

**RANCANG BANGUN SISTEM REM PADA KENDARAAN
RODA EMPAT HEMAT ENERGI 100CC**



Wahyu Ibrahim

5315072411

**Skripsi Ini Ditulis Untuk Memenuhi Sebagai Persyarat Dalam Mendapatkan
Gelar Sarjana Pendidikan**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2014**

ABSTRAK

Wahyu Ibrahim , RANCANG BANGUN SISTEM REM PADA KENDARAAN RODA EMPAT HEMAT ENERGI 100CC Skripsi, Jakarta : Program Studi Pendidikan Teknik Mesin. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, Juli 2014.

Sistem rem ini dirancang untuk mengurangi kecepatan (memperlambat) dan menghentikan kendaraan, peralatan ini sangat penting pada kendaraan dan berfungsi sebagai alat keselamatan dan menjamin untuk kendaraan yang aman. Dalam perancangan sistem rem pada kendaraan roda empat tersebut penulis menggunakan rem hidrolik motor Honda beat dimana sudah di perhitungkan dengan beban benda dan berpenumpang satu orang seberat kurang lebih 200kg . Kendaraan ini mempunyai kecepatan maksimum 60 km/jam harus mempunyai sistem rem yang baik. Menghasilkan gaya gesek 163,644 kg.m, daya pengereman 0,02712 Hp, luas penampang silinder 8,0364 cm², tebal kanvas rem 4mm, tebal plat cakram 5mm, energi kinetis kendaraan 2766,74kg , waktu pengereman 0,899 detik, jarak pengereman 7,41 m, umur kanvas rem 42 bulan, dimana dengan data ini pengereman sudah baik dan aman. Dari hasil tersebut, oleh karena itu penulis memilih rem cakram hidrolik motor Honda beat yang sudah di sesuaikan dengan kendaraan. Dari hasil perencanaan menggunakan rem cakram hidrolik motor Honda beat di dapat jarak sebesar 7 ,41 mdengan waktu pengereman 0.889 detik kendraan itu sampai berhenti, dan umur kanvas kendaraan adalah 42 bulan. Dari hasil perencanaan ter sebut jarak rem jauh lebih aman untuk kendaraan hemat energi 100 cc dengan kecepatan 60 km/jam dan beban keseluruhan plus penumpang seberat 200 kg.

Kata Kunci : *Rancang Rem* , Gaya gesek, Kendaraan Hemat energi 100 cc

ABSTRACT

Revelation Ibrahim, BRAKE SYSTEM DESIGN IN FOUR WHEEL VEHICLE ENERGY SAVING 100CC Script, Jakarta: Mechanical Engineering Education Program. Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, State University of Jakarta, in July 2014.

In the design of brake system on four wheels kendaraan The authors use a hydraulic brake motors Honda beat which is already in the account with a passenger load of objects and people weighing approximately 200kg. This vehicle possessed a maximum speed of 60 km / h must have a good brake system. This system must be able to serve the dynamic wheel load and kinetic energy arising from the acceleration of capability. 163.644 kg.m generate friction forces, braking power Hp 0.02712, 8.0364 cm² cross-sectional area cylinder, 4mm thick brake pads, discs 5mm thick plate, the kinetic energy of vehicles 2766.74 kg, 0.899 seconds braking time, braking distance of 7.41 m, age brake 10 months 54 days, where the data is good and safe braking.

From these results, therefore, the authors chose the Honda motor hydraulic disc brakes beat already adjusted to kendaraan. Dari planning results using hydraulic disc brakes Honda motorcycles can beat at a distance of 7, 41 mdengan braking time 0.889 seconds kendaraan it until it stops, and canvas vehicle age is 42 months. From the results of the planning tar-distance calls brakes are much safer for vehicle energy-efficient 100 cc with a speed of 60 km / h and a whole load of passengers weighing 200 pounds plus.

Keywords: Design Brake, Friction, Energy-saving Vehicle 100 cc

LEMBAR PENGESAHAN
RANCANG BANGUN SISTEM REM PADA KENDARAAN RODA
EMPAT HEMAT ENERGI 100CC

Telah Disetujui Oleh :

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
1. <u>Adi Tri Tyassmadi M.Pd</u> NIP.196105211986021001	Pembimbing I	.....	.....
2. <u>Ahmad Kholill ST, MT</u> NIP.197908312005011001	Pembimbing II	.....	.....

Dewan Penguji :

1. <u>Dr. Eng. Agung Premono MT</u> NIP.197705012001121002	Ketua	.....	.....
2. <u>Himawan Hadi Sutrisno ST,MT</u> NIP.198105052008121002	Sekretaris	.....	.....
3. <u>Dr. Catur Setiawan. K</u> NIP.197102232006041001	Dosen Ahli	.....	.....

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Eng Agung Premono, M.T.
NIP.197705012001121002

Tanggal Ujian : 11 Juli 20

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama Wahyu Ibrahim
No.Reg : 5315072411
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Universitas : Universitas Negeri Jakarta

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

Jakarta, Januari 2014

Wahyu Ibrahim
531572411

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang Maha Esa lagi Maha Perkasa yang mengatur hidup dan kehidupan manusia dan para makhluk-Nya yang lain. Atas berkat rahmat dan karunia serta ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam semoga tetap tercurah kepada junjungan kita Rasulullah Muhammad SAW, kepada para keluarga dan para sahabatnya serta termasuk kita pula selaku ummatnya. Amin.

Maksud dari penulisan skripsi ini adalah untuk memenuhi persyaratan kelulusan mencapai gelar sarjana pendidikan (S.Pd.) Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak menemui kesulitan-kesulitan, akan tetapi berkat hidayah-Nya serta bantuan dan dukungan dari berbagai pihak maka kesulitan tersebut dapat teratasi. Maka dengan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ayahanda, Ibunda, dan Segenap Keluarga tersayang, yang selalu memberi dukungan baik secara moriil maupun materiil.
2. Bapak Drs. Riyadi, S.T, M.T. , selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
3. Bapak Drs. Agus Dudung, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
4. Bapak Ahmad Kholil, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin.
5. Drs. Adi Tri Tyassmadi M.Pd. selaku dosen pembimbing satu yang telah memberikan perhatian, bimbingan, dan arahnya selama penyelesaian skripsi ini.

6. Dr. Darwin Rio Budi Syaka, MT., selaku dosen pembimbing dua yang senantiasa memberikan dorongan, masukan dan bimbingannya dalam penulisan ini.
7. Ibu. Prof. Dr. Zulfiati, M.Pd., selaku Koordinator Skripsi Teknik Mesin.
8. Seluruh Dosen, Asisten, dan Keluarga Besar Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
9. Teman-teman seperjuangan teknik mesin 2008 serta seluruh pihak yang telah memberikan bantuan yang berguna bagi kelancaran penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari atas keterbatasan yang dimiliki dalam menyelesaikan skripsi ini, sehingga masih ditemui kekurangan dan ketidaksempurnaan, Maka dari itu kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Amin.

Jakarta, Januari 2014

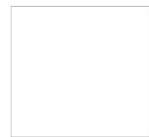
Penulis

Wahyu Ibrahim

5315072411

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
LEMBAR PENGAJUAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Perumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Definisi Rem	5
2.2 Fungsi Rem	6
2.3 Prinsip Kerja Rem	6
2.4 Kemampuan Rem.....	7
2.5 Klasifikasi Rem.....	8
2.6 Rem Cakram.....	8
2.6.1 Prinsip Kerja Rem Cakram.....	9
2.7 Komponen Komponen Rem Cakram	10
2.7.1 Pedal Rem.....	10
2.7.2 Master Silinder	11
2.7.3 Booster Rem	12
2.7.4 Pipa – Pipa Dan Fluida.....	13
2.7.5 Silinder Roda.....	14.



2.7.6	Pad rem (Kanvas Rem)	16
2.7.7	Kaliper (Rumah Rem)	17
2.7.8	Plat Cakram	18
2.8	Faktor Efektifitas Rem (FER)	18
2.9	Gaya Pedal Rem	19
2.10	Hubungan Tekanan Minyak Dngan Pedal Rem	20
2.11	Rem Hidrolik	20
2.12	Definisi fluida	20
2.13	Aliran – airan fluida	21
2.14	Kekentalan (Viskositas) fluida	22
2.15	Dasar Teori Perencanaan	22
2.15.1	Hukum pascal	22
2.15.2	Menentukan masa kendaraan	23
2.15.3	Kesetimbangan gaya	24
2.15.4	Titik berat	25
2.15.5	Distribusi beban pada roda – roda	26
2.15.6	Beban dinamis	27
2.15.7	Gaya rem yang diperlukan	28
2.15.8	Energi Kinetik	28
2.15.9	Gaya Gesek	29
2.15.10	Faktor Efektifitas Rem	33
2.15.11	Ukuran Plat Cakram	33
2.16	Teknik Perencanaan Silinder Roda (wheel cylinder)	28
2.16.1	Luas penampang	29
2.16.2	Menghitung perbandingan pada pedal (k) dari persamaan	29
2.16.3	Persamaan yang digunakan untuk mencari gaya yang keluar dari pedal rem (FK)	30
2.16.4	Persamaan untuk menghitung tekanan hidrolik (Pe) yang dibangkitkan pada master silinder	30
2.16.5	Persamaan untuk mencari gaya yang menekan pada rem	30

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Alur Kerja Penelitian	31
3.2. Tujuan oprasional rancang bangun	37
3.3. Rancangan awal	37
3.4. Peroses pengerjaan	39
3.3 Metode Penelitian	51
3.4.1. Unit Pengujian	51
3.4.2. Metode Pengambilan Data dan pengolahan data	51

BAB IV HASIL PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian.....	51
4.2 Perhitungan Data.....	53
4.2.1 Titik berat kendaraan	54
4.2.2 Kecepatan dan Perlambatan kendaraan.....	57
4.2.3 Distribusi beban pada roda-roda	58
4.2.4 Beban dinamis kendaraan	59
4.2.5 Gaya rem yang di perlukan	60
4.2.6 Luas penampang Silinder	61
4.2.7 Tekanan fluida.....	62
4.2.8 Faktor EfektifitasRem	62
4.2.9 Distribusi gaya rem	63
4.2.10 Gaya Rem Pada Sumbu roda	64
4.2.11 Waktu Jarak Pengereman.....	64
4.2.12 Energi Kinetik Kendaraan.....	66
4.2.13 Kapasitas energ lapisan kanvas	66
4.2.14 Luas Kanvas	67
4.2.15 Gaya Gesek Saat Pengereman.....	67
4.2.16 Umur Kanvas Rem.....	69
4.2.17 Tebal Plat	70
4.3 Data Hasil Perencanaan	71
4.4 Analisa Rancang Bangun Rem Cakram	73
4.5 Perhitungan Rem Cakram Hidraulik Motor Honda Beat.....	75

4.5.1	Luas penampang Silinder.....	75
4.5.2	Gaya Rem Pada Sumbu roda.....	76
4.5.3	Waktu Jarak Pengereman.....	76
4.5.4	Gaya Gesek Saat Pengereman.....	78
4.5.5	Umur Kanvas Rem.....	79

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	82
5.2	Saran	84
	Daftar Pustaka	86
	Lampiran	87

