dapat berjalan lurus walaupun kemudi dilepas
4. Kerusakan suspensi dapat diperkecil

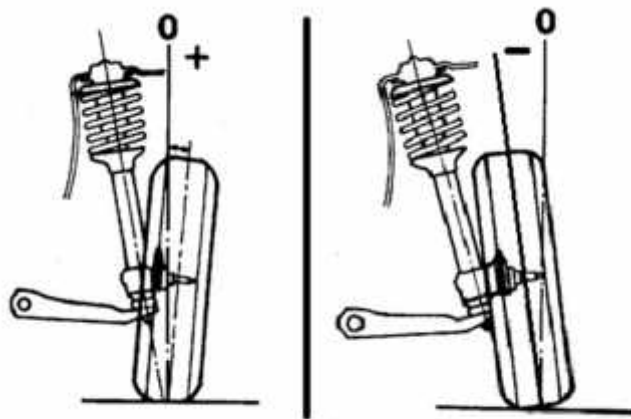
(Daryanto,2013:425)

1. Sudut camber

Sudut camber adalah kemiringan roda atau ban bagian atas di lihat dari depan atau belakang kendaraan. Sudut camber selalu di buat positif dan apabila kendaraan dlam keadaan berat atau di bebani maka camber akan menjadi nol, hal ini di sebabkan sistem suspensi dengan memakai ball joint,

sehingga keausan dari pada ban (treadnya) menjadi rata. Keuntungan camber dan tujuannya.

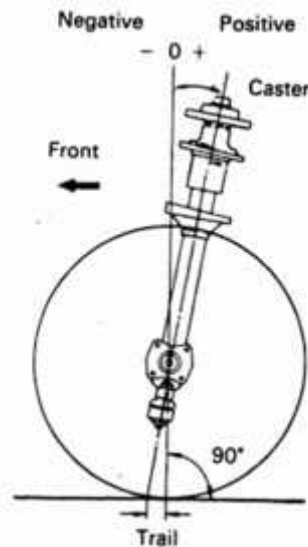
- a. Meringankan beban vertical terhadap spindle
- b. Meringankan kemudi pada saat berbelok
- c. Mencegah terlemparnya roda keluar pada saat roda depan berputar



Gambar 11. Sudut Camber
(Anonim, 2003:5-49)

2. Sudut caster

Caster adalah sudut antara kingpin dengan garis vertical yang di lihat dari samping kendaraan. Caster ada yang positif (+) ada juga yang negatif (-). Dengan caster positif titik pusat permulaan singgung ban dengan jalan berbeda dibelakang titik potong antara perpanjang sumbu kingpin dengan jalan. Oleh karena roda akan menggelinding karena tahanan geser akan tertarik sehingga secara otomatis roda – roda depan akan lurus kedepan. Selain itu kemudi juga akan di kembalikan pada posisi lurus kembali, ini yang akan di maksud dengan caster effect. (Daryanto,2013:426-427)



Gambar 12. Sudut Caster
(Anonim, 2003:5-51)

Caster pada sepeda dan rol piano sebagaimana terlihat pada gambar diatas. Bila roll piano didorong searah tanda panah maka roll tersebut dapat bergerak lurus ke depan karena titik singgung roll berada di belakang titik potong kingpin dengan permukaan jalan. Jarak diantara kedua titik ini disebut lead atau trail oleh karena terdapat jarak tersebut maka akan timbul caster afek dan bila jarak tersebut bertambah besar pula.

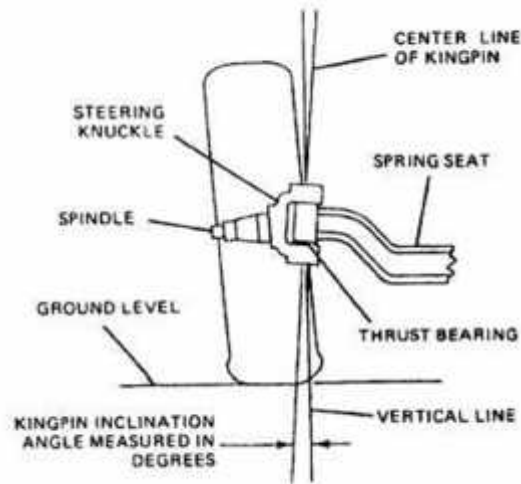
Dalam hal ini titik pusat persinggungan sumbu fork (sumbu garpu depan) dengan jalan. Oleh karena itu pengendara dapat mengendarai sepedanya lurus kedepan dengan melepas tangan sebab caster yang dipasangkan pada mobil sama halnya seperti pada sepeda tetapi ada pengecualiannya bahwa kingpinnya berfungsi sebagai garpu pada sepeda.

Ada juga kingpin jenis ball joint tetapi casternya sama saja, besar sudut caster kira kira $1^{\circ} - 3^{\circ}$. Caster dapat mengembalikan kemudi pada

posisi roda depan lurus kembali. Apabila casternya bertambah besar maka akan terjadi hal yang berlawanan yaitu pengemudi harus mengeluarkan tenaga ekstra yang besar ketika membelokkan kemudi. (Daryanto, 2013:427-428)

3. King pin inclination

Bagian atas kingpin (garis yang melalui ball joint atas dan ball joint bawah) dimiringkan kearah dalam, besar sudut kingpin ini 7° . Roda depan berputar di sekitar kingpin kemudi di putarkan bila kingpin tidak ada, karena tahanan jalan kemudi akan menjadi tidak stabil. Dengan adanya kingpin inclination bersama – sama dengan adanya camber, maka jarak E (off set) akan menjadi sangat kecil dan kemudi akan menjadi lebih stabil, karena roda – roda berputar di sekitar kingpin, khususnya ketika kendaraan sedang berhenti maka gaya untuk memutar kemudi akan lebih kecil. Juga karena adanya kingpin, roda – roda akan mengangkat poros ketika kemudi di putar sehingga roda – roda akan kembali ke posisi lurus kembali, karena berat kendaraan yang menekan poros roda seolah – olah ada gaya yang tersimpan.



Gambar 13. Kingpin Inclination
(Anonim, 2003:5-50)

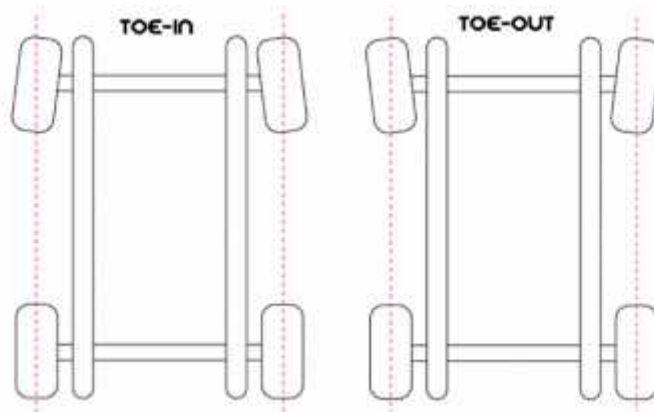
4. Toe in

Bila roda depan kita lihat dari atas sebenarnya tidak sejajar tetapi ada selisih jarak antara proyeksi belakang dan depan, dimana :

A= jarak roda bagian depan

B= jarak roda bagian belakang

Bila B lebih besar dari A disebut toe-out, akibatnya roda depan diberi camber maka roda akan berusaha menggelinding keluar tetapi karena roda depan itu besar cambernya sama maka roda depan akan lurus ke depan hanya pada roda akan terjadi slip sehingga ban cepat aus dan juga kemudi tidak stabil. Untuk mencegah hal tersebut maka di perlukan toe-in, besar toe-in 2-5 mm. Dengan adanya toe-in roda – roda akan berusaha meluncur ke arah dalam. Toe-in dan toe-out dinyatakan dalam satuan jarak (B-A)



Gambar 14. Toe in dan Toe out
<http://www.hyperracer.com/hyper-racer/tips/toe.html>

Untuk penyetelan roda depan harus dilakukan dengan menggunakan alat – alat pengetes. Pada model suspensi independent besarnya toe-in distel oleh tie rod kiri dan kanan, sedangkan besarnya sudut caster dan camber distel dengan menambah dan mengurangi jumlah shim yang disisipkan pada upper arm dan rangka.

Pada model suspensi tetap (satu poros) toe-in distel dengan mengubah ubah tie rod yang panjang dan besar caster dapat distel dengan menyisipkan besi tirus (bentuk baji) antara pegas daun rumah poros. (Daryanto, 2013:429-430)

5. Turning (Radius Pembelokan)

Seperti pada faktor – faktor Front Wheel Alignment, turning radius juga sebagai salah satu bagian yang penting terutama bila ukuran bannya besar dan bila kecepatan kendaraan bertambah.

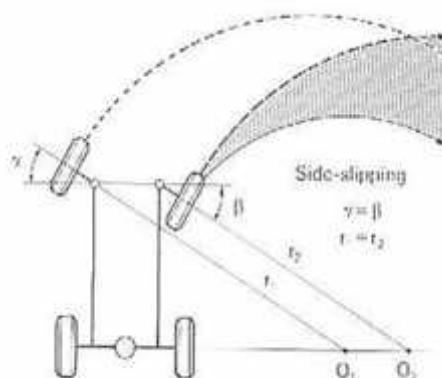
Besarnya turning radius diukur dengan jalan menempatkan roda – roda depan diatas turn table dengan jalan memutar kemudi ke kiri dan ke kanan, besarnya sudut belok kemudi dibaca ketika roda diputar kearah dalam

dan roda satu lagi membuat sudut 20° (sudut roda sebelah dalam ini harus lebih besar dari 20°). Besarnya sudut ini tergantung dari kendaraan yang akan kita ukur, wheel base (jarak antara roda depan dan belakang) dan tread (jarak antara kedua kingpin).

Kesalahan ada turning radius disebabkan kebengkokkan pada lengan – lengan kemudi. Bengkoknya lengan kemudi dapan di ketahui dari keadaan ban yang cepat aus, kemudi agak sukar di belokkan dan tidak stabil.

E. Dinamika Untuk Kendaraan Berbelok

Gerakan belok adalah merupakan gerakan yang paling kritis dari suatu kendaraan. Pada saat kendaraan bergerak belok ada dua hal yang kritis yang dapat mengganggu kestabilan kendaraan. Dua hal tersebut adalah pertama jika sebagian atau semua roda kendaraan skid ke samping karena tidak mampu menahan gaya centrifugal kendaraan, dan yang kedua jika satu atau dua roda terangkat akibatnya momen guling yang terjadi dari gaya centrifugal kendaraan. (I Nyoman Sutantra,2001:36)



Gambar 15. Besarnya Sudut Belok
(Martubi, 2004:12)

Perhitungan Teoritis Mengenai Sistem Kemudi

1. Perhitungan Sudut Belok Roda Depan

Untuk menentukan sudut belok roda depan bagian depan sisi luar (ϕ) dan roda depan sisi dalam (θ) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

- a. Sudut belok roda bagian dalam (θ) kendaraan roda empat dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\text{tg } \theta = \frac{E}{X}$$

- b. Sudut belok roda bagian luar (ϕ) dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\frac{1}{t''} = \frac{1}{t''} + \frac{T}{B} \text{ atau } \frac{T}{B} = \frac{1}{t''} - \frac{1}{t''}$$

2. Menghitung Jari – Jari Belok Maksimum

Kendaraan akan dikatakan baik apabila kendaraan itu mempunyai jari – jari belok maksimum yang kecil. Jari – jari belok maksimum dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$r_o = \frac{E}{S_w}$$

3. Mekanisme Steering tipe Ackerman

Saat ini banyak industri otomotif yang telah menggunakan mekanisme steering tipe ackerman. Cara kerja dari steering ini apabila roda kemudi diputar melalui penggerak gear box , pitman arm akan bergerak searah dengan putaran roda kemudi, gerakan pitman arm akan mendorong tie rod sehingga knuckle bergeser dan menggeser kedua roda kendaraan

sehingga roda akan berbelok. Pada mekanismenya sistem kemudi tipe ackerman untuk knuckle-nya dibuat menyudut, sehingga akan tampak membentuk bangunan trapesium, hal ini bertujuan agar pada saat kendaraan berbelok sudut belok kiri dan kanan berbeda (Martubi, 2004:12 – 13).

a. Perhitungan Sudut Belok Roda Depan Bagian Dalam

Perhitungan kendaraan normal (posisi lurus) sudut $\alpha =$ sudut β yang dapat dihitung dengan rumus :

$$\cos \alpha = \cos \beta = \frac{(L_1 + L_2) - (L_3 + L_4)}{2R}$$

Pada saat kendaraan dibelokkan kesalah satu arah, maka knuckle arm akan bergeser membentuk sudut bagian dalam dan luar.

Besarnya sudut knuckle (α_0) ada tiga kemungkinan tergantung dari besar kecilnya pemutaran roda kemudi yaitu :

1) Kemungkinan I : $\alpha_0 < 90^0$ (lancip)

$$\cos \alpha = \frac{(L_1 + L_2) - (L_3 + L_4)}{2R}$$

$$\cos \alpha_0 = \frac{(L_1 + L_2) - (L_3 + L_4) - 2p \sin u}{2R}$$

Selanjutnya ini disubstitusikan ke rumus $\theta = \alpha_0 - \alpha$ maka akan diperoleh harga θ .

