



**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM REM PADA MOBIL
BARANG '13**

PROYEK AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik

Program Studi Teknik Otomotif



Oleh :

TRI SAKSANA

NIM. 13509134001

PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMOTIF

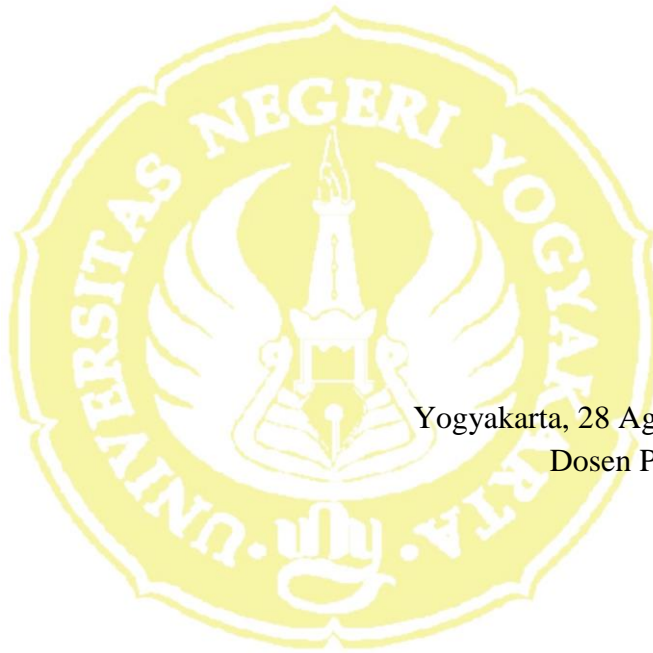
FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

AGUSTUS 2017

PERSETUJUAN

Proyek Akhir ini yang berjudul “**Perancangan dan Pembuatan Sistem Rem Pada Mobil Barang 13**” ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.



Yogyakarta, 28 Agustus 2017
Dosen Pembimbing,

Muhkamad Wakid, S.Pd. M.Eng
NIP. 19770717 200212 1 001

**PENGESAHAN
PROYEK AKHIR
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM REM PADA MOBIL BARANG '13**

Disusun Oleh :

TRI SAKSANA


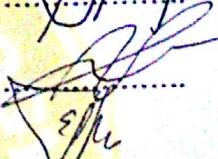
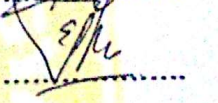
NIM. 13509134001

Telah Dipertahankan di Depan Penguji Proyek Akhir

Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

Pada Tanggal 23 September 2017

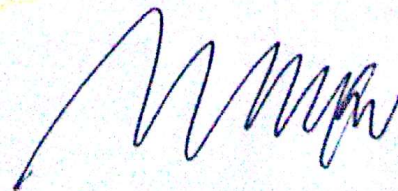
DEWAN PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Muhkamad Wakid, S.Pd. M.Eng	Ketua Penguji		18/10/2017
Drs. Sukaswanto, M.Pd	Sekretaris Penguji		18/10/2017
Dr. Tawardjono Us, M.Pd	Penguji Utama		17/10/17

Yogyakarta, 16 Oktober 2017

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta



Dr. Widarto, M.Pd

NIP. 19631230 1988121 001A

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Proyek Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya Teknik atau gelar lainnya disuatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 28 Agustus 2017

Yang Menyatakan,

TRI SAKSANA
NIM. 13509134001

PERSEMBAHAN

Laporan Proyek Akhir ini kupersembahkan kepada :

- ✓ Alm Ibu tercinta yang tenang di surga.
- ✓ Bapak dan Ibu tercinta yang luar biasa memberikan dukungan dan bimbingan serta doa.
- ✓ Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif UNY yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya.
- ✓ Teman-teman kelas B Teknik Otomotif angkatan 2013 terimakasih atas kerja sama dan dukungannya.
- ✓ Sahabat-sahabat yang selalu memberikan masukan serta saran-saran yang luar biasa.

MOTTO

Waktu itu bagaikan sebilah pedang, kalau engkau tidak memanfaatkannya, maka ia akan memotongmu.

(Ali bin Abu Thalib)

Kegagalan hanya terjadi bila kita menyerah

(Lessing)

Lebih baik terlambat daripada tidak wisuda sama sekali

(Penyusun)

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM REM PADA MOBIL BARANG 13

**Oleh
TRI SAKSANA
13509134001**

ABSTRAK

Tujuan dari proyek akhir ini adalah (1) Menghasilkan rancangan sistem rem yang dapat digunakan pada mobil barang '13, (2) Membuat sistem rem yang dapat diaplikasikan pada mobil barang '13, (3) Menguji dan mengetahui kinerja dari sistem rem mobil barang '13.

Pembuatan sistem rem ini melalui beberapa tahapan (1) menganalisis kebutuhan sistem rem yaitu berat kendaraan, beban maksimal kendaraan, jarak pengereman mobil yang ditetapkan, (2) mendesain rancangan sistem rem, (3) pembuatan rem depan dengan tipe rem cakram menggunakan kaliper jenis piston ganda, (4) pembuatan rem belakang dengan tipe rem tromol menggunakan jenis rem tromol tipe pin, (5) melakukan pengujian sistem rem. Melakukan pengujian sistem rem dengan test jalan pada kecepatan 30 km/jam dan 50 km/jam seperti saat berkendara di jalan.

Setelah dilakukan perancangan, pembuatan, sampai dengan pengujian sistem rem mobil barang '13. Didapatkan hasil pengujian dan kinerja rem mobil barang '13 pada kecepatan 30 km/jam didapat rata-rata jarak pengereman 3,5 m dan pada kecepatan 50 km/jam didapat rata-rata jarak pengereman 8,24 m. Berdasarkan tabel jarak pengereman dan efisiensi pengereman, untuk kecepatan 30 km/jam jarak pengereman maksimal 3.6 m pada efisiensi 100%, dan untuk kecepatan 50 km/jam jarak pengereman maksimal 10.0 m pada efisiensi 100%. Berdasarkan hasil pengujian jarak pengereman dan membandingkan dengan tabel jarak pengereman dan efisiensi pengereman sistem rem mobil barang 13 memenuhi standar jarak pengereman pada efisiensi 100% sehingga dinyatakan baik dan aman digunakan.

Kata kunci : sistem rem mobil barang 13

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT yang telah senantiasa memberikan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir. Proyek Akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar Ahli Madya Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Proyek akhir ini disadari masih belum dari kata sempurna tanpa bimbingan dari berbagai pihak baik langsung dan tidak langsung berupa dukungan dan doa sehingga menjadi motivasi semangat dalam pengerjaan Proyek Akhir ini. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati pada kesempatan ini penyusun ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Bapak Muhkamad Wakid, S.Pd, M.Eng. selaku Pembimbing Proyek Akhir atas segala bantuan dan bimbingan yang telah diberikan demi tercapainya penyelesaian Proyek Akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Sutrisna Wibawa, M.Pd, selaku Rektor Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Bapak Dr. Widarto, 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.Pd, M.Eng selaku Pembimbing Akademik atas segala bantuan dan bimbingannya yang telah diberikan demi tercapainya penyelesaian Proyek Akhir ini.
7. Kedua Orang Tua tercinta yang telah banyak mendukung serta berkat doa kalian sehingga tercapainya keinginanku.
8. Segenap Dosen dan karyawan Program Studi Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

9. Kepada kelompok tugas akhir mobil barang '13 yang telah dengan baik bekerjasama dan mendukung dalam penyelesaian proyek akhir ini.
10. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesainya penulisan karya ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Dalam laporan ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, oleh karena itu diharapkan kritik dan saran yang membangun untuk hasil yang lebih baik dimasa mendatang.

Yogyakarta, 24 Agustus 2017

Tri Saksana

NIM. 13509134001

DAFTAR ISI

Halaman

SAMPUL	i
PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv

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 Rem	6
1. Fungsi Rem	6
2. Sistem Rem dan Sifat Umum	7
3. Prinsip Pengereman	7
B. Dasar Pengereman	8
1. Energi Gerak dan Kerja	8
2. Penentuan Jarak Pengereman	9
3. Penentuan Efisiensi Pengereman	10
C. Macam-Macam Rem.....	11
1. Rem Kaki	11
2. Rem Parkir	13
3. Rem Tambahan	13
D. Rem Tromol	14
1. Perhitungan Rem Tromol	15
2. Tipe Rem Tromol	19
E. Rem Cakram	24
F. Komponen Sistem Rem Pada Kendaraan	26
1. Pedal Rem	26
2. Master Silinder	27

3. Selang Rem	27
4. Piringan	27
5. <i>Caliper</i>	28
6. Kampas Rem	30
7. Minyak Rem	31
BAB III KONSEP RANCANGAN	
A. <i>Flowchart</i>	33
B. Analisis Kebutuhan	34
1. Menentukan Gaya Pengereman	34
2. Menentukan Waktu Pengereman	35
3. Menentukan Proporsi Gaya Pengereman	35
4. Menentukan Diameter Kaliper	36
C. Konsep Rancangan	38
1. Rancangan Sistem Rem Depan	38
2. Rancangan Sistem Rem Belakang	41
D. Langkah Pembuatan	44
1. Pemilihan Bahan	44
2. Alat-Alat yang Digunakan	45
3. Langkah Kerja	46
E. Biaya	50
F. Metode Pengujian	51
1. Pengujian Sistem Rem	51
2. Ilustrasi Pengujian Pengereman	51
G. Jadwal Rancangan Kerja	53
BAB IV PROSES, HASIL, DAN PEMBAHASAN	
A. Proses	54
1. Perancangan Sistem Rem	54
2. Proses Pembuatan Sistem Rem	58
3. Proses Perakitan	68
B. Proses Pengujian	76
C. Hasil	78
1. Hasil Perancangan Sistem Rem	78
2. Hasil Pembuatan Mobil Barang '13	82
3. Hasil Pengujian Sistem Rem	84
D. Pembahasan	85
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	88
B. Keterbatasan	89
C. Saran	90
DAFTAR PUSTAKA	91
LAMPIRAN-LAMPIRAN	92

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1.	Jarak Pengereman dan Efisiensi Pengereman	11
Tabel 2.	Penggolongan Minyak Rem	32
Tabel 3.	Kebutuhan Bahan	44
Tabel 4.	Daftar Biaya	49
Tabel 5.	Perbandingan Harga Barang	50
Tabel 6.	Daftar Pengujian	51
Tabel 7.	Jadwal Rencana Kerja	52
Tabel 8.	Hasil Pengujian Sistem Rem	83

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Susunan Hidrolik	12
Gambar 2. Rem Tromol	14
Gambar 3. Beban Depan dan Beban Belakang	15
Gambar 4. Gaya Pedal dan Tekanan Minyak Silinder Roda	17
Gambar 5. Faktor Efektivitas Rem Terhadap Koefisien Gesek	18
Gambar 6. Tipe <i>Leading and Trailing</i>	20
Gambar 7. Tipe <i>Two Leading</i> Jenis <i>Single Action</i>	21
Gambar 8. Tipe <i>Two Leading</i> Jenis <i>Double Action</i>	21
Gambar 9. Tipe <i>Uni Servo</i>	22
Gambar 10. Tipe <i>Duo Servo</i>	23
Gambar 11. Tipe <i>Anchor Pin</i>	24
Gambar 12. Rem Cakram	24
Gambar 13. Notasi untuk Rem Cakram	25
Gambar 14. Pedal Rem	26
Gambar 15. Selang Rem	27
Gambar 16. <i>Fixed Caliper</i>	29
Gambar 17. <i>Floating Caliper</i>	30
Gambar 18. Kampas Rem	30
Gambar 19. Konstruksi Sistem Rem	38
Gambar 20. Dudukan Kaliper	39
Gambar 21. Dudukan Kabel Rem	40
Gambar 22. Dudukan Master Silinder	40
Gambar 23. Penghubung Rem Belakang	41
Gambar 24. Dudukan Rem Parkir	42
Gambar 25. Dudukan Kabel Rem Belakang	42
Gambar 26. Pedal Rem	43
Gambar 27. Dudukan Pedal Rem	44
Gambar 28. Pedal Rem	49
Gambar 29. Dudukan Pedal Rem	50
Gambar 30. Ilustrasi Pengujian	52
Gambar 31. Proses Desain Rancangan Dudukan Kaliper	55
Gambar 32. Desain Dudukan Master Silinder	55
Gambar 33. Desain Dudukan Pengait Kabel Rem	56
Gambar 34. Desain Penggerak Tuas Belakang	56
Gambar 35. Desain Dudukan Kabel Rem	57
Gambar 36. Desain Dudukan Rem Parkir	57
Gambar 37. Desain Pedal Rem	58
Gambar 38. Hasil Dudukan Kaliper	59
Gambar 39. Dudukan Master Silinder	60
Gambar 40. Dudukan Master Silinder Yang di Las	61
Gambar 41. Merapikan Dudukan Pengait Kabel Rem	61

Gambar 42.	Dudukan Pengait Kabel Pada Rangka Setelah di Las	62
Gambar 43.	Penggerak Tuas Belakang	63
Gambar 44.	Dudukan Kabel Rem Belakang	64
Gambar 45.	Desain Dudukan Rem Parkir	65
Gambar 46.	Rem Parkir	66
Gambar 47.	Plat Besi	66
Gambar 48.	Pemotongan Besi	67
Gambar 49.	Desain Pengungkit.....	67
Gambar 50.	Pengungkit Pada Pedal Rem.....	68
Gambar 51.	Roda Depan	68
Gambar 52.	As Roda Depan	69
Gambar 53.	Pemasangan Kaliper	69
Gambar 54.	Pemasangan Master Silinder	71
Gambar 55.	Pemasangan T Pembagi	71
Gambar 56.	Mendongkrak Bagian Depan	72
Gambar 57.	Proses <i>Membleeding</i>	73
Gambar 58.	Pemasangan Dudukan Rem	73
Gambar 59.	Pemasangan Pengungkit Rem	74
Gambar 60.	Mendongkrak Bagian Belakang Mobil	74
Gambar 61.	Penyetelan Rem Belakang	75
Gambar 62.	Dudukan Rem Parkir Yang di Las.....	75
Gambar 63.	Pemasangan Dudukan Rem Parkir	76
Gambar 64.	Garis Awal Pengujian	77
Gambar 65.	Pengukuran Pengujian	78
Gambar 66.	Desain Rangka Mobil Barang '13	81
Gambar 67.	Desain Rancangan Mobil Barang '13.....	82
Gambar 68.	Hasil Pembuatan Mobil Barang '13	82
Gambar 69.	Rem Bagian Depan	83
Gambar 70.	Rem Bagian Belakang	83

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Kartu Bimbingan	93
Lampiran 2. Kartu Bimbingan	94
Lampiran 3. Kartu Bimbingan	95
Lampiran 4. Bukti Selesai Revisi	96
Lampiran 5. Dudukan Rem Parkir	97
Lampiran 6. Dudukan Sulur	98

BAB I PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Seiring berkembangnya zaman, berkembang pula teknologi. Perkembangan teknologi dimaksudkan untuk membantu segala aktivitas manusia. Berbagai bidang telah mengalami perkembangan teknologi. Salah satu bidang yang mengalami perkembangan teknologi adalah bidang otomotif. Perkembangan teknologi dibidang ini terjadi dibagian industri dan juga produk yang dihasilkan. Berbagai varian produk otomotif telah dihasilkan oleh industri terkait yang berimbas pada kenaikan pertumbuhan kendaraan.

Menurut Badan Pusat Statistik menyebutkan data tentang pertumbuhan kendaraan antara tahun 2012 dengan 2013, yakni pada tahun 2012 jumlah kendaraan yang beroperasi di Indonesia sebanyak 94.373.324 buah kendaraan, sedangkan tahun 2013 sebanyak 104.118.969 buah kendaraan. Dari kedua data tersebut telah terjadi kenaikan jumlah kendaraan dari tahun 2012 dan 2013 sebanyak 9.745.735 buah kendaraan. (BPS, 2014)

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor, tentu akan berdampak pada jumlah ketersediaan BBM, mengingat bahwa kendaraan bermotor yang meningkat secara otomatis akan meningkatkan konsumsi BBM tersebut. Hal tersebut diperkuat dari wacana yang menyatakan bahwa terus meningkatnya kebutuhan minyak bumi salah satunya bahan bakar kendaraan membuat stok minyak makin berkurang. Saat ini cadangan minyak di dunia tersisa hanya sampai 53 tahun lagi.

(<https://m.detik.com/finance/energi/2431263/cadangan-minyak-dunia-habis-53-tahun-lagi>). Hal ini tentunya akan berdampak langsung antara peningkatan jumlah kendaraan bermotor dengan semakin sedikitnya jumlah cadangan minyak.

Permasalahan tersebut yang memicu kreativitas seseorang dimana untuk mengurangi peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang baru. Maka perlunya memanfaatkan kendaraan bekas. Sehingga peningkatan jumlah kendaraan baru dapat diredam. Memanfaatkan kendaraan bekas sepeda motor Tossa menjadi mobil barang. Tossa sendiri kendaraan motor angkutan barang beroda tiga. Dimana Tossa memiliki kapasitas mesin 200cc. Kapasitas daya tampung barang yang kecil maka perlunya kreativitas untuk merubah menjadi mobil angkutan barang yang memiliki kapasitas angkut barang yang besar dan mempunyai empat roda sehingga kendaraan menjadi lebih nyaman. Pembuatan mobil barang ini menggunakan mesin dari Tossa. Mobil barang ini ramah lingkungan, dan bisa sebagai alternatif mobil angkutan barang yang murah dikalangan masyarakat.

Di Indonesia terdapat regulasi mengatur kendaraan laik jalan regulasi tersebut terdapat pada UU No 44 Tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan. Dimana pada pasal 48 ayat 1 berbunyi ‘Setiap kendaraan bermotor yang dioperasikan di jalan harus memenuhi persyaratan teknis dan laik jalan. Pada ayat 3 dijelaskan ‘Persyaratan teknis sebagaimana dimaksud pada ayat (1) ditentukan oleh kinerja minimal kendaraan bermotor yang diukur sekurang-kurangnya terdiri atas : (a) Emisi gas buang (b) Kebisingan suara (c) Efisiensi

sistem rem utama (d) Efisiensi sistem rem parkir (e) Kincup roda depan (f) Suara klakson (g) Daya pancar dan arah sinar lampu utama (h) Radius putar (i) Akurasi alat penunjuk kecepatan (j) Kesesuaian kinerja roda dan kondisi ban (k) Kesesuaian daya mesin penggerak terhadap berat kendaraan.