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Perinsip Kerja rem	9
Gambar 2.2. Pedal Rem.....	10
Gambar 2.3. Master silinder	11
Gambar 2.4. Booster Rem	12
Gambar 2.5. pemipaan Pada Rem	14
Gambar 2.6. silinder roda	15
Gambar 2.7. <i>Single Piston Type</i>	15
Gambar 2.8. <i>Double Piston Type</i>	16
Gambar 2.9. Kaliper	18
Gambar 2.10 Prinsip hukum pascal	23
Gambar 2.11 notasi kesetimbangan benda.....	24
Gambar 2.12 titik berat benda homogen	25
Gambar 2.13 titik berat benda ruang banyak	26
Gambar 3.1. Rancangan desain awal rem	33
Gambar 3.1. Rem hidrolik shimano beserta kabel fluida dan katub	35
Gambar 3.2. Mesin Gerinda	35
Gambar 3.3. Las Listrik.....	36
Gambar 3.4. Gergaji Besi	36
Gambar 3.5. Peralatan Kerja Bangku.....	37
Gambar 3.6. Mesin Bor tangan	37
Gambar 3.7. Sambungan Kabel Listrik.....	38
Gambar 3.8. katub T tampak depan	39
Gambar 3.9. katub T tampak samping	39
Gambar 3.10. dudukan disc break	40
Gambar 3.11. dudukan pedal rem	41
Gambar 3.12. Pedal rem.....	41
Gambar 3.13. pedal rem.....	42

Gambar 3.14 silinder roda tampak depan	42
Gambar 3.15. silinder roda tampak belakang.....	43
Gambar 3.16. silinder roda tampak samping	44
Gambar 3.17. silinder roda tampak atas	44
Gambar 3.18. pegas pembalik.....	45
Gambar 3.19. pad rem	45
Gambar 3.20. Silinder Rem Terpaasang	46
Gambar 3.21. Pipa fluida	46
Gambar 3.22 Tipe pedal rem.....	49
Gambar 3.23. Gaya tekan pedal kamaster silinder	49
Gambar 4.1. Ukuran panjang dan lebar kendaraan	55
Gambar4.2 Posisi titik berat kendaraa	56
Gambar 4.3 beban pada roda – roda kendaraan	58
Gambar 4.4 beban dinamis saat pengereman.....	59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan dunia otomotif dimulai pada tahun 1876 ketika mulai ditemukannya kendaraan bermotor, dan hingga saat ini perkembangan dunia otomotif terus berlanjut.¹

Motor Otto (bensin) banyak digunakan sebagai mesin penggerak kendaraan bermotor sampai saat ini, karena jenis mesin ini memiliki perbandingan daya terhadap berat mesin yang relative tinggi, ekonomis, harga yang memadai dan selalu siap beroperasi.

Hal ini dapat dibuktikan, dimana telah satu abad lamanya dunia *automotif* mengabdikan diri pada kepentingan dan kesejahteraan umat manusia, serta banyak memanfaatkan kemajuan teknologi untuk meningkatkan kemampuannya. Pada bidang otomotif banyak ditemukan dan diciptakan teknologi yang terbaru dan canggih. Setiap pemunculan jenis kendaraan yang beredar. Tidak hanya pada mesin bergerak, tetapi juga sasis, bodi dan desainnya. Pada dasarnya ini bertujuan untuk memberikan, Kenyamanan, kemudahan dan juga keamanan berkendara dan penumpangnya.

Salasatunya sistem yang mengalami kemajuan yang cepat dan merupakan sistem yang penting dalam kendaraan adalah sistem rem. Sistem rem itu sendiri dirancang selain sebagai pengaman juga berguna untuk mengontrol kendaraan. Oleh karena itu sistem rem yang berada pada suatu kendaraan

¹ Buana Automotif, *Automotive Mekanik*, (Jakarta: Dewan Guru LPK Buana Automotif, 1984), p.1

haruslah dipahami secara baik mulai dari komponennya cara kerjanya, serta cara perbaikan dan perawatan.

Sistem pengereman ini dirancang untuk mengurangi kecepatan (memperlambat) dan menghentikan kendaraan, peralatan ini sangat penting pada kendaraan dan berfungsi sebagai alat keselamatan dan menjamin untuk kendaraan yang aman dan rem ini membutuhkan master silinder untuk meneruskan tekanan pada saat pengereman berlangsung.

Kendaraan yang menggunakan sistem rem hidrolik banyak sekali komponen-komponen yang terkait didalamnya, salah satu diantaranya master silinder dan caliper (*cylinder body*). Master Silinder berguna untuk meneruskan tekanan pengereman dari pedal ke caliper (*cylinder body*) melalui pipa-pipa rem sesuai dengan tekanan pengereman. Sedangkan caliper (*cylinder body*) berguna untuk meneruskan tekanan hidrolik ke pad rem sehingga terjadi pengereman.

Dalam pengerjaan skripsi rancang bangun kendaraan roda empat hemat energy 100cc. Penulis bertugas dalam merancang bangun sistem rem. Dalam perancangan sistem rem pada kendaraan roda empat tersebut penulis menggunakan rem hidrolik motor Honda beat dimana sudah di perhitungkan dengan beban benda dan berpenumpang satu orang seberat kurang lebih 200 kg, dan kendaraan ini dirancang untuk mengikuti perlombaan rancangan kendaraan hemat energi 100 cc dengan beban 200 kg.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas maka penulis dapat mengidentifikasi sejumlah masalah sebagai berikut :

1. Apa fungsi dan prinsip kerja rem hidrolik kendaraan bermotor ?
2. Faktor – faktor apa sajakah yang dapat mempengaruhi kerja rem dan kestabilan kendaraan saat proses pengereman ?
3. Bagaimana cara merancang bangun sitem rem pada mobil hemat energy 100cc ?
4. Komponen – komponen apa saja yang di pergunakan dalam rancang bangun sistem rem hidrolik pada mobil hemat energy 100 cc

1.3 Pembatasan Masalah

Ruang lingkup permasalahan di dalam perencanaan ini hanya dibatasi pada rem hidrolik dengan tipe untuk kendaraan 100cc yang memiliki beban seberat 200 kg dengan kecepatan maksimal 60 km/jam. dan menggunakan rem hidrolik motor honda beat. Pembahasan di dalam perencanaan ini, hanya di titik beratkan kepada :

1. Menentukan ukuran dan profil rem hidrolik
2. Perhitungan gaya pengereman yg terjadi pada roda .
3. Perhitungan
 - a. Waktu pengreman
 - b. Mnghitung tekanan hidrolik
 - c. Menghitung gaya yang menekan pada pad rem

- d. menghitung gaya gesek yang ditimbulkan oleh rem
- e. jarak pengereman
- f. besar perlambatan
- g. energy kinetik kendaraan
- h. tekanan fluida

1.4 Perumusan Masalah

Dengan adanya pembatasan masalah yang telah ada, maka penulis dapat merumuskan masalahnya yaitu *“Bagaimana Merancang sistim pengereman pada kendaraan roda empat hemat energi 100cc”*

1.5 Tujuan dan Kegunaan penelitian

Hasil dari perencanaan ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan masukan bagi rekan rekan mahasiswa di jurusan pendidikan teknik mesin di dalam mempelajari rem hidrolis.

BAB II

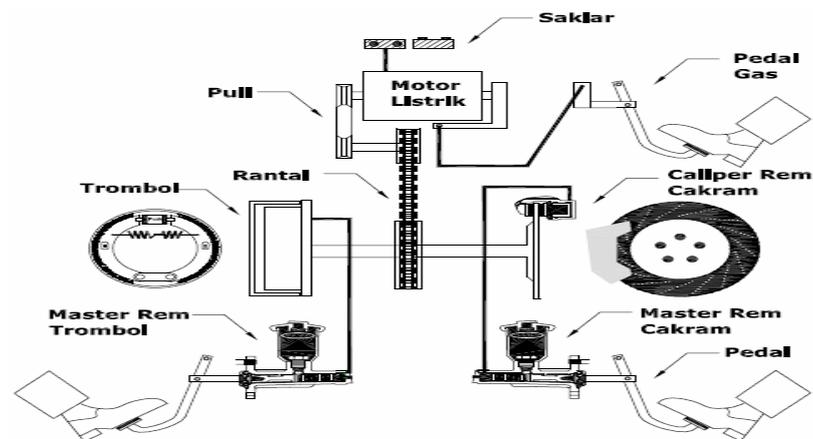
DASAR TEORI

2.12 Definisi Rem

Pada kendaraan bermotor rem berperan sangat penting dalam mengurangi kecepatan, menghentikan dan juga untuk mengontrol laju kendaraan. Apabila sistem rem tidak berfungsi dengan baik dapat menimbulkan bahaya bagi kendaraan tersebut maupun penumpangnya. Maka dari itu penting sekali perawatan dan perbaikan pada sistem rem dalam sebuah kendaraan demi kenyamanan pengemudi.

Rem adalah sistem yang bekerja dengan jalan menekan bagian yang tidak berputar berupa sepatu rem yang terbuat dari bahan asbestos kepada bagian yang berputar berupa tromol. Akibat dari bergeseknya suatu rem dengan tromol akan menghasilkan energi panas, sehingga roda-roda pada kendaraan dapat berhenti. Menurut mekanismenya rem itu sendiri dibedakan menjadi beberapa macam, antara lain itu rem hidrolis dan rem mekanis. Pada rem hidrolis, pengereman akan terjadi karena adanya tekanan cairan rem terhadap kanvas rem sehingga piringan (cakram) dijepit oleh kanvas rem, sedangkan pada rem mekanis menggunakan perantara kawat rem dalam pengereman.²

² Ikatan teknisi otomotif Indonesia, Chassis dan drive Train Group, (ITO : Jakarta, tanpa tahun) p. 5 – 1



Gambar 2.1 gambar rangkaian sistem pengereman

2.13 Fungsi Rem

Fungsi rem pada kendaraan secara umum adalah untuk mengurangi perputaran roda, dan kemudian menghentikan kendaraan.³ Karena fungsinya tersebut memungkinkan pengemudi untuk mengatur dan mengendalikan kendaraan sesuai dengan keinginannya. Mengingat fungsinya berhubungan langsung dengan pengendalian dalam laju kendaraan, maka rem sangat berperan dalam keamanan berkendara.

2.14 Prinsip Kerja Rem

Rem bekerja dengan jalan mengubah energi dinamik dari kendaraan menjadi energi panas dengan cara gesekan antara dua buah permukaan. Akibat perubahan yang terjadi tersebut, kendaraan akan mendapatkan perlambatan sehingga dapat mengurangi laju kendaraan. Kanvas rem

³ A.M. Saleh, Teknik Mobil, (Bharatara Niaga Media : Jakarta, 1995) p. 123

merupakan komponen yang memberikan tekanan sedangkan plat cakram rem sebagai komponen yang menerima tekanan.

Apa bila rem kaki dipergunakan secara terus menerus pada jalan menurun (tanpa menggunakan engine brake) maka pada kanvas akan terjadi panas akibat gesekan. Akibatnya koefisien gesekannya akan menurun, dan gaya yang dihasilkan pada pengereman akan berkurang meskipun pedal rem ditekan lebih kuat.⁴

2.15 Kemampuan Rem

Kemampuan rem diukur pada jarak pengeremannya, yaitu waktu yang di tempuh oleh mobil mulai saat pengemudi menginjak pedal rem sampai dengan berhenti sepenuhnya. Kemampuan rem biasanya akan menjadi berkurang apabila kecepatan kendaraan tinggi atau bebannya menjadi lebih berat. Keadaan permukaan jalan juga memberikan pengaruh yang cukup besar. Bila keadaan ferodo rem (break lining) telah menjadi aus, tertekan gemuk atau minyak, ini akan menyebabkan singgungan antara ferodo dan tromol rem telah menjadi tidak sempurna dan selai itu juga mengurangi gaya gerak disebabkan hal tersebut dapat menimbulkan suatu keburukan dan kemampuan kerja rem. Selain itu keausan ban dan terdapat udara dalam saluran pipa rem dapat mengurangi kemampuan rem.