2) Kemungkinan II : $\alpha_0 = 90^0$ (siku – siku)

Karena sudah diketahui $\alpha_0 = 90^0$ maka bisa langsung dihitung besarnya sudut θ , yaitu :

$$\theta = 90^0$$

3) Kemungkinan III : $\alpha_o > 90^0$ (Tumpul)

$$\text{tg}\theta_1 = \frac{(L_1+L_2)-(L_3+L_4)}{2p}$$

$$\text{tg}\theta_1 = \frac{2p \sin u - (L_1+L_2)-(L_3+L_4)}{2p}$$

Maka dengan demikian harga θ diperoleh dengan cara $\theta = \theta_1 + \theta_2$

b. Perhitungan Sudut Belok Roda Bagian Luar

Untuk dapat menghitung sudut ϕ dapat dilakukan dengan rumus :

$$\phi = \beta - \beta_0$$

Untuk dapat menentukan besarnya sudut β_0 ditentukan dengan rumus :

$$\cos\beta_0 = \frac{(L_1+L_2)-(L_3+L_4) + 2p \sin u}{R}$$

(Martubi, 2004 : 17-18)

F. Pengujian Sistem Kemudi

Setiap kendaraan bermotor harus dilengkapi dengan alat kemudi yang meliputi batang kemudi, roda kemudi dan stang kemudi. Untuk persyaratan alat kemudi meliputi :

1. Dapat digerakkan dengan tenaga yang wajar
2. Perancangan, pembuatan dan pemasangan alat kemudi tidak menimbulkan bahaya luka bagi pengemudi, jika terjadi benturan.

Alat kemudi dapat dilengkapi dengan tenaga bantu, dengan ketentuan jika tenaga bantu tersebut tidak bekerja. Kendaraan bermotor harus tetap bisa dikemudikan dengan tenaga yang wajar.

Selain persyaratan desain yang berhubungan dengan keamanan kendaraan, kendaraan juga harus memenuhi ambang batas layak jalan, untuk

ambang batas kendaraan layak jalan itu meliputi beberapa hal yang diantaranya:

1. Kuncup roda depan (*toe – in, toe – out*)

Kuncup roda depan (*side slip*) kendaraan bermotor ditentukan sebesar $- 5$ mm/m sampai dengan $+ 5$ mm/m. Untuk mengatur kuncup roda depan ini dilakukan pada kondisi tanpa beban, dengan kecepatan tidak melebihi 5 kilometer perjam.

2. Radius putar

Untuk radius putar minimum kendaraan bermotor ditentukan maksimum sebesar 12 m. Pengukuran radius putar ini dalam kondisi tanpa beban dengan kecepatan rendah pada permukaan bidang datar yang keras.

Didalam melakukan pengujian pada kendaraan peralatan pengujian yang digunakan pada uji berkala ada beberapa alat uji kendaraan bermotor yang diantaranya alat uji kuncup roda dengan *side slip tester*.

Dalam pengujian kendaraan bermotor, khususnya pengujian berkala, yang terdapat pada Buku Pedoman Perancangan Petunjuk Teknis Cara Menguji Kendaraan Bermotor yang dikeluarkan oleh Departemen Perhubungan Direktorat Jendral Perhubungan Darat disebutkan bahwa ada empat bagian pedoman pengujian, yaitu :

1. Pedoman teknis cara menguji mobil bus dan mobil barang
2. Pedoman teknis cara menguji mobil penumpang
3. Pedoman teknis cara menguji kereta gandeng dan kereta tempelan
4. Pedoman laporan pengujian

Sedangkan untuk bagian – bagian dari kendaraan yang diuji meliputi beberapa sistem yang salah satunya antara lain sistem kemudi. Adapun hal atau bagian yang diuji adalah : roda kemudi, speleng roda kemudi, batang kemudi, roda gigi kemudi, sambungan kemudi, penyambung sendi peluru, kemudi bertenaga (Kemudi bertenaga integral dan kemudi bertenaga dibagian luar, kelurusan roda)

a. Roda kemudi

Kendaraan :

Pengemudi :

Penguji : Didalam ruang pengemudi

Cara Menguji	Alasan Penolakan
Periksalah roda kemudi tentang keretakan, kebengkokan, atau ketidak mantapannya. Bila perlu goyangkanlah roda kemudi pada sudut lurus terhadap batang kemudi dan tekanlah sedikit ke bawah dan keatas	<ul style="list-style-type: none"> • Gerakan diantara poros batang kemudi dan roda kemudi • Bagian – bagian struktural roda kemudi patah, retak¹⁾ • Bagian – bagian roda kemudi kendor • Pinggir bergerigi dapat melukai tangan pengemudi

¹⁾Keretakan pada penutup plastik jari – jari tidaklah berarti bahwa jari – jari pecah

b. Speleng Pada Roda Kemudi

Kendaraan : Berada pada jalaannya, roda – roda pada posisi lurus

Pengemudi :

Penguji : Didalam ruang pengemudi

Cara Menguji	Alasan Penolakan
Putarlah roda kemudi ke kiri ke kanan sejauh mungkin tanpa memutar roda – roda jalan, dan catatlah jumlah speleng tersebut bila tidak mungkin merasakan tahanan dengan cukup cermat (seperti halnya pada roda kemudi bertenaga), amatilah salah satu roda jalan dan putarlah roda kemudi ke kiri dan ke kanan sampai saat roda jalan mulai bergerak.	Speling lebih dari 1/5 dari diameter roda kemudi
	Diameter (mm) Batas (mm)
	300 60
	350 70
	400 80
	450 90
	500 100
550 110	
600 120	

c. Batang / Poros Kemudi

Kendaraan : Berada diatas roda jalan

Pengemudi : Di dalam ruang pengemudi

Penguji : (a) Didalam ruang pengemudi

(b) Sesuai kebutuhan dalam ruang pengemudi atau diluar kendaraan

Cara Menguji	Alasan Penolakan
(1) Periksalah speling batang kemudi pada arah memanjang dan arah radial. Periksalah bagian – bagian dudukan di antara batang kemudi dan panel instrumen	<ul style="list-style-type: none"> • Speling berlebihan pada arah memanjang • Bagian dudukan yang kendor atau patah atau mur yang kendor • Kopling kendor • Kopling atau sendi yang aus
(2) Periksalah setiap kopling (yakni lentur maupun universal) batang dan poros kemudi sambil memutar roda kemudi.	

Catatan :

Pada beberapa jenis batang kemudi mungkin ada sedikit gerakan yang bukan disebabkan keausan yang berlebihan. Beberapa kendaraan mempunyai bantalan atas yang lentur untuk batang kemudi yang memperkenankan lebih dari gerakan biasa.

d. Roda Gigi Kemudi

Kendaraan : Berada diatas roda jalan

Pengemudi : Di atas ruang pengemudi, memutar roda kemudi

Penguji : Sesuai dengan kebutuhan, di depan, di samping atau di bawah kendaraan

Cara Menguji	Alasan Penolakan
<p>Periksalah roda gigi kemudi sambil memutar roda kemudi ke kiri dan kekanan (sudut putar kira – kira 45^0 ke masing – masing sisi)</p> <p>Catatan: Beberapa roda gigi kemudi jenis rak dipasang dengan bagian – bagian karet. Gerakan roda gigi kemudi disebabkan kelenturan karet bukanlah alasan untuk menolak selama bgian – bagian karet tersebut berada dalam kondisi baik.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Speling berlebihan poros kemudi pada arah radial dan/ atau arah memanjang • Poros terpuntir atau bengkok speling berlebihan, bantalan – bantalan roda gigi rusak karena pemasangan • Flens dan/ atau tutup kendor • Kotak roda gigi kemudi retak • Roda gigi kemudi tidak terpasang dengan baik • Perapat (sealing) rusak

e. Sambungan Kemudi

Kendaraan : Roda – roda diangkat dengan dongkrak secara tandem

Pengemudi : Didalam ruang pengemudi

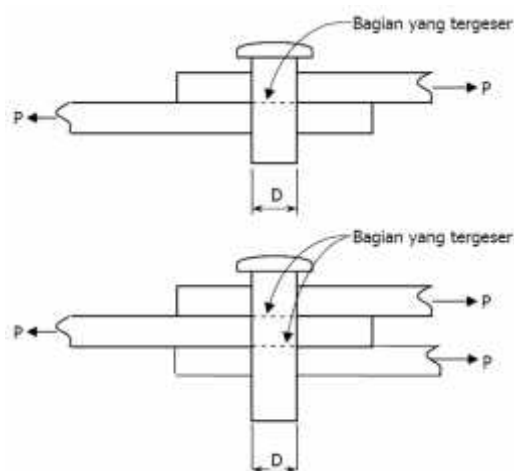
Penguji : Disamping, didepan atau dibagian bawah kendaraan dalam posisi melihat sambungan kemudi.

Cara Menguji	Alasan Penolakan
<p>(1) Periksalah semua bagian sambungan kemudi, apakah dia bengkok, tidak terpasang, terikat dan terkunci baik. Bila perlu periksalah apakah sambungan mempunyai cukup celah terhadap bagian – bagian lain misalnya as atau rangka</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sambungan penarik (drag link) atau lengan nganggur (idle arm) bengkok • Mur kendor atau unsur – unsur pengunci / pengikat tidak ada • Flens lengan nganggur kendor • Ban, pelek atau komponen

Cara Menguji	Alasan Penolakan
(2) Dengan adanya roda – roda jalan terangkat di atas tanah, periksalah gesekan roda ban dan komponen sambungan kemudi dengan bagian kendaraan, pada saat pengemudi memutar roda	sambungan kemudi menggesek bagian kendaraan

G. Uji Geser

Kekuatan geser suatu bahan adalah menyebabkan komponen rusak/patah akibat beban geser. Pengujian geser umum diaplikasikan dalam desain teknik dengan pembebanan geser. Baut, paku keling dan pasak mendapat beban sedemikian rupa sehingga akan membelah komponen tersebut menjadi dua bagian.



Gambar 16. Contoh Uji Geser

Pada gambar 16 ditunjukkan bagian paku keling yang menerima beban geser P Newton. Tegangan yang terjadi pada bagian yang tergeser adalah : $\sigma = P/A$ dengan A adalah luas penampang melintang. Untuk penampang bulat, maka

$A = \frac{1}{4}fD^2$, dengan D adalah diameter penampang, jadi dapat dituliskan

tegangan geser tunggal yang terjadi adalah $\sigma = \frac{4P}{fD^2}$.(Budinski, 1999)

H. Uji Tarik

Tarikan gravitasi bumi pada suatu benda diketahui sebagai berat benda.

Oleh karena tarikan ini merupakan suatu gaya, maka berat benda dinyatakan dalam newton.

Untuk suatu benda yang bermassa m pada permukaan bumi yang mempunyai percepatan gravitasi atau berat (W):

$$W = m \cdot g \text{ (N)}$$

W : Berat

m : massa

$$g : \text{Percepatan gravitasi} = 9,81 \text{ (m.s}^{-2}\text{)}$$

(Sukaswanto, 2004 :7)

BAB III

KONSEP PERANCANGAN

Konsep perancangan dalam proyek akhir berfungsi sebagai landasan dalam menentukan cara pembuatan proyek akhir, perhitungan biaya yang dibutuhkan selama proses pembuatan proyek akhir dan jadwal pengerjaan proyek akhir. Hal ini bertujuan agar pelaksanaan pembuatan proyek akhir dapat berjalan dan sesuai dengan yang diharapkan.

A. Pertimbangan Perencanaan

Pembuatan sistem kemudi pada mobil barang'13 ini memiliki pertimbangan – pertimbangan beberapa aspek yang nantinya dapat menghasilkan sistem kemudi yang baik dan efisien. Hal tersebut juga termasuk mempertimbangkan proses perencanaan sistem kemudi sehingga memberikan tingkat kenyamanan pada pengemudi saat mengatur arah laju kendaraan. Aspek – aspek yang perlu dipertimbangkan untuk pembuatan sistem kemudi mobil barang'13 adalah sebagai berikut:

1. Pertimbangan Ekonomi

Pada perencanaan sistem kemudi mobil barang'13 ini didalam pemilihan beban dan komponen yang akan digunakan mempertimbangkan harga dan bahan tersebut. Diupayakan dalam perencanaan sistem kemudi ini biaya yang dikeluarkan tidak lebih dari Rp 1.500.000,- dengan kualitas kemudi dan tiap komponen yang masih bisa bekerja sesuai dengan fungsinya dengan baik.

B. Pemilihan Sistem Kemudi

Dari berbagai jenis sistem kemudi yang ada maka perlu dilakukannya pemilihan penggunaannya yaitu berikut :

1. Pemilihan Sistem Kemudi Berdasarkan Tenaga Yang Digunakan

Berdasarkan tenaga yang digunakan sistem kemudi dibedakan menjadi dua yaitu manual power steering dan power steering. Untuk kemudi berupa manual steering memiliki kelebihan harganya yang relatif lebih murah, akan tetapi penggunaannya agak berat dibandingkan dengan power steering. Mengingat penggunaannya pada kendaraan yang relatif lebih kecil maka dipergunakanlah manual steering yang harganya lebih murah untuk perancangan mobil barang'13 yang berpengerak motor bensin ini.

2. Pemilihan Sistem Kemudi Berdasarkan Jumlah Roda Yang Bergerak

Pertimbangan kedua yaitu penggunaan kemudi penggerak 2 roda dan kemudi penggerak roda 4. Dari segi faktor ekonomi penggerak roda 2 lebih murah dan praktis untuk medan ringan bukan tanjakan sangat tinggi, selain itu kekurangan dari sistem kemudi penggerak 2 roda apabila berjalan dengan kecepatan tinggi dapat terjadi slip. Untuk itu hal tersebut dapat diatasi dengan cara dipasang stabilizer serta memperbaiki suspensinya.

Untuk kelebihan dari penggerak 4 roda ini jika dikendarai akan stabil disegala medan dan jika dikendarai dengan kecepatan tinggi tidak mungkin terjadi slip. Tetapi jika dilihat dari nilai ekonomis penggunaan kemudi penggerak 4 roda mahal karena memakai handle sebagai alat bantu penggerak roda.