Maka dari itu sistem rem sangat penting karena fungsi sistem rem adalah untuk mengurangi kecepatan dan menghentikan kendaraan, memungkinkan parkir ditempat yang menurun, sebagai alat pengaman dan menjamin pengendara aman. Sistem rem ada 2 rem tromol dan rem cakram. Dimana keduanya memiliki kelebihan dan kelemahan. Kelebihan rem tromol adalah tidak mudah terkena kotoran dan debu karena letaknya yang berada di dalam. Kinerja pengereman yang lembut. Kekurangan rem tromol rem tidak terlalu pakem. Sedangkan kelebihan rem cakram daya pengereman yang tinggi dan kekurangannya mudah kotor karena letaknya di luar.

Untuk itulah penulis beserta rekan-rekan ingin membuat kendaraan berjenis mobil barang dengan menggunakan mesin sepeda motor sebagai sumber penggerak utamanya. Mobil tersebut merupakan mobil pengangkut barang, dibuat demikian dikarenakan memanfaatkan kendaraan Tossa bekas. Mobil barang tersebut menggunakan rem jenis cakram untuk bagian depan dan bagian belakang menggunakan rem tromol.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan dari latar belakang tersebut, terdapat beberapa permasalahan yang dijabarkan dalam identifikasi masalah berikut :

1. Peningkatan jumlah kendaraan akan berdampak pada kelangkaan bahan bakar minyak.
2. Dibutuhkan kreativitas dalam mengurangi pertumbuhan kendaraan dengan memanfaatkan kendaraan bekas.
3. Mobil barang'13 memerlukan sistem pengereman yang sesuai dengan fungsinya yaitu sebagai mengurangi laju kecepatan dan menghentikan kendaraan.

C. Batasan Masalah.

Dari identifikasi masalah di atas akan dibatasi mengenai permasalahan yang akan diselesaikan pada proyek akhir ini. Pembatasan bertujuan untuk memfokuskan pada bagian yang akan dikerjakan lebih lanjut. Pada proyek akhir ini masalah yang akan dibahas dan diselesaikan adalah pada bagian sistem pengeraman, yakni pada proses perancangan dan pembuatan.

D. Rumusan Masalah.

Berdasarkan permasalahan yang telah dibatasi dalam batasan masalah diatas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana rancangan sistem rem pada mobil barang'13 yang aman ?
2. Bagaimana pembuatan sistem rem pada mobil barang '13 yang aman ?
3. Bagaimana kinerja dari sistem rem pada mobil barang'13 tersebut ?

E. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas dapat diambil tujuan sebagai berikut :

1. Dapat menghasilkan rancangan sistem rem yang dapat digunakan pada mobil barang '13.
2. Dapat membuat sistem rem yang dapat digunakan pada mobil barang '13.
3. Dapat menguji dan mengetahui kerja dari sistem rem mobil barang '13.

F. Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh setelah menyelesaikan proyek akhir ini adalah :

1. Menambah pengetahuan mahasiswa dalam merancang bentuk sistem rem.
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 Rem Pada Mobil Barang '13 “ adalah benar-benar asli dibuat dan disusun oleh penulis yang merupakan pengembangan dari kreativitas ilmu otomotif. Dari informasi yang diperoleh proyek akhir ini hanya dibuat di Fakultas Teknik UNY. Jika ada pihak yang merasa hasil karya yang pernah dibuat serupa dengan proyek akhir yang kami susun, kami berharap dengan kerendahan hati untuk konfirmasi lebih lanjut dengan pihak penulis.

BAB II

PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

Untuk merancang dan membuat sistem rem pada mobil barang “13”, diperlukan beberapa pendekatan pemecahan masalah antara lain fungsi sistem rem, jenis-jenis sistem rem, serta komponen sistem rem.

A. Sistem Rem

Sistem rem salah satu rangkaian terpenting di dalam sebuah kendaraan, karena bagian yang terpenting untuk sebuah keamanan kendaraan. Aspek inilah yang membuat penumpang merasa aman dan nyaman saat kendaraan dikendarai.

1. Fungsi Sistem Rem

Sistem rem adalah salah satu bagian dari Kemudi Rem Suspensi (KRS) yang berfungsi menurut kemauan pengemudi dalam mengurangi kecepatan berhenti dan memarkirkan kendaraan pada jalan yang menanjak, serta merupakan alat pengaman yang berguna menghentikan kendaraan secara berkala. Oleh karena itu baik atau tidaknya kemampuan rem secara langsung menjadi persoalan yang sangat penting bagi pengemudi di dalam waktu mengendarai kendaraan.

“Hal tersebut juga sejalan dengan Sofan Amri & Yayan Setiawan (2011) menurutnya sistem rem harus dapat mengurangi kecepatan (memperlambat) dan menghentikan kendaraan serta memberikan kemungkinan dapat memarkirkan kendaraan di tempat yang menurun. Dengan demikian dapat disimpulkan sistem rem yang baik dapat berkerja secara aman dan efisien.”

2. Sistem Rem dan Sifat Umum Pengereman

Menurut I Nyoman Sutantra (2011:226) secara umum komponen dari suatu rem terdiri dari :

a. Komponen pemberi daya

Komponen ini merupakan komponen yang memberikan daya kepada sistem rem, jenis suplai energi atau daya pada sistem rem dapat dibedakan menjadi :

- 1) Sistem rem manual yang mana daya pengereman disuplai dari tenaga tangan dan kaki.
- 2) Sistem rem dengan daya bantu dimana daya untuk melakukan pengereman datang dari manual dan dibantu oleh sistem hidrolik, pneumatik atau elektrik.
- 3) Sistem tenaga rem dimana daya pengereman seluruhnya datang dari tenaga hidrolik, pneumatik, atau elektrik. Sistem ini disebut dengan nama "*Power Break*".

b. Komponen pengendali atau kontrol

Sistem rem adalah komponen pengendali gaya pengereman agar sesuai dengan kebutuhan pada masing-masing roda untuk sistem *lock* dan pengendali gaya rem pada masing-masing roda agar roda dijaga tidak *lock* untuk sistem rem anti *lock*. *Load Sensing Proportional Valve (LSPV)* adalah salah satu komponen pengendali untuk sistem rem *lock*.

c. Komponen transmisi daya

Komponen ini adalah komponen yang menunjang sistem hidrolik, pneumatik, atau elektrik dalam hal mentransmisikan gaya pengereman.

d. Komponen tambahan

Komponen ini merupakan komponen tambahan pada traktor untuk disambungkan dengan sistem pengereman pada *trailer* yang fungsinya adalah untuk mengerem *trailer*. Komponen ini hanya berada pada traktor yang akan menarik *trailer*.

3. Prinsip Dasar Pengereman

Merubah energi kinetik menjadi sebuah energi panas. Dimana sebuah kendaraan yang awal mulanya berhenti atau diam kemudian melaju karena efek dari mesin yang dihidupkan, sehingga mobil berjalan. Pada saat pengereman maka tromol kendaraan yang berputar akan bergesekan dengan kampas rem maka kedua benda tersebut saling

bergesekan sehingga menimbulkan panas. Umumnya rem bekerja diakibatkan oleh adanya sistem gabungan penekanan melawan sistem gerak putar. Efek pengereman diperoleh dari adanya gesekan yang ditimbulkan antara 2 buah benda. Besarnya hambatan ini dipengaruhi oleh luas permukaan benda, besarnya tekanan, dan koefisien gesek. (Anonim, 2003: 5-54)

B. DASAR Pengereman

Dalam perancangan sistem pengereman mempunyai dasar pengereman meliputi :

1. Energi Gerak dan Kerja Yang Dilakukan Dalam Pengereman

Sebuah kendaraan yang bergerak memiliki energi kinetik yang nilainya tergantung pada berat dan kecepatan kendaraan. Mesin memberikan energi ini dalam rangka untuk percepatan, tetapi energi harus seluruhnya hilang ketika kendaraan melambat atau berhenti. Oleh karena itu fungsi rem untuk mengkonversi energi kinetik menjadi energi panas melalui gesekan.

$$U_k = \frac{1}{2} m V^2$$

Dimana :

U_k = Energi Kinetik (J)

m = Massa Kendaraan (Kg)

V = Kecepatan Kendaraan (m/s) Heinz Heisler (2002: 450)

Sedangkan usaha yang dilakukan kendaraan untuk berhenti adalah :

$$U_w = F s$$

Dimana

U_w = Usaha yang dilakukan (J)
 F = Rata-rata gaya pengereman (N)
 s = Jarak tempuh (m)..... Heinz Heisler (2002: 450)

Saat kendaraan bergerak dan terjadi proses kendaraan, usaha yang dilakukan rem harus sama dengan energi kinetik awal yang dimiliki oleh kendaraan sehingga :

$$U_w = U_k$$

$$F_s = \frac{1}{2} m V^2 \dots\dots\dots \text{Heinz Heisler (2002: 450)}$$

Sehingga rata-rata pengereman

$$F = \frac{mV^2}{2s} (N) \dots\dots\dots \text{Heinz Heisler (2002: 450)}$$

Saat pengereman kendaraan yang bergerak, kerja yang dilakukan oleh rem harus sama dengan energi kinetik awal.

2. Penentuan jarak pengereman

Kinerja rem kendaraan dapat dibuat dengan menerapkan salah satu persamaan gerak dengan asumsi rem adalah 100% yaitu :

$$V^2 = U^2 + 2gs$$

Dimana :

U = Kecepatan pengereman (m/s)
 V = Kecepatan akhir (m/s)
 g = Gaya gravitasi (9,18 m/s²)
 s = Jarak berhenti (m)..... Heinz Heisler (2002: 450)

Jika kecepatan akhir kendaraan adalah nol ($V = 0$) maka $0 = U^2 + 2gs$

$$\text{dan } s = \frac{U^2}{2g} = \frac{U^2}{2 \times 9,81} = \frac{U^2}{20}$$

Mengkonfersikan km/h ke m/s

$$U(m/s) = \frac{1000}{60 \times 60} U = 0,28 U (km/h)$$

$$s = \frac{(0,28U)^2}{2g} = \frac{(0,28)^2 U^2}{2 \times 9,81} = 0,004 U^2 (m)$$

..... Heinz Heisler (2002: 450)

3. Penentuan Efisiensi Pengereman

Efisiensi pengereman dapat diturunkan dari persamaan energi kinetik dan usaha yang dibutuhkan supaya kendaraan berhenti.

F = Gaya pengereman (N)

μ = Koefisien gesek

W = Berat kendaraan (N)

U = Kecepatan awal pengereman (m/s)

m = Massa kendaraan (Kg)

s = Jarak berhenti (m)

η = Efisiensi pengereman

Kemudian disamakan antara kerja rem dan energi kinetik

$$Fs = 1/2 \cdot m \cdot U^2$$

$$m = W/g$$

$$Fs = W \cdot U^2/2g$$

$$s = W \cdot U^2/2Fg$$

$$F/W = \mu = \eta$$

$$S = U^2/2g\eta$$

$$\eta = U^2/2g\eta \cdot 100$$

$$\text{Tetapi } U(m/s) = 0,28 U (km/h)$$

$$\text{Jadi } \eta = \frac{(0,28U^2)}{2 \times 9,81} \times 100 = 0,4 \frac{U^2}{s} \% \dots\dots\dots \text{Heinz Heisler (2002: 451)}$$

Contoh : tentukan efisiensi pengereman apabila kecepatan kendaraan 60 km/jam dan jarak berhenti 20 meter.

$$\eta = 0,4 \frac{U^2}{s} \% = \frac{0,4 \times 60^2}{20} = 72\%$$

Berikut ini tabel jarak pengereman pada berbagai kecepatan dan perhitungan efisiensi pengeremannya adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Jarak Pengereman dan Efisiensi Pengereman

Vehicle speed	Stopping distance for various braking efficiencies (m)					
km/h	100%	90%	80%	70%	60%	50%
10	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
20	1.6	1.8	2.0	2.3	2.7	3.2
30	3.6	4.0	4.5	5.1	6.0	7.2
40	6.4	7.1	8.0	9.1	10.7	12.8
50	10.0	11.1	12.5	14.3	16.7	20.0
60	14.4	16.0	18.0	20.6	24.0	28.8
70	19.6	21.8	24.5	28.0	32.7	39.2
80	25.6	28.4	32.0	36.6	42.7	51.2
90	32.4	36.0	40.5	46.3	54.0	64.8
100	40.0	44.4	50.0	57.1	66.7	80.0

Sumber : (Hinz Heisler, 2002: 451)

C. MACAM-MACAM REM

Menurut penggunaannya rem kendaraan bermotor dapat digolongkan menjadi beberapa tipe tergantung pada penggunaannya.

1. Rem Kaki digunakan untuk mengontrol laju kendaraan dan menghentikan kendaraan tersebut. Rem kaki dibedakan menjadi 3 mekanismenya : (Anonim, 2003: 5-54)

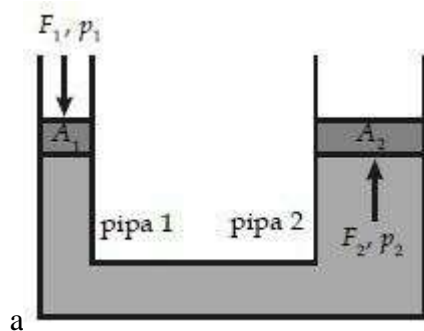
- a. Rem Mekanik

Sistem rem mekanik ini merupakan sistem yang paling sederhana, tidak perlu banyak memakai komponen. Sistem rem ini umumnya digunakan untuk kendaraan kecil dan kendaraan lama. Komponen terpenting dari sistem ini adalah kawat/seling, tuas, dan sepatu rem. Sistem ini lebih mudah perawatannya karena komponen yang sedikit. Cara kerja yaitu pada saat tuas ditarik maka tuas tersebut akan menarik kawat/seling dan sepatu

rem akan bekerja. Semakin panjang tuas yang kita tarik semakin kuat juga hasil pengereman.

b. Rem Hidrolik

Sistem rem hidrolik merupakan sistem rem yang menggunakan media fluida sebagai media penghantar/ penyalur gerak. Sistem hidrolik sangat rumit dan perlu perawatan yang berkala karena komponen rawan terhadap kerusakan apabila terjadi kerusakan/kebocoran pada selang sambungan-sambungan penyalur fluida maka akan mengganggu siklus kerja aliran. Namun sistem rem hidrolik memiliki kelebihan yaitu respon yang sangat cepat. Dengan adanya keuntungan tersebut, rem hidrolik banyak digunakan pada kendaraan penumpang dan truk ringan.



Gambar 1. Sebuah Susunan Hidrolik yang Dapat Digunakan Untuk Memperbesar Gaya F_1

Sumber : (David Halliday, 2005: 394)

Rem hidrolik pada dasarnya mempergunakan prinsip Hukum Pascal. Gambar 1 menunjukkan bagaimana prinsip Pascal

dapat dijadikan dasar dari tuas hidrolik. Gaya external sebesar F_i di arahkan kebawah pada piston sisi kiri, yang luas permukaan adalah A_i , cairan yang tidak dimampatkan yang terdapat dalam alat tersebut kemudian menghasilkan gaya keatas yang besarnya F_0 yang mengarah kebawah pada piston output dari beban external. Gaya F_i diterapkan pada piston di kiri dan gaya F_0 yang bergerak kebawah dari beban di sebelah kanan menghasilkan perubahan tekanan Δp cairan yang ditunjukan dengan.

$$\Delta p = \frac{F_i}{A_i} = \frac{F_0}{A_0} \quad \text{maka} \quad F_0 = F_i \frac{A_0}{A_i} \quad \text{David Halliday (2005: 394)}$$

c. Rem pneumatik

Sistem rem pneumatik merupakan sistem yang menggunakan media fluida gas sebagai penghantar/penyalur gerak. Dalam sistem ini konstruksi tidak terlalu rumit karena sistem rem pneumatik merupakan sistem rem tambahan untuk membantu sistem rem yang telah ada. Sistem rem pneumatik pada umumnya digunakan pada kendaraan niaga besar dan kendaraan berat yang pada umumnya membutuhkan daya pegereman yang besar.

2. Rem Parkir

Pada umumnya sistem rem parkir digunakan pada saat kendaraan sedang diparkir atau pada saat kendaraan berhenti di tempat yang menanjak. Rem parkir sangat penting bagi kendaraan . Pada umunya rem parkir mengunci rem belakang, poros propeller , dan juga ada yang transmisi.

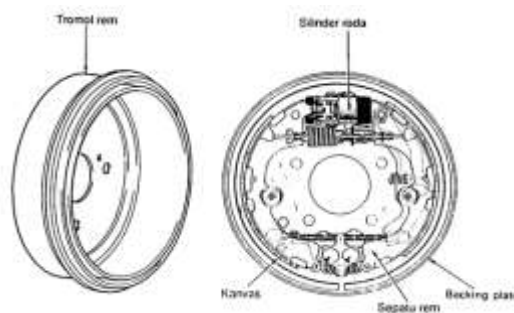
3. Rem Tambahan (*auxiliary brake*)

Pada umumnya rem ini dikombinasikan pada sistem rem

kaki yang dipergunakan pada kendaraan diesel dan kendaraan berat.

D. Rem Tromol

Rem tromol adalah salah satu konstruksi rem yang cara pengereman kendaraan dengan menggunakan rem tromol (*brake drum*), sepatu rem (*brake shoe*), dan silinder roda (*wheel cylinder*). Pada tipe rem tromol kekuatan tenaga pengereman diperoleh dari sepatu rem yang diam menekan permukaan tromol bagian dalam yang berputar bersama-sama dengan roda. Pada dasarnya jenis rem tromol yang digunakan roda depan dan belakang tidak sama, hal ini dimaksud supaya sistem rem dapat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan persyaratan.



Gambar 2. Rem Tromol

Sumber : Anonim, hal 5-65

Bagian-bagian utama rem tromol adalah sebagai berikut :

- Silinder Roda

Fungsinya untuk menekan sepatu rem ke tromol rem. Di dalam silinder roda terpasang satu atau dua buah piston beserta *seal* tergantung dari konstruksi rem tromolnya.

- Sepatu Rem

Fungsinya untuk menahan putaran rem tromol melalui gesekan.

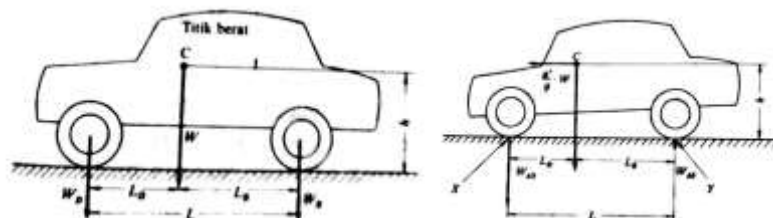
Pada bagian luar sepatu rem terbuat dari campuran *fiber metalic* dengan *brass*, *lead*, plastik dan sebagainya dan diproses dengan ketinggian panas tertentu.