⁴ Ikatan Teknisi Otomotif Indonesia Opcit p.5- 16

2.16 Klasifikasi Rem.⁵

Secara umum rem yang digunakan pada kendaraan dapat digolongkan menjadi beberapa tipe tergantung pada penggunaannya yaitu :

- Rem Kaki (*foot brake*) digunakan untuk mengontrol kecepatan dan menghentikan kendaraan.
- Rem Parkir (*parking brake*) digunakan terutama untuk memarkir kendaraan.
- Rem Tambahan (*auxiliary brake*) digunakan pada kombinasi rem biasa (kaki) yang digunakan pada truk diesel dan kendaraan berat.

Engine brake adakalanya digunakan untuk menurunkan kecepatan kendaraan. *Braking effect* (reaksi pengereman) ditimbulkan oleh tahanan putaran dari mesin itu sendiri.

2.17 Rem Cakram

Rem cakram (Disc Brake) yang ada pada sekarang ini terdiri dari sebuah cakram yang terbuat dari baja yang di jepit oleh lapisan rem dan kedua sisinya pada waktu terjadinya pengereman. Rem jenis ini mempunyai sifat-sifat yang baik, seperti mudah dikendalikan, pengereman yang stabil, radiasi panas yang baik dan lain sebagainya. Rem ini banyak sekali dipakai oleh kendaraan, terutama untuk roda bagian depan. Adapun

⁵ Prof. Ir. I Nyoman Sutantira, M.Sc. dan Dr. Ir. Bambang Sampurno, MT, "Teknologi Otomotif Edisi Kedua", Guna Widya, Surabaya, 2010

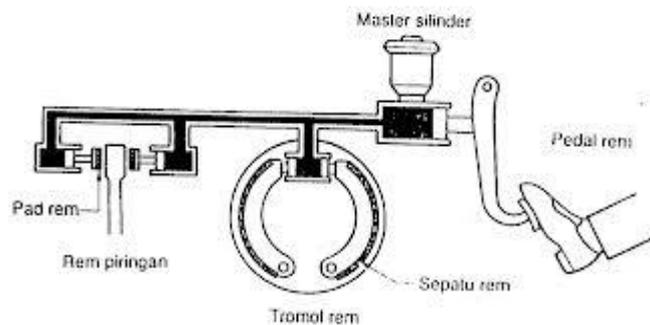
kelemahannya adalah umur lapisanyang pendek, serta ukuran silinder rem yang besar pada roda.

2.17.1 Prinsip Kerja Rem Cakram

Mesin mengubah energi panas menjadi energi kinetik (energi gerak) untuk menggerakkan kendaraan. Sebaliknya, rem mengubah energi kinetik menjadi panas untuk menghentikan kendaraan.⁶ Pada umumnya rem bekerja disebabkan adanya sistem gabungan penekanan melawan sistem gerak putar. Efek pengereman (Breaking Effect) diperoleh dari adanya gesekan yang dtiimbulkan antara kanvas dan piringan rem.

Prinsip kerja rem cakram merupakan suatu penerapan dari hukum pascal yang mana bila suatu cairan diberikan tekanan, maka tekanan akan di teruskan kesegala arah oleh zat cair tersebut. Dengan menggunakan prinsip ini maka tekanan hidrolis yang dibangkitkan pada master rem akan diteruskan kesemua silinder roda dengan sama besar. Bila kendaraan direncanakan memerlukan daya pengereman yang besar pada roda-roda depan maka perancang membuat silinder-silinder depan yang besar seperti dapat dilihat pada gambar aliran minyak pada rangkaian rem cakram.

⁶ Training center, New Step 1, (Toyota Astra Motor : Jakarta, 1995)p 5 - 54



Gambar 2.2⁷ rangkaian rem tromol

2.18 Komponen Komponen Rem Cakram

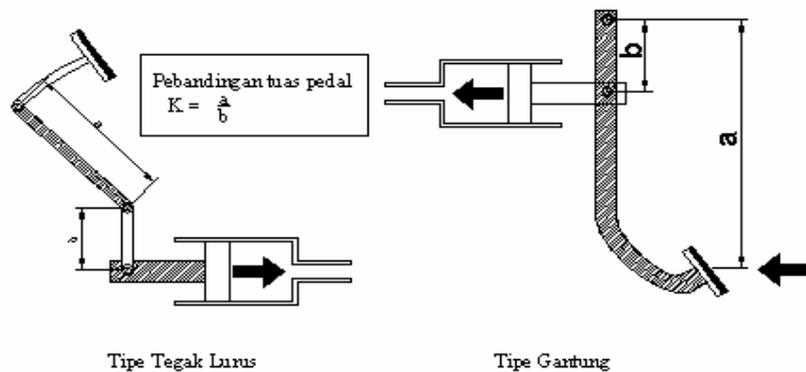
Banyak sekali komponen-komponen yang terdapat pada sistem rem cakram. Semua komponen rem ini menjadi satu kesatuan yang saling berhubungan antara satu yang lainnya. Komponen-komponen tersebut antara lain :

2.18.1 Pedal Rem

Pedal rem pada kendaraan berfungsi untuk memindahkan gaya pada master silinder baik pada rem cakram maupun rem tromol. Secara umum pedal rem terdiri dari dua tipe, yaitu :

- a. Tipe tegak lurus dengan titik tumpunya dibawah
- b. Tipe gantung yang titik tumpunya terletak diatas lanta

⁷ Ibid p. 5

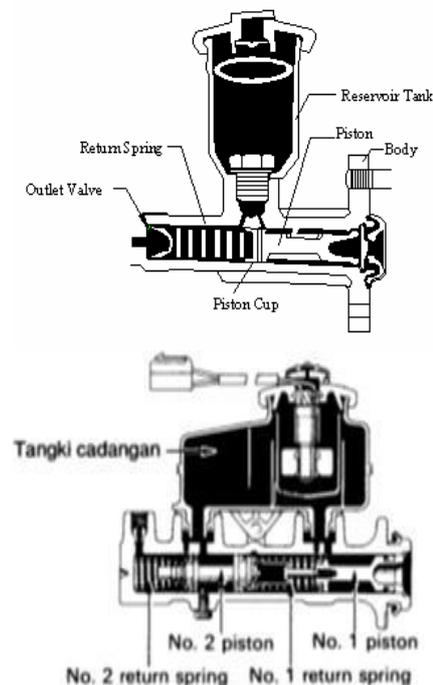


Gambar 2.2 Pedal rem

2.18.2 Master Silinder

Master silinder merupakan tempat berkumpulnya fluida sebelum disalurkan kemasing-masing silinder roda. Mekanisme yang diterapkan dalam master silinder ditunjukkan untuk membagikan dan meneruskan gaya injak pedal ke silinder roda. Selama langkah kerja tersebut gaya injak roda di lipat gandakan sehingga cukup mampu untuk menekan kanvas rem. Di dalam master silinder terdapat banyak komponen utama seperti primary piston dan secondary piston yang berfungsi untuk mendorong dan menekan fluida ke masing-masing silinder roda melalui selang rem dengan sama rata dan sama besar. Ada beberapa jenis tipe master silinder yang kita kenal didalam kendaraan bermotor, diantaranya adalah :

- Master silinder tipe tunggal
- Master silinder tipe ganda



Gambar 2-3⁸ Master silinder

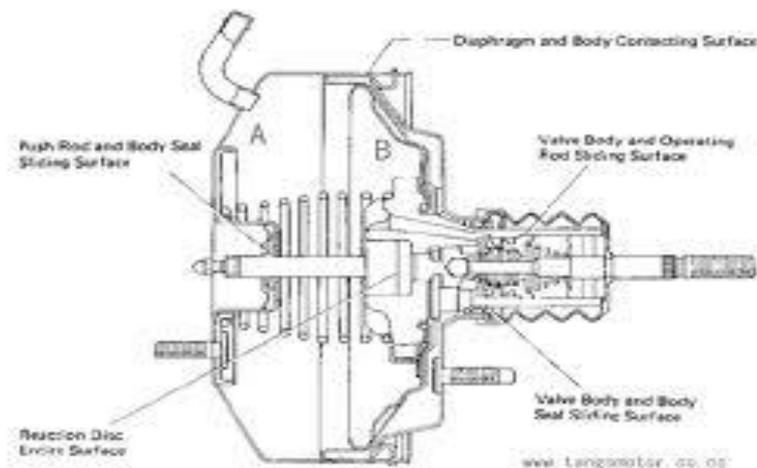
2.18.3 Booster Rem

Booster rem (power brake) dalam kendaraan berfungsi untuk mengurangi besarnya tenaga yang diberikan ke pedal rem dan memperbesar gaya tekan pada waktu pengereman berlangsung⁹. Booster rem ditempatkan sebagian dibelakang master silinder dan sebagian sumber tenaga dimanfaatkan kevakuman yang terjadi pada mesin. Kevakuman berlaku pada ruang membrane depan dan berlaku tahanan udara luar bagian membrane sebaliknya. Karena terjadinya kevakuman ini membrane cenderung bergerak kearah depan dan langsung mendorong

⁸ Ibid 5- 56

⁹ A.M. Saleh, Teknik Mobil, (Bharatara Niaga Media : Jakarta, 1995) p. 123

batang torak master silinder. Dari master silinder ini tekanan minyak diteruskan ke roda-roda melalui selang rem.



Gambar 2-4 Booster rem

2.18.4 Pipa Pipa Dan Fluida

Pipa-pipa minyak rem biasanya terbuat dari pipa baja atau karet sintetis yang terletak pada rangka mobil di dekat keempat roda. Pada sistem hidrolis, pemipaan mempunyai peranan penting, dikarenakan gaya tekan yang akan diberikan kepada silinder roda sangat besar, sehingga kemungkinan terjadinya kebocoran harus diantisipasi.

Oleh sebab itu dikenal beberapa teknik pemipaan yang dipasang pada kendaraan. Teknik-teknik pemipaan ini dimaksud untuk tetap memfungsikan rem apabila salah satu pipa ada yang bocor. Beberapa teknik pemasangan pipa tersebut adalah :

- a. Tipe diagonal

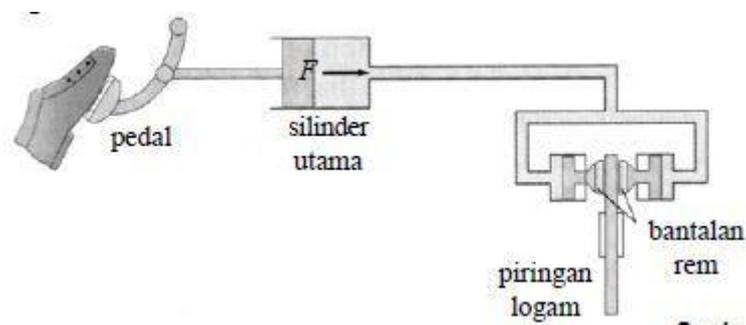
b. Tipe depan-belakang

c. Tipe kiri-kanan

Pada tipe diagonal, antara roda depan dan roda belakang dihubungkan oleh satu pipa tapi dengan cara silang misalnya roda depan kiri dihubungkan dengan roda belakang kanan dan sebaliknya. Tipe seperti ini dimaksud untuk mengantisipasi kebocoran pada salah satu pipa. Bila salah satu pipa terjadi kebocoran, maka ada satu roda depan dan belakang yang masih berfungsi.

Pada tipe depan-belakang, saluran fluida dikelompokkan atas roda-roda depan dan roda-roda belakang. Bila roda belakang mengalami kebocoran, maka akan berfungsi dalam pengereman hanya roda-roda depan, dan sebaliknya.

Pada tipe kanan-kiri, teknik pemasangannya seperti pada tipe diagonal. Bila pada tipe diagonal antara dua roda depan belakang dihubungkan secara bersilang, tapi pada tipe ini tidak demikian, pasangan roda yang dihubungkan adalah seperti kiri dengan belakang kiri dan sebaliknya. Pada perencanaan ini digunakan tipe depan belakang.