Berdasarkan pertimbangan yang ada maka digunakanlah sistem kemudi penggerak 2 roda karena lebih sederhana dan praktis jika digunakan pada perancangan kendaraan dengan dimensi yang relatif kecil.

3. Pertimbangan Penggunaan *Recirculating ball* atau *Rack and Pinion*

Dari segi ekonomis untuk *recirculating ball* lebih mahal dibandingkan dengan *rack and pinion*, sistem kemudi *recirculating ball* lebih mahal dikarenakan lebih banyaknya komponen dan lebih rumit dibandingkan *rack and pinion*. Selain itu pertimbangan memilih sistem kemudi *rack and pinion* lebih ringkas sehingga hemat tempat.

Berdasarkan dari hasil pertimbangan diatas maka sistem kemudi kendaraan mobil barang'13 akan menggunakan *rack and pinion*.

Sehingga secara keseluruhan dapat disimpulkan kemudi yang akan dipakai pada mobil barang'13 yaitu *rack and pinion* karena mengingot tempat yang digunakan sangat minim karena desain ukuran dari kendaraan mobil barang'13 yang sangat mini.

Kemudi yang akan digunakan yaitu *manual steer* karena mengingot beban mobil yang beratnya hanya 500 kg dan ukuran mobil yang relatif kecil yaitu memiliki *wheelbase* 2910 mm dan *track width* 1380 mm sehingga tidak perlu menggunakan *power steering*, pertimbangan yang lain yaitu dari segi biaya lebih murah dibandingkan dengan *power steering*.

Sedangkan konsep yang dipakai merupakan penggerak 2 roda karena antara roda depan dan belakang tidak berhubungan hal ini mengingot mesin berpengerak belakang sedangkan 2 roda di depan merupakan roda pendukung.

C. Perencanaan Mekanisme Sistem Kemudi

1. Menghitung Radius Putar Mekanisme Kendaraan

Dalam mencari radius putar maksimum kendaraan mobil barang'13 ini digunakan kondisi ackerman, hal ini mengingat kendaraan diposisikan pada keadaan berhenti dan tidak sedang mengalami slip. Untuk perilaku belok *ackerman* ditunjukkan pada gambar dan ukuran dimensi kendaraan ditunjukkan gambar . Data tersebut dipergunakan untuk menganalisa mencari radius putar maksimum. (I Nyoman Sutantra, 2001:37)

- a. Jarak dari poros ke titik berat = jarak dari poros roda belakang ke titik

$$\text{berat} = 1455 \text{ mm}$$

- b. Sudut slip kendaraan diasumsikan $\bar{\alpha} = 55$

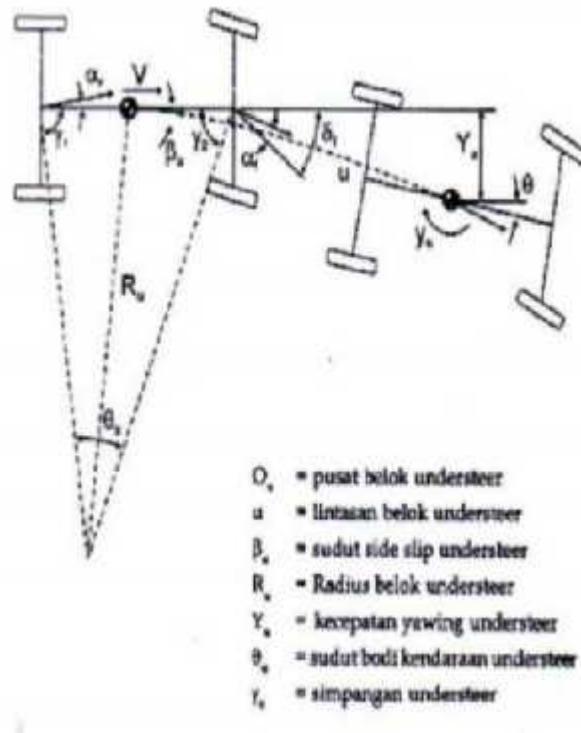
- c. Sudut belok roda depan

$$\bar{\alpha}_f = 180 - 90 - \bar{\alpha}$$

$$= 180 - 90 - 55 = 35$$

- d. Jarak poros belakang ke poros depan arah horizontal (L) = 2910 mm

- e. Jarak poros depan ke poros belakang arah vertical (t) = 1380 mm



Gambar 17. Perilaku Belok Ackerman

Dari data – data radius putar yang diperoleh, maka dapat dianalisa radius belok roda mobil barang'13 ini sebagai berikut :

$$R_{ack} = \frac{a+b}{\delta_f} 57,29$$

$$= \frac{1455+1455}{35} 57,29$$

$$R_{ack} = 4763,2542833 \text{ mm} = 4,7 \text{ m}$$

- Sudut belok roda bagian dalam (θ_o)

$$\theta_o = \tan^{-1} \frac{L}{R + \frac{r}{2}}$$

$$= \tan^{-1} \frac{2910 \text{ mm}}{4763,2542 + \frac{188 \text{ mm}}{2}}$$

$$= \tan^{-1} 0,53362$$

$$= 28,08^\circ$$

- Sudut belok roda bagian luar (θ_i)

$$\begin{aligned}\theta_o &= \tan^{-1} \frac{L}{R - \frac{t}{2}} \\ &= \tan^{-1} \frac{2910 \text{ mm}}{4763,2542 - \frac{1580 \text{ mm}}{2}} \\ &= \tan^{-1} 0,71441 \\ &= 35,54^\circ\end{aligned}$$

D. Perencanaan Wheel Alignment

Fungsi wheel alignment geometri roda adalah untuk memudahkan pengemudian kendaraan, menghasilkan daya balik yang baik dan juga untuk menstabilkan pengemudian, mengurangi keausan ban. Perancangan ini dilakukan dengan metode trial and eror.

1. Perencanaan Sudut Camber

Yaitu kemiringan roda bagian atas ke bawah dalam/luar terhadap garis sumbu vertikal jika kendaraan dilihat dari sisi depan. Kemiringan roda bagian atas ke arah luar disebut camber positif, apabila sudut camber positif terlalu besar mengakibatkan keausan roda terjadi pada bagian luar roda. Camber positif menyebabkan pengemudian menjadi ringan.

Kemiringan roda bagian atas ke arah dalam disebut camber negatif. Camber negatif membuat kendaraan cenderung lurus dan stabil, sudut camber negatif yang terlalu besar mengakibatkan keausan roda terjadi pada bagian dalam roda, camber negatif menyebabkan pengemudian menjadi lebih berat dibandingkan camber positif.

Garis tengah roda sejajar dengan garis sumbu vertikal, maka disebut camber 0. Dapat mencegah keausan ban yang tidak merata. Untuk camber 0 menyebabkan getaran pada roda kemudi besar dan tidak stabil selain itu stabilitas pengemudian kurang.

Pada umumnya besar sudut camber -1° s.d. 3° , namun besar sudut sering dipakai 0° s.d. 1° . Berdasarkan hal tersebut maka untuk mobil barang'13 memakai 2° dengan camber negatif. Pemilihan tersebut karena camber negatif cenderung lurus dan stabil.

2. Perencanaan Sudut Caster

Caster adalah kemiringan steering axis bagian atas kearah depan atau belakang terhadap garis vertikal bila dipandang dari samping kendaraan.

Caster positif adalah bila kemiringan steering axis bagian atas ke arah belakang. Pada umumnya caster yang digunakan kendaraan aster positif karena menghasilkan kestabilan kendaraan saat berjalan lurus dan daya balik kemudi setelah membelok. Caster positif yang terlalu besar akan menyebabkan trail makin pandang dan daya balik kemudi makin besar, akan tetapi kemudi cenderung menjadi lebih berat.

Caster negatif adalah kemiringan steering axis bagian atas kearah depan. Caster negatif membuat kemudi ringan, akan tetapi kestabilan kendaraan saat berjalan lurus kurang baik.

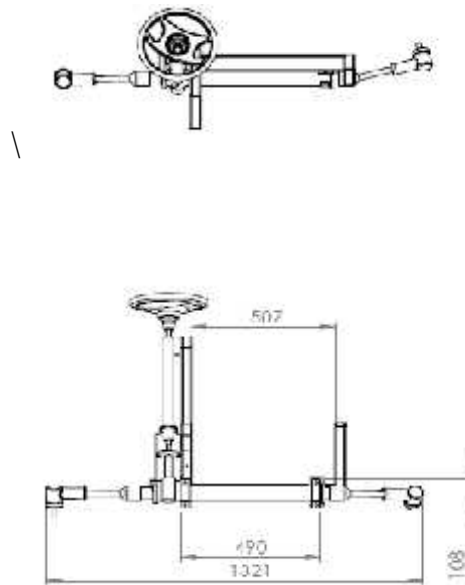
Caster 0 adalah steering axis sudut sejajar dengan garis sumbu vertikal. Pada caster 0 untuk kestabilan kendaraan tidak ada karena saat kendaraan jalan lurus, roda tidak cenderung mencari sikap lurus.

Pada umumnya besar sudut caster yang dipakai 3 s.d. 8 derajat. Untuk sudut caster yang dipakai pada mobil barang 13 adalah 8 drajat dengan caster positif. Karena menghasilkan kendaraan saat berjalan lurus dan daya balik kemudi setelah membelok.

E. Konsep Rancangan

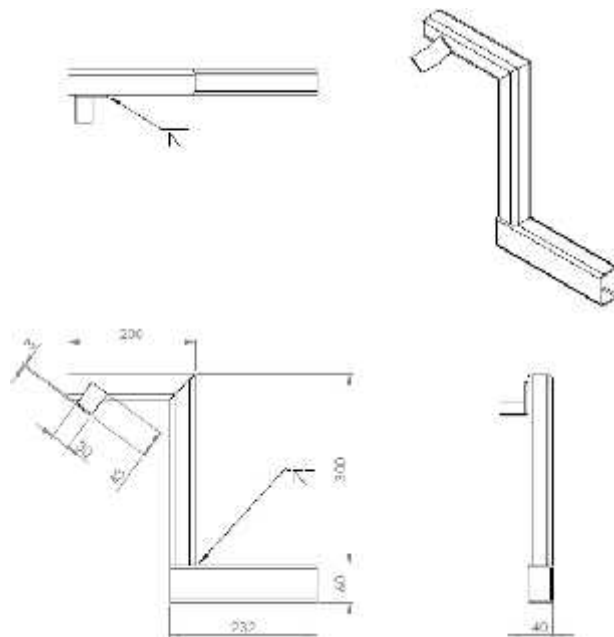
Perancangan merupakan proses memperhitungkan dan merekayasa suatu bentuk atau mekanisme yang didasarkan pada permintaan desain, pemilihan bahan dan fungsi mekanik. Perancangan dimulai dari persepsi kebutuhan manusia, dilanjutkan dengan penciptaan konsep produk, pengembangan serta penyempurnaan, dan terakhir yaitu pembuatan maupun pendistribusian produk (Darmawan Harsokoesoemo, dalam Nurkholis Farid Muhajir, 2011 : 31).

1. Gambar rancangan sistem kemudi *rack and pinion* pada mobil barang' 13.



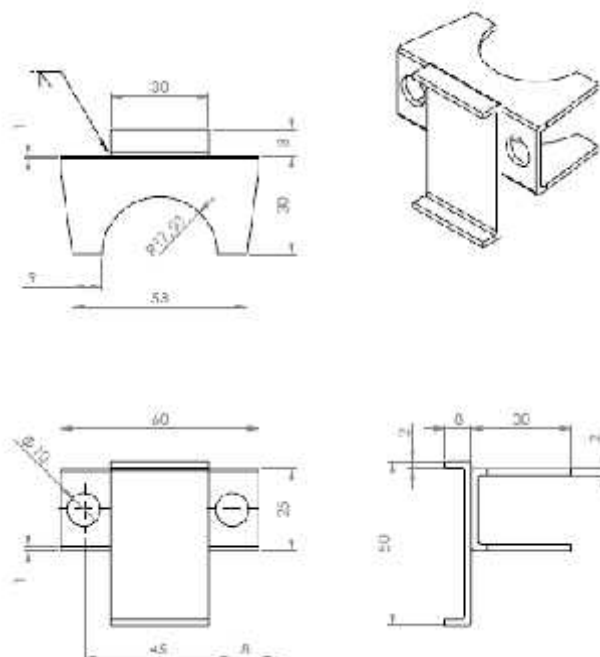
Gambar 18. Rancangan Sistem Kemudi

2. Gambar rancangan dudukan *steering column* bagian atas



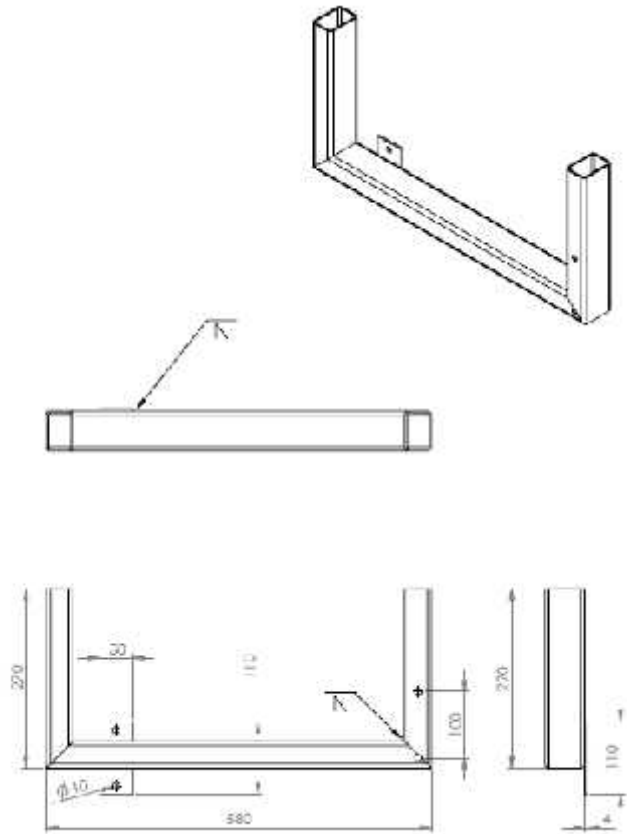
Gambar 19. Rancangan Dudukan *Steering Column* Bagian Atas