- *Backing Plate*

Fungsinya sebagai tumpuan untuk menahan putaran tromol sekaligus sebagaiudukan silinder roda. *Backing plate* terbuat dari baja press yang dibaut pada *axle housing* atau *axle carrier* bagian belakang.

1. Perhitungan Rem Tromol

Dalam keadaan darurat, pengereman dilakukan dengan perlambatan sebesar $\alpha' = eg$ (m/s^2) di mana $e = 0,5 - 0,8$ $g = 9,8$ (m/s^2). Misalkan beban roda depan dalam keadaan jalan biasa W_D (kg), beban roda belakang W_B (kg), jarak sumbu roda depan dan belakang L (mm), dan titik berat h (mm). Jika pengereman dilakukan dalam keadaan darurat, gaya inersia sebesar $W(\alpha/g)$ akan timbul titik berat. Jika titik singgung antara roda belakang dengan permukaan jalan diambil sebagai engsel, maka pertambahan gaya reaksi yang timbul pada roda depan adalah : $W_D' L = W.e.h$; $\therefore W_D' = W.e.h/L$ dengan demikian, beban dinamis roda depan W_{dD} adalah $W_{dD} = W_{dD} + w.e.(h/L)$ Sularso (1997: 86)



Gambar 3. Beban Depan, dan Beban Belakang

Sumber : (Sularso, 1997: 87)

Jika titik singgung roda depan dengan jalan diambil sebagai engsel, maka pengurangan gaya reaksi pada roda belakang adalah : $W_B' = W.e.h/L$, sehingga beban dinamis roda belakang W_{dD} adalah $W_{dD} = W - W.e.(h/L)$

Perlambatan α' yang terjadi pada masa mobil (W/g) adalah disebabkan oleh gaya gesek μW , sehingga menurut hukum Newton ke dua

$$\mu W = (W/g)\alpha'$$

$$\mu = (\alpha'/g) = e \dots\dots\dots \text{Sularso (1997: 87)}$$

Gaya rem B_{IB} (kg) yang diperlukan roda depan pada diameter luarnya adalah

$$B_{ID} = e \left(W_d + W.e.\frac{h}{L} \right)$$

Gaya rem B_{IB} (kg) yang diperlukan untuk roda belakang pada diameter luar roda adalah :

$$B_{IB} = e \left(W_D - W.e.\frac{h}{L} \right)$$

Di sini, jika diameter piston hidrolik adalah d_{wD} dan d_{wB} (mm), maka luas penampangnya adalah : A_{wD} dan A_{wB} (cm²), dimana

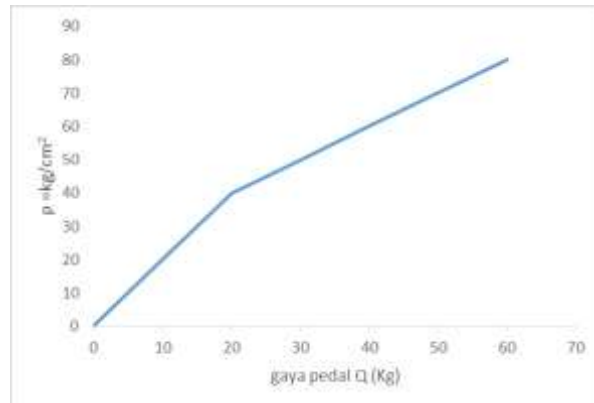
$$A_{wB} = (\pi/4)d_{wD}^2/100$$

$$A_{wB} = (\pi/4)d_{wB}^2/100 \dots\dots\dots \text{(Sularso, 1997: 87)}$$

Jika tekanan minyak adalah p_w (kg/cm²) gaya tekanan

$A_{wD}.p_w$ dan $A_{wB}.p_w$ (kg) akan dikenakan pada masing-masing roda depan dan belakang. Harga yang diperoleh dengan membagi momen Tb (kg.mm) dengan hasil perkalian antara gaya tekan P (kg) yang dikenakan pada ujung-ujung sepatu dan jari-jari drum (mm) disebut

faktor, efektivitas rem, yang dinyatakan dengan $(FER)_D$ dan $(FER)_B$ berturut-turut untuk roda depan dan roda belakang. Gaya rem yang sebenarnya per gandar B_{dD} dan B_{dB} dapat dinyatakan dengan rumus berikut ini :



Gambar 4. Gaya Pedal dan Tekanan Minyak Silinder Roda

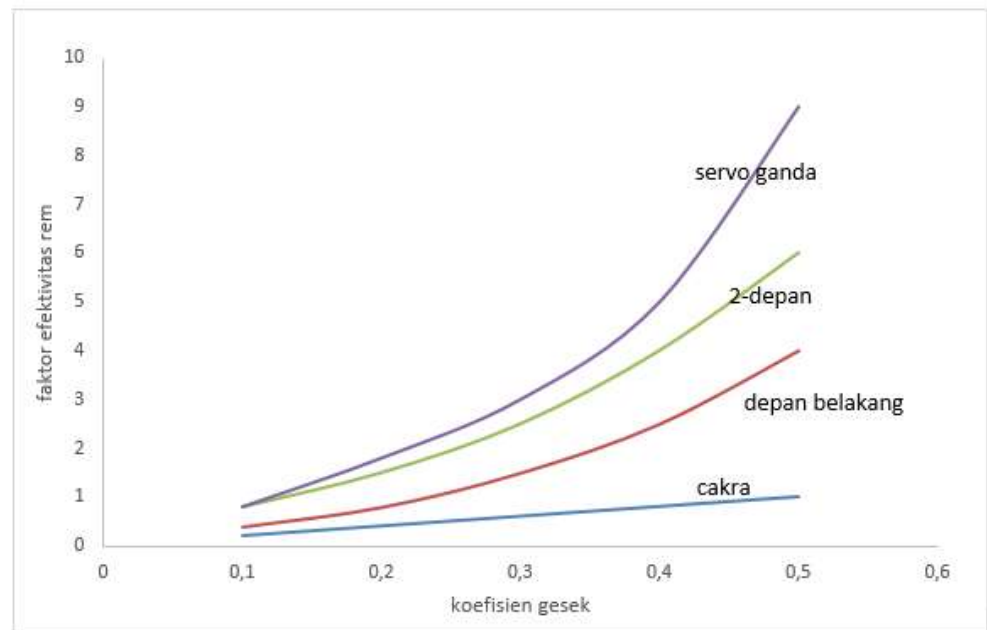
Sumber : (Sularso, 1997: 88)

$$B_{dD} = 2(FER)_D \cdot p_w \cdot A_{wD} \cdot \frac{r_B}{R} \text{ dan } B_{dB} = 2(FER)_B \cdot p_w \cdot A_{wB} \cdot \frac{r_B}{R}$$

$$B_{dD} + B_{dB} = eW \dots\dots\dots \text{Sularso (1997: 88)}$$

Dengan harga e tersebut, jarak rem pada kecepatan $V = 50$ (km/h) atau $v = 13,9$ (m/s) dapat diperoleh dengan

$$S = \frac{v^2}{2eg} \dots\dots\dots \text{Sularso (1997: 88)}$$



Gambar 5. Faktor Efektivitas Rem Terhadap Koefisien Gesek Lapis

Sumber : (Sularso, 1997: 89)

Selanjutnya, perbandingan distribusi gaya rem (BD) adalah

$$(BD)_D = \frac{B_{dB}}{B_{dD} + B_{dB}}; (BD)_B = \frac{B_{dB}}{B_{dD} + B_{dB}}$$

Gaya rem yang sebenarnya dikenakan pada roda depan dan belakang

$$\text{adalah : } B_{dD} = W \cdot e \cdot (BD)_D; B_{dB} = W \cdot e \cdot (BD)_B$$

Titik dimana $B_{ID} = B_{dD}$ dan $B_{IB} = B_{dB}$ disebut titik kunci sinkron

jika pada titik ini dinyatakan dengan e_s , maka

$$e_s \left(W_d + W \cdot e_s \cdot \frac{h}{L} \right) = e_s \cdot W \cdot (BD)_s$$

$$e_s = \frac{(BD)_s - (W_s / W)}{h / L} \dots\dots\dots \text{Sularso (1997: 89)}$$

Harga e_s ini biasanya diambil sebesar 0,5 sampai 0,7. Energi kinetis

total diambil dari mobil yang mempunyai kecepatan v adalah

$$E_k = (W/2g)v^2 \dots\dots\dots \text{Sularso (1997: 89)}$$

Jika waktu rem adalah $t_e = v/\alpha(s)$ dan luas bidang lapisan adalah

A_{LD} dan $A_{LB}(mm^2)$, besarnya kapasitas enersi dari

lapisan K_{LD} dan $K_{LB}[kg.m/(mm^2.s)]$ dapat dinyatakan dengan rumus

berikut :

$$K_{LD} = \frac{E_k(BD)_D}{2A_{LD}.t_e}$$

$$K_{LB} = \frac{E_k(BD)_B}{2A_{LB}.t_e}$$

Harga-harga K_{LD} dan K_{LB} diusahakan dapat

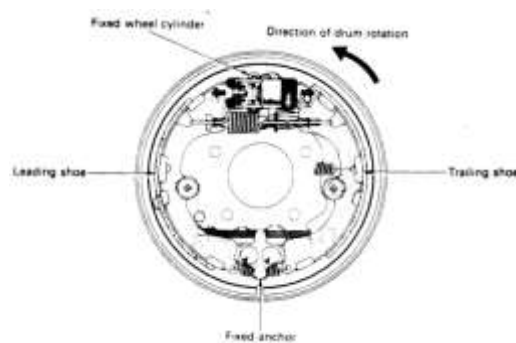
ditekan sampai sebesar $0,18[kg.m/(mm^2.s)]$ atau kurang.

2. Tipe Rem Tromol

a) Tipe *Leading and Trailing*

Pada gambar di bawah sepatu rem bagian atas dihubungkan dengan silinder roda (*wheel cylinder*), sedangkan bagian ujung bawah berputar atau mengembang. Bila tromol berputar ke arah depan, seperti arah panah, dan pedal diinjak, maka bagian ujung atas sepatu ditekan membuka sekeliling ujung bawah oleh silinder roda dan berlaku daya pengereman terhadap tromol. Sepatu bagian kiri disebut *leading shoe*, dan yang kanan disebut *trailing shoe*. Jika tromol berlawanan dengan arah putar panah maka *leading shoe* menjadi *trailing shoe* dan *trailing shoe*

menjadi *leading shoe*. *Leading shoe* lebih cepat aus dibandingkan dengan *trailing shoe*. Bila rem sering digunakan dalam putaran maju. Tipe ini banyak digunakan pada rem belakang kendaraan penumpang dan kendaraan kecil jenis komersial. (Anonim, 2003: 5-68)



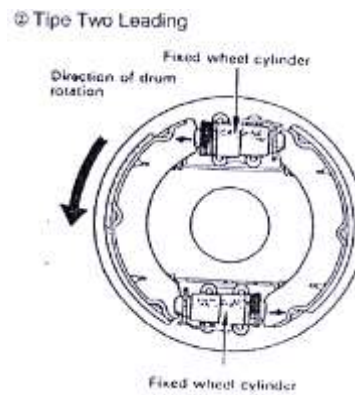
Gambar 6. Tipe *Leading and Trailing*

Sumber : (Anonim, 2003: 5-68)

b) Tipe *Two Leading*

Tipe two leading shoe dibagi menjadi dua : single action dan double action. Pada gambar di bawah jenis *two leading* jenis *single action* dimana mempunyai 2 buah silinder roda yang masing-masing mempunyai satu piston pada setiap sisinya. Bila rem bekerja pada saat kendaraan maju, maka kedua sepatu rem menjadi *leading shoe*. Pada saat maju ini tekanan pengereman yang sangat tinggi. Namun pada saat kendaraan bergerak mundur maka sepatu rem bekerja sebagai *trailing shoe* dan menghasilkan pengereman yang kecil. Tipe ini digunakan pada rem depan

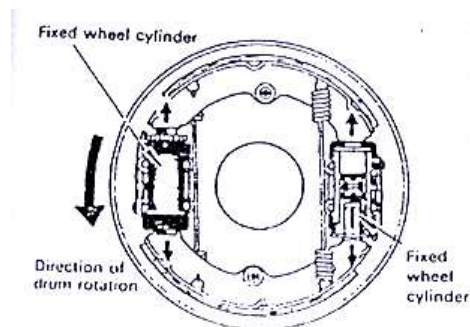
kendaraan penumpang dan niaga. (Anonim, 2003: 5-69)



Gambar 7. Tipe *Two Leading* Jenis *Single Action*

Sumber : (Anonim, 2003: 5-69)

Two leading tipe double action mempunyai dua silinder roda, dan pada tiap sisinya terdapat dua torak. Tipe *double action* ini bekerja efisien dalam dua arah maju dan mundur. (Anonim, 2003: 5-69)

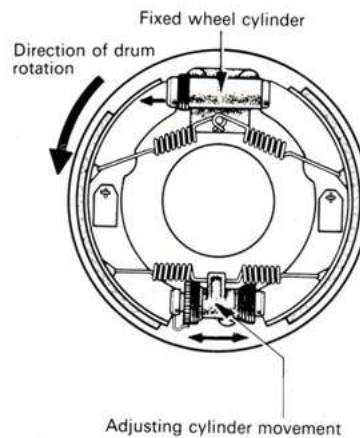


Gambar 8. Tipe *Two Leading* Jenis *Double Action*

Sumber : (Anonim, 2003: 5-69)

c) Tipe *Uni Servo*

Tipe ini mempunyai silinder roda tunggal dengan satu piston saja, dan penyetelannya berhubungan dengan kedua sepatunya. Bila torak di dalam *wheel cylinder* mendorong bagian atas kiri hingga menyentuh tromol, maka fungsi sepatu-sepatu sebagai *leading shoe*, dan bekerja dengan daya pengereman yang tinggi. Tipe ini terdapat kelemahan, bila tromol berputar pada arah yang berlawanan, maka kedua sepatu berfungsi sebagai *trailing shoe* dan hanya mampu menghasilkan daya pengereman yang kecil. Tipe ini digunakan pada kendaraan kecil. (Anonim, 2003: 5-70)



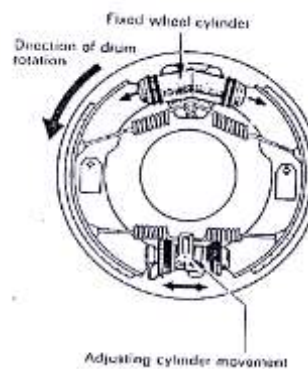
Gambar 9. Tipe *Uni Servo*

Sumber : (Anonim, 2003: 5-70)

d) Tipe *Duo Servo*

Tipe *duo servo* ini merupakan penyempurnaan *uni servo* dimana tipe ini mempunyai 2 piston pada silinder rodanya.

Selama silinder roda menekan kedua sepatu rem saat bekerja, maka tipe ini mempunyai gaya pengereman yang tinggi terhadap tromol tanpa terpengaruh oleh gerakan arah putaran roda. Tipe ini digunakan pada rem belakang kendaraan (Colt T120, Kijang, dll). (Anonim, 2003: 5-70)

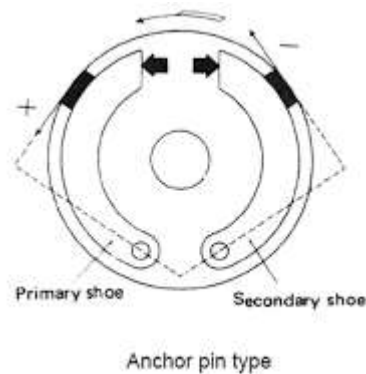


Gambar 10. Tipe *Duo Servo*

Sumber : (Anonim, 2003: 5-70)

e) Tipe *Anchor Pin*

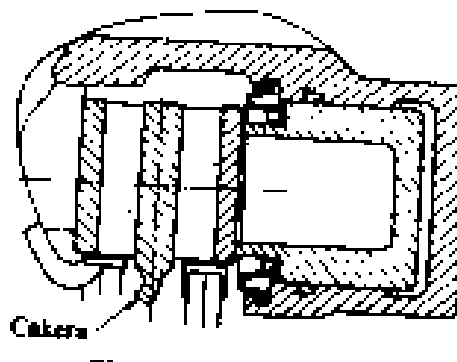
Tipe ini mempunyai satu *wheel cylinder* dengan 2 piston. Sepatu rem bagian bawah diikat menggunakan pin. Jika pedal diinjak maka pengereman dalam kondisi arah panah (maju), maka sepatu rem kiri akan bekerja sebagai *leading shoe* dan sepatu yang kanan sebagai *trailing*.



Gambar 11. Tipe Achor Pin

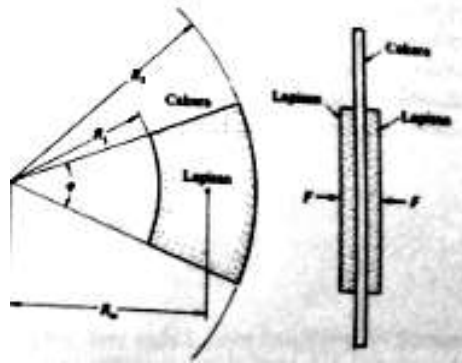
E. Rem Cakram

Rem cakram terdiri dari cakram dari besi yang dijepit oleh lapisan rem dari kedua sisinya pada waktu pengereman. Rem ini mempunyai sifat-sifat yang baik seperti mudah dikendalikan, pengereman yang stabil, radiasi panas yang baik, sehingga banyak dipakai untuk roda depan. Adapun kelemahannya adalah umur lapisan yang pendek, serta ukuran silinder rem yang besar pada roda. (Sularso, 1997: 90)



Gambar 12. Rem Cakram

Sumber : (Sularso, 1997: 91)



Gambar 13. Notasi Untuk Rem Cakram

Sumber : (Sularso, 1997: 91)

Jika lambang-lambang seperti gambar dipakai, maka momen

T_1 ($kg.mm$) dari satu sisi cakram adalah $T_1 = \mu F K_1 R_m$

Dimana μ adalah koefisien gesek lapisan, $F(kg)$ adalah hasil perkalian antara luas piston atau silinder roda $A_w(cm^2)$ dan tekanan minyak $p_w(kg/cm^2)$, sedangkan K_1 dan R_m dihitung dari rumus berikut :

$$K_1 = \frac{2\phi}{3\sin(\phi/2)} \left[1 - \frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2)} \right]$$

$$R_m = \frac{R_1 + R_2}{2} \dots\dots\dots \text{Sularso (1997: 91)}$$

Perhitungan ini dilakukan untuk membuat keausan lapisan yang seragam baik di dekat poros maupun di luar, dengan jalan mengusahakan tekanan kontak yang merata. Jika $R_2 = 1,5R_1$ maka

$$K_1 = 1,021 \text{ untuk } \phi = 25^\circ$$

$$K_2 = 1,04 \text{ untuk } \phi = 45^\circ \dots\dots\dots (\text{Sularso, 1997:91})$$

Satu cakram ditekan oleh gaya $P(kg) \times 2$ dari kedua sisinya. Jika pusat tekanan ada di $K_1 R_m = r$, maka faktor efektivitas rem (FER)

adalah : $(FER) = 2T / Fr = 2\mu$

Karena satu gandar mempunyai 2 roda dengan jari R, gaya rem pada diameter luar roda adalah :

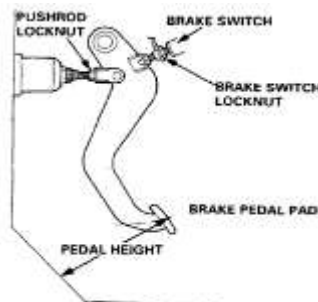
$$B_d = 2(FER) \cdot p_w \cdot A_w \cdot \frac{r}{R} \dots\dots\dots \text{Sularso (1997: 91)}$$

Rem cakram mempunyai harga FER terendah karena pemancaran panas yang sangat baik sehingga sangat bagus digunakan.