Gambar 2-5 Pemipaan pada rem

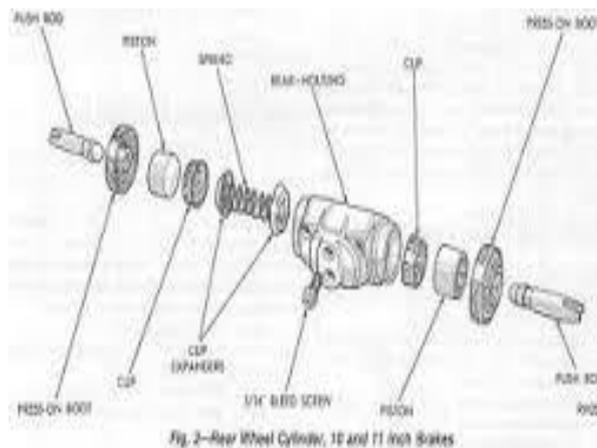
2.18.5 Silinder Roda

Silinder roda adalah komponen yang berada dibagian roda dan berfungsi sebagai penyimpan dan penerima tekanan fluida. Pada silinder roda terdapat piston yang dapat bergerak maju mundur menekan dan mengembalikan kanvas rem. Bila tekanan yang dikirim melalui pipa pipa semakin besar, maka piston akan terdorong keluar. Akibat dorong piston silinder ini, maka pad rem akan mendesak plat cakram sehingga terjadilah proses pengereman.

Ada dua tipe silinder roda, yaitu :

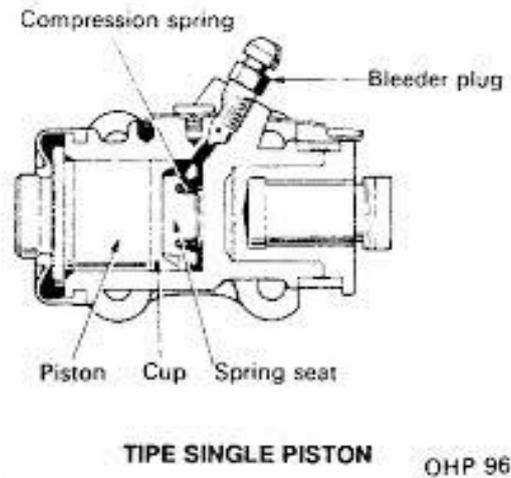
- a. Silinder roda dengan satu piston
- b. Silinder roda dengan dua piston

Pada silinder satu piston, fluida hanya mendorong sebuah piston ke luar dan pada silinder tipe dua piston, fluida menekan dua buah piston sekaligus dalam arah yang berlawanan.¹⁰

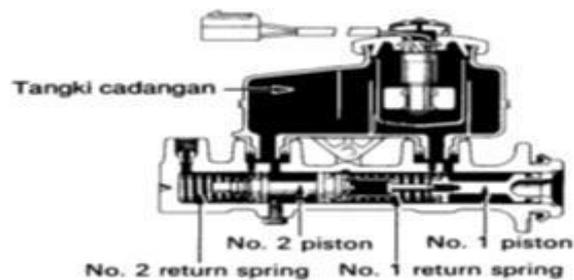


Gambar 2-6 Silinder roda

¹⁰ A.M. Saleh, opcit p.126



Gambar 2-7¹¹ *Single Piston Type*



Gambar 2-8¹² *Double Piston Type*

2.18.6 Pad rem (Kanvas Rem)

Pada rem jenis cakram biasanya kanvas rem lebih populer disebut pad rem. Hal ini dikarenakan bentuknya yang pipih menyesuaikan dengan plat geseknya. Pad rem merupakan komponen yang langsung bersentuhan dengan plat cakram sehingga kesetabilan dan kemampuan daya rem

¹¹ Service Training opcit p.5-66

¹²Service Training opcit p.5-67

terdapat disini. Pada pad diberi garis celah untuk menunjukkan tebal pad (batas yang diijinkan). Pad (*disc pad*) biasanya dibuat dari campuran *metallic fiber* dan sedikit serbuk besi. Tipe ini disebut dengan *semi metallic disc pad*.

Sebagai komponen yang akan menghentikan perputaran roda, maka pad rem didesain supaya dapat melakukan gaya gesek sebesar - besarnya. Oleh sebab itu dipilih bahan-bahan yang memiliki koefisien yang besar terhadap gesekan, selain itu juga memperhatikan daya gores terhadap permukaan plat, bahan yang dapat menggores akan membuat plat menjadi cepat aus.¹³

2.18.7 Kaliper (Rumah Rem)

Caliper juga disebut juga dengan *cylinder body*, memegang piston-piston dan dilengkapi saluran dimana minyak rem disalurkan kesilinder. Caliper dapat dikelompokkan menurut jenis pemasangannya, yaitu :

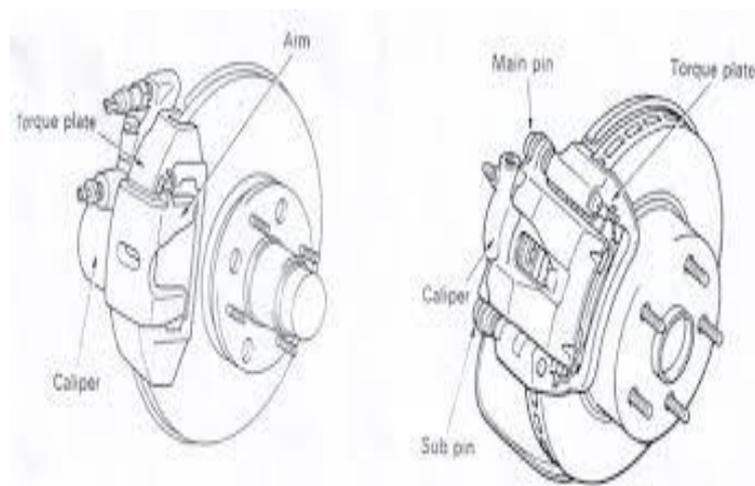
a. Tipe fixed caliper (double piston)

Fixed caliper adalah dasar desain yang sangat baik dan dijamin dapat bekerja lebih akurat. Namun demikian radiasi panasnya terbatas karena silinder rem berada antara cakram dan velg, menyebabkan sulit tercapainya pendinginan. Untuk ini membutuhkan penambahan komponen yang banyak. Untuk mengatasi hal tersebut, jenis caliper fixed ini jarang dipakai.

¹³ Toyota. "New Step 1 Training Manual". : PT. Toyota Astra Motor, Jakarta, 1995.

b. Caliper floating (single piston)

Kaliper tipe floating dapat digolongkan menjadi dua tipe yaitu semi floating dan full floating. Pada caliper semi floating menerima tenaga pengereman yang dibangkitkan dari pad bagian luar. Sedangkan pada caliper full floating, kemampuan pengereman dibangkitkan oleh kedua pad dengan torki plat. Kaliper floating saat ini banyak digunakan pada motor metik seperti mio, vario, dan beat.



Single piston

Double piston

Gambar 2-9 Kaliper

2.18.8 Plat Cakram

Plat cakram terbuat dari baja tuang yang keras dan dihaluskan permukaannya. Karena pada proses pengereman suhu yang timbul demikian besar, maka plat cakram didesain supaya dapat meradiasikan panas ke lingkungan dengan cepat. Oleh sebab itu plat dibuat lubang – lubang ekspansi. Tipe cakram lubang terdiri dari pasangan piringan yang

berlubang untuk menjamin pendinginan yang baik, kedua-duanya untuk mencegah *fading* dan menjamin umur pad lebih panjang atau tahan lama.

2.19 Faktor Efektifitas Rem (FER)

Faktor efektifitas rem adalah besarnya gaya tekan kanvas rem persatuan luas, persamaannya adalah sebagai berikut :

$$(FER)_D = 2 \cdot \mu^{14} \quad (2 - 1)$$

Dimana diketahui :

$(FER)_D$ = faktor efektifitas rem

μ = koefisien gesek kanvas

2.20 Gaya Pedal Rem

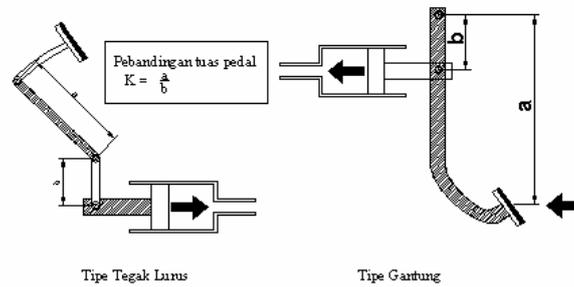
Bila pedal rem di tekan, maka master silinder akan menghasilkan tekanan hidraulis. Cara kerja pedal rem di dasarkan pada prinsip tuas, dan merubah menjadi tekanan pedal rem dengan tenaga yang kecil menjadi tenaga yang besar. Maka itu prinsip tuas ini berlaku pada pedal rem sebagai berikut :

Daya yang bekerja :

$$F_1 \times A = F_2 \times B^{15} \quad (2 - 2)$$

¹⁴ Sularso dan Kiyokatsu Suga, "Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin", Pradnya Paramita, Jakarta, 1991.

¹⁵ Iktan Teknisi Otomotif, Opcit p.5-1



Gambar pedal rem

Dimana :

F_1 = Tenaga pedal

F_2 = *Output pus rod*

A = Jarak pedal rem ke fulcrum

B = jarak dari *pus rod* ke tumpuan

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

Dimana :

a = jarak dari pedak rem fulcrum/tumpuan

b = jarak dari push rod ke fulcrum/tumpuan

2.21 Hubungan Tekanan Minyak Dngan Pedal Rem

Besarnya tekanan minyak disilinder ditentukan oleh gaya injakan pada pedal rem yang menggerakkan piston silinder master rem, baik secara langsung atau dengan penguat gaya. Pada pengereman dalam keadaan darurat, untuk mencegah kenaikan rem yang terlalu melonjak, maka kenaikan tekanan minyak yang dibutuhkan oleh injakan peda rem dengan gaya lebih dari 15 s.d 22 kg dibuat lebih lunak daripada injakan dibawah 15 s.d 22 kg.

2.22 Rem Hidrolik

Kata hidrolik berasal dari bahasa Yunani “Hydro” yang berarti air, ini terdiri dari semua benda atau zat dalam hubungannya dengan air. fluida dipakai untuk memindahkan energi oli secara umum banyak dipakai pada sistem ini, walau demikian minyak-minyak sintetis, air, atau emulsi air dan oli pada prinsipnya dapat juga dipakai, hanya dalam berbagai hal mempunyai keterbatasan-keterbatasan yang sangat berarti.¹⁶

2.12 Definisi fluida

Fluida adalah zat yang mampu mengalir dan yang menyesuaikan diri dengan bentuk wadah tempatnya. Semua fluida memiliki suatu drajat kompresibilitas dan memberikan tahanan kecil terhadap perubahan bentuk. Fluida dapat digolongkan kedalam cairan atau gas.¹⁷

Perbedaan perbedaan utama antara cairan dan gas adalah cairan sederhana tak kompresibel, sedangkan gas kompresibel dan seringkali harus diperlakukan demikian dan cairan mengisi volume tertentu dan mempunyai permukaan permukaan bebas sedangkan gas dengan massa tertentu mengembang sampai mengisi seluruh wadah tempatnya.