3. Gambar rancangan dudukan steering column bagian bawah



Gambar 20. Rancangan Dudukan *Steering Column* Bagian Bawah

4. Gambar rancangan dudukan *rack housing*



Gambar 21 Rancangan dudukan *rack housing*

F. Kebutuhan Alat dan Bahan

Dalam proses pembuatan sistem kemudi mobil barang '13 ini diperlukan alat dan bahan untuk melakukan atau mempermudah proses pembuatan, berikut ini adalah alat dan bahan yang dibutuhkan :

1. Kebutuhan alat yang diperlukan untuk membuat sistem kemudi pada kendaraan barang '13 adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Alat yang dibutuhkan

No	Nama alat	No	Nama alat
1	Generator las		Meteran
2	Gerinda		Mistar baja
3	Bor		Spidol
4	Mata gerenda poles dan potong		Penggaris siku
5	Tool box set		Gergaji besi
6	Jangka		Gunting
7	Ragum		Kikir
8	Martil / palu		Penggores / penitik

2. Kebutuhan bahan yang diperlukan untuk membuat sistem kemudi pada mobil barang '13 adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Bahan yang dibutuhkan

No	Nama bahan	Jumlah
1	Steering Kemudi Charade	1 set
2	Tie Rod Charade	1 set
3	Plat strip 4 mm x 50 mm x 300 mm	3
4	U – Bolt	2
5	Ring M4	4
6	Mur M14	4
7	Baut mur M 24x80	4
8	Elektroda	3 Box
9	Mata gerinda	4 Set
10	Amplas	4 Lembar
11	Unit pedal	1 set

G. Rencana Langkah Kerja

Sebelum melakukan proses pembuatan dan pemasangan sistem kemudi pada mobil barang '13 sebaiknya menyusun langkah kerja terlebih dahulu. Tujuan dan rencana langkah kerja supaya mempermudah dalam proses pengerjaan dan selesai sesuai jadwal yang ditentukan. Adapun tahap – tahap kerja tersebut adalah:

1. Identifikasi komponen

Identifikasi dilakukan untuk menentukan bahan apa saja yang dibutuhkan dalam sebuah proses pembuatan sistem kemudi mobil barang '13 sesuai dengan rancangan yang dibuat. Identifikasi dapat dilakukan dengan cara melakukan analisis kebutuhan komponen dan bahan. Identifikasi sangat diperlukan sebagai tahap awal perancangan sistem kemudi tersebut.

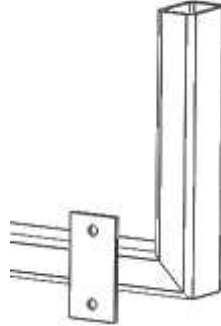
2. Observasi harga dan toko

Hal ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui toko yang lengkap dengan perbandingan harga yang murah dan terjangkau di kalangan mahasiswa sehingga dapat menekan kebutuhan bahan yang kami gunakan. Observasi ini penting dilakukan agar mahasiswa mendapat barang dengan harga yang miring tetapi memiliki kualitas yang baik.

3. Proses pembuatan sistem kemudi

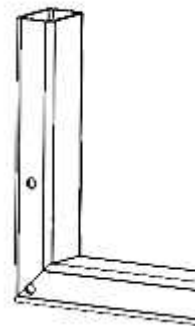
Setelah semua alat dan bahan yang diperlukan telah tersedia maka selanjutnya melakukan proses pembuatan sistem kemudi tersebut. proses pembuatan tentu saja dimulai dari proses perancangan yang berdasarkan data ukuran – ukuran serta perhitungan yang matang. Adapun proses pembuatan adalah sebagai berikut:

- a. Pengukuran plat besi dudukan rack housing sebelah kanan.



Gambar 22. Dudukan *Rack Housing* Sebelah Kanan

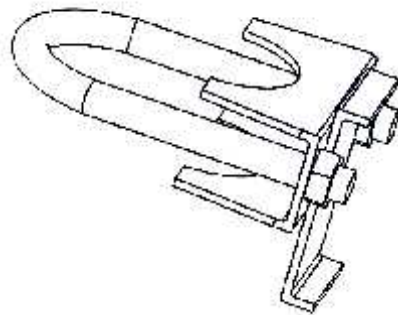
- b. Pemotongan plat besi yang telah diukur dengan menggunakan gerinda potong.
- c. Pemasangan dudukan rack housing sebelah kanan dengan las listrik pada rangka mobil barang '13.
- d. Pengukuran pembuatan lubang dengan ukuran 9 mm pada dudukan rack housing sebelah kiri guna membaut atau mengencangkan sistem kemudi.



Gambar 23. Lubang Dudukan *Rack Housing* Sebelah Kiri

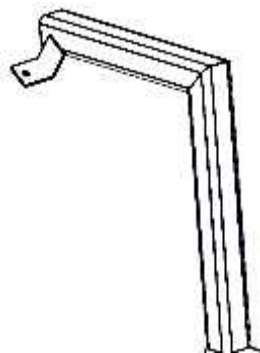
- e. Pengeboran lubang dudukan yang telah diukur dengan menggunakan alat bor tangan dengan diameter 9 mm.

- f. Pembuatan dudukan steering column bagian bawah.



Gambar 24. Dudukan *Steering Column* Bagian Bawah

- g. Pembuatan dudukan steering column bagian bawah tersebut dipasang secara langsung menjadi satu dengan bagian pedal rem, kopling, dan gas.
- h. Dudukan tersebut dilas secara langsung dengan menggunakan las listrik. Teknik pengelasan yang digunakan ialah teknik las sambungan sudut pada bagian tersebut.
- i. Pembuatan dudukan steering column bagian atas.



Gambar 25. Dudukan *Steering Column* Bagian Atas

- j. Pembuatanudukan tersebut awal mulanya ialah mengukur besi.
 - k. Setelah dilakukan pengukuran kemudian dilakukan pemotongan sesuai pola yang sudah dibuat.
 - l. Setelah itu besi tersebut dilakukan pengelasan menjadi satu dengan bagian rangka teknik pengelasan yang digunakan ialah sambungan sudut.
4. Perakitan sistem kemudi
- a. Langkah – langkah pemasangan rack and pinion
 - 1) Memasang rack and pinion dengan rangka mobil barang' 13.
 - 2) Memasang baut untuk mengikat rack and pinion.
 - 3) Mengencangkan mur.
 - 4) Memastikan rack and pinion sudah terpasang pada rangka dengan kuat.
 - b. Langkah – langkah pemasangan track rod
 - 1) Memasang track rod dengan rangka
 - 2) Melakukan penyetelan track rod
 - 3) Memasang mur untuk mengikat track rod
 - 4) Mengencangkan mur
 - 5) Memastikan track rod sudah terpasang pada rangka dengan kuat.
 - c. Langkah – langkah pemasangan batang kemudi
 - 1) Memasang batang kemudi pada rack and pinion
 - 2) Memasang roda kemudi
 - 3) Memasang mur untuk mengikat roda kemudi dengan batang kemudi

4) Mengencangkan mur pengikat roda kemudi

5) Memastikan roda kemudi terpasang kuat.

5. Pengujian

Setelah semua komponen sistem kemudi terpasang langkah selanjutnya yaitu melakukan pengujian. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur radius sudut belok dan untuk mengetahui kestabilan kemudi saat jalan lurus.

H. Rencana pengujian

Pengujian sistem kemudi pada mobil barang'13 ini bertujuan untuk :

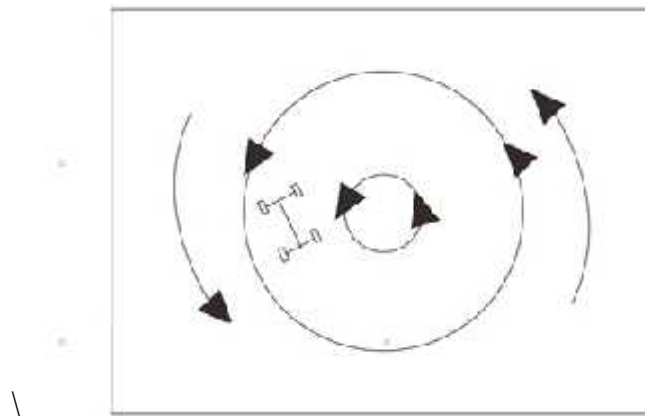
Pada rancangan sistem kemudi ini akan dilakukan dua pengujian yaitu pengujian untuk mengetahui sudut radius belok dan untuk mengetahui kestabilan kemudi. Pengujian radius sudut belok akan dilakukan di jalan yang sudah dibentuk pola lingkaran, sedangkan untuk pengujian kestabilan kemudi akan dilakukan di jalan lurus dengan pembatasan menggunakan *traffic cone*. Berikut gambar rancangan pengujian yang sudah dibuat.

1. Konsep pengujian radius sudut belok.

Konsep pengujian sudut belok antara lain adalah dilakukan pada saat mobil barang dijalankan/dikendarai dengan membentuk pola lingkaran dan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

a. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan saat pengujian. Untuk alat yakni meteran sebagai alat ukur. Sedangkan bahan yakni bensin sebagai bahan bakar untuk mobil barang'13.

- b. Mengendarai mobil barang'13 dengan pola lingkaran, yakni dengan memutar roda kemudi ke kanan atau sebaliknya secara penuh dan dilanjutkan memutar roda kemudi ke arah sebaliknya secara penuh juga seperti gambar berikut



Gambar 26. Pengujian Dengan Membentuk Pola Lingkaran.

Untuk memudahkan pengukuran diameter radius belok pengujian dengan membentuk pola lingkaran dilakukan di jalan dengan kontur datar dan sedikit berpasir, hal ini bertujuan untuk memberikan kemudahan dalam melakukan pengukuran karena jejak roda akan tertinggal dipasir. Dan pengujian dilakukan sebanyak 3 kali agar data lebih variatif sehingga dapat dilakukan perbandingan secara lebih akurat

- c. Mengukur radius sudut belok yakni dengan mengukur diameter dari titik pusat lingkaran sampai titik terluar jejak roda.

- d. Mencatat hasil pengujian dalam tabel berikut :

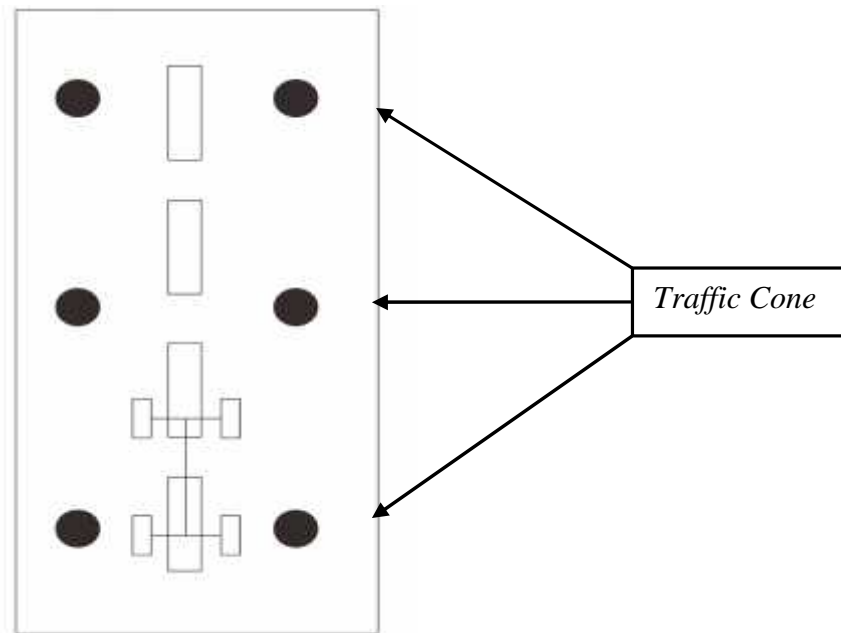
Tabel 3. Hasil pengujian radius belok dengan membentuk pola lingkaran.

Drajat putar kemudi	Arah Kekanan		Arah Kekiri	
	Roda kanan	Roda kiri	Roda kanan	Roda kiri
90°	o	o	o	o
180°	o	o	o	o
270°	o	o	o	o

2. Konsep pengujian kestabilan kemudi pada jalan lurus.

Konsep pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kestabilan kemudi di jalan datar dan lurus. Pengujian tersebut dilakukan dengan menggunakan *traffic cone* dan meteran sebagai alat bantu. Langkah-langkah pengujian untuk mengetahui kestabilan kemudi di jalan lurus yakni sebagai berikut :

- a. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan saat pengujian. Untuk alat yakni meteran sebagai alat ukur dan *traffic cone* sebagai alat bantu. Sedangkan bahan yakni bensin sebagai bahan bakar untuk mobil barang'13.
- b. Menata *traffic cone* pada setiap sisi lintasan yang akan dilalui mobil barang'13.
- c. Mengendarai mobil barang'13 dan memosisikan kemudi lurus dan bisa melintasi lintasan yang telah disusun *traffic cone* tersebut, seperti nampak pada gambar berikut ini :



Gambar 27. Pengujian Kestabilan Pada Jalan Lurus Dengan Melintasi Lintasan Yang Disusun *Traffic Cone*.