F. Komponen Sistem Rem Pada Kendaraan

1. Pedal rem

Pedal rem adalah komponen pada sistem rem yang dimanfaatkan oleh pengemudi untuk melakukan pengereman. Pedal rem harus mempunyai gerak bebas yang cukup. Tanpa gerak bebas, piston master silinder akan selalu terdorong keluar dimana mengakibatkan rem akan bekerja terus dikarenakan adanya tekanan hidrolis yang terjadi pada sistem rem.



Gambar 14. Pedal Rem

Sumber : (cieloownercommunity.com)

2. Master Silinder

Master silinder berfungsi meneruskan tekanan dari pedal menjadi tekanan hidrolik minyak rem untuk menggerakkan sepatu rem pada rem tromol atau menekan pada rem cakram. (Sofian Amri & Yayan Setiawan, 2011: 78). Master silinder terdiri dari *resevoir tank*, yang berisi minyak rem, piston dan silinder, yang membangkitkan tekanan hidraulis.

3. Selang Rem

Selang rem berfungsi untuk menyalurkan minyak rem yang bertekanan menuju kaliper. Selang rem harus kuat dan tahan terhadap korosi yang ditimbulkan zat kimia dari minyak rem itu sendiri. Selang rem mempunyai sifat fleksibel.



Gambar 15. Selang Rem

4. Piringan

Pada umumnya piringan dibuat dari besi tuang dalam bentuk biasa dan berlubang-lubang untuk ventilasi. Piringan yang berlubang-lubang menjamin pendinginan yang baik, kedua-duanya

mencegah *brake fade*. *Fade* adalah berkurangnya daya pengereman, alias rem blong tentu membahayakan keselamatan. Ada tiga jenis penyebab *brake fade*.

- *Pad fade*

Berkurangnya daya pengereman karena *brake pad* penyebabnya karena aplikasi kampas rem yang dibawah spesifikasi kecepatan mobil. Ketika rem terlalu sering digunakan, jika bahan *pad* tidak sesuai untuk suhu yang tinggal daya pengereman akan menurun.

- *Green fade*

Berkurangnya daya pengereman karena kampas rem tidak menempel sempurna pada cakram. Hal ini disebabkan oleh pengereman secara keras pada kampas rem yang baru diganti.

- *Fluid fade*

Berkurangnya daya pengereman karena faktor minyak rem. *Fluid fade* disebabkan oleh minyak rem yang terlalu panas. Serta bisa juga terjadi secara bertahap sebagai akibat komponen kampas rem yang mulai memanas, terutama selama pengereman berulang-ulang dari kecepatan tinggi.

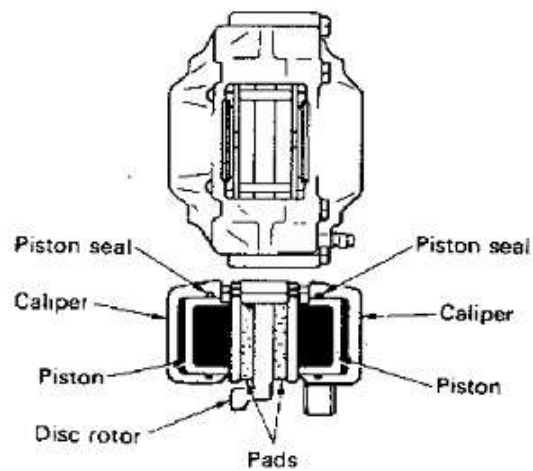
5. *Caliper*

Caliper rem merupakan bagian sistem rem yang tugasnya mencengkram piringan yang menyatu roda sehingga putaran roda bisa berhenti. Sistem kerjanya tergantung dari tekanan hidrolik. *Caliper* biasanya terbuat dari alumunium atau besi berlapis *hard chrome*.

Jenis *Caliper* yaitu :

a. Tipe *Fixed Caliper*

Caliper dipasangkan tepat pada *axle* atau *strut*. Pemasangan *caliper* dilengkapi dengan sepasang piston. Daya pengereman didapat bila pad ditekan piston secara hidraulis pada kedua ujung piringan.

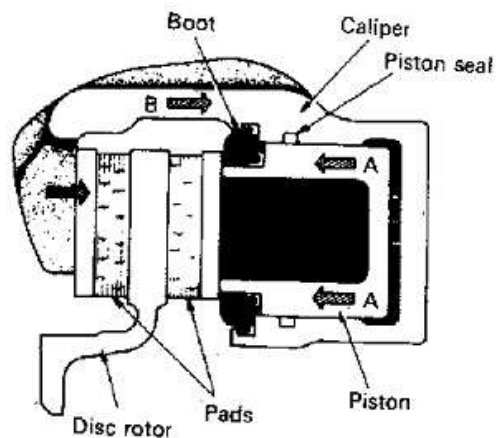


Gambar 16. *Fixed Caliper*

Sumber : (Anonim, 2003: 5-76)

b. Tipe *Floating Caliper*

Piston hanya ditempatkan pada satu sisi *caliper* saja. Tekanan hidraulis dari master silinder mendorong piston A dan selanjutnya menekan pada piringan. Pada saat yang sama tekanan hidraulis menekan sisi kampas rem (reaksi B). ini menyebabkan kaliper bergerak ke kanan dan menjepit cakram dan terjadilah usaha tenaga pengereman.

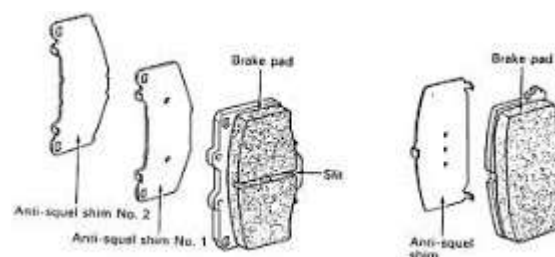


Gambar 17. *Floating Caliper*

Sumber : (Anonim, 2003: 5-76)

6. Kampas Rem

Kampas rem biasanya dibuat campuran *metallic fiber* dan sedikit serbuk besi. Pada kampas rem biasanya terdapat garis/celah untuk menunjukkan tebal kampas rem. Dengan begitu mempermudah pengecekan keausan kampas rem. Serta sebagai pendingin saat kampas rem bergesekan dengan cakram.



Gambar 18. Kampas Rem

Sumber : (Anonim, 2003: 5-78)

7. Minyak Rem

Minyak rem merupakan cairan yang tidak mengandung minyak bumi yang sebagian besar terdiri dari alkohol dan susunan kimia dan ester.

a. Persyaratan kualitas minyak rem adalah :

1) Titik didih yang rendah

Rem menjadi panas disebabkan adanya gesekan karena penggunaan yang berulang kali. Adakalanya minyak rem dapat menjadi uap, menyebabkan fluida berbusa. Bila hal ini terjadi, injakan yang berlaku pada pedal rem hanya menekan minyak rem yang sudah menjadi uap, dan tidak ada tenaga yang bekerja pada silinder-silinder roda. Kejadian ini disebut *vapor lock* terhalang uap. Untuk mencegah hal itu maka diperlukan titik didih yang tinggi.

2) Mencegah karat pada logam dan karet

Kerapatan akan berkurang bila minyak rem merusak *seal*, dan hal ini akan menyebabkan kebocoran. Hal ini akan berlanjut dengan hilangnya tenaga hidrolik. Minyak rem dibuat dari bahan sintetis dengan maksud agar tidak merusak karet, dan menghindari karat pada logam.

3) Viskositas

Viskositas merupakan pengukuran dari ketahanan fluida yang diubah baik dengan tekanan maupun tegangan. Minyak rem harus mempunyai kekentalan untuk

meneruskan tekanan dengan perubahan temperatur yang bervariasi. (Anonim, 2003: 1-56)

b. Tipe Minyak Rem

Minyak rem mempunyai 4 klasifikasi FMVSS (*Federal motor Vehicle Safety Standard*). Kesemuanya ini dasar utama titik didih, faktor lainnya juga masuk dalam perhitungan. Di bawah ini hanya menjelaskan dasar pada titik didih.

Tabel 2. Penggolongan Minyak Rem Berdasarkan Titik Didih

Type Item	DOT 3 (SAE J1703)	DOT 4	DOT 5	SAE J1702 (Extremely cold areas)
Boiling point (ERBP) °C (°F)	205 (401) or greater	230 (446) or greater	260 (500) or greater	150 (302) or greater
Wet boiling point °C (°F)	140 (284) or greater	155 (311) or greater	180 (356) or greater	—

DOT: Department of Transportation
ERBP: Equilibrium Reflux Boiling Point

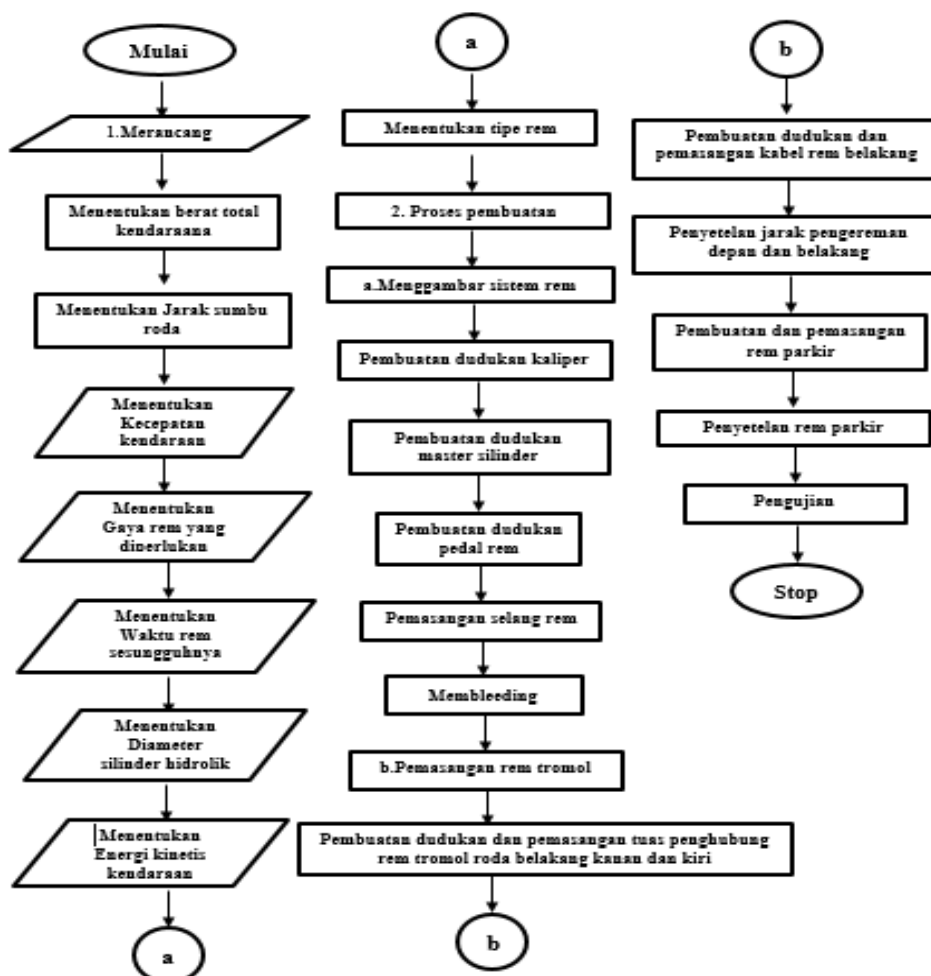
Sumber : (Anonim, 2003: 1-57)

Dari tabel di atas dapat dijelaskan sebagai berikut :

- 1) Minyak rem tipe DOT 3 mempunyai titik didih 205°C atau 405°F. Titik didih basah 140°C atau 284°F.
- 2) Minyak rem tipe DOT 4 mempunyai titik didih 230°C atau 446°F. Titik didih basah 155°C atau 311°F.
- 3) Minyak rem tipe DOT 5 mempunyai titik didih 260°C atau 500°F. Titik didih basah 180°C atau 356°F.

BAB III KONSEP RANCANGAN

Sebelum melakukan pembuatan sistem rem mobil barang '13 terlebih dahulu membuat sebuah konsep rancangan. Dimana konsep rancangan mutlak dibuat untuk mempermudah pembuatan sistem rem. Konsep rancangan sendiri meliputi ukuran, bahan yang digunakan, langkah kerja, kalkulasi biaya. Sehingga pelaksanaan pembuat proyek akhir Mobil Barang '13 Sistem Rem dapat berjalan dengan baik. Berikut ini *flowchart* dari perancangan dan pembuatan sistem rem mobil barang :



A. Analisis Kebutuhan

Sistem rem merupakan sebuah alat untuk memperlambat/meghentikan laju kendaraan dalam kondisi segala medan. Untuk melakukan perancangan sistem rem Mobil Barang '13 perlunya menganalisis data-data yang dibutuhkan dalam perancangan sistem rem. Mobil barang ini menggunakan tipe rem cakram untuk bagian depan karena cepat menghentikan laju kendaraan serta konsisten dalam pengereman dan rem tromol untuk bagian belakang karena mengaplikasikan poros belakang milik Tossa. Berikut analisis kendaraan:

1. Berat kendaraan adalah 500 Kg
2. Beban maksimal muatan kendaraan adalah 300 Kg.
3. Kecepatan maksimal kendaraan adalah 50 km/jam.
4. Jarak pengereman mobil ditetapkan 3,5 m.

Sehingga dapat dicari dengan rumus yaitu :

- a. Menentukan Gaya Pengereman

$$V = \frac{50 \times 1000}{60 \times 60}$$

$$V = \frac{50000}{3600} = 13,89 \text{ m/s}$$

$$F = \frac{m.v^2}{2s}$$

$$F = \frac{500.(13,89^2)}{2.3,5}$$

$$F = \frac{500.192,901}{2.3,5}$$

$$F = \frac{96466,5}{7} = 13778,63 \text{ N}$$

b. Menentukan Waktu Pengereman

$$F = m \cdot a = m \frac{dv}{dt} = \frac{m(v_1 - v_2)}{t_2 - t_1}$$

Dimana :

t_1 = Waktu sebelum pengereman

t_2 = Waktu setelah pengereman

m = Massa kendaraan

v_1 = Kecepatan sebelum terjadi pengereman

v_2 = Kecepatan setelah terjadi pengereman

F = Gaya pengereman

$$m = 500 \text{ kg} = 5000 \text{ N}$$

$$v_2 = 0 \text{ (diam)}$$

$$t_1 = 0 \text{ (titik acuan)}$$

$$F = 13780,86 \text{ N}$$

$$t = \frac{m(v_1 - v_2)}{F}$$

$$t = \frac{5000(13,89)}{13780,86}$$

$$t = \frac{69450}{13780,63}$$

$$t = 5,04 \text{ s}$$

c. Menentukan proporsi gaya pengereman roda depan dan roda belakang

mobil barang 2013 dirancang dengan proporsi gaya pengereman roda

depan 45% dan roda belakang 55%, sehingga pengereman maksimal

untuk roda depan (F_{bf}) dan roda belakang (F_{br}) dapat dihitung :

$$F_{bf} = K_{bf} \cdot F_{tot} = 45\% \cdot 13780,86 = 6201,39 \text{ N}$$

$$F_{br} = K_{br} \cdot F_{tot} = 55\% \cdot 13780,86 = 7579,47 \text{ N}$$

d. Menentukan Diameter Kaliper Rem Roda Depan

1) Perbandingan harga K pada pedal rem .

Harga K dibatasi antaran 4-7

$$K = \frac{a}{b}$$

$$K = \frac{21}{5} = 4,2$$

2) Gaya yang keluar dari pedal rem

Diasumsikan gaya yang menekan pedal rem 10kg

$$FK = F \cdot \frac{a}{b} = 10 \cdot 4,2 = 42kg$$

3) Tekanan hidrolik

Diketahui diameter master silinder 2.5cm

$$Pe = \frac{FK}{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2}$$

$$Pe = \frac{42}{\frac{1}{4} \pi \cdot (2,5^2)}$$

$$Pe = \frac{42}{4,91} = 8,56kg / cm^2$$

$$1kg / cm^2 = 98066,5Pa$$

$$8,56kg / cm^2 = 839449,24Pa$$

4) Menghitung diameter kaliper rem roda depan

Diket $fb_f = 6201,39N$ karena rem depan menggunakan 2

buah kaliper maka $F_{bf} = \frac{6201,39}{2} = 3100,69N$

$$Fp = Pe \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d^2)$$

$$d^2 = \frac{Fp}{Pe \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi}$$

$$d^2 = \frac{3100,69}{839449,24 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi}$$

$$d^2 = \frac{3100,69}{658967,65}$$

$$d = \sqrt{0,0047}$$

$$d = 0,068m$$

$$d = 6,8cm$$

5) Mencari energi kinetik

$$u_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$u_k = \frac{1}{2} \cdot 500 \cdot 13,89^2$$

$$u_k = 250 \cdot 192,93$$

$$u_k = 48233,025 J$$

6) Mencari luas penampang silinder depan

$$A_{WD} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 5,6^2 = 24,6176 cm^2$$

7) Menghitung efisiensi rem

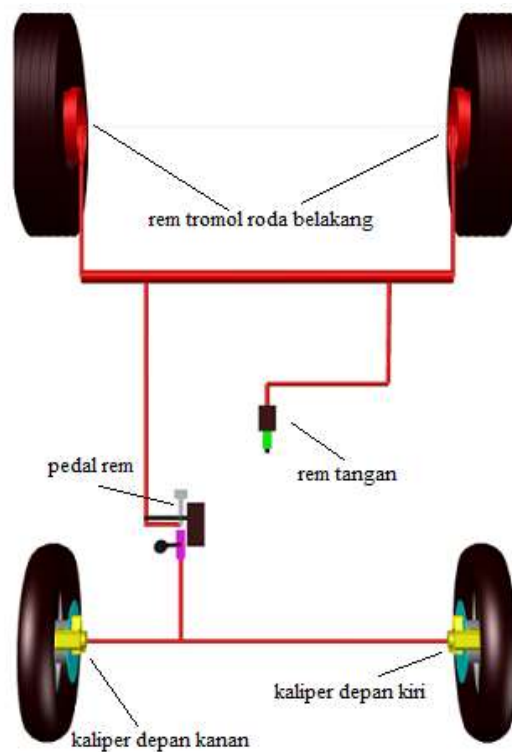
$$FER = \frac{2T}{Fr} = 2 \cdot \mu$$

$$FER = 2 \cdot 0,40$$

$$FER = 0,8$$

B. Konsep Rancangan

Pembuatan rancangan mobil barang '13 menggunakan *solid work*. Dimana pada gambar di bawah gambaran sistem rem mobil barang '13.