2.13 Aliran – aliran fluida

Pada umumnya aliran sebuah fluida dapat dibedakan atas aliran dalam saluran yaitu aliran yang dibatasi dengan permukaan permukaan keras, dan

¹⁶ Drs. Sugi hartono, "*Sistem Kontrol Dan Pesawat Tenaga Hidrolik*". Edisi Pertama, Penerbit Tarsito, Bandung, 1988

¹⁷ Renald V. Giles, *Mekanika Fluida dan Hidraulik*, Terjemahan Oleh herman widodo (Erlangga : Jakarta, tanpa tahun)p.1

aliran sekitar benda, yang dikelilingi oleh fluida yang selanjutnya terbatas. Perbedaan demikian hanya memudahkan peninjauan saja, krena gejala dsar dari kelakuan fluida berlaku pada kedua keadaan tersebut¹⁸. Aliran fluida bisa mantap atau tidak mantap, merata atau tak merata, laminar atau turbulen, satu dimensi, dua dimensi, atau tiga dimensi, dan rotasional atau tak rotasional. Aliran satu dimensi yang sesungguhnya dari suatu fluida tak kompresibel terjadi bila arah dan kecepatannya di setiap titik sama. Sedangkan pada aliran dua dimensi terjadi bila partikel partikel fluida bergerak dalam bidang-bidang yang sejajar dan pola-pola garisnya sama di setiap bidang.

2.14 Kekentalan (Viskositas) fluida

Kekentalan (Viskositas) suatu fluida adalah sifat yang menentukan besar daya tahannya terhadap gaya geser. Kekentalan terutama diakibatkan oleh pengaruh antara molekul-molekul fluida. Viskositas suatu fluida dihubungkan dengan tahanan terhadap gaya yang menggeserkan fluida pada lapisan yang satu terhadap yang lain. Viskositas sebenarnya disebabkan karena kohesi-kohesi dan pertukaran momentum molekuler diantara lapisan lapisan fluida atau tegangan geser diantara lapisan yang bergerak.

2.15 Dasar Teori Perencanaan

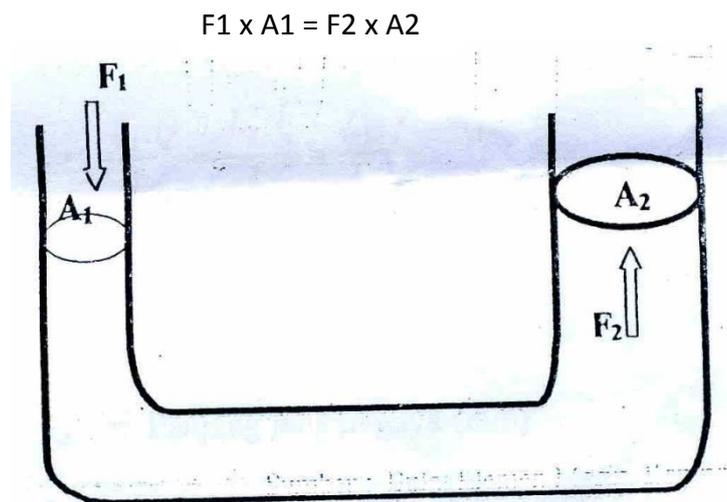
2.15.1 Hukum Pascal

Untuk meneruskan gaya yang diberikan oleh pengemudi sampai ke sepatu rem diperlukan mekanisme penerus gaya. Dewasa ini,

¹⁸ Harijono Djojodiharjo, Mekanika Fluida, (Erlangga : Jakarta, 1983) p. 223

transmisi gaya pada sistem rem banyak menggunakan fluida. Selain sederhana konstruksi rangkainnya, juga dapat melipat gandakan gaya injak pedal.

Prinsip kerja fluida adalah meneruskan dan melipat gandakan gaya yang diberikan. Ini sesuai dengan hukum pascal yang mengatakan bahawa tekanan yang diberikan pada zat cair akan diteruskan kesegala arah oleh zat cair itu sendiri.¹⁹ Hukum tersebut kemudian diaplikasikan pada bejana berhubungan yang kemudian merumuskan persamaan sebagai berikut :



Gambar 2 - 10 prinsip hukum pascal

2.15.2 Menentukan masaa kendaraan

$$m = \frac{w}{g} \quad (2-3)^{20}$$

dimana :

m = massa, satuannya kg

¹⁹ Douglas c. giancoli, fisika, terjemahan cuk imawan (Jakarta : erlangga ,1997), h .324.

²⁰ Ibid p. 25

$w = \text{berat kendaraan} + \text{daya angkut}$

$g = \text{gravitasi, satuannya m/det}^2$

2.15.3 Kestimbangan gaya

Bila sebuah benda homogeny berada pada dua tumpuan seperti pada gambar (2 - 11), maka akan berlaku kestimbangan gaya sebagai berikut :

a. Bila B sebagai titik tumpu :

$$\sum M_B = 0$$

$$W_A \cdot (x + y) - W \cdot y = 0$$

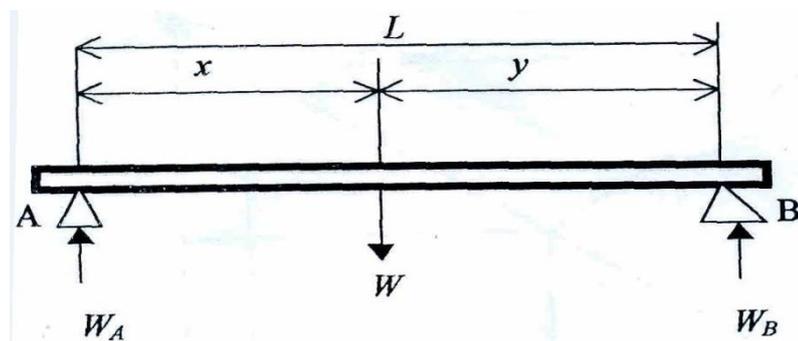
$$W_A = \frac{W \cdot y}{(x + y)} \quad (2 - 4)$$

b. Bila A sebagai titik tumpu.

$$\sum M_A = 0$$

$$W_B \cdot (x + y) - W \cdot y = 0$$

$$W_B = \frac{W \cdot y}{(x + y)} \quad (2 - 5)$$



Gambar 2 - 11 notasi kestimbangan benda

Keterangan :

W = Berat benda + daya angkut(Kg)

W_A = gaya reaksi pada tumpuan A (kg)

W_B = gaya reaks pada tumpuan B (kg)

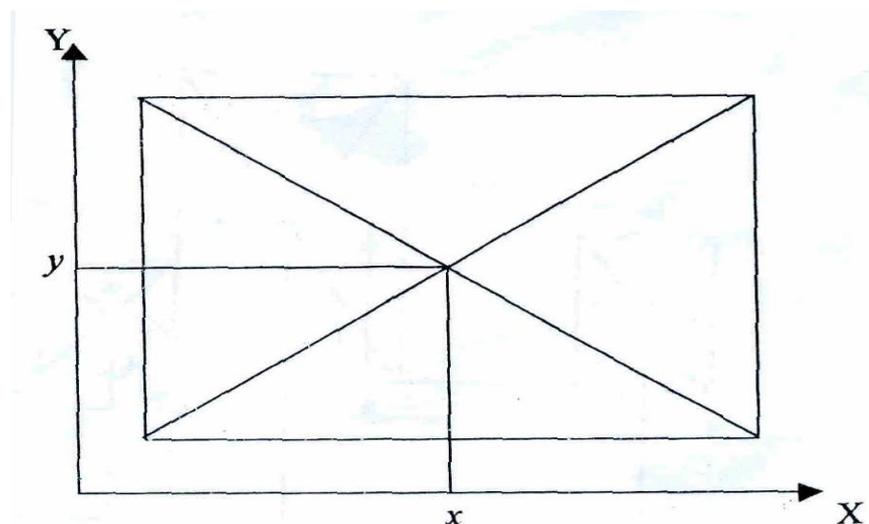
L = jarak antara dua tumpuan (kg)

X = jarak antara titik A dan titik berat (mm)

Y = Tinggi titik berat (mm)

2.15.4 Titik Berat Kendaraan

Titik berat merupakan persentasi berat suatu benda pada satu titik. Pada bidang dua dimensi, maka titik berat berada pada kordinat x , dan y . Sedangkan pada bidang tiga dimensi, kodinat titik berat berada pada jarak x , y dan z .



Gambar 2 – 12 titik berat benda homogen

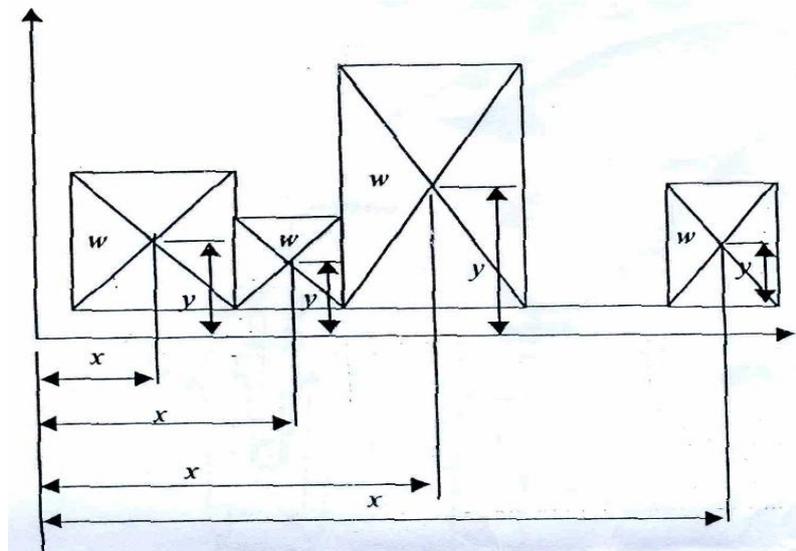
Untuk benda homogen tunggal (gambar) titik berat langsung berada pada titik tengah, yaitu pada absis x dan y . tetapi pada benda homogen yang mempunyai banyak ruang, (gambar) maka menentukan titik berat menentukan persamaan :

a. Pada absis x

$$x = \frac{x_1 \cdot w_1 + x_2 \cdot w_2 + x_3 \cdot w_3 + \dots + x_n \cdot w_n}{w_1 + w_2 + w_3 + \dots + w_n} \quad (2-6)$$

b. Pada ordinat y

$$y = \frac{y_1 \cdot w_1 + y_2 \cdot w_2 + y_3 \cdot w_3}{w_1 + w_2} \quad (2-7)$$



Gambar 2 – 13 titik berat benda ruang banyak

2.15.5 Distribusi Beban Pada Roda – roda

Distribusi beban adalah pembagian berat kendaraan yang ditanggung oleh masing – masing pasangan roda depan dan roda belakang. Distribusi yang terbagi antara roda – roda tersebut dihitung dengan

a. Roda depan

$$W_d = \frac{w \cdot x_a}{x_a + x_b} \quad (2-8)^{21}$$

b. Roda belakang

$$W_b = \frac{w \cdot x_b}{x_a + x_b} \quad (2-9)$$

Keterangan :

W_d = Beban roda depan (kg)

W_b = Beban roda belakang (kg)

W = Berat benda + daya angkut (kg)

x_a = letak titik berat dari poros roda depan (mm)

x_b = jarak dari poros roda belakang (mm)

2.15.6 Beban Dinamis Kendaraan

Beban dinamis kendaraan adalah beban yang ditanggung roda oleh masing – masing roda pada saat pengereman.

a. Beban dinamis roda depan

$$W_{dD} = W_D + e \cdot \frac{h}{L} \cdot W \quad (2-10)$$

b. Beban dinamis roda belakang

$$W_{dB} = W_B - e \cdot \frac{h}{L} \cdot W \quad (2-11)$$

²¹ Sularso dan Kiyokatsu Suga, "Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin", Pradnya Paramita, Jakarta, 1991.