- d. Melepaskan roda kemudi pada saat melintasi lintasan yang terdapat *traffic cone* tersebut.
- e. Mengukur jarak antara roda kanan dan kiri dengan *traffic cone*.
Pengujian sebaiknya dilakukan pada jalan dengan kontur sedikit berpasir agar jejak roda nampak dan akan mempermudah pengambilan data. Apabila tidak bisa dilakukan dengan kapur sebagai alat bantu.
- f. Menuliskan data hasil pengujian pada tabel berikut ini :

Tabel 4. Pengujian kestabilan kemudi pada jalan lurus

No .	Pengujian ke-	Jarak roda kanan dengan <i>traffic cone</i>	Jarak roda kiri dengan <i>traffic cone</i>	Selisih jarak antara roda kanan dan kiri
1.	1			
2.	2			
3.	3			

g. Menganalisa data hasil pengujian. Dari tabel tersebut akan diketahui selisih jarak antara roda kanan dan kiri dari *traffic cone*, sehingga dapat dianalisa kendaraan berjalan lurus atau tidak ketika roda kemudi dilepaskan.

3. Konsep pengujian gaya untuk menggerakkan kemudi.

Konsep pengujian ini dilakukan untuk mengetahui gaya yang diperlukan oleh tangan pengemudi kendaraan mobil barang'13 untuk menggerakkan atau memutar roda kemudi. Langkah-langkah pengujian yang dilakukan yakni sebagai berikut :

- a. Menyiapkan alat yang akan diperlukan dalam pengujian yakni neraca pegas sebagai alat ukurnya.
- b. Mengaitkan ujung pengait pada neraca pegas dengan roda kemudi kendaraan.
- c. Menarik neraca pegas hingga roda kemudi bergerak. Pengujian dilakukan dengan menarik neraca pegas ke arah putaran roda kemudi ke arah kiri dan kanan.
- d. Mengisi tabel dengan hasil atau data pengujian. Tabel seperti nampak pada gambar berikut :

Tabel 5. Pengujian gaya untuk menggerakkan roda kemudi.

Posisi kemudi	Hasil Pengujian
Saat berjalan lurus	Kg
Putaran kemudi ke kanan	Kg
Putaran kemudi ke kiri	Kg

4. Pengujian Geser

Konsep pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa kuat baut yang menahan sistem kemudi padaudukan kemudi mobil barang'13.

Langkah – langkah pengujian ialah sebagai berikut:

- a. Siapkan dan periksalah bahan percobaan yang akan diuji. Catatlah : ukuran bahan (panjang, lebar, tebal) dan jenis bahan.
- b. Masukkan spesimen yang akan diujike dalam alat uji, pastikan lubang yang dipilih mendekati ukuran spesimen dan tepat.
- c. Periksa mesin serta peralatan yang akan digunakan.
- d. Tempatkan alat uji ke dalam UTM.
- e. Hidupkan mesin dengan cara menekan tombol ON.
- f. Amati jarum yang menunjukkan nilai penekannya.
- g. Catat nilai terakhir ketika spesimen sudah patah kemudian matikan mesin.

5. Pengujian tarik

Pengujian tarik ini dilakukan untuk mengetahui gaya yang berpengaruh untuk menggerakkan kemudi pada posisi kendaraan mobil barang'13 pada posisi berhenti atau diam. Langkah – langkah pengujian diantaranya :

- a. Menyiapkan alat yang akan diperlukan dalam pengujian yakni neraca pegas sebagai alat ukurnya.

- b. Mengaitkan ujung pengait pada neraca pegas dengan Tie rod kendaraan.
- c. Menarik neraca pegas hingga roda kemudi bergerak.

I. Perencanaan Waktu Pembuatan

Perencanaan waktu pembuatan ialah acuan dasar yang digunakan sebagai pembatas waktu agar proyek akhir dapat berjalan sesuai dengan waktu atau jadwalnya, dengan demikian pembuatan proyek akhir dapat berjalan dengan baik dan lancar. Jadwal perencanaan waktu pembuatan dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 6. Jadwal rencana kerja atau kegiatan

No	Rencana Kerja	Bulan, Tahun dan Minggu ke....							
		Juni 2017		Juli 2017				Agustus 2017	
		3	4	1	2	3	4	1	2
1	Pengajuan Judul dan Proposal								
2	Perancangan Media Pembelajaran								
3	Persiapan Alat dan Bahan yang diperlukan								
4	Pengerjaan Proyek Akhir								
5	Evaluasi Hasil Proyek Akhir								
6	Penyusunan Konsep Laporan								
7	Penyelesaian Laporan								
8	Ujian Proyek Akhir								

J. Kalkulasi Biaya

Berikut ini merupakan tabel perencanaan pembiayaan untuk alat dan bahan yang diperlukan dalam pembuatan proyek akhir pembuatan sistem kemudi pada Mobil Barang'13 :

Tabel 7. Kalkulasi Biaya

No	Nama bahan	Harga @ (Rp)	Jumlah	Jumlah (Rp)
1	Steering Kemudi Charade	400.000	1 set	400.000
2	Tie Rod Charade	125.000	1 set	180.000
3	Plat strip 4 mm x 50 mm x 300 mm	10.000/kg	3	40.000
4	U – Bolt	10.000	2	20.000
5	Ring M4	250	4	1000
6	Mur M14	1.125	4	4.500
7	Baut mur M 24x80	4.000	4	16.000
8	Elektroda	10.000	3 Box	30.000
9	Mata gerinda potong	10.000	4 Set	40.000
10	Amplas	3.500	4 Lembar	14.000
11	Unit pedal	75.000	1 set	75.000
12	Roda kemudi charade	200.000	1 buah	200.000
13	<i>Grease</i>	20.000	Secukupnya	20.000
14	Baut + mur 12	-	6 buah	6.000
15	O-Ring	-	12 buah	4.000
16	Mata bor	15.000	2 buah	30.000
17	Mata gerinda penghalus	10.000	2 buah	20.000
Jumlah				1.100.500

BAB IV

PROSES, HASIL, DAN PEMBAHASAN

Proses pembuatan sistem kemudi dilakukan secara bertahap mencakup perancangan, persiapan komponen, pembuatan, pemasangan komponen, dan pengujian kerja sistem kemudi tersebut. Sistematisa proses – proses tersebut mengacu pada bab sebelumnya. Berdasarkan rancangan yang telah dibahas sebelumnya. Berikut adalah proses, hasil dan pembahasan dari Proyek Akhir yang dilakukan :

A. Proses pembuatan Alat

1. Proses Perancangan Sistem Kemudi

Proses perancangan sistem kemudi dimulai dengan :

- a. Menentukan berapa berat total kendaraan, kecepatan maksimal kendaraan, muatan maksimal kendaraan, *wheelbase* kendaraan, *track width*, *ground clearance*.

Mobil barang dirancang memiliki berat total kendaraan 500 kg, memiliki kecepatan maksimal 80 km/jam, memiliki muatan maksimal kendaraan 300 kg, memiliki *wheelbase* 2910 mm, memiliki *track width* 1380 mm, dan memiliki *ground clearance* 15 – 30 cm.

- b. Menentukan tipe kemudi yang akan digunakan pada mobil barang '13. Tipe kemudi yang akan digunakan pada mobil barang '13 adalah tipe kemudi rack and pinion.
- c. Menentukan jarak poros roda belakang ke poros depan arah horizontal kemudian menentukan jarak poros depan ke poros belakang secara vertikal.

d. Setelah melakukan penentuan penentuan yang ada kemudian menganalisa radius belok roda.

$$R_{ack} = \frac{a+b}{\phi_f} 57,29$$

$$= \frac{1455+1455}{35} 57,29$$

$$R_{ack} = 4763,2542833 \text{ mm} = 4,7 \text{ m}$$

- Sudut belok roda bagian dalam (θ_o)

$$\theta_o = \tan^{-1} \frac{L}{R + \frac{t}{2}}$$

$$= \tan^{-1} \frac{2910 \text{ mm}}{4763,2542 + \frac{188 \text{ mm}}{2}}$$

$$= \tan^{-1} 0,53362$$

$$= 28,08^\circ$$

- Sudut belok roda bagian luar (θ_i)

$$\theta_o = \tan^{-1} \frac{L}{R - \frac{t}{2}}$$

$$= \tan^{-1} \frac{2910 \text{ mm}}{4763,2542 - \frac{188 \text{ mm}}{2}}$$

$$= \tan^{-1} 0,71441$$

$$= 35,54^\circ$$

e. Menggambar rancangan sistem kemudi

Proses menggambar rancangan sistem kemudi menggunakan aplikasi solid works.

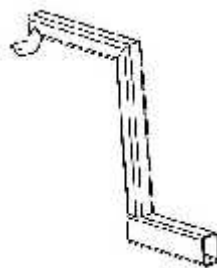
1) Menggambar desain rancangan sistem kemudi



Gambar 27. Desain Sistem Kemudi

Rancangan desain sistem kemudi berdasarkan keadaan mobil barang '13 yang dipergunakan untuk mengangkut barang sehingga ada bagian mobil yang harus dibuat bak terbuka untuk mengangkut barang. Sehingga pada bagian pengemudian memiliki tempat yang minim dan hal itulah yang membuat penulis membuat rancangan seperti gambar 28.

2) Menggambar rancangan dudukan steering column bagian atas.

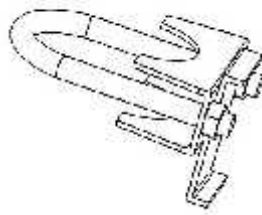


Gambar 28. Dudukan *Steering Column* Bagian Atas

Gambar rancangan dudukan steering column bagian atas didesain seperti gambar 29 berdasarkan tata letak kemudi yang minim. Sehingga perlunya pegangan untuk sistem kemudi agar berdiri dan dapat dioperasikan dengan baik oleh pengemudi. Selain itu desain

dudukan dibuat demikian karena untuk menahan *dashboard* pada mobil barang'13. Pada akhirnya dudukan tersebut dibuat demikian untuk menahan kemudi dan juga menahan *dashboard*.

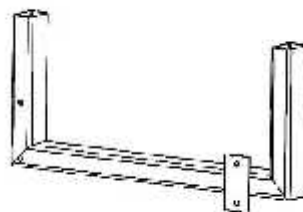
- 3) Menggambar rancangan dudukan steering column bagian bawah.



Gambar 29. Dudukan *Steering Column* Bagian Bawah

Dudukan steering column bagian bawah dibuat seperti gambar 30 dikarenakan kemudi pada mobil barang 13 akan lebih baik dengan menggunakan penahan bagian atas dan bagian bawah. Penahan bawah atau dudukan *steering column* bagian bawah berguna agar kemudi kuat dalam menopang sistem kemudi sehingga pengemudian menjadi nyaman walaupun dalam kondisi jalan yang kurang baik.

- 4) Gambar rancangan dudukan rack housing.



Gambar 30. Dudukan *Rack Housing*

Dudukan rack housing dibuat seperti gambar 33 dikarenakan sistem kemudi rack and pinion memerlukan tempat pada bagian kendaraan yang mewajibkan pada sistem tersebut untuk menempel pada kendaraan. Sehingga lubang pada gambar berguna untuk menempelkan sistem kemudi kemudian dibaut.

2. Proses Pembuatan Sistem Kemudi

Setelah semua konsep dan juga perancangan gambar kerja selesai maka langkah selanjutnya adalah pembuatan alat. Sebelum memulai pembuatan alat tersebut maka terlebih dahulu harus dipersiapkan alat – alat dan bahan – bahan yang diperlukan.

a. Peralatan yang di perlukan :

- | | |
|---------------|-------------|
| - Gerinda | - Penitik |
| - Bor | - Penggaris |
| - Las listrik | - Spidol |
| - Amplas | - Siku |
| - Tool box | - Meteran |

b. Bahan – bahan yang harus digunakan

- Plat besi dengan ukuran panjang 1 m lebar 6 cm tebal 5 mm
- Sistem kemudi charade
- Mur 10, 12, 14
- Baut 10, 12, 14

3. Proses Pengujian

Proses pengujian yang akan dilakukan pada kendaraan mobil barang'13 ini antara lain yaitu melakukan persiapan dengan menata pin cone yang telah dipersiapkan, kemudian pengujian dilakukan dengan kecepatan stabil melalui pin cone, Kemudian catat hasil pengujian kedalam tabel uji. Proses pengujian yang kedua ialah proses pengujian kestabilan kendaraan dalam keadaan lurus dimana kendaraan melaju dengan kecepatan stabil pada lintasan yang sudah disediakan kemudian mengukur arah simpangan kendaraan tersebut dan catat hasil yang ada di tabel pengujian. Pengujian yang berikutnya ialah gaya yang digunakan untuk menggerakkan kemudi. Pengujian tersebut dilakukan dengan menggunakan neraca pegas. Pada saat jalan lurus dan kendaraan akan berbelok maka neraca pegas ditarik dengan kekuatan tangan hingga berefek pada kemudi sehingga kemudi melakukan belokan. Gaya yang ada di neraca pegas dicatat pada tabel pengujian.