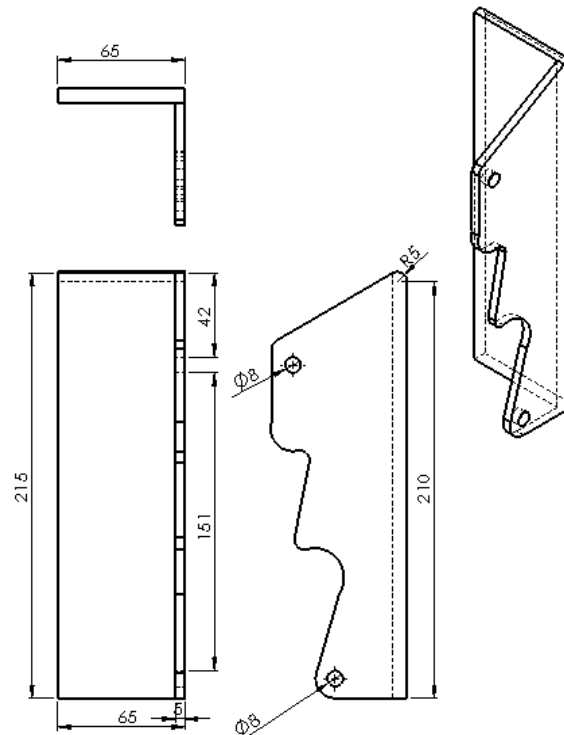
Gambar 19. Konstruksi Sistem Rem

1. Rancangan Sistem Rem Depan

Menurut pengukuran yang dilakukan pada kendaraan mobil barang '13 terutama rem bagian depan. Diperoleh rancangan dudukan kaliper, dudukan kabel rem, dudukan master silinder. Penggunaan kaliper mengaplikasikan milik Honda Supra.

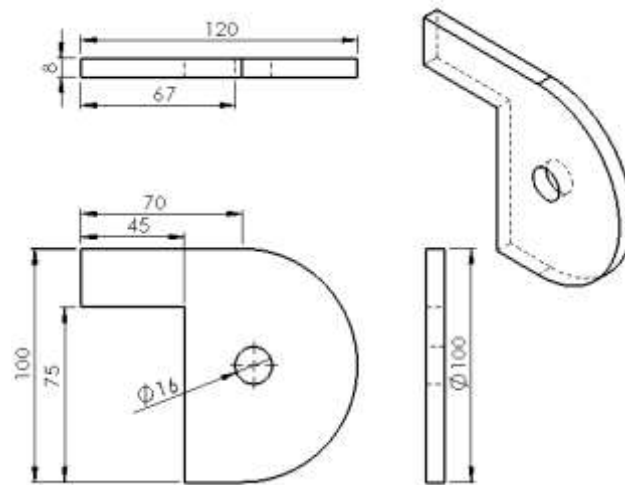
a. Dudukan Kaliper

Menggunakan plat besi dengan ketebalan 5 mm dengan panjang x lebar yaitu 215x65 mm. Seperti gambar di bawah ini .



Gambar 20. Dudukan Kaliper

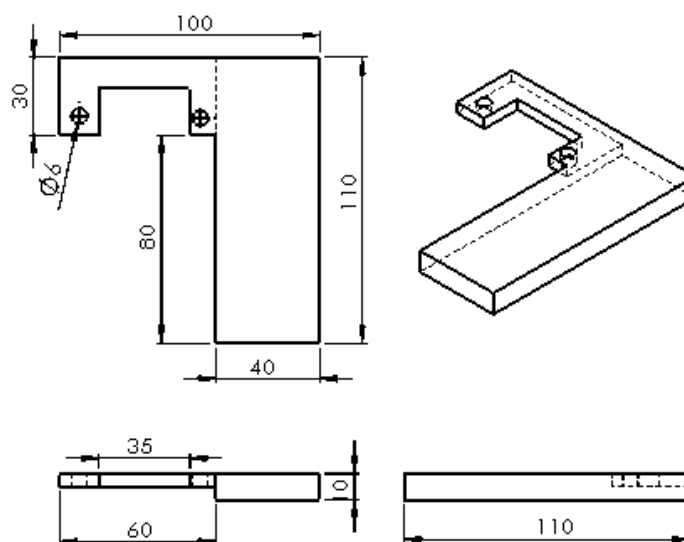
Kemudian membuat dudukan kabel rem dengan memilih kembali plat besi dengan tebal 8 mm dengan panjang x lebar yaitu 100x120 mm. Seperti gambar di bawah ini.



Gambar 21. Dudukan Kabel Rem

b. Dudukan Master Silinder

Menggunakan plat besi dengan panjang 110 mm lebar 100 mm tebal 5 mm membuat dudukan master silinder. Setelah dibentuk seperti gambar di bawah ini, kemudian dibor dengan diameter 6 mm.



Gambar 22. Dudukan Master Silinder

2. Konstruksi Rem Belakang

Menurut pengukuran yang dilakukan pada kendaraan mobil barang '13 terutama rem bagian belakang. Diperoleh rancangan penghubung rem belakang,udukan rem parkir,udukan kabel rem belakang, pedal rem,udukan pedal rem.

a. Penghubung rem belakang

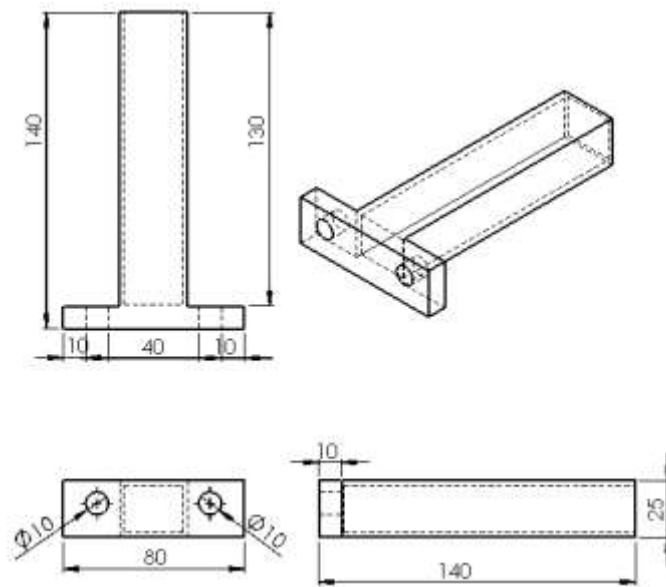
Penghubung rem belakang pengaplikasian dari tuas rem belakang Tossa.



Gambar 23. Penghubung Rem Belakang

b. Dudukan rem parkir

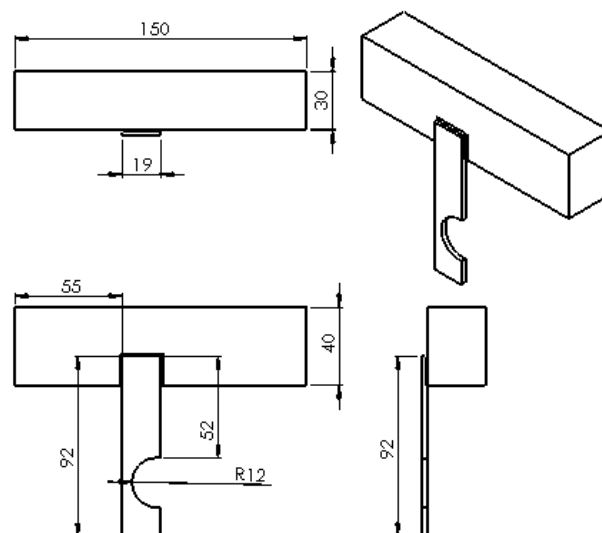
Memilih plat balok dengan panjang 130 mm dan lebar 30 mm. Kemudian memilih plat basi dengan ukuran 80x30 mm dengan ketebalan 5 mm.



Gambar 24. Dudukan Rem Parkir

c. Dudukan Kabel Rem Belakang

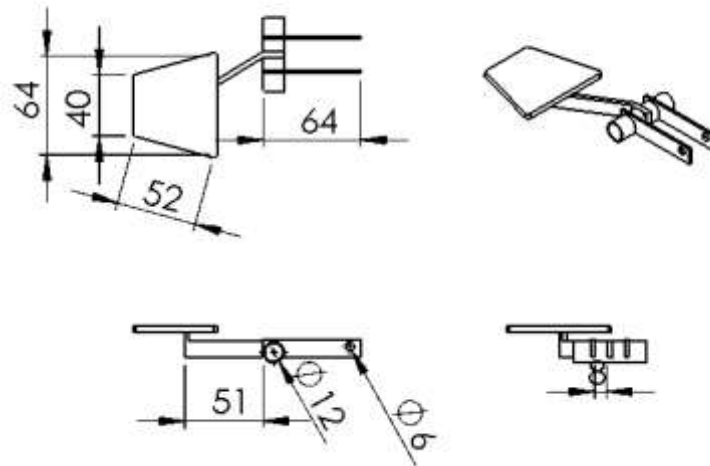
Memilih plat besi dengan ukuran 100 x 19 mm dengan ketebalan 3 mm.



Gambar 25. Dudukan Kabel Rem Belakang

d. Pedal Rem

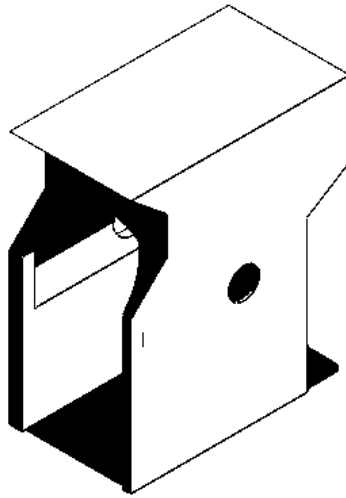
Pengaplikasian pedal rem menggunakan pedal rem Daihatsu Charade namun sedikit dimodifikasi.



Gambar 26. Pedal Rem

e. Dudukan Pedal Rem

Dudukan pedal rem satu set dengan stir dan pedal dimana menggunakan bekas mobil Daihatsu Charade.



Gambar 27. Dudukan Pedal Rem

C. Langkah Pembuatan

1. Pemilihan Bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan sistem rem depan maupun belakang harus mempertimbangkan beberapa aspek seperti kekuatan, kelayakan bahan, proses pengerjaan, kemudahan dalam memperoleh bahan serta harga yang relatif terjangkau. Dalam rem bagian belakang ini mengaplikasikan rem tromol milik Tossa. Haya sedikit untuk dirubah. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan sistem rem adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Kebutuhan Bahan

No	Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	Plat besi strip	120x100 mm dengan tebal 5 mm	4
2	Plat besi strip	100x120 mm dengan tebal 8 mm	3
3	Kampas rem tromol	Kampas ori Tossa	2
4	Kaliper	Menggunakan kaliper supra	1
5	Master Silinder	Menggunakan master silinder mobil Katana	1
6	Rem belakang Tossa	Menggunakan rem tromol milik Tossa roda 3	1
7	Baut	8x10	2
8	T pembagi	Yang terbuat dari tembaga	1
9	Selang rem karet	Selang rem motor	2
10	Selang rem besi	Selang buat rem mobil	1
11	Piringan	Menggunakan piringan rem cakram motor Beat	2
12	Velg+ruji	Menggunakan velg beat	2
13	Ban luar+dalam	Menggunakan merk Swallow	2
14	Baut nepel	12x5	2
15	Minyak rem	Menggunakan minyak rem DOT 3	1
16	Baut L	8x10	4
17	Spring	Pegas standar tengah motor	1
18	Kabel kopling	Espas	1
19	Baut	10x20	2
20	Kabel rem tromol	Milik rem tromol Supra	1

2. Alat-Alat yang Digunakan

Dalam pembuatan sistem rem ini membutuhkan beberapa peralatan yang menunjang. Peralatan yang digunakan dalam pembuatan konstruksi rem yaitu :

1. Meteran

9. Kikir

- | | |
|--------------------------|--------------------------------------|
| 2. Mistar baja | 10. Gerinda |
| 3. Mistar siku | 11. Mesin bor dan kelengkapannya |
| 4. Jangka | 12. Ragum |
| 5. Gergaji besi | 13. Peralatan las listrik dan karbit |
| 6. Martil/Palu | |
| 7. Penggores dan penitik | |
| 8. Tool Box | |

3. Langkah Kerja

a. Rem Depan

1) Dudukan Kaliper

- a) Memilih plat besi dengan panjang x lebar yaitu 120x50 mm dengan ketebalan 5 mm.
- b) Kemudian dibentuk sesuai dengan desain gambar 20. Membentuk dengan menggunakan spidol, kemudian menggambar sesuai desain tersebut.
- c) Kemudian membuat lubang dengan diameter 8mm. Dengan mengebor membuat lubang baut dengan diameter 8mm. Lubang tersebut ada 2 yaitu di atas dan di bawah.
- d) Kemudian megelaskan dudukan tersebut ke *uprack*, sehingga dudukan kaliper terpasang permanen dengan *uprack* tersebut.

2) Dudukan Master Silinder

- a) Memilih plat besi dengan panjang x lebar yaitu 110 x 100 dengan tebal plat 5 mm.
- b) Mengaplikasikan desain tersebut kedalam plat dengan menggambar desain ke dalam plat besi tersebut.
- c) Setelah menggambar di plat tersebut selesai kemudian memotong bagian plat yang tidak digunakan. Memotong menggunakan gerindra.
- d) Kemudian menggebor bagian yang sudah ditentukan dengan diameter lubang 6 mm. Lubang tersebut nantinya akan dipergunakan untuk baut pengikat master silinder dan duduakan master silinder.
- e) Kemudian menggelas dengan las listrik dudukan tersebut, sehingga nantinya permanen.

b. Rem Belakang

1) Dudukan Sulur Rem Belakang

- a) Memilih plat besi dengan panjang x lebar yaitu 120 x 100 mm dengan ketebalan 8 mm.
- b) Mengaplikasikan desain tersebut kedalam plat dengan menggambar desain ke dalam plat besi tersebut
- c) Setelah menggambar di plat tersebut selesai kemudian memotong bagian plat yang tidak digunakan. Memotong menggunakan gerindra dengan mata gerindra potong. Saat

memotong terdapat gambar yang beradius 50mm, memotong dengan berhati-hati.

- d) Kemudian mengebor bagian yang sudah ditentukan dengan diameter lubang 16 mm. Lubang tersebut nantinya akan dipergunakan untuk masuknya kabel trasmisi yang dipergunakan untuk pengereman rem belakang.
- e) Mengelas dengan las listrik dudukan tersebut ke rangka sehingga nantinya akan permanen dudukan tersebut.

2) Dudukan Pengait Rem Belakang

- a) Pengaplikasian dari pengait rem belakang Tossa.
- b) Membuat dudukan dengan cara besi pipa dengan diameter 14mm kemudian dilas pada pengait kanan dan kiri.
- c) Kemudian dilas listrik di rangka tersebut.

c. Rem Parkir

1) Dudukan Rem Parkir

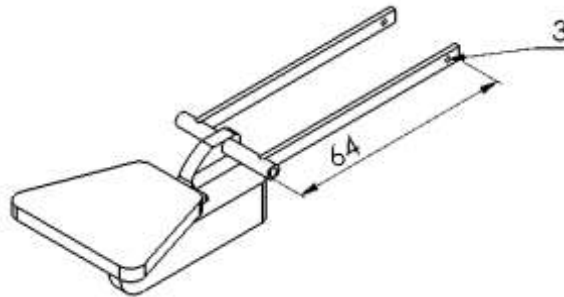
- a) Memilih besi balok dengan panjang x lebar yaitu 130 x 30 mm.
- b) Kemudian memilih plat besi dengan ukuran panjang x lebar yaitu 80 x 30 mm dengan ketebalan 5 mm.
- c) Plat kemudian dibor dengan diameter 10 mm.
- d) Plat dengan besi balok kemudian dilas listrik, sehingga menjadi satu.

- e) Setelah menjadi satu kemudian besi balok dilas listrik ke rangka, sehingga menjadi permanen dudukan tersebut.

d. Pedal Rem

1) Pedal Rem

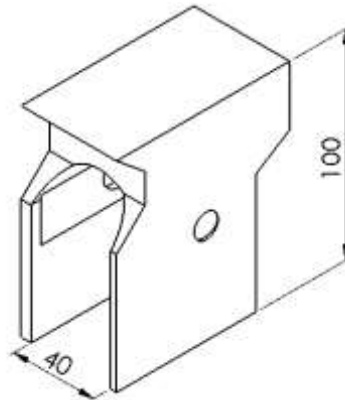
- a) Pengaplikasian dari pedal Daihatsu Charede.
- b) Menambahkan sebuah plat dengan ukuran 64x16 mm.
- c) Mengebor ujung dari plat besi tersebut dengan diameter 6 mm.



Gambar 28. Pedal Rem

2) Dudukan Pedal Rem

- a) Dudukan pedal rem sebenarnya 1 set dengan pedal gas, kopling.
- b) Memperbesar lubang pada bagian depan, sehingga pedal rem yang sudah dimodifikasi bisa masuk.
- c) Mengelas dengan las listrik, kemudian ditempelkan pada rangka.