Keterangan :

W_{dD} = Beban dinamis roda depan (kg)

W_{dB} = Beban dinamis roda belakang (kg)

W_D = Beban roda depan (kg)

W_B = Beban roda belakang (kg)

e = koefisien gesek jalanan

h = tinggi titik berat (mm)

L = Jarak sumbu roda depan dan belakang (mm)

W = Berat benda + daya angkut (kg)

2.15.7 Gaya Rem yang Diperlukan

a. Roda depan

$$B_{ID} = e \cdot W_{dD} \quad (2 - 12)$$

b. Roda belakang

$$B_{ID} = e \cdot W_{db} \quad (2 - 13)$$

Keterangan :

B_{ID} = gaya yang diperlukan pada roda depan (kg)

e = koefisien gesek jalan

W_{dD} = beban dinamis roda depan (kg)

W_{db} = beban dinamis roda belakang (kg)

2.15.8 Energi Kinetik

Suatu benda yang sedang bergerak mempunyai energi kinetik yang besarnya sebanding dengan massa kendaraan dan kecepatannya.²²

$$EK = \frac{1}{2} m V_t^2 = \frac{w.v^2}{2.g} \quad (2 - 14)$$

Dimana :

EK = energi kinetik yang ditimbulkan kendaraan, satuannya kg
m

m = massa, satuannya kg

V_t = kecepatan kendaraan , satuannya km/jam

W = Berat benda (kg)

G = Gravitasi bumi (9,8 m/s²)

Untuk roda depan :

$$Ek_d = \frac{wd.v^2}{2.g} \quad (2 - 15)$$

Untuk roda belakang :

$$Ek_b = \frac{wb.v^2}{2.g} \quad (2 - 16)$$

2.15.9 Daya Gesek

Yang dimaksud daya gesek adalah daya yang hilang akibat terjadinya gesekan antara lapisan rem dan piringan pada saat pengereman. Besarnya daya yang hilang ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

²² Giancoli, op.cit, h .173.

- a. Besarnya usaha gesek yang dilakukan setiap kali pengereman.
- b. Lamanya waktu yang diperlukan dalam setiap kali pengereman.
- c. Jumlah pemakaian rem setiap jam.

a. Besarnya usaha gesek (U_g)

Gaya gesek adalah gaya yang bekerja pada permukaan rem. Besarnya gaya gesek ini sebanding dengan perkalian antara momen rem, putaran plat dan lama pengereman.

Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$U_g = \frac{M_p \cdot n \cdot t}{1910} \quad ^{23} (2 - 17)$$

Dimana :

U_g = usaha gesekan setiap pengereman

M_p = momen pengereman(kg.cm)

n = putaran piring (rpm)

t = Lama waktu setiap pengereman (jam)

²³ Gustav Nieman, Machine Elements Design And Calculation In Mechanical Engineering, Vol II, (Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1960), P. 290.

b. Lamanya Waktu pengereman

Lamanya waktu yang diperlukan dalam setiap kali pengereman tergantung dari kecepatan kendaraan dan besarnya perlambatan yang terjadi. Pada rancangan ini kecepatan maximum yg diketahui adalah 60 km/jam, atau 16,66 m/detik.

Setelah kecepatan kendaraan dan jari-jari ban diketahui, maka dapat mencari kecepatan sudutnya, yaitu dengan persamaan :

$$\omega = \frac{V}{R} \quad \text{.....(2 - 18)}$$

keterangan :

v = kecepatan kendaraan (m/detik)

R = jari – jari ban (m)

ω = kecepatan sudut (rad/detik)

sedangkan lamanya waktu pengereman yang diperlukan setiap kali pengereman (t_e) adalah :

$$V = \alpha \times g \times t_e$$

$$t_e = \frac{V}{\alpha \times g} \quad \text{..... (2 - 19)}$$

Dimana :

t_e = waktu pengereman (detik)

V = kecepatan (m/s)

²⁴ Robert L. Mott. PE, Machine Elements In Mechanical Designe, (New York : Merill, 1994), P. 656.

α = perlambatan (m/S²)

g = grafitasi bumi (9,8 m/s)

sedangkan besarnya perlambatan dapat dihitung dengan persamaan

$$\alpha = e \cdot g \quad (2 - 20)$$

keterangan :

α = perlambatan

g = grafitasi bumi (9,8 m/s)

e = kofisien gesek benda

sedangkan jarak pengeremannya dapat dihitung dengan rumus :

$$S = v \cdot te - \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot (te)^2 \quad (2 - 21)$$

Keterangan :

S = jarak (m)

V = kecepatan (m/s)

te = waktu (detik)

α = perlambatan (m/s²)

Maka besarnya usaha gesek yang dilakukan setiap kali pengereman

adalah :

$$U_g = \frac{M_p \cdot n \cdot t}{1910}, \text{ sedangkan } \omega = \frac{2 \pi \cdot n}{60} \text{ }^{25}, \text{ jadi } n = \frac{60 \cdot \omega}{2 \pi} \quad (2 - 22)$$

$$\text{Jadi, } U_g = \frac{M_p \cdot 60 \cdot t}{2 \cdot \pi \cdot 1910} \text{ atau } U_g = \frac{M_p \cdot t}{200}$$

²⁵ Joseph E. shigley and Charles R. Mischake, Standard Hanbook Of Masichine Designe, 2nd edition, (New York : Mc Graw-Hill, 1996), p. 30.20.

c. Pemakaian Rem Setiap Jam

Dalam rancangan ini, rem digunakan rata - rata sriap jamnya adalah sebanyak (z) kali pengereman. Maka besarnya daya gesek pada setiap kali pengereman adalah :

$$N_g = \frac{U_g \cdot z}{270.000} \quad (2 - 23)$$

Keterangan :

N_g = daya gesek yang hilang

U_g = usaha gesek yang dilakukan setiap kali pengereman

Z = jumlah pemakaian rem setiap jam

2.15.10 Faktor Efektifitas Rem

Faktor efektifitas rem adalah besarnya gaya tekan kanvas rem persatuan luas, persamaannya adalah sebagai berikut :

$$(FER)_D = 2 \cdot \mu^{26}$$

Dimana diketahui :

$(FER)_D$ = faktor efektifitas rem

μ = koefisien gesek kanvas

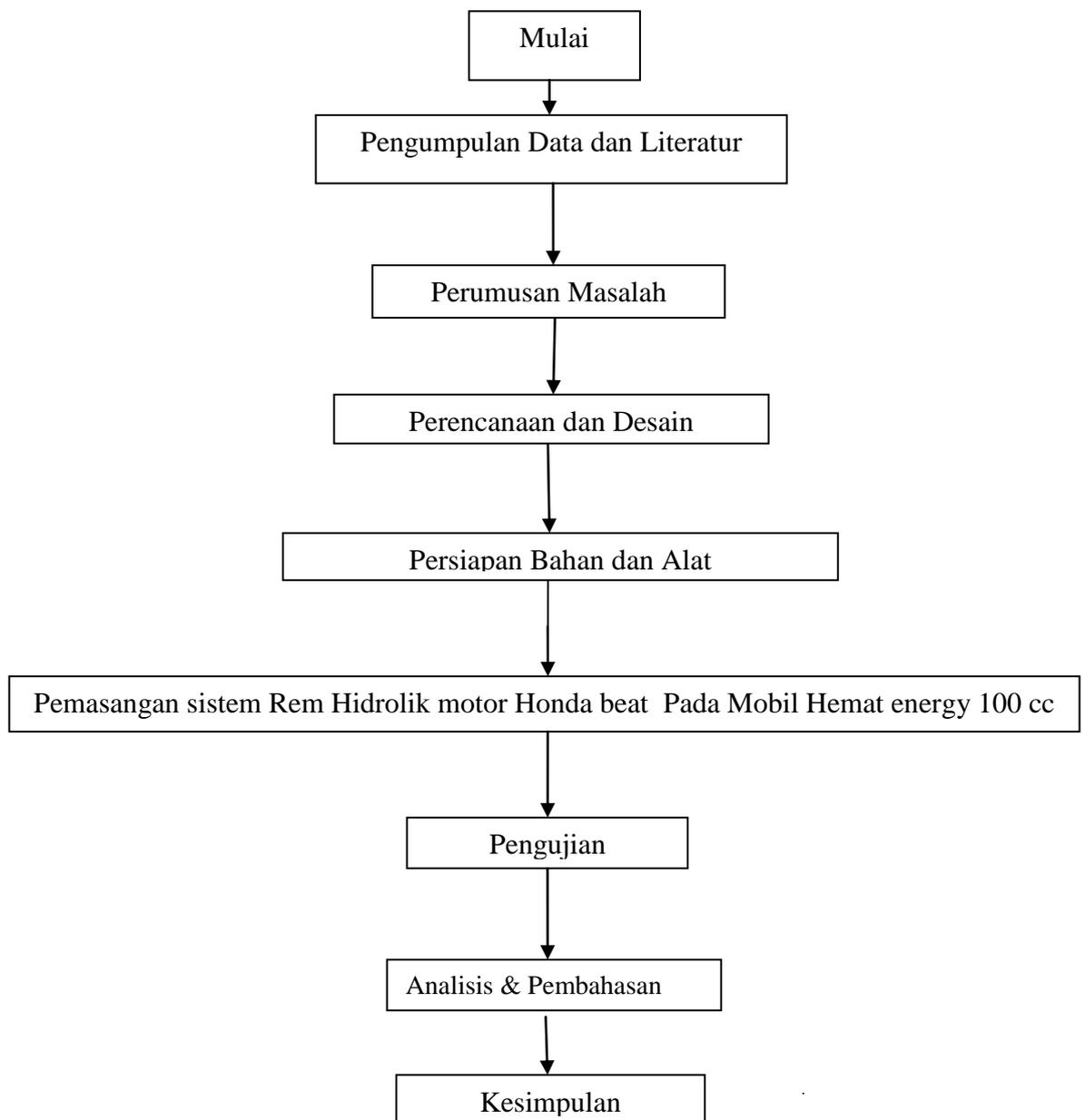
²⁶ Sularso dan Kiyokatsu Suga, opcit. h 89

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.5. Alur Kerja Penelitian

Alur kerja penelitian adalah gambaran umum untuk memandu penulis dalam melakukan penelitian. Alur kerja yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :



Penjelasan alur kerja penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mulai

2. Tinjauan Pustaka

Tinjauan kepustakaan yaitu penelitian untuk landasan teori dengan jalan membaca literatur - literatur yang berhubungan dengan penelitian ini serta dapat dipertanggungjawabkan kebenarannya.

3. Pengumpulan data

Setelah melakukan tinjauan pustaka, selanjutnya adalah melakukan pengumpulan data terkait rumusan pembuatan alat yang akan dibuat dalam penelitian ini.

4. Perancangan rem

Dalam perancangan sistem rem menggunakan rem hidrolis motor Honda beat, dan berdasarkan beban keseluruhan benda seberat 200 kg. Oleh karena itu, digunakan rem hidraulik Honda beat.

5. Pengujian rem setelah selesai dibuat hal selanjutnya yang dilakukan adalah, menghitung gaya pengereman yang terjadi pada roda besar perlambatan, menghitung waktu pengereman, jarak pengereman daya pengereman, gaya gesek, tekanan fluida, dan perhitungan yang perlu dicari dalam perencanaan pembuatan rem.

6. Analisis Data

Menganalisa mengenai pengujian *rem* yang dilakukan dengan menggunakan perhitungan - perhitungan yang sudah ditentukan.