Setelah semua kebutuhan bahan dan kebutuhan alat sudah terpenuhi selanjutnya adalah langkah pengerjaan pembuatan sistem kemudi, langkah – langkah pengerjaannya sebagai berikut :

a. Proses pembersihan kemudi

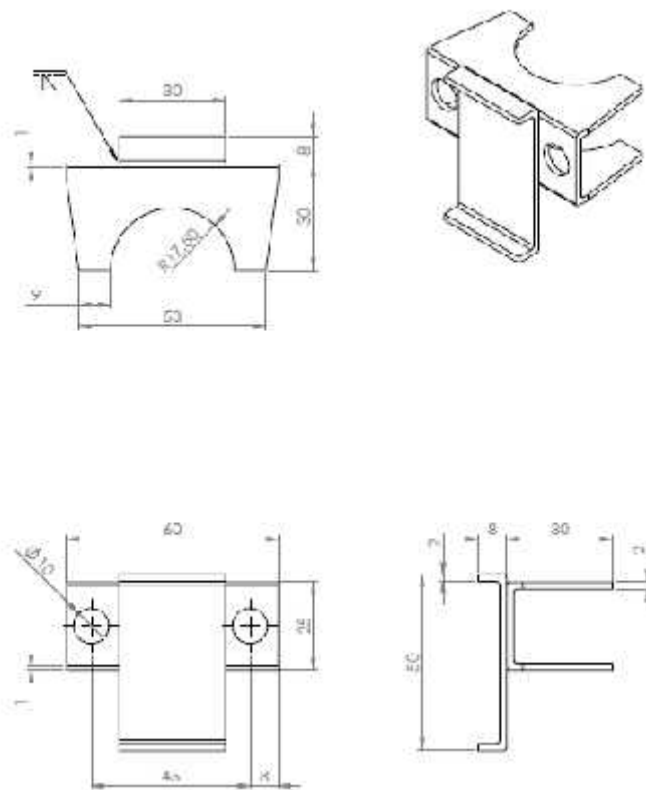
Proses perakitan sistem kemudi dikerjakan sendiri. Proses tersebut meliputi pembersihan sistem kemudi yang kotor sehingga dapat terlihat lebih bagus. Selain pada pembersihan sistem kemudi pada langkah ini juga memiliki peranan untuk melakukan pengecekan guna



Gambar 32. Pola Dudukan *Rack Housing*

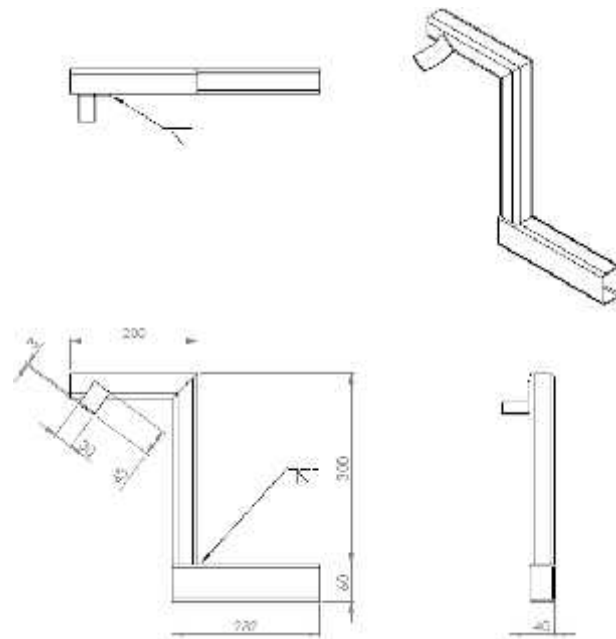
- 4) Setelah dilakukan pemotongan kemudian merapikan hasil pemotongan agar tidak melukai pada saat perakitan nantinya.
- 5) Setelah dirapikan kemudian melubangi dengan menggunakan alat bor.
- 6) Setelah dilakukan pengeboran kemudian dilakukan pengelasan dengan menggunakan las listrik pada rangka mobil barang '13.
- 7) Apabila telah selesai membuat dudukan rack housing bagian kanan kemudian membuat dudukan rack housing bagian kiri. Pada bagian ini tinggal membuat lubang pada rangka mobil barang '13.
- 8) Hal yang pertama dilakukan ialah melakukan pengukuran pembuatan lubang.
- 9) Apabila telah dilakukan pengukuran maka kemudian dilakukan pengeboran dengan menggunakan alat bor dengan mata bor diameter 9 mm.

c. Pembuatan dudukan steering column bagian bawah



Gambar 33. Dudukan *Steering Column* Bagian Bawah

- 1) Pembuatan dudukan ini dipasangkan secara langsung menjadi satu dengan bagian pedal rem, kopling dan gas.
 - 2) Dudukan tersebut dilas secara langsung menggunakan las listrik. Teknik pengelasan yang digunakan ialah teknik las sambungan sudut pada bagian tersebut.
- d. Proses pembuatan dudukan steering column bagian atas



Gambar 34. Dudukan *Steering Column* Bagian Atas

- 1) Mempersiapkan alat dan bahan yaitu berupa besi strip. Alat yang akan digunakan untuk membuat dudukan antara lain ialah spidol, penggaris / meteran, siku, penitik, gerinda, alat bor, palu besi dan las.
- 2) Setelah mempersiapkan mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan, kemudian mengukur bahan yang telah dipersiapkan dengan menggunakan penggaris / meteran sesuai desain yang telah ada.
- 3) Setelah mengukur pola sesuai desain yang diperlukan kemudian memotong bahan tersebut dengan menggunakan gerinda potong. Hal ini bertujuan agar proses pemotongan bisa lebih cepat dan mendapat hasil yang baik.

- 4) Setelah pemotongan kemudian melakukan pembengkokan 90° dengan menggunakan palu besi.
- 5) Setelah pembengkokan selesai kemudian memberi lubang dengan pola yang telah disesuaikan dengan desain yang telah dibuat. Pelubangan menggunakan alat bor tangan.
- 6) Setelah membentuk pola dan membuat lubang kemudian merapikan sisi bekas pemotongan dan juga pelubangan. Hal ini bertujuan supaya pengelasan menjadi baik dan apabila dilakukan perakitan nantinya tidak melukai kita.
- 7) Kemudian setelah itu dilakukan penyambungan dengan menggunakan las listrik. Pengelasan tersebut disambung dengan teknik sambungan sudut ke bagian rangka kendaraan.

e. Perakitan sistem kemudi

Langkah – langkah pemasangan rack and pinion

- 1) Memasang rack and pinion dengan rangka mobil barang'13.
- 2) Memasang baut untuk mengikat rack and pinion.
- 3) Mengencangkan mur.
- 4) Memastikan rack and pinion sudah terpasang pada rangka dengan kuat.

Langkah – langkah pemasangan track rod

- 1) Memasang track rod dengan rangka
- 2) Melakukan penyetelan track rod
- 3) Memasang mur untuk mengikat track rod

- 4) Mengencangkan mur
- 5) Memastikan track rod sudah terpasang pada rangka dengan kuat.

Langkah – langkah pemasangan batang kemudi

- 1) Memasang batang kemudi pada rack and pinion
- 2) Memasang roda kemudi
- 3) Memasang mur untuk mengikat roda kemudi dengan batang kemudi
- 4) Mengencangkan mur pengikat roda kemudi
- 5) Memastikan roda kemudi terpasang kuat.

f. Proses Pengujian

Proses pengujian sistem kemudi pada mobil barang '13 ini dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1) Pengujian Radius Belok Maksimum Kemudi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara analisa rancangan radius belok kemudi pada pembuatan sistem kemudi dengan kenyataan radius belok dari hasil sistem kemudi yang telah dibuat, cara untuk melakukan pengujian yaitu :

- a) Memutar roda kemudi sampai penuh
- b) Membelokkan kendaraan dengan kecepatan rendah antara 5 – 10 km/jam. Pertahankan posisi roda kemudi sampai posisi kendaraan kembali di tempat awalnya.
- c) Saat melakukan pengujian kendaraan dalam keadaan tanpa beban.
- d) Mencatat radius lintas (R).

2) Pengujian kestabilan kemudi pada jalan lurus

Pengujian kestabilan kemudi pada jalan lurus ini dilakukan dengan bertujuan mengetahui stabilnya kemudi pada mobil barang '13. Pengujiannya dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a) Mengendarai mobil tersebut dengan kecepatan rendah antara 5 – 10 km/jam.
- b) Kemudian melepaskan roda kemudi pada saat melintasi *traffic cone*
- c) Setelah beberapa meter kemudian ukur roda dengan pinggir *traffic cone*
- d) Kemudian catat hasil pengujian ke dalam tabel yang telah disediakan.

3) Pengujian gaya untuk menggerakkan batang kemudi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui gaya yang diperlukan oleh tangan pengemudi kendaraan mobil barang '13 untuk menggerakkan atau memutar roda kemudi.

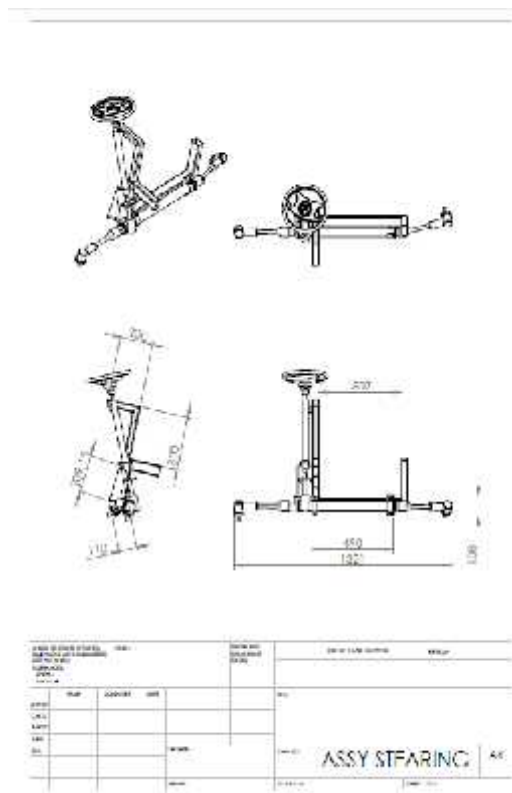
- a) Menyiapkan alat yang akan diperlukan dalam pengujian yakni neraca pegas sebagai alat ukurnya.
- b) Mengaitkan ujung pengait pada neraca pegas dengan roda kemudi kendaraan.
- c) Menarik neraca pegas hingga roda kemudi bergerak. Pengujian dilakukan dengan menarik neraca pegas ke arah putaran roda kemudi ke arah kiri dan kanan.
- d) Mengisi tabel dengan hasil atau data pengujian.

B. Hasil Proyek Akhir

Proses pembuatan dalam proyek akhir ini dikelompokkan menjadi dua bagian utama yaitu komponen sistem kemudi dan pembuatan dudukan sistem kemudi. Selain proses pembuatan sistem kemudi juga telah dilakukan proses pengujian. Hasil – hasil yang didapatkan setelah melaksanakan kedua proses pembuatan dan proses pengujian tersebut secara rinci akan dijelaskan pada bagian berikut ini.

1. Hasil Perancangan Kemudi

Hasil dari perancangan sistem kemudi yang telah dibuat yaitu antara lain:



Gambar 35. Hasil Perancangan Sistem Kemudi

2. Hasil Pembuatan Kemudi

Setelah melalui tahapan Perancangan dan pembuatan pada komponen sistem kemudi maka didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 36.
Hasil Dudukan *Steering Column* Bagian Bawah Yang Sudah Terpasang



Gambar 37.
Hasil Dudukan *Steering Column* Bagian Atas Yang Sudah Terpasang



Gambar 38.
Hasil Dudukan *Rack Housing* Bagian Kanan Yang Sudah Terpasang



Gambar 39.
Hasil Dudukan *Rack Housing* Bagian Kiri Yang Sudah Terpasang

3. Hasil Pengujian

Setelah melakukan proses pengujian kinerja sistem suspensi dengan metode uji fungsional terhadap sistem kemudi maka didapatkan hasil seperti berikut :

a. Radius Belok Kemudi

Ketika pengujian radius belok kemudi dengan cara memutar roda kemudi kekiri dan kekanan didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 8. Hasil Pengujian Radius Belok

Drajat putar kemudi	Arah ke kanan		Arah ke kiri	
	Roda kanan	Roda kiri	Roda kanan	Roda kiri
90°	13°	8°	6°	9°
180°	17°	15°	10°	12°
270°	20°	16°	12°	18°

Dan ketika mobil barang'13 dilakukan pengujian untuk mengetahui radius putarnya agar bisa membentuk 1 putaran ($\phi = 15 \text{ m}$) dengan $r = 7.5 \text{ m}$.

b. Pengujian kestabilan kemudi pada jalan lurus

Ketika melakukan pengujian kestabilan saat mobil barang'13 berjalan lurus didapat hasil pengujian sebagai berikut :

Tabel 9. Hasil Pengujian Kestabilan Kemudi di jalan Lurus

No .	Pengujian ke-	Jarak roda kanan dengan <i>traffic cone</i>	Jarak roda kiri dengan <i>traffic cone</i>	Selisih jarak antara roda kanan dan kiri
1.	1	35 cm	30 cm	5 cm
2.	2	32 cm	27 cm	5 cm
3.	3	33 cm	30 cm	5 cm

Berdasarkan data yang didapat dari pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa kendaraan tidak dapat tetap berjalan dengan lurus apabila kemudi dilepas. Kendaraan akan berbelok pada satu sisi dengan secara perlahan.

c. Pengujian gaya untuk menggerakkan kemudi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui gaya yang diperlukan oleh tangan pengemudi untuk menggerakkan atau memutar kemudi mobil barang '13. Setelah dilakukan pengujian maka didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 10. Hasil Pengujian Gaya Untuk Menggerakkan Kemudi

Posisi kemudi	Hasil Pengujian	
Saat berjalan lurus	0	Kg
Putaran kemudi ke kanan	7.3	Kg
Putaran kemudi ke kiri	7.4	Kg

Pada pengujian gaya lurus didapatkan bahwa tenaga yang dibutuhkan 0 kg. Maksud dari tenaga yang dibutuhkan pada pengujian gaya lurus ialah pada posisi tersebut maka tidaklah dibutuhkan tenaga sehingga tidak membebani pengemudi. Sedangkan pada pengujian untuk keadaan berbelok kekanan maupun kekiri dibutuhkan gaya kurang lebih 7.3 – 7.4 kg. Pada posisi ini mobil barang'13 melaju dengan kecepatan 10 km/jam.

d. Uji Geser pada baut dudukan kemudi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa kuat baut yang menahan sistem kemudi pada dudukan kemudi mobil barang'13.