Gambar 29. Dudukan Pedal Rem

D. Biaya

Tabel 4. Daftar Biaya

No	Bahan	Jumlah	Harga Satuan	Total
1	Kaliper	2	50.000	100.000
2	Piringan (<i>Disc break</i>)	2	45.000	90.000
3	T pembagi	1	60.000	60.000
4	Selang rem besi	1	15.000	15.000
	Selang rem karet	2	15.000	30.000
6	Sulur kopling espas	1	65.000	65.000
7	Kampas rem belakang	2 set	80.000	160.000
8	Plat besi 100x120mm tebal 5 mm	4	45.000	180.000
9	Poros roda belakang tossa	1 set	400.000	400.000
10	Velg + ruji	2	90.000	180.000
11	Minyak rem	2	20.000	40.000
12	Baut nipel 22x10 + ring	5	1.000	5.000
13	Baut L	4	1.500	6.000
14	O-Ring	12	-	4.000
15	Baut + mur 12	6	-	6.000
16	Spring	1	5.000	5.000
17	Pedal charade			
18	Plat besi 120x100 mm tebal 8mm	3	50.000	150.000
Jumlah				1.596.000

Tabel 5. Perbandingan Harga Barang

No	Bahan	Harga		
		Toko Kondang Jaya	Toko Ratu Motor	Toko Prabu
1	T Pembagi	60.000	61.000	60.500
2	Selang Rem Besi	15.000	14.500	15.000
3	Sulur Kopling Espas	63.000	65.000	64.000
4	Minyak Rem	20.000	18.000	19.500

E. Metode Pengujian

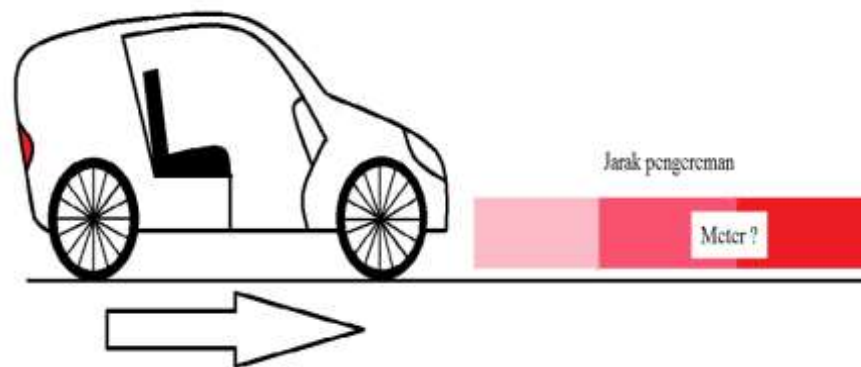
1. Pengujian Sistem Rem

Metode pengujian dilakukan dengan sederhana. Faktor yang mempengaruhi pengujian adalah tekanan yang diberikan oleh pedal rem, berat dari pengemudi, waktu pengereman, serta kecepatan kendaraan. Pengujian dilakukan ketika pedal gas diinjak sampai kecepatan tertentu kemudian setelah melewati garis awal pedal rem diinjak maka mobil akan berhenti. Kemudian mengukur jarak dari garis awal sampai posisi mobil berhenti. Kecepatan yang ditentukan untuk pengujian yaitu kecepatan 30 km/jam dan 50 km/jam.

2. Ilustrasi Pengujian Pengereman

Pengujian sistem rem berdasarkan pada jarak berhenti dari pengujian pengereman, sehingga kinerja akan ditentukan dengan pengukuran jarak berhenti dengan kecepatan awal tertentu atau pengukuran. Pengukuran jarak pengereman dilakukan menggunakan meteran. Pengujian pengereman dilakukan pada kecepatan 30 km/jam dan 50 km/jam. Metode pengukuran dengan memberi tanda sebuah garis pada aspal sebagai tanda dimulainya pengereman. Kemudian kendaraan dijalankan dengan kecepatan yang telah

ditentukan. Setelah sampai pada garis awal dimulainya pengereman kendaraan direm sampai berhenti, sehingga akan didapat berapa hasil jarak pengereman. Pengujian ini dilakukan oleh tiga orang yang masing-masing memiliki tugas sendiri-sendiri. Tugas orang pertama yaitu mengendarai kendaraan dan melakukan pengujian rem, orang kedua melakukan pengukuran dan mencatat data hasil pengujian, dan orang ketiga bertugas mengambil foto pada saat pengujian berlangsung.



Gambar 30. Pengujian

Tabel 6. Daftar Pengujian

Kecepatan (km/jam)	Pengujian	Jarak pengereman (m)	Keterangan
30 km/jam	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
50 km/jam	1		
	2		
	3		
	4		
	5		

F. Jadwal Rancangan Kerja Pembuatan Proyek Akhir

Agar proses pembuatan proyek akhir dapat berjalan dengan lancar, maka perlu dibuat jadwal rencana kerja pembuatan proyek akhir sebagaimana tertera dalam tabel jadwal rencana berikut ini :

Tabel 7. Jadwal Rencana Kerja

No	Rencana Kerja	Bulan dan Minggu ke..																											
		Januari 2016				Februari 2016				Maret 2016				April 2016				Mei 2016				Juni 2016				Juli 2016			
		2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Menyesuaikan ukuran sistem remdepan dan belakang																												
2	Melakukan perancangan desain sistem rem depan dan belakang																												
3	Mengidentifikasi bahan dan komponen yang dibutuhkan																												
4	Melakukan pengerjaan proyek akhir																												
5	Melakukan evaluasi hasil proyek akhir																												
6	Penyusunan konsep laporan																												
7	Penyelesaian laporan																												
8	Ujian Proyek Akhir																												

BAB IV

PROSES, HASIL, DAN PEMBAHASAN

A. Proses

Proses pengerjaan perancangan sistem rem pada mobil barang ini dilakukan sesuai dengan konsep rancangan yang dibahas pada bab sebelumnya. Proses perancangan yang dilakukan yaitu seperti berikut.

1. Perancangan Sistem Rem

Proses perancangan sistem rem dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahapan dilakukan seperti berikut.

a. Menentukan berat total kendaraan dan kecepatan maksimum kendaraan

Mobil barang ini dirancang memiliki berat total kendaraan yaitu kurang lebih 500 kg dan kecepatan maksimal kendaraan 50 km/jam dengan jarak berhenti kendaraan sebesar 3,5 m.

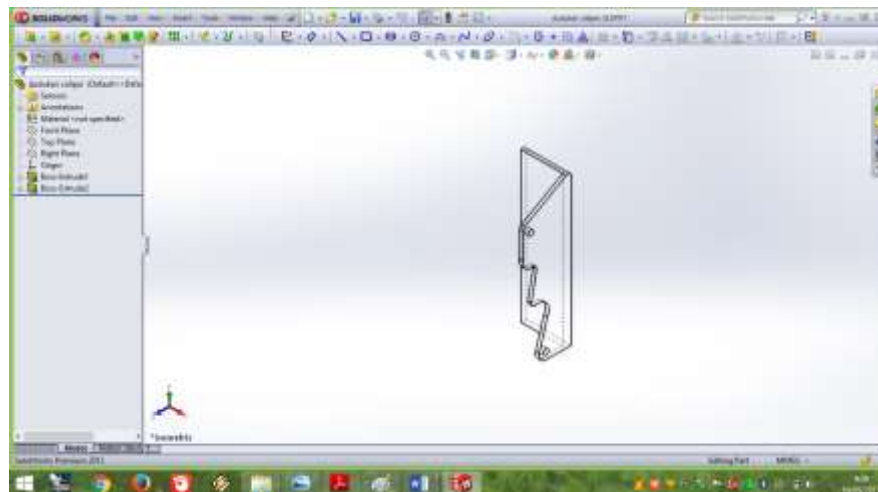
b. Menentukan jenis rem yang digunakan

Pada mobil barang ini akan menggunakan dua jenis rem yang berbeda untuk roda depan menggunakan sistem rem cakram sepeda motor dengan menggunakan rem cakram milik Supra, dan untuk roda belakang menggunakan sistem rem tromol dengan menggunakan rem tromol milik Tossa.

c. Mendesain rancangan sistem rem

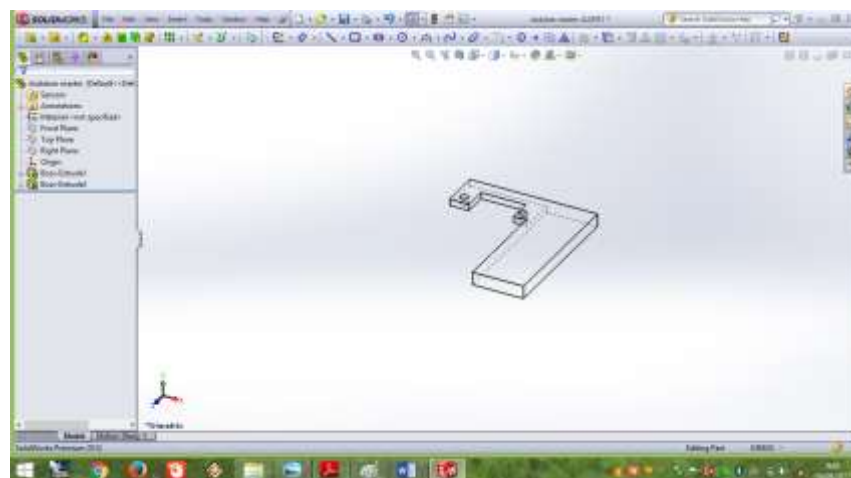
Proses menggambar atau mendesain rancangan sistem rem pada mobil penumpang ini menggunakan aplikasi *solidwork*.

1) Menggambarudukan kaliper



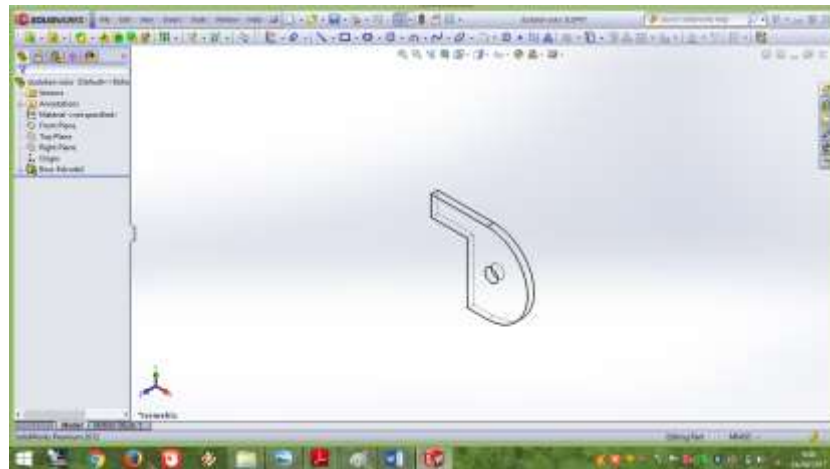
Gambar 31. Proses Rancangan Dudukan Kaliper

2) Menggambar dudukan master silinder



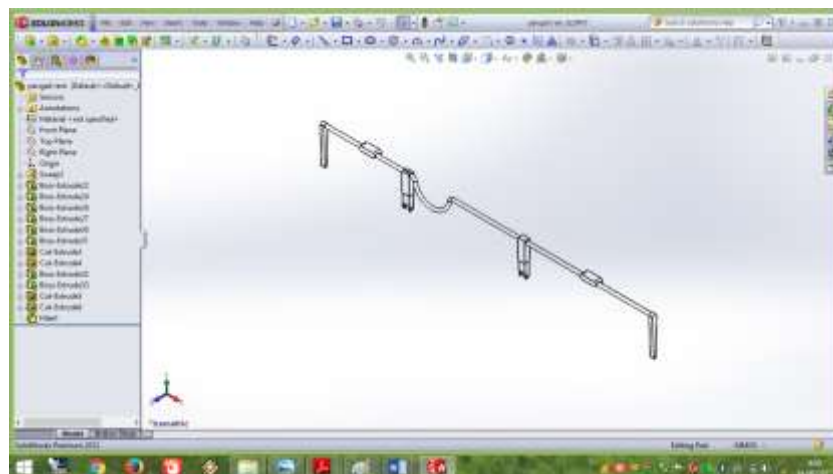
Gambar 32 . Proses Rancangan Dudukan Master Silinder

3) Menggambar rancangan dudukan pengait kabel rem



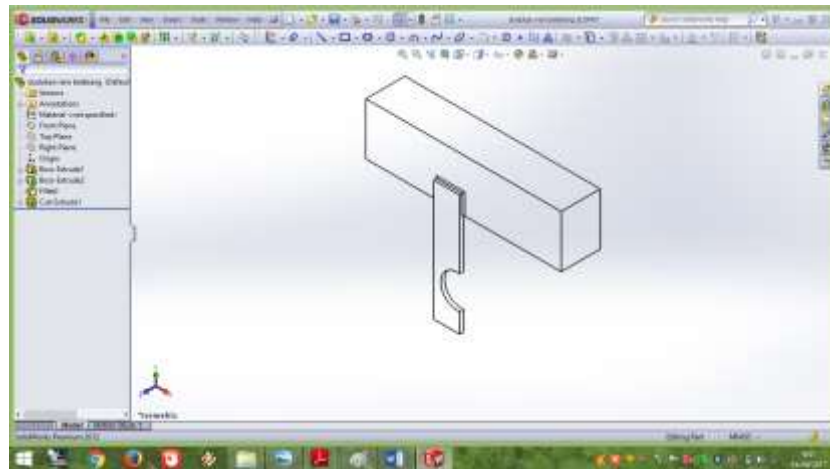
Gambar 33 . Proses Rancangan Dudukan Pengait Kabel Rem

4) Menggambar rancangan penggerak tuas belakang



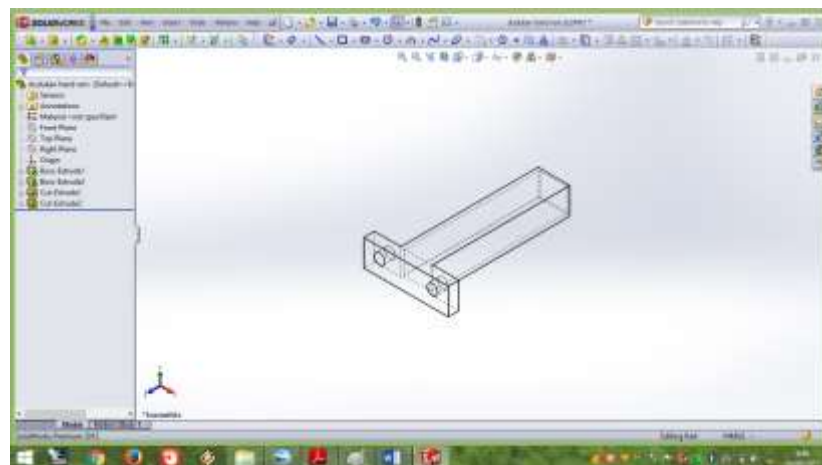
Gambar 34 . Proses Rancangan Penggerak Tuas Belakang

5) Menggambar rancangan dudukan kabel rem



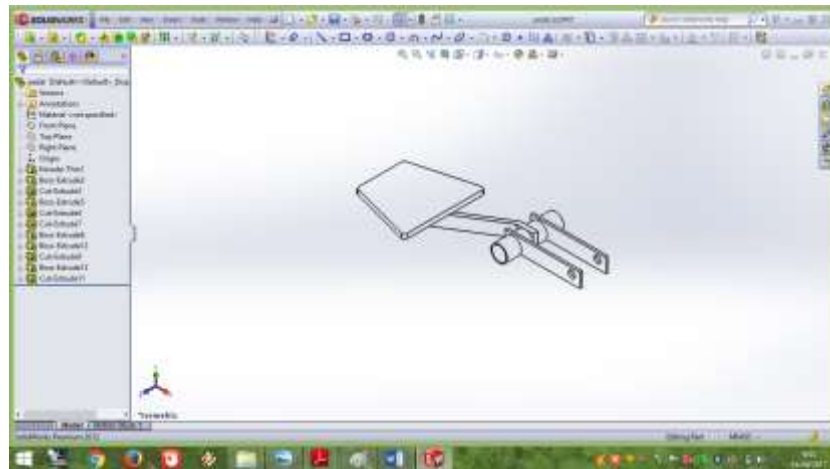
Gambar 35. Proses Rancangan Dudukan Kabel Rem

6) Menggambar rancangan dudukan rem parkir



Gambar 36. Proses Rancangan Dudukan Rem Parkir

7) Menggambar rancangan pedal rem



Gambar 37. Proses Rancangan Pedal Rem

2. Proses Pembuatan Sistem Rem

a. Pembuatan Dudukan Kaliper

Pembuatan 2 buah dudukan kaliper ini menggunakan plat besi panjang 215 mm dan lebar 120 mm (2 buah) dengan ketebalan plat 5 mm. Kemudian dari lebar tersebut dikurangi 60 mm untuk ditekuk. Setelah plat tersebut ditekuk, kemudian mengukur jarak lubang braket kaliper, jarak lubang baut *braket* kaliper adalah 22 mm. Kemudian menggambar desain dudukan kaliper di plat tersebut. Setelah digambar selanjutnya memotong bagian plat yang tidak digunakan, sehingga nantinya plat akan menjadi sebuah bentuk dudukan. Memotong menggunakan gerinda potong serta setelah terpotong digerinda halus supaya menjadi rapi.

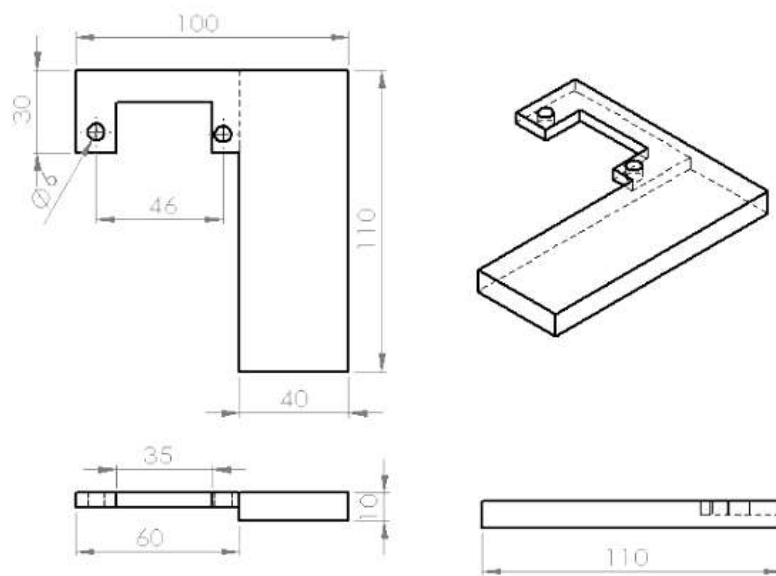


Gambar 38. Dudukan Kaliper

Setelah terbentuk kemudian mengebor lubang dudukan kaliper, pengeboran dudukan kaliper dengan diameter 6 mm. Setelah dibor kemudian mengukur jarak 60 mm dari pinggir kiri kemudian digaris lurus horizontal. Jarak itu nantinya akan dilipat dan akan dilas di *uprack*. Setelah dibuat garis kemudian mengerinda sesuai garis tersebut, mengerinda dengan kedalaman 1 mm. Kemudian setelah digerinda plat diragum dan dibuat menekuk dibantu dengan dipalu dan dipanaskan dengan las asetelin. Setelah berbentuk tekukan, kemudian dilas tekukan tersebut biar kuat. Setelah itu dudukan dilas ke *uprack*.

b. Dudukan Master Silinder

Pembuatan dudukan master silinder menggunakan plat besi dengan ukuran panjang 110 mm dan lebar 100 mm dengan ketebalan 5 mm. Kemudian menggambar desain pada plat seperti di bawah ini.