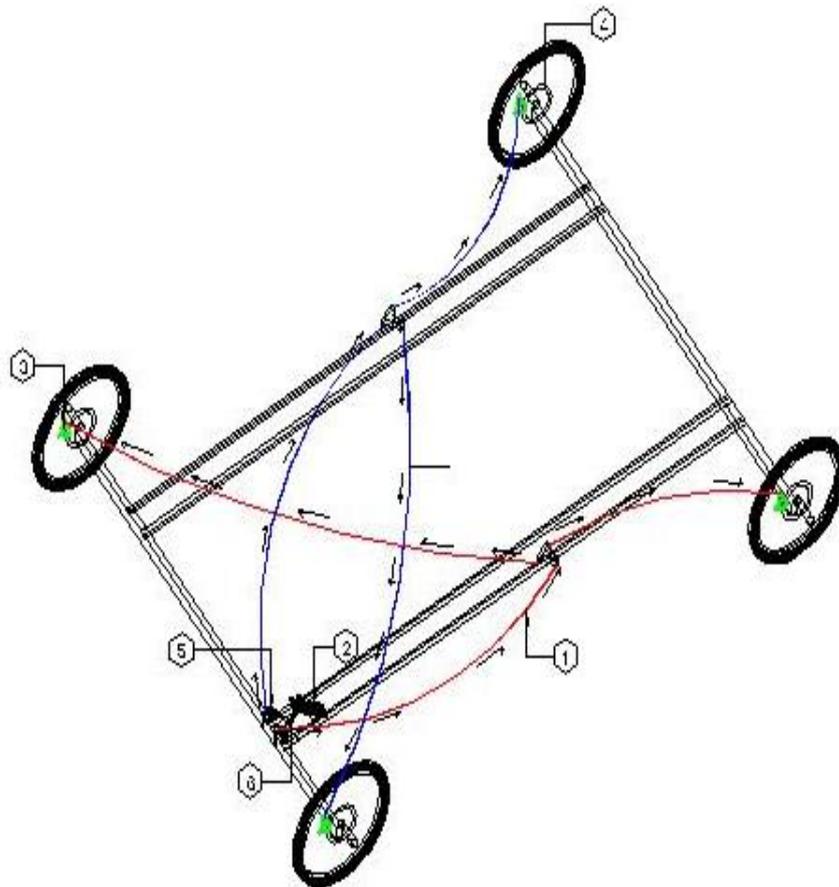
7. Hasil Analisis/ Pembahasan

Analisis pembahasan dilakukan untuk membuat laporan hasil penelitian yang berupa Skripsi.

3.6. Tujuan Oprasional Rancang Bangun

Tujuan rancang bangun ini adalah mendapatkan kostruksi rem cakram untuk kendaraan hemat energi 100 cc dengan kecepatan 60km/jam dengan beban keseluruhan 200 kg

3.7. Rancangan Disain Awal



Gambar 3.1 Rancangan Disain Awal Rem

a. Keterangan gambar

1. Selang fluida berfungsi sebagai saluran fluida atau minyak rem yang mengalirkan ke kaliper rem
2. Pedal rem berfungsi Pedal rem pada kendaraan berfungsi untuk memindahkan gaya pada master silinder
3. Caliper rem berfungsi sebagai tempat kanvas rem dan pusat pengereman
4. Plat disc
5. Master silinder Mekanisme yang diterapkan dalam master silinder ditunjukkan untuk membagikan dan meneruskan gaya injak pedal ke silinder roda.
6. Pegas berfungsi sebagai pegas pada pedal mengatur beban penekanan pada pedal
7. Katup T berfungsi sebagai penyalur fluida dari master silinder ke roda depan dan belakang

b. Mekanisme Kerja rancangan rem

Pedal diinjek menekan handel atau master silinder kemudian fluida dibagikan melalui selang atau pipa fluida ke arah katub T, kemudian dari katub T fluida atau minyak rem dibagikan ke caliper roda depan dan belakang kemudian silinder rem menekan kanvas rem dan terjadi gesekan terhadap plat disc dan terjadilah pengereman

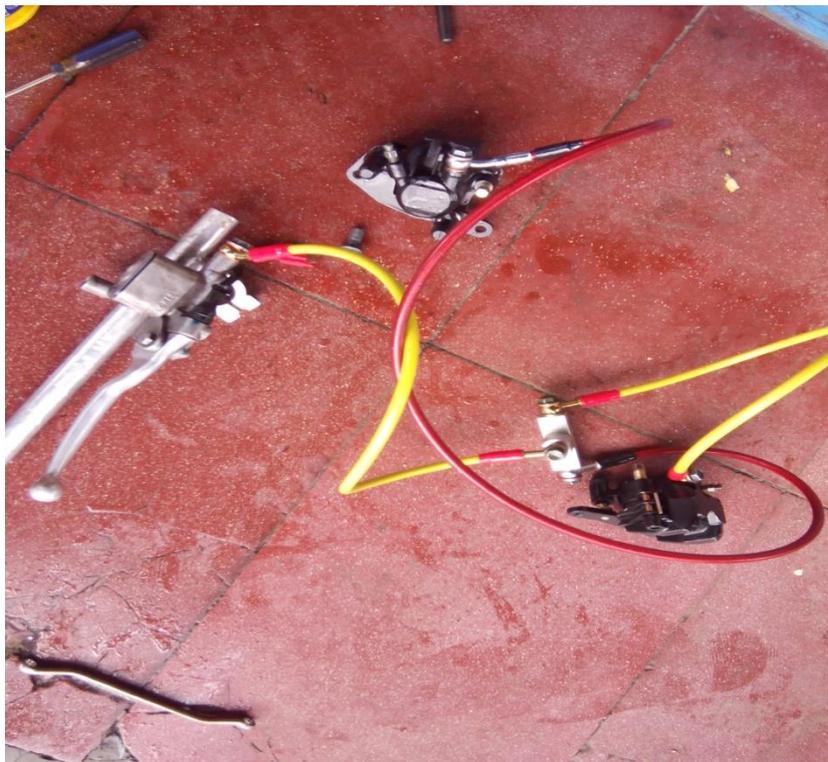
3.8. Proses Pengerjaan

1. Tempat dan Waktu Pembuatan

Pembuatan rem mobil ini dilakukan di Laboratorium Teknik Otomotif Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta. Pembuatan rem mobil ini dimulai pada bulan maret hingga bulan November 2013

2. Bahan yang Digunakan

- a) Rem yang di gunakan rem hidrolik motor Honda beat. Dan berdasarkan beban keseluruhan benda seberat 200 kg oleh karena itu digunakan rem hidrolik motor Honda beat.



Gambar 3.2 Rem hidrolik motor Honda beat.

3. Alat yang digunakan

Beberapa peralatan yang akan digunakan dalam proses pembuatan alat ini adalah sebagai berikut :

a) Mesin Gerinda Tangan

Mesin gerinda digunakan untuk menghaluskan ataupun meratakan permukaan setelah selesai dilakukan proses pengelasan.



Gambar 3.3Mesin Gerinda

b) Las Listrik



Gambar 3.4 Las Listrik

b) Gergaji Besi

Gergaji besi digunakan untuk pemotongan logam atau bahan lainnya.



Gambar 3.5 Gergaji Besi

c) Peralatan dan perlengkapan kerja bangku dan pelat seperti : Palu, kikir, penggores, mistar, siku dll.



Gambar 3.6 Peralatan Kerja Bangku

d) Mesin Bor tangan



Gambar 3.67Mesin Bor Tangan

e) Minyak rem.



Gambar 3.8 Minyak Rem Merek Global

f) Sambungan kabel listrik



Gambar 3.9 Sambungan Kabel Listrik

4. Proses Pengerjaan

a. Pembuatan katub T

Katub T dibuat dari bahan besi cor yang berfungsi sebagai pembagi fluida rem antara roda depan dan belakang



Gambar 3.10 Tampak depan



Gambar 3.11 katub T tampak samping

b. Pembuatan dudukan *disc brake* dan pemasangan *disc brake*

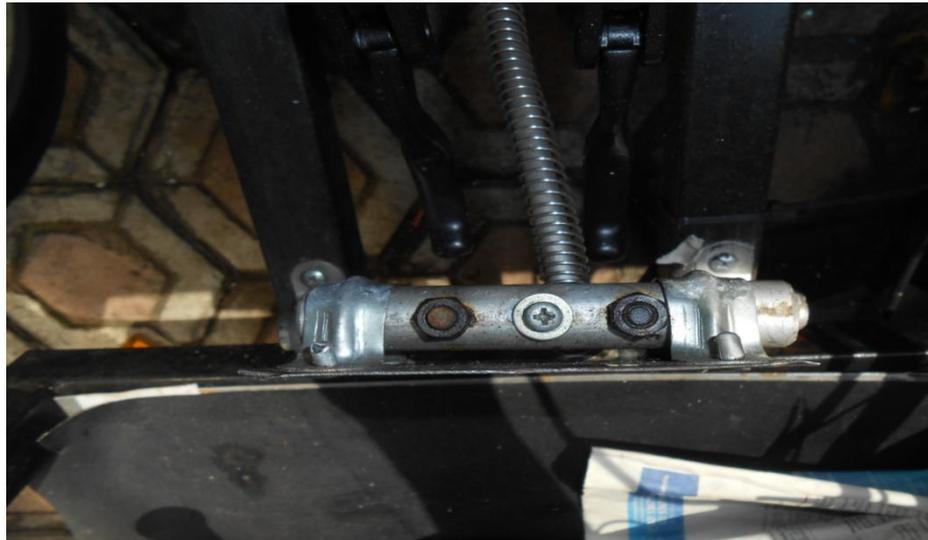
Pembuatan dudukan *disc brake* dibuat untuk dududkan plat cakram yang terbuat dari besi debentuk sesuai dengan lubang pada disc agar disc dapat terpasang



Gambar 3.12 dudukan disc break

c. Pembuatan dudukan pedal rem

Dudukan pedal rem terbuat dari besi cor kemudian dilas di rangka tempat dimana pedal sudah di tetukan. Agar bisa menekan master silinder atau handel rem dengan tepat.

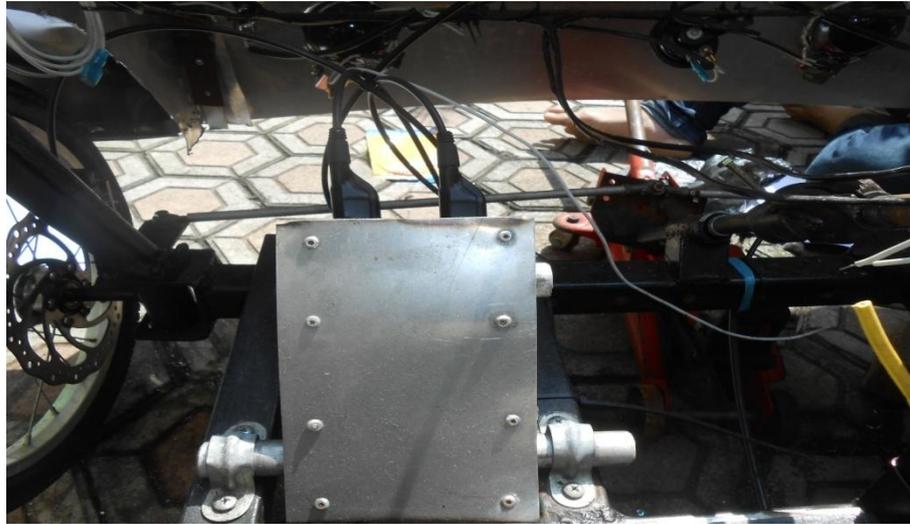


Gambar 3.13 dudukan pedal rem

d. Master rem motor Honda beat



Gambar 3.14. master rem Honda beat



Gambar 3.15 pedal rem

e. Pemasangan dan perakitan silinder roda (wheel cylinder)