Tabel 11. Hasil Pengujian Geser Baut Pengencang Sistem Kemudi

No .	Pengujian ke-	Beban geser tunggal (N)	Diameter Baut (mm)	Luas Penampang (mm ²)	Kekuatan Geser (N/mm ²)
1.	1	35200	10,2	81,671	430,99
2.	2	35000	10,2	81,671	428,54
3.	3	35100	10,2	81,671	429,77

Dari pengujian yang didapat tersebut luas penampang tersebut dapat dicari dengan rumus :

$$A = \frac{1}{4}\pi D^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (10,2)^2 = 81,671 \text{ mm}^2$$

Selain itu kekuatan tegangan geser juga dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$1. \text{ Pengujian 1} = \sigma = \frac{F}{A} = \frac{35200}{81,671} = 430,99 \text{ N/mm}^2$$

$$2. \text{ Pengujian 2} = \sigma = \frac{F}{A} = \frac{35000}{81,671} = 428,54 \text{ N/mm}^2$$

$$3. \text{ Pengujian 3} = \sigma = \frac{F}{A} = \frac{35100}{81,671} = 429,773 \text{ N/mm}^2$$

e. Uji Tarik

Pengujian tarik ini dilakukan untuk mengetahui gaya yang berpengaruh untuk menggerakkan kemudi pada posisi kendaraan mobil barang'13 pada posisi berhenti atau diam.

Tabel 12. Hasil Pengujian Uji tarik

Posisi roda	Hasil Pengujian	
Saat lurus	0	N
Roda kanan mulai bergerak	50	N
Roda kiri mulai bergerak	55	N

C. Pembahasan

1. Pembuatan Sistem Kemudi

Dalam proses perancangan sistem kemudi ini menggunakan aplikasi *solid works*. Proses perancangan sendiri dirancang dengan mempertimbangkan chasis kendaraan yang dibuat. Perancangan dibuat dengan ukuran yang telah disesuaikan dengan chasis sehingga kemudi dapat terpasang dengan baik.

Dalam proses pembuatan dudukan sistem kemudi mobil barang '13 ini menggunakan besi strip. Pada saat melakukan proses pembuatan ditemukan beberapa permasalahan. Beberapa permasalahan yang dihadapi dalam proses pembuatan/perencanaan sistem kemudi mobil barang '13 diantaranya : pada saat menentukan tata letak kemudi *rack and pinion* dan selain itu permasalahan yang lain ialah menentukan turning radius maksimal yang dapat dicapai dan juga pemotongan bahan yang ada. Pada saat menentukan tempat *rack and pinion* memerlukan banyak pertimbangan karena melihat dari bentuk mobil, *chasis*, dan juga komponen lain yang harus saling berkesinambungan. Sedangkan untuk turning radius maksimal kendala terdapat pada beberapa aspek yang belum masuk dalam rencana perancangan sehingga yang terjadi dilapangan kemudi tidak dapat

membelok secara maksimal. Kemudian pada permasalahan yang lain ialah hasil pemotongan bahan yang kurang presisi sehingga komponen tersebut menjadi kurang maksimal kegunaannya.

Saat menentukan letak *rack and pinion* yang tepat sehingga saat bekerja dapat berjalan dengan maksimal dan tidak mengganggu kerja komponen lain maka diperlukan adanya koordinasi dengan perancangan komponen yang lainnya seperti perancangan rem, suspensi dan interior.

Saat menentukan turning radius atau radius belok mobil alangkah baiknya diperhatikan kemudi yang akan digunakan agar tidak ada komponen yang terbuang percuma. Selain itu perbandingan gear pada sistem kemudi juga harus dipertimbangkan karenan hal tersebut memiliki pengaruh yang sangat besar. Disamping itu desain dan juga koordinasi tiap komponen juga memiliki pengaruh pada sistem kemudi.

Saat melakukan pemotongan agar diperoleh hasil pemotongan besi yang sesuai dengan ukuran, maka diperlukan proses pengukuran dan penggoresan yang jelas. Alat ukur yang digunakan juga harus benar – benar presisi. Pada saat melakukan goresan alat ukur harus lurus agar didapatkan hasil yang diharapkan.

Selain itu pada proses pembuatan dudukan juga harus dilakukan pengelasan. Dalam proses pengelasan pembuatan sistem kemudi mobil barang '13 menggunakan diameter 2,6 x 350 mm. Pembuatan / perancangan sistem kemudi dimulai dari pembuatan dudukan steering column bagian atas, kemudian dudukan steering column bagian bawah, setelah itu membuat

dudukan rack housing. Agar proses dapat lebih presisi maka dapat digunakan alat penyiku lalu dilakukan pengelasan dengan *tack weld* terlebih dahulu. Proses *tack weld* ini tujuannya untuk meminimalisir kesalahan kesikuan pada saat pengelasan komponen sistem kemudi tersebut. Apabila terjadi ketidaksesuaian bisa segera diperbaiki dengan cara memukul bagian komponen dengan menggunakan palu, tanpa harus melakukan penggerindaan atau pemotongan. Setelah komponen sistem kemudi melalui proses *tack weld* lalu dilanjutkan dengan melakukan pengelasan penuh. Kemudian langkah selanjutnya yaitu langkah *finising*, langkah *finising* dilakukan jika semua komponen sistem kemudi dirasakan sudah cukup baik. Langkah finishing dilakukan dengan cara penggerindaan sisa pengelasan, pengemplasan, dan pengecatan. Setelah langkah finishing selesai dan dimungkinkan hasil dari proses finishing baik, maka langkah yang terakhir yaitu perakitan komponen sistem kemudi.

2. Hasil pengujian

Berdasarkan hasil pengujian yang terdapat pada tabel 8. Pengujian dilakukan dengan tiga drajat putar kemudi yang berbeda. Pada tiap drajat yang dilakukan pengujian mendapatkan hasil yang berbeda – beda. Berdasarkan dari perancangan sistem kemudi pada bab sebelumnya radius kemudi dirancang dengan perhitungan dan rumus kemudian didapatkan hasil radius belok 4,7 m untuk melakukan satu kali putaran. Data perancangan tersebut digunakan sebagai dasar untuk pembuatan sistem kemudi. Akan tetapi setelah sistem kemudi selesai dan dilakukan pengujian

maka didapat pengujian mobil barang '13 dapat melintasi 1 kali putaran dengan 7,5 m hasil itu didapat saat kemudi diputar secara penuh. Dari ketidaksesuaian yang ada tersebut kemungkinan disebabkan dari perhitungan panjang lengan tie rod kurang panjang ataupun juga kurang sesuainya knuckle arm. Data tersebut dapat menyimpulkan bahwa terdapat kesenjangan yang harus dibenahi untuk membuat kemudi yang lebih baik supaya mobil tersebut dapat berbelok secara maksimal.

Berdasarkan tabel hasil pengujian kestabilan kemudi yang didapat maka dapat disimpulkan bahwa kemudi tidak dapat mempertahankan posisinya untuk tetap berjalan lurus. Kesimpulan tersebut didapat setelah melakukan pengujian secara tiga kali dengan hasil yang berbeda dan juga setiap pengujian memiliki selisih. Selisih tersebut yang membuat kesimpulan bahwa kemudi tidak dapat mempertahankan kestabilannya. Hal ini kemungkinan disebabkan pada waktu menentukan sudut caster kurang atau terlalu kecil sehingga kestabilan kendaraan kurang. Oleh sebab itu perlunya penentuan Alignment roda depan secara matang agar kestabilan di jalan lurus dapat terjaga. Kemudi yang memiliki kestabilan yang baik merupakan sistem kemudi yang layak digunakan untuk mobil tersebut.

Pengujian ini dilakukan pada kecepatan 10 km/jam saat jalan lurus dan ketika dilakukan pengujian dibutuhkan gaya 0 kg atau tidak memerlukan gaya. Dari hasil tersebut maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pada saat mobil berjalan dalam keadaan lurus maka pengemudi tidak memerlukan gaya untuk menggerakkan kemudi mobil. Hal ini sesuai

dengan keadaan yang ada dimana kendaraan pada saat lurus tidak ada gaya yang berlebih saat menggerakkan kemudi. Pada saat melakukan belok kanan ataupun belok kiri didapat hasil 7.3 – 7.4 kg. Hasil itu didapat pada saat berbelok pengemudi perlu membelokkan kemudi. Keadaan tersebut merupakan saat berbelok gesekan roda pada jalan tidak menyeluruh sehingga gaya yang diperlukan untuk menggerakkan roda kemudi lebih besar dari pada ketika pada jalan lurus.

Pengujian tersebut merupakan pengujian baut yang dipakai untuk menahan sistem kemudi pada bagian rangka. Pengujian ini bertujuan untuk memperkirakan kekuatan maksimal yang dapat ditahan sebuah baut untuk menahan guncangan maupun hentakan saat roda berada pada kontur jalan yang tidak rata. Pengujian yang dilakukan tiga kali dengan baut yang sama diperoleh hasil rata – rata pengujian $429,76 \text{ N/mm}^2$. Hasil tersebut merupakan landasan guna melakukan pemilihan baut yang pas digunakan untuk sistem kemudi.

Uji tarik ini memiliki tujuan agar mengetahui gaya yang dilakukan saat berbelok pada posisi mobil diam tersebut berpengaruh pada baut pengencang antara sistem kemudi atau tidak. Dalam beberapa hal gaya tersebut juga dapat memberikan efek dimana efek yang paling berat adalah patahnya baut akibat kemudi yang bekerja saat kendaraan diam. Hal tersebut sangat jelas membahayakan pengendara. Berdasarkan pengujian yang ada didapatkan hasil antara 50 N dan 55 N.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan dari uraian bab terdahulu mengenai segala hal dalam proses analisa tugas akhir dengan judul “Pembuatan dudukan Sistem Kemudi Pada Mobil Barang’13” dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Rancangan sistem kemudi dimulai dengan menganalisa data yang dibutuhkan dalam proses pembuatan sistem kemudi pada mobil barang’13 yang meliputi jarak dari poros ke titik berat yaitu 1455 mm, sudut slip kendaraan diasumsikan 55, sudut belok depan 35, jarak poros belakang depan 2910 mm, jarak poros depan ke poros belakang 1380 mm. Dari data diatas diperleh radius belok 4,7 m, sudut belok roda bagian dalam $28,08^\circ$ dan sudut belok roda bagian luar $35,54^\circ$.
2. Setelah menganalisa data kemudian langkah selanjutnya yaitu mendesain sistem kemudi pada mobil barang’13 yang meliputi desain dudukan *steering column* bagian atas, dudukan *steering column* bagian bawah, dudukan *rack housing*. Proses pembuatan dan perakitan sistem kemudi pada mobil barang’13 dimulai dari mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan. Membuat dudukan *steering column* bagian atas, membuat dudukan *steering column* bagian bawah, membuat dudukan *rack housing*. Setelah dudukan selesai dibuat maka langkah selanjutnya adalah merakit sistem kemudi agar sistem kemudi dapat berfungsi dengan baik.

3. Hasil dari pengujian ini sistem kemudi mobil barang ini kurang mampu mempertahankan kestabilan kemudi pada saat mobil tersebut berjalan pada jalan lurus. Kemudian untuk kinerja sistem kemudi radius belok belum mampu memenuhi rancangan yang diharapkan. Pada rancangan yang ada diharapkan kemudi dapat membentuk radius 4,7 m akan tetapi pada kenyataannya kemudi hanya mampu membentuk sudut radius 7,5 m. Akan tetapi kelebihan dari sistem kemudi mobil barang '13 ini memiliki sudut gerak bebas roda kemudi yang kecil sehingga menjadikan sistem kemudi mobil barang'13 menjadi lincah.

B. Keterbatasan Alat

Sistem kemudi pada mobil barang '13 yang telah dibuat memiliki keterbatasan sebagai berikut :

1. Sistem kemudi yang dibuat memiliki radius belok yang berlebihan.
2. Apabila terjadi kerusakan pada sistem kemudi, maka untuk melepaskan sistem kemudi tersebut harus melepaskan *dashboard* terlebih dahulu sehingga memerlukan waktu yang lama untuk memperbaiki kerusakan tersebut (kurang efektif).
3. Hasil pengujian yang ada kurang akurat dikarenakan alat uji yang kurang memenuhi standar.