Gambar 39. Dudukan Master Silinder

Setelah mendesain pada plat tersebut kemudian memotong bagian plat yang sesuai dengan desain tersebut, memotong menggunakan gerinda. Setelah dipotong kemudian mengebor lubang yang dan nantinya menjadi dudukan maaster silinder. Mengebor menggunakan bor dengan diameter 6 mm. Setelah selesai kemudian menghaluskan bagian yang kasar dengan mata gerinda halus. Setelah dihaluskan kemudian mengelas dudukan master silinder ke dudukan pedal. Mengelas menggunakan las listrik.



Gambar 40. Dudukan Master Silinder Yang di Las

c. Dudukan Pengait Kabel Rem

Pembuatan pengait kabel rem menggunakan plat besi dengan ukuran 100 x 120 mm. Setelah plat tersedia kemudian menggambar desain pada plat besi tersebut. Setelah desain sudah digambar kemudian mengerinda bagian palat yang tidak digunakan, mengerinda dengan hati-hati sesuai dengan desain pada plat tersebut.



Gambar 41. Merapikan Dudukan Pengait Kabel Rem

Setelah memotong kemudian mengebor bagian yang menjadi lubang kabel rem tersebut. Mengebor dengan diameter 16 mm. Kemudian menghaluskan bagian plat yang sudah jadi, sehingga plat tersebut menjadi rapi. Setelah jadi kemudian mengelas pada rangka. Menggunakan las listrik sehinggaudukan pengait rem belakang menjadi permanen dan menjadi satu dengan rangka kendaraan bagian depan.



Gambar 42. Dudukan Pengait Kabel Pada Rangka Setelah Dilas

d. Penggerak Tuas Rem Belakang

Pembuatan tuas penggerak rem belakang menggunakan tuas yang asli namun supaya menjadi panjang ke bawah maka memotong penggerak tuas tersebut. Kemudian menentukan panjangnya, yaitu panjangnya 92 mm dimana sudah termasuk penggerak tuasnya. Kemudian menyiapkan plat besi dengan ukuran 55 mm. Kemudian atasnya dibuat coakan yang berguna untuk dudukan pengubung rem belakang. Lebar dari coakan tersebut adalah 10 mm. Kemudian menggambar pada plat besi. Setelah

menggambar kemudian memotong plat tersebut sehingga menjadi coakan yang lebar coakan 10 mm. Kemudian mengelas penggerak tuas tersebut menjadi satu dengan plat besi yang sudah terbentuk. Kemudian setelah pengaitnya menjadi satu kemudian mengelas menjadi satu dengan tuas penghubung rem belakang.



Gambar 43. Penggerak Tuas Belakang

e. Dudukan Kabel Rem Belakang

Pembuatan dudukan kabel rem belakang menggunakan plat besi dengan ukuran 100 x 25 mm dengan ketebalan 5mm. Kemudian membuat desain di plat, maka akan menghasilkan ukuran plat menjadi 100 x 19 mm.

Setelah selesai menggambar di plat tersebut kemudian memotong bagian yang sama persis dengan desain. Setelah mendesain selesai

kemudian memotong plat tersebut sesuai dengan desain. Kemudian membuat coakan, coakan tersebut berguna untuk penahan rem belakang saat pedal rem diinjak. Setelah selesai kemudian mengelas pada rangka kendaraan yang berada di belakang. Sehingga menjadi permanen..



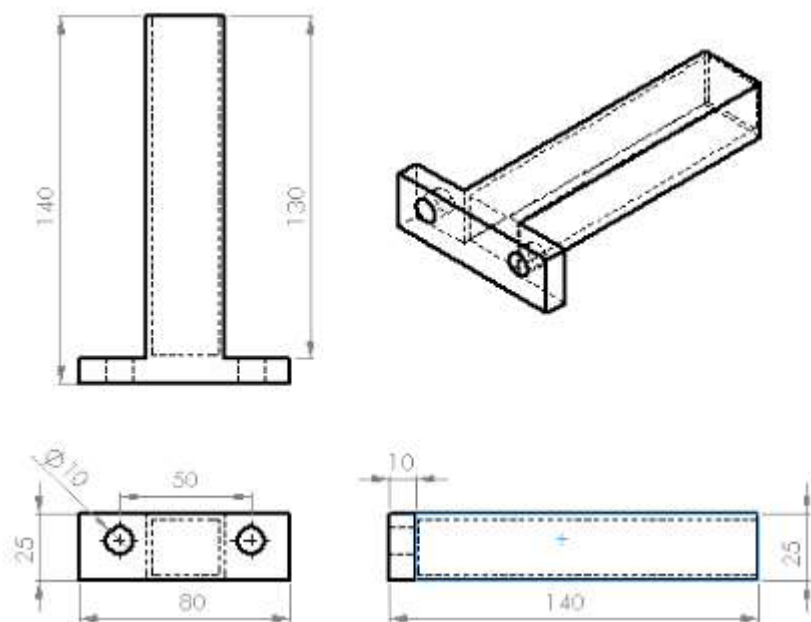
Gambar 44. Dudukan Kabel Rem Belakang

f. Dudukan Tuas Penghubung Rem Belakang

Pembuatan dudukan tuas tersebut menggunakan plat yang berbentuk tabung dengan ukuran panjang 50 mm. Dimana nantinya plat tersebut digerinda tengahnya sehingga plat tersebut terbelah mengakibatkan plat tersebut terbuka. Setelah itu plat tersebut dimasukan kepenghubung rem belakang dengan mengukur jarak 100 mm. Kemudian dilas kedalam rangka, yang nantinya tuas penghubung dapat bergerak kedepan pada saat pedal rem diinjak dan bergerak kebelakang saat pedal rem tidak diinjak.

g. Dudukan Rem Parkir

Membuat dudukan rem parkir dengan besi balok dengan panjang 150 mm dan lebar 25 mm. Namun besi tersebut digunakan panjangnya 130 mm, maka harus memotong 20 mm. Sehingga nantinya panjang besi balok menjadi 130 mm. Kemudian menyiapkan plat besi dengan ukuran 80 x 10 mm. Kemudian membuat lubang 2 lubang kiri dan kanan dengan diameter 10 mm yang berjarak 50 mm.



Gambar 45. Desain Dudukan Rem Parkir

Setelah dibor kemudian plat dilas dengan besi balok sehingga menjadi satu. Setelah menjadi satu kemudian ujung besi balok di las listrik pada rangka bodi. Sehingga menjadi permanen dengan bodi.



Gambar 46. Rem Parkir

h. Pedal Rem

Pembuatan pedal rem dimana terlebih dahulu membuat sebuah pengungkit. Pengungkit tersebut nantinya berguna untuk menarik kabel rem belakang dan mendorong master silinder. Membutuhkan 2 buah plat dengan ukuran 64 x 22 mm.

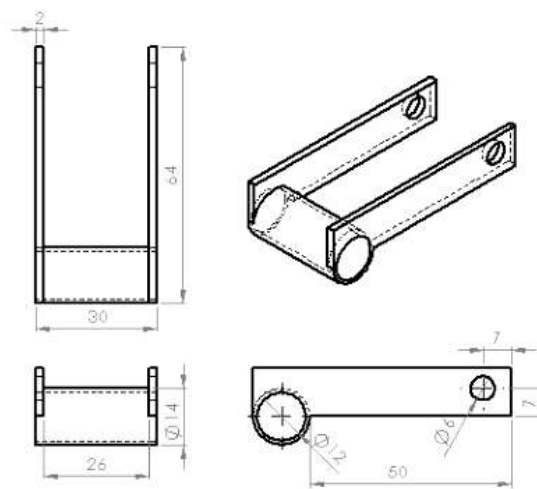


Gambar 47. Plat Besi



Gambar 48. Pemotongan Besi

Kemudian setelah ukuran sesuai dengan desain kemudian membuat lubang dimana dengan diameter 6 mm. Kemudian membuat coakan di ujung sebelahnyan dengan jari-jari 7 mm. Setelah menjadi coakan kemudian mengelas pada pedal sehinga pengungkit menjadi permanen dengan pedal.



Gambar 49. Desain Pengungkit



Gambar 50. Pengungkit Pada Pedal Rem

3. Proses Perakitan

Di bawah ini adalah uraian serta gambar dari proses perakitan sistem rem depan yang menggunakan rem cakram dan rem belakang yang menggunakan rem tromol pada mobil barang.

1. Perakitan Rem Depan

Pemasangan sistem rem depan dimulai dengan pemasangan 2 buah roda yaitu velg, ruji, serta ban. Setelah itu memasang cakram pada roda tersebut, dengan menggunakan cakram Beat kemudian dibaut pengikat dengan baut L. Pemasangan tampak seperti gambar di bawah ini.



Gambar 51. Roda Depan



Gambar 52. As Roda Depan

Kemudian memasang kaliper tersebut ke dudukan kaliper, dimana dudukan kaliper terdapat 2 buah lubang sebagai tempat terpasangnya kaliper. Memasukan baut L pada 2 buah lubang tersebut. Kemudian kaliper dibaut bersama dengan dudukan kaliper. Pemasangan tampak seperti pada gambar di bawah ini



Gambar 53. Pemasangan Kaliper

Setelah dudukan kaliper dan kaliper terpasang. Kemudian memasang roda tersebut dimana roda tersebut terpasang menggunakan as roda motor. Setelah as roda masuk ke lubang *uprack* kemudian memasang roda kiri dan kanan kemudian roda dibaut dengan baut, sehingga roda terpasang dengan kencang.

Kemudian memasang master silinder pada dudukan yang telah tersedia. Memasang dengan 2 buah baut sebagai baut pengikat. Kemudian memasang selang rem besi di master silinder dan baut ke lubang master silinder satunya, berguna untuk memampatkan lubang satunya. Setelah ujung pipa selang besi terpasang di master silinder kemudian ujung yang satunya dibautkan pada T pembagi yang berbahan kuningan, berguna untuk membagi tekanan minyak rem antara roda depan dan kiri. Setelah terpasang T pembagi lalu memasang selang karet rem ke masing-masing kaliper sehingga rem depan dapat berkerja.

Kemudian melakukan penyetelan dengan cara *membleeding* rem cakram depan. Proses *membleeding* rem dilakukan oleh dua orang, satu orang bertugas untuk menginjak pedal rem dan satu orang bertugas untuk mengeluarkan udara pada sistem rem dengan cara mengendorkan baut nepel pada setiap kaliper menggunakan kunci nepel atau kunci ring nomor 8. Proses *membleding* dilakukan dengan mengocok pedal rem sebanyak 10 kali dan saat yang ke 10 pedal ditahan, baut nepel dikendorkan hingga minyak rem keluar dari baut

nepel lalu dikencangkan kembali. Saat mengencangkan baut nepel, pedal rem tetap ditahan. Proses *membleeding* ini dilakukan sampai semua udara yang ada pada sistem rem keluar.



Gambar 54. Pemasangan Master Silinder



Gambar 55. Pemasangan T Pembagi



Gambar 56. Mendongkrak Bagian Depan



Gambar 57. Proses *Membleeding*

2. Perakitan Rem Belakang

Perakitan rem belakang dimana 1 set poros belakang Tossa dibaut sejumlah 4 di dudukan suspensi belakang. Setelah terikat dengan dudukan susupensi belakang dan rangka. Kemudian memasang tuas

penghubung rem belakang kiri dengan kanan. Dimana tuas penghubung tersebut sudah dilas di rangka kendaraan. Memasang *spring* yang dikaitkan dengan pengait rem. Kemudian memasang kabel rem yang dimana kabel rem tersebut nantinya digunakan sebagai penarik rem belakang. Setelah dimasukkan kedalam dudukan kabel rem di depan kemudian kabel rem tersebut dikaitkan dengan tuas pedal dan dibaut. Kemudian menyetel rem dengan mengencangkan baut penyetel rem belakang.



Gambar 58. Pemasangan Dudukan Rem



Gambar 59. Pemasangan Pengungkit Rem



Gambar 60. Mendongkrak Bagian Belakang Mobil



Gambar 61. Penyetelan Rem Belakang

3. Perakitan Rem Parkir

Tuas rem yang dari Tossa dipasang pada dudukan rem parkir. Dengan menggunakan baut kemudian dikencangkan. Kemudian memasang kabel rem parkir didudukan penghubung rem. Ujung dari kabel tersebut dibaut dengan nepel sehingga walaupun rem tangan ditarik kabel tidak merusut. Sehingga rem parkir dapat bekerja dengan baik.



Gambar 62. Dudukan Rem Parkir



Gambar 63. Pemasangan Dudukan Rem Parkir

4. Proses Pengujian

Proses pengujian sistem rem dilakukan untuk mengetahui kinerja dari sistem rem dan memperbaiki jika ada kekurangan. Proses pengujian dilakukan dengan sederhana. Namun ada faktor pendukung pengujian yaitu tekanan yang diberikan oleh pedal, kecepatan kendaraan, waktu pengereman. Proses pengujian dilakukan oleh tiga orang. Satu orang bertugas untuk mengemudi kendaraan, satu orang bertugas untuk mengambil data jarak pengereman, dan satu orang mengambil foto untuk dokumentasi. Berikut beberapa tahapan dalam proses pengujian sistem rem.

a. Pembuatan garis awal pengereman

Pembuatan garis penanda awal pengereman menggunakan kapur.

Pembuatan garis juga menggunakan penggaris supaya garis lurus.



Gambar 64. Garis Awal Pengujian

b. Pengujian mobil barang

Pengujian sistem rem kendaraan mobil barang dilakukan dengan cara mengendarai kendaraan beberapa kali dengan kecepatan yang telah ditentukan yaitu kecepatan 30 km/jam dan 50 km/jam. Pada garis awal pengereman pengemudi mulai menekan pedal rem.

c. Pengukuran jarak pengereman

Setelah kendaraan berhenti maka dilakukan pengukuran jarak pengereman dari garis awal pengereman sampai bodi bagian depan kendaraan. Pengukuran menggunakan roll meteran sehingga saat kendaraan berhenti dapat pengukuran yang tepat. Faktor pendukung pengujian jarak pengereman adalah tekanan yang diberikan oleh pedal, kecepatan kendaraan, waktu pengereman



Gambar 65. Pengukuran Pengujian

B. Hasil

1. Hasil Perancangan Sistem Rem

a) Hasil Perhitungan Sistem Rem Mobil Barang

Mobil barang dirancang menggunakan dua jenis sistem rem, rem depan menggunakan sistem rem cakram dengan penggerak hidrolik dan rem belakang menggunakan sistem rem tromol dengan penggerak mekanik. Kendaraan mobil barang ini dirancang dengan berat total kendaraan 500 Kg dengan kecepatan maksimal 50 km/jam (13.89 m/s) dengan penggerak roda belakang. Roda belakang menggunakan sistem rem tromol dengan penggerak mekanik yang mengadopsi dari kendaraan Tossa dan roda depan menggunakan sistem rem cakram dengan penggerak hidrolik dengan menggunakan master silinder tipe ganda berdiameter 19 mm.

1) Menentukan gaya pengereman.

$$V = \frac{50 \times 1000}{60 \times 60}$$

$$V = \frac{50000}{3600} = 13,89 \text{ m/s}$$

$$F = \frac{m.v^2}{2s}$$

$$F = \frac{500.(13,89^2)}{2.3,5}$$

$$F = \frac{500.192,901}{2.3,5}$$

$$F = \frac{96466,5}{7} = 13778,63 \text{ N}$$

- 2) Menentukan proporsi gaya pengereman roda depan dan roda belakang mobil barang 2013 dirancang dengan proporsi gaya pengereman roda depan 45% dan roda belakang 55%, sehingga pengereman maksimal untuk roda depan (F_{bf}) dan roda belakang (F_{br}) dapat dihitung :

$$F_{bf} = K_{bf}.F_{tot} = 45\%.13780,86 = 6201,39 \text{ N}$$

$$F_{br} = K_{br}.F_{tot} = 55\%.13780,86 = 7579,47 \text{ N}$$

- 3) Menentukan diameter kaliper rem roda depan

- Perbandingan harga K pada pedal rem .

Harga K dibatasi antaran 4-7

$$K = \frac{a}{b}$$

$$K = \frac{21}{5} = 4,2$$

- Gaya yang keluar dari pedal rem

Diasumsikan gaya yang menekan pedal rem 10kg

$$FK = F \cdot \frac{a}{b} = 10.4,2 = 42kg$$

- Tekanan hidrolik

Diketahui diameter master silinder 2.5cm

$$Pe = \frac{FK}{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2}$$

$$Pe = \frac{42}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (2,5^2)}$$

$$Pe = \frac{42}{4,91} = 8,56kg / cm^2$$

$$1kg / cm^2 = 98066,5Pa$$

$$8,56kg / cm^2 = 839449,24Pa$$

- 4) Menghitung diameter kaliper rem roda depan

Diket $fb_f = 6201,39N$ karena rem depan menggunakan 2 buah

kaliper maka $F_{bf} = \frac{6201,39}{2} = 3100,69N$

$$Fp = Pe \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d^2)$$

$$d^2 = \frac{Fp}{Pe \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi}$$

$$d^2 = \frac{3100,69}{839449,24 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi}$$

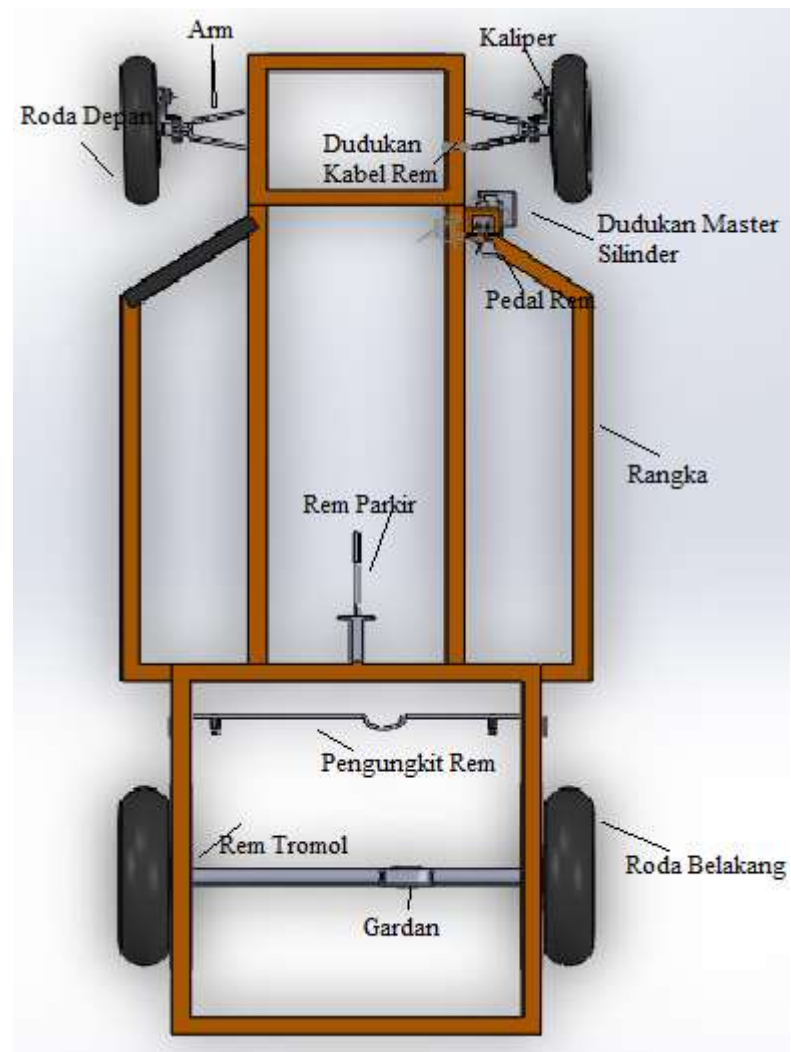
$$d^2 = \frac{3100,69}{658967,65}$$

$$d = \sqrt{0,0047}$$

$$d = 0,068m$$

$$d = 6,8cm$$

b) Hasil Desain Rangka Mobil Barang 13



Gambar 66. Desain Rancangan Mobil Barang 13



Gambar 67. Desain Rancangan Mobil Barang 13

2. Hasil Pembuatan Mobil Barang '13

Hasil pembuatan meliputi hasil dari pembuatan sistem rem Mobil Barang '13, berikut merupakan gambar atau foto hasil pembuatan mobil barang '13 :



Gambar 68. Hasil Pembuatan Mobil Barang '13

- a. Hasil perakitan sistem rem mobil barang '13



Gambar 69. Rem Bagian Depan

Gambar di atas tampak sistem rem bagian depan. Dimana kaliper menggunakan milik Honda Supra, piringan milik Honda Beat. Selang rem menggunakan milik Supra dan yang satu variasi karena untuk yang variasi selang rem lebih panjang.



Gambar 70. Rem Bagian Belakang

Sistem rem bagian belakang pengaplikasian sistem rem tromol milik Tossa. Dimana di sini hanya membuatudukan pengungkit. Sehingga rem dapat digunakan.

3. Hasil Pengujian Sistem Rem Mobil Barang '13

Pengujian sistem rem kendaraan mobil barang bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem rem. Pengujian dilakukan melalui tes jalan (*test drive*) pada kecepatan 30 km/jam dan 50km/jam. Berat pengemudi adalah 75 KG dan massa kendaraan adalah 500 KG. Dalam pengambilan data pada kecepatan yang sama dilakukan sebanyak tiga kali agar data yang diperoleh lebih akurat. Proses pengujian dimana mencari jalan yang cukup panjang dan kondisi jalan tidak rusak agar mendapatkan kecepatan yang sesuai, mobil dipacu dengan kecepatan tertentu hingga garis awal. Dimana garis awal sebagai titik pengereman. Mobil harus sudah direm pada saat digaris awal, tekanan yang diberikan oleh pedal rem 10 KG. Setelah direm mobil akan berhenti dan pada saat itu dapat diukur jarak pengereman dengan menggunakan roll meteran. Berikut hasil pengujian sistem rem pada kendaraan mobil barang :

Tabel 8. Hasil Pengujian Sistem Rem

No	Kecepatan (km/jam)	Jarak Pengereman (m)	Waktu (s)	Rata-rata Jarak Pengereman	Jarak pengereman (m) pada efisiensi pengereman 100%	Kesimpulan
1	30 km/jam	3,6	3,72	3,5	3,6	Hasil pengujian menunjukan jarank pengereman mobil barang pada kecepatan 30km/jam berada dibawah efisiensi pengereman100% sehingga rem aman digunakan
2	30 km/jam	3,5	3,69			
3	30 km/jam	3,5	3,64			
4	50 km/jam	8,2	5,60	8,1	10	Hasil pengujian menunjukan jarank pengereman mobil barang pada kecepatan 30km/jam berada dibawah efisiensi pengereman 100% sehingga rem aman digunakan
5	50 km/jam	8,0	5,51			
6	50 km/jam	8,1	5,55			

C. Pembahasan

Proses pembuatan sistem rem pada mobil dua penumpang ini diawali dengan perancangan rangka mobil, setelah desain rangka sudah jadi langkah selanjutnya yaitu menyesuaikan letak atau posisi sistem rem pada rangka seperti dudukan pedal rem tepat di depan pengemudi, posisi kaliper menyesuaikan posisi *up rack* dan posisi rem tromol menyesuaikan posisi roda belakang. Proses selanjutnya setelah desain sudah jadi yaitu menganalisis kebutuhan yang bertujuan untuk mencari spesifikasi rem sesuai standar yang ada, selanjutnya mengidentifikasi komponen apa saja yang dibutuhkan dalam perancangan sistem rem dan melakukan observasi atau membandingkan harga di toko agar memperoleh harga yang murah sehingga dapat menekan pengeluaran. Perbandingan harga dapat dilihat pada tabel 4 perbandingan harga barang.

Proses selanjutnya setelah komponen rem sudah ada yaitu proses pembuatan sistem rem, proses pembuatan sistem rem untuk rem depan yaitu pembuatan dan pemasangan dudukan kaliper pada rangka, pemasangan kaliper, pembuatan dan pemasangan dudukan master silinder pada rangka, pembuatan dan pemasangan dudukan pengkait rem pada rangka, pemasangan master rem, pemasangan selang rem, dan proses *bleeding*. Proses pembuatan sistem rem belakang yaitu membuat dudukan tuas penghubung rem belakang dan memasang tuas penghubung pada dudukan dan mengelas pada rangka, membuat dan memasang dudukan kabel rem bagian depan dan belakang, memasang kabel rem pada dudukannya dan menyetel jarak pengereman.

Proses perancangan rem parkir yaitu membuat dan memasangudukan rem parkir pada rangka, membuat dan memasangudukan kabel rem, memasang tuas rem parkir dan kabel rem pada dudukannya. Hasil pengujian sistem rem Mobil Barang '13 adalah efisiensi jarak pengereman didapat dengan membandingkan hasil rata-rata pengujian dengan tabel 1. yaitu jarak pengereman dan efisiensi pengereman. Pengujian dilakukan oleh teman-teman yang berlokasi di samping gedung otomotif.

Pada kecepatan 30 km/jam dilakukan pengujian jarak pengereman sebanyak lima kali, dilakukan pengujian sampai lima kali dengan maksud supaya hasil pengujian tepat dan banyak refrensi sehingga didapat data jarak pengereman yaitu : 3.6m, 3.5m, 3.5m, 3.5m, dan 3,4m, rata-rata jarak pengereman pada kecepatan 30 km/jam yaitu

$$\frac{3,6 + 3,5 + 3,5 + 3,5 + 3,4}{5} = 3,5 \text{ m}$$

Pengukuran menggunakan meteran diawali pada garis start yang menjadi acuan titik 1 lalu membentangkan meteran ke titik 2 yaitu dimana mobil itu berhenti. Maka setelah melihat tabel 1 maka didapat hasil efisiensi pengeremannya 100%. Artinya pada saat kecepatan 30 km/jam seharusnya mobil dapat berhenti $\leq 3.5 \text{ m}$.

Pada kecepatan 50 km/jam dilakukan pengujian jarak pengereman sebanyak lima kali, dilakukan pengujina sampai lima kali dengan maksud supaya hasil pengujian tepat dan banyak refrensi sehingga didapat data jarak pengereman yaitu : 8.2m, 8.0m, 8.1m, 8.4m, dan 8.5m, rata-rata jarak

pengereman pada kecepatan 50 km/jam yaitu

$$\frac{8,2 + 8,0 + 8,1 + 8,4 + 8,5}{5} = 8,24 \text{ m}$$

maka setelah melihat tabel 1 maka didapat hasil efisiensi pengeremannya 100%. Artinya pada saat kecepatan mobil 50 km/jam mobil berhenti pada jarak $\leq 8,24$ m.

Dari hasil pengujian diatas dimana pengukuran yaitu menggunakan meteran cara pengukuran yaitu titik start menjadi titik awal/ titik 1 dan titik 2 adalah titik dimana mobil itu berhenti. Maka pada saat mobil di rem dan berhenti maka meteran dibentangkan dari titik 1 ke titik 2 sehingga mendapatkan hasil pengukuran. Berdasarkan hasil pengujian di atas dimana pada kecepatan 30 km/jam dan 50 km/jam yang dilakukan 5 kali percobaan maka dapat dirata-rata pada kecepatan 30 km/jam di dapat jarak 3,5 m dan pada kecepatan 50 km/jam di dapat jarak 8,24 m. Setelah mengetahui hasil dari jarak pengereman maka jarak pengereman efisiensi dapat diketahui melalui tabel 1 dimana pada saat kecepatan 30 km/jam di dapat hasil pengukuran yaitu 3,5 m dan setelah melihat dari tabel 1 maka jarak pengereman yang efektif 100% adalah 3,6 m. Hasil pengukuran Mobil Barang 13 yaitu 3,5 m artinya pengereman mobil efektif dan efisien (100%) karena tidak melebihi dari jarak 3,6 m. Serta pada kecepatan 50 km/jam hasil pengukuran yaitu 8,24 m dan jika melihat dari tabel 1 maka jarak pengereman yang efektif 100% adalah 10,0 m. Hasil pengukuran Mobil Barang 13 yaitu 8,24 m artinya pengereman efektif dan efisien (100%) karena tidak melebihi dari jarak 10,0 m.

BAB V

KESIMPULAN, KETERBATASAN, DAN SARAN

A. Kesimpulan

Proses pembuatan sistem rem mobil barang '13 yang telah dibahas di bab sebelumnya meliputi perancangan sistem rem, pembuatan dan perakitan sistem rem, dan proses pengujian sistem rem dapat disimpulkan

1. Perancangan sistem rem dimulai dengan menganalisa data yang dibutuhkan dalam proses pembuatan sistem rem mobil barang '13 yang meliputi kebutuhan berat kendaraan 500 kg, beban maksimal muatan kendaraan 300 kg, kecepatan maksimal kendaraan 50 km/jam, jarak pengereman 3,5 m. Dari data analisis di atas maka diperoleh gaya pengereman sebesar 13778,63 N, waktu pengereman sebesar 5,04 s, proporsi gaya pengereman roda depan sebesar 6201,39 N dan roda belakang sebesar 7579,47 N, diameter kaliper roda depan sebesar 6,8 cm.
2. Setelah menganalisa data langkah selanjutnya yaitu membuat desain sistem rem pada mobil barang '13 yang meliputi desain pedal rem, dudukan pedal rem, dudukan master silinder, dudukan kaliper, dudukan kabel rem, dudukan batang penghubung tuas rem belakang, dan dudukan rem parkir. Proses pembuatan dan perakitan sistem rem mobil barang '13 dimulai dengan mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan. Membuat dudukan pedal, membuat pedal rem, membuat dudukan master silinder, membuat dudukan kaliper. Setelah sistem rem depan selesai langkah selanjutnya yaitu membuat sistem rem belakang membuat dudukan kabel

rem, membuatudukan batang penghubung tuas rem belakang, selanjutnya merakit sistem rem belakang. Selanjutnya yaitu membuat sistem rem parkir.

3. Hasil pengujian rem mobil barang '13 pada kecepatan 30 km/jam didapat rata-rata jarak pengereman 3,5 m dan pada kecepatan maksimal yaitu 50 km/jam didapat rata-rata jarak pengereman 8,24 m, Berdasarkan tabel jarak pengereman dan efisiensi pengereman, untuk kecepatan 30 km/jam jarak pengereman maksimal 3.6 m pada efisiensi 100%, dan untuk kecepatan 50 km/jam jarak pengereman maksimal 10.0 m pada efisiensi 100%. Berdasarkan hasil pengujian jarak pengereman dan membandingkan dengan tabel jarak pengereman dan efisiensi pengereman sistem rem mobil barang '13 memenuhi standar jarak pengereman pada efisiensi 100% sehingga dinyatakan baik dan aman digunakan.

B. Keterbatasan

Dalam pembuatan sistem rem mobil barang '13 masih memiliki beberapa keterbatasan yaitu :

1. Pembuatan sistem rem dilakukan dengan menggunakan bahan bekas diantaranya seperti kaliper, tromol rem belakang, kampas rem tromol, sehingga akan mempengaruhi hasil pengujian dari sistem rem.
2. Pemasangan kaliper rem roda depan kiri dipasang terbalik sehingga saat melakukan proses *bleeding* minyak rem kaliper harus dilepas.

C. Saran

Dalam pembuatan sistem rem mobil barang 13 ini masih memiliki banyak kekurangan, berikut saran dalam pembuatan sistem rem kendaraan :


1. Dalam pengembangan berikutnya bahan yang dipergunakan dalam pembuatan sistem rem lebih baik bahan yang orisinil atau asli agar kinerja sistem rem lebih maksimal.
2. Dalam pembuatan dudukan komponen sistem rem harus memperhitungkan kekuatan material yang digunakan agar dudukan komponen yang memiliki beban berat tetap awet atau tidak mudah rusak.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2003). *Toyota New Step 1*. Jakarta: PT. Toyota Astra Motor
- Anonim. (2005). SNI 4404:2008 *Metode Pengereman Kendaraan Bermotor Kategori L*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- David Halliday (2005). *Dasar Fisika Edisi 7*, (Terjemahan Euis Sustini). Jakarta: PT. Erlangga
- Dephub. (2009). Undang-Undang RI Nomer 22 Tahun 2009, tentang Lalu Lintas dan Angkutan Umum
- Heisler, Heinz (2002). *Advanced Vehicle Tecnology second edition*. London: Butterworth Heineman
- Sofan Amri & Yayan Setiawan. 2011. *Dasar-Dasar Otomotif*. Jakarta : PT. Prestasi Pustakarya
- Sularso. 1997. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta : P.T Pradnya Paramita
- Sutantra, I Nyoman & Bambang Sampurno. 2010. *Teknologi Otomotif* . Surabaya : Guna Widya.
- <https://m.detik.com/finance/energi/2431263/cadangan-minyak-dunia-habis-53-tahun-lagi> diakses pada tanggal 17 Juni 2018 pukul 12.20 WIB
- <http://otomotifarif02.blogspot.co.id/2013/11/mengenal-sistem-rem-htm?m=1> diakses pada tanggal 25 Juni 2018 pukul 8.00WIB.
- <http://www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/1413> diakses pada tanggal 17 Juni 2018 pukul 12.00 WIB

LAMPIRAN

Lampiran 1. Kartu Bimbingan

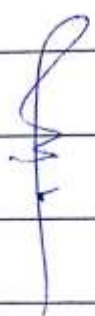
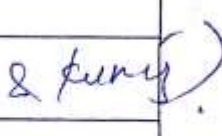


UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

KARTU BIMBINGAN PROYEK AKHIR/TUGAS AKHIR SKRIPSI

FRM/OTO/04-00
27 Maret 2008

Nama Mahasiswa : Tri Saksana
No. Mahasiswa : 13509134001
Judul PA/TAS : Perancangan Dan Pembuatan Sistem Rem Pada Mobil Barang 13
Dosen Pembimbing : Muhkamad Wakid, M.Eng

Bimb. ke	Hari/Tanggal	Materi Bimbingan	Catatan Dosen/Pembimbing	Tanda Tangan Dosen/Pembimbing
1	Rabu / 7-6-17		konsep	
2			perancangan	
3			prinsip	
4			diikuti	
5			prinsip	
6			liberal	
7			control	
8			diatur	
9			600 (moral & fungsi)	
10				

Lampiran 2. Kartu Bimbingan



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

KARTU BIMBINGAN PROYEK AKHIR/TUGAS AKHIR SKRIPSI

FRM/OTO/04-00

27 Maret 2008

Nama Mahasiswa : Tri Saksana

No. Mahasiswa : 13509134001

Judul PA/TAS : Perancangan dan Pembuatan Sistem Rem Pada Mobil Barang 13

Dosen Pembimbing : Muhkamad Wakid, M.Eng.

Bimb. ke	Hari/Tanggal	Materi Bimbingan	Catatan Dosen/Pembimbing	Tanda Tangan Dosen/Pembimbing
1	23-11-2016		Elementer	
2			Bangka	
3			salah!	
4			perputaran	
5			gabus	
6			sementer!	
7			gambar	
8	31-3-2016		plek!	
9			dasar pondasi	
10			dasar pondasi	


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

Masukan

 ekstrinsik!

Lampiran 3. Kartu Bimbingan



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

KARTU BIMBINGAN PROYEK AKHIR/TUGAS AKHIR SKRIPSI

FRM/OTO/04-00
27 Maret 2008

Nama Mahasiswa : Tri Saksana
No. Mahasiswa : 13509134001
Judul PA/TAS : Perancangan dan Pembuatan Sistem Rem Pada Mobil Barang 13
Dosen Pembimbing : Muhkamad Wakid, M.Eng.


Bimb. ke	Hari/Tanggal	Materi Bimbingan	Catatan Dosen/Pembimbing	Tanda Tangan Dosen/Pembimbing
1	10/0/17		Banali !	
2			& Simpulan	
3			Andesany	
4			ke Bab 4	
5				
6	21/8/17		ke Bab 4	
7				
8	29/8/17		Banali simpulan	
9			Simpulan dan	
10			Simpulan dan	

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

Scanned full Negeri prastasya & Banali

Lampiran 4. Bukti Selesai Revisi





UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

BUKTI SELESAI REVISI PROYEK AKHIR D3/S1

FRMOTO/11-00
27 Maret 2008

Nama Mahasiswa : Tri Saksana
 No. Mahasiswa : 13509134001
 Judul PA D3/S1 : Perancangan dan Pembuatan Sistem Rem 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		11/10/17
2	Drs. Sukaswanto, M.Pd	Sekretaris Penguji		11/10/17
3	Dr. Tawardjono Us, M.Pd	Penguji Utama		11/10/17

Keterangan:

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