C. Saran

Saran yang dapat diberikan kepada pembaca laporan ini adalah ketika dalam melakukan perancangan sampai dengan pembuatan sistem kemudi suatu kendaraan maka yang perlu diperhatikan untuk membuat sistem kemudi yang baik diantaranya :

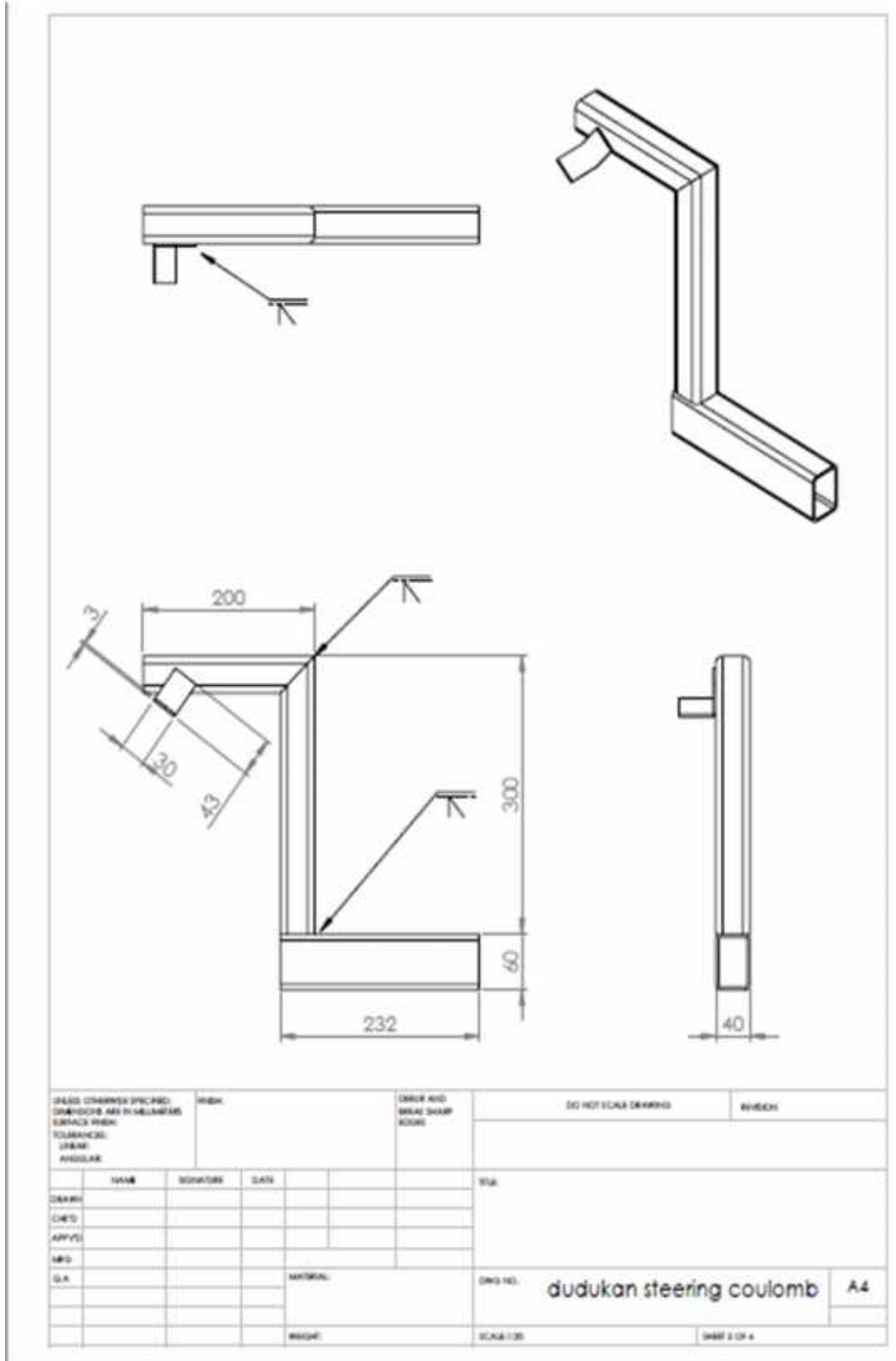
1. Dalam pengembangan berikutnya perlu menambahkan unsur perawatan, karena komponen pada mobil pasti akan memerlukan perawatan dan penggantian komponen secara berkala.
2. Dari segi kualitas maka penggunaan barang yang masih baru akan lebih memiliki fungsi yang baik dan lebih awet serta terjamin.
3. Dalam pengujian alangkah baiknya menggunakan alat uji yang memiliki tingkat akurasi yang baik. Sehingga hasil yang didapat lebih maksimal.

Daftar Pustaka

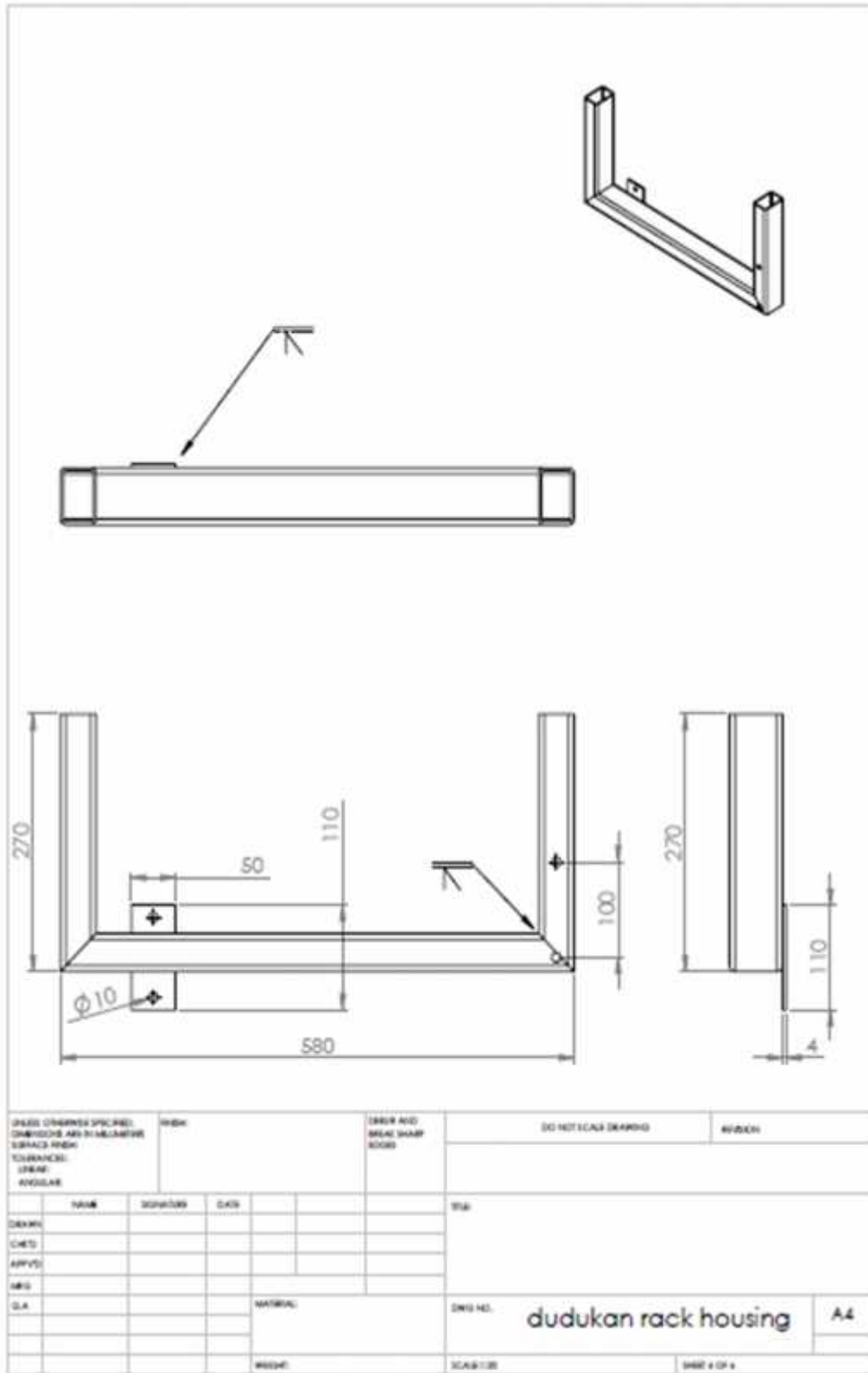
- Anonim. (2003). *Toyota New Step Training Manual 1*. Jakarta: PT. Toyota Astra Motor.
- Anonim.(t.th). *Wheel Alignment* roda depan <http://www.hyperracer.com/hyperracer/tips/toe.html> diakses pada tanggal 5 Desember 2016 jam 20.00 WIB.
- Daryanto. (2014). *Teknik Merawat Automobil Lengkap*. Bandung : Yrama Widya.
- Martubi. (2004). *Steering Geometri Kendaraan*. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Saleh. (1995). *Teknik Mobil*. Jakarta : Bhratara
- Sukaswanto.(2004). *Statika dan Kekuatan Material*. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta
- Sutantra, I Nyoman. (2010). *Teknologi Otomotif Teori*. Surabaya:Guna Widya.
- Wakid, Muhkamad. (2010). *Sistem Kemudi Pada Kendaraan Ringan*. Yogyakarta : Insania.

LAMPIRAN


Lampiran 2. Rancangan Dudukan Steering Column Bagian Atas



Lampiran 4. Rancangan Dudukan Rack Housing



Lampiran 5. Kartu Bimbingan Proyek Akhir



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

KARTU BIMBINGAN PROYEK AKHIR/TUGAS AKHIR SKRIPSI
FRM/OTO/04-00
27 Maret 2008

Nama Mahasiswa : Anggit Nurcahya Putra
No. Mahasiswa : 13509134008
Judul PA/TAS : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM KEMUDI PADA MOBIL BARANG '13
Dosen Pembimbing : Muhkamad Wakid, M.Eng.

Bimb. ke	Hari/Tanggal	Materi Bimbingan	Catatan Dosen/Pembimbing	Tanda Tangan Dosen/Pembimbing
1	Senin/8-11-2016	Bab I	2. carmahi	
2			apa itu masalah	
3	Kebu/16-11-2016	Bab I dan Bab II	Selanjutnya	
4			lebih banyak	
5			diulangi dulu!!!	
6			di satu hal	
7			terima	
8			salah tulis	
9	Kamis/24-11-2016	Bab I & II	3 saja	
10			salah tulis	
			manis banget	
			jujur	

Keterangan :

- Mahasiswa wajib bimbingan minimal 6 kali
Bila lebih dari 6 kali. Kartu ini boleh di copy
- Kartu ini wajib dilampirkan pada laporan PA/TAS

Struktur Bab I
jelas
diulangi



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

KARTU BIMBINGAN PROYEK AKHIR/TUGAS AKHIR SKRIPSI

FRM/OTO/04-00

27 Maret 2008

Nama Mahasiswa : Anggit Nurcahya Putra

No. Mahasiswa : 13509134008

Judul PA/TAS : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM KEMUDI
PADA MOBIL BARANG '13

Dosen Pembimbing : Muhkamad Wakid, M.Eng.

Bimb. ke	Hari/Tanggal	Materi Bimbingan	Catatan Dosen/Pembimbing	Tanda Tangan Dosen/Pembimbing
1	Jum'at / 12-12-2016	Bab 2	Catatan & catatan selanjutnya mana?	
2				
3	Jum'at / 22-12-2016	Bab 1 dan 2	Bisa bus?	
4			Bisa rumbut!	
5	Rabu / 28-12-2016	Bab 1 dan 2	Bab 2 & 1 & 2	
6			Membaca & membaca!	
7				
8			Bisa di b. jelas!	
9	Selasa / 31-01-2017		Jepang & membaca	
10			Supaya membaca & pedoman & bisa	

Keterangan :

1. Mahasiswa wajib bimbingan minimal 6 kali. Bila lebih dari 6 kali. Kartu ini boleh di copy
2. Kartu ini wajib dilampirkan pada laporan PA/TAS

pkmu!



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

KARTU BIMBINGAN PROYEK AKHIR/TUGAS AKHIR SKRIPSI

FRM/OTO/04-00

27 Maret 2008

Nama Mahasiswa : Anggit Nurahya Putra

No. Mahasiswa : 13509134008

Judul PA/TAS : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM KEMUDI
PADA MOBIL BARANG '13

Dosen Pembimbing : Muhkamad Wakid, M.Eng.

Bimb. ke	Hari/Tanggal	Materi Bimbingan	Catatan Dosen/Pembimbing	Tanda Tangan Dosen/Pembimbing
1			Diketahui	
2			Dilampit	
3			bab 10	
4				
5			cek bab	
6			D. diketahui	
7			perubahan gambar teknik	
8			1/2 dilampit ke bab II	
9				
10				

Keterangan :

1. Mahasiswa wajib bimbingan minimal 6 kali
Bila lebih dari 6 kali, Kartu ini boleh di copy
2. Kartu ini wajib dilampirkan pada laporan PA/TAS



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

KARTU BIMBINGAN PROYEK AKHIR/TUGAS AKHIR SKRIPSI

FRM/OTO/04-00

27 Maret 2008

Nama Mahasiswa : Anggit Nurcahya Putra

No. Mahasiswa : 13509134008

Judul PA/TAS : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM KEMUDI
PADA MOBIL BARANG '13

Dosen Pembimbing : Muhkamad Wakid, M.Eng.

Bimb. ke	Hari/Tanggal	Materi Bimbingan	Catatan Dosen/Pembimbing	Tanda Tangan Dosen/Pembimbing
1	Senin 15-9-2017		* Disenari!	
2			* Disiap	
3			full notebook!	
4			* Pustaka	
5			Subans!	
6				
7				
8				
9				
10				

Keterangan :

1. Mahasiswa wajib bimbingan minimal 6 kali
Bila lebih dari 6 kali. Kartu ini boleh di copy
2. Kartu ini wajib dilampirkan pada laporan PA/TAS

Lampiran 6. Bukti Selesai Revisi



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

BUKTI SELESAI REVISI PROYEK AKHIR D3/S1

FRM/OTO/11-00
27 Maret 2008

Nama Mahasiswa : Anggit Nurcahya Putra
No. Mahasiswa : 13509134008
Judul PA D3/S1 : Perancangan dan Pembuatan Sistem Kemudi Pada Mobil
Barang '13.....

Dosen Pembimbing : Muhkamad Wakid, S.Pd. M.Eng

Dengan ini Saya menyatakan Mahasiswa tersebut telah selesai revisi.

No	Nama	Jabatan	Paraf	Tanggal
1.	Muhkamad Wakid, S.Pd. M.Eng	Ketua Penguji		26/10/17
2.	Drs. Sukaswanto, M.Pd	Sekretaris Penguji		19/10/17
3.	Drs. Sudiyanto, M.Pd	Penguji Utama		26/10/17

Keterangan :

1. Arsip Jurusan
2. Kartu wajib dilampirkan dalam laporan Proyek Akhir D3/S1