Gambar 3.16 silinder (piston) pada caliper



Gambar 3.17 Selang Fluida Motor Honda Beat



Gambar 3.18 Katub T dengan Selang Fluida



Gambar 3.19 gambar kaliper dan piringan Honda beat



Gambar 3.20 gambar kaliper sebelah kanan



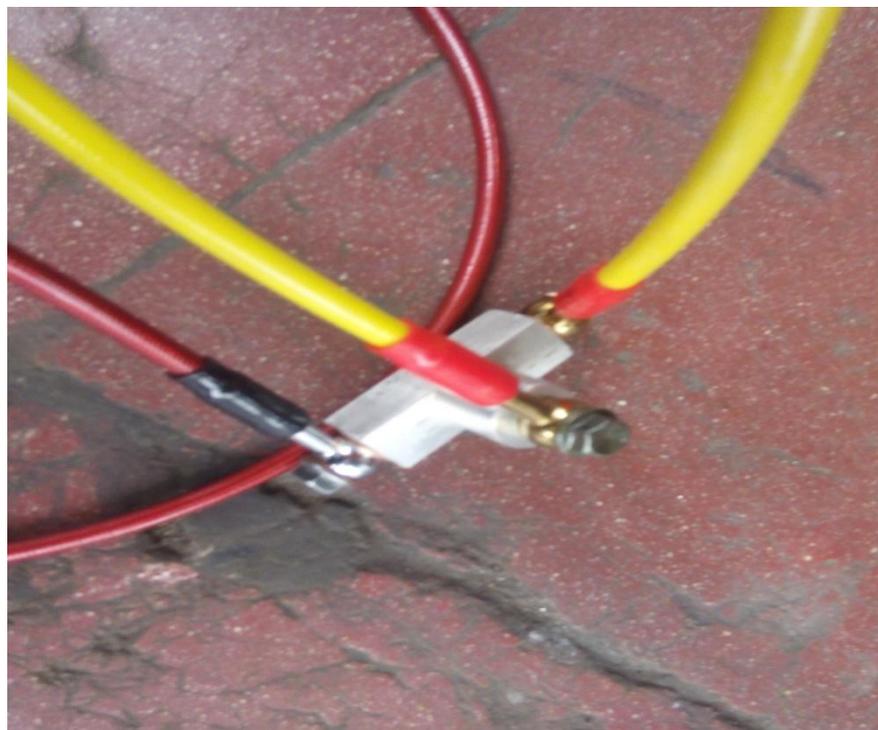
Gambar 3.21 piringan rem Honda beat



Gambar 3.22 pad rem

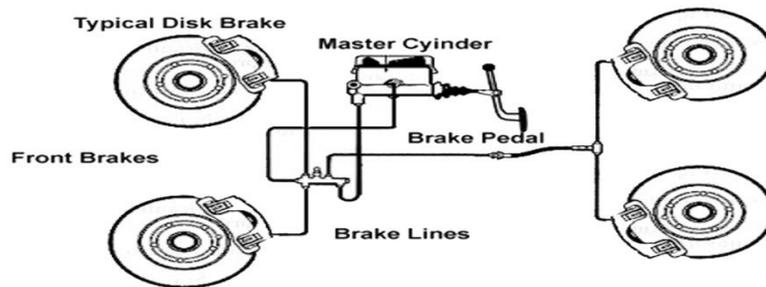


Gambar 3.23 Kaliper Rem Terpasang



Gambar 3.24 katub T denga pipa fluida

3.9. Prinsip Kerja sistem rem pada kendaraan roda empat hemat energi 100cc.



Gambar 3.25 Diagram pengereman

Berdasar kan hasil rancang bangun sistem rem yang telah dibuat sistem rem bekerja dari tekanan yang di hasilkan dari pedal yang mengalirkan tekanan fluida dari master rem menuju keatub T sehingga menghasilkan fluida bertekanan yang mengalir ke masing-masing kaliper dan menekan piston ke disc untuk menghentikan putaran roda

3.10. Metode Penelitian

3.10.1. Unit Pengujian

Unit pengujian yang dilakukan pada rankain rem cakram adalah sebagai berikut

- Unit pengujian langsung

Unit pengujian langsung adalah semua variable yang di ukur langsung pada saat penelitian. Nilainya bisa langsung diketahui tanpa melakukan perhitungan lebih lanjut.

- Unit pengujian tak langsung

Unit pengujian tak langsung adalah semua variable yang nilainya dapat dari perhitungan dan digunakan untuk bahan pengamatan dan analisa.

3.10.2. Metode Pengambilan Data dan Pengolahan data

Metode pengambilan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah :

1. Menggunakan metode eksperimen merancang rem mobi hemat energi 100 cc dengsn kecepatan maksimum 60 km/jam dengan berat benda 200 kg. dan rem yang digunakan rem hidrolik mptor Honda beat. Menentukan ukuran dan profil rem hidrolik
2. Menghitung ukuran dari pedal, mengukur master silinder, pengukuran diameter piston silindr rem, pengukura jari-jari cakram, menghitung beban pada roda depan dan belakang, menghitung beban keseluruhan, menghitung gaya pengereman, menghitung luas penampang rem, menghitung gaya gesek rem, mengitung umur kanvas rem, dan meng hitung gaya yang menekan pada rem.
3. Melakukan analisis kendaraan hemat energi 100 cc dengan kecepatan 60 km/jam dan berat kesluruhan 200 kg. mulai dari titik berat sampai pada daya pengereman. Semua data – data diketahui dilakukan perancangan rem cakram untuk kendaraan hemat energy 100 cc lalu di uji jalan dengan kecepatan 60 km / jam.

BAB IV

HASIL DAN ANALISA DATA

4.1. Data Hasil Pengujian

Dari pengukuran manual dari rangkain rem ma didapatkan data-data sebagai berikut :

1. Spesifikasi rem hidrolik yang di rencanakan :

Berat kpsong kendaraan : 140 kg

Berat penumpang : 60 kg

Daya angkut : 200 kg

Panjang kendaraan :1810 mm

Lebar kendaraan :1050 mm

Kecepatan kendaraan : 60 km/jam

Bahan disc : besi cor

Bahan kanvas : asbes ($\mu = 0,3-0.6$) tabel

Diameter disc : 200 mm

Jarak antara roda depan : 0,95 m

Jarak roda depan roda belakang : 1,85 m

Diameter roda : 390 mm

Jari – jari roda : 195 mm

2. Hasil pengukuran manual dari master silinder dan silinder roda pada rangkain rem adalah :

Dan berdasarkan nasehat dari dosen pembimbing untuk di rubah rem yang di gunakan. Oleh karena itu penulis memilih rem cakram hidraulik motor Honda beat dengan spesifikas sebagaigai berikut :

a. Single piston

b. Diameter piston = 32 mm

c. Tebal pad = 4 mm

d. Panjang pad = 51,35 mm

e. Lebar pad = 27,25 mm

f. Plat cakram

Diameter luar = 200 mm

Diameter dalam = 100 mm

Bahan = asbes

Tegangan tarik = 400 kg /cm²

Faktor keamanan = 12

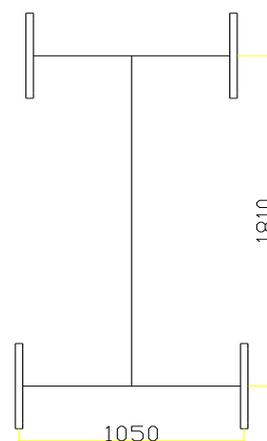
g. Bahan disc = besi cor

h. Bahan kanvas = asbes ($\mu = 0,3-0,6$) tabel

4.2 Perhitungan Data

4.2.1 Titik Berat Kendaraan

Titik berat kendaraan mempersentasikan berat kendaraan pada sebuah titik. Pada perebcanaan ini dianggap memiliki kerapatan yang sama sehingga dianggap sebagai benda homogen. Dalam menganalisis posisi titik berat ini peneliti mengambil data dengan cara mengukur panjang *wheel base* dan lebar kendaraan menggunakan alat ukur meteran. Pada bidang dua dimensi, kordinat titik berat terletak pada absi x dan ordinat y. sedangkan pada ruang tiga dimensi terletak pada basis x, y, dan z. pada perencanaan ini yang dimaksud dengan sumbu x adalah panjang kendaraan mulai dari ujung depan sampe ujung belakang. Sumbu y adalah tinggi kendaraan dari permukaan jalan hingga atap. Sumbu z adalah lebar kendaraan mulai dari sisi kiri ke sisi kanan.



Gambar 4-1 Ukuran panjang dan lebar kendaraan dilihat dari atas kendaraan

- a. Pada absis x menggunakan rumus untuk menentukan letak titik berat dari poros roda depan (x_a) dan jarak dari poros roda belakang (x_b).

Rumus perhitungannya sebagai berikut :

$$x_a = \frac{L \cdot W_r}{W_f + W_r}$$

$$x_a = \frac{1,81 \times 80}{80 + 60}$$

$$x_a = \frac{144,8}{140}$$

$$x_a = 1,030 \text{ m} = 1030 \text{ mm}$$

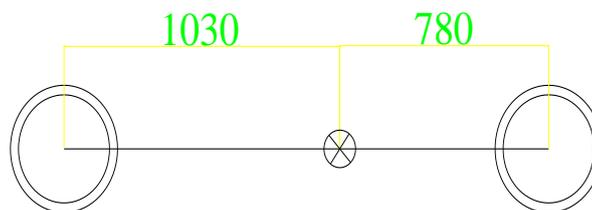
$$L = a + b$$

$$1,81 = 1,0343 + b$$

$$b = 1,81 - 1,0343$$

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

maka letak titik berat kendaraan sebagai berikut :



Gambar 4 - 2 Posisi titik berat kendaraan dilihat dari samping

b. Titik Berat Pada Ordinat y

$$\begin{aligned}
 y &= \frac{y_1 \cdot w_1 + y_2 \cdot w_2}{w_1 + w_2} \\
 &= \frac{430 \cdot (60 + 60) + 530 \cdot 80}{60 + 80 + 60} \\
 &= \frac{94000}{200} \\
 &= 470 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.2.2 Kecepatan dan Perlambatan kendaraan

Yang dimaksud dengan kecepatan kendaraan adalah kecepatan maksimum ketika kendaraan sedang bergerak. Dalam hal ini kecepatan yang direncanakan adalah 60 km/jam. Angka sebesar 60 km/jam kemudian dikonversikan dalam satuan meter/detik diperoleh angka sebesar 16,66 m/s. perlambatannya adalah besarnya perlambatan yang dialami oleh kendaraan akibat proses pengereman. Besarnya angka perlambatan akan mempengaruhi kesetabilan kendaraan untuk berhenti. Semakin besar angka perlambatan, semakin cepat waktu yang dibutuhkan oleh kendaraan untuk berhenti

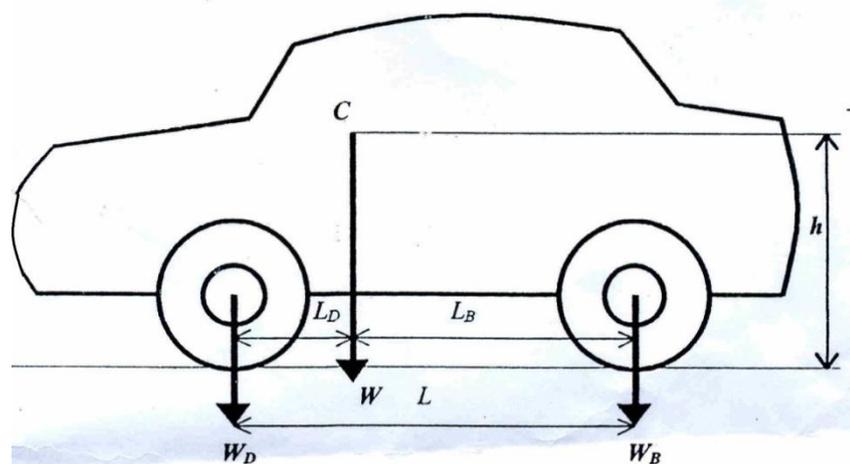
Namun gaya lempar yang dialami oleh pengemudi dan penumpang lainnya akan semakin besar pula. Keadaan ini tentu saja tidak aman dan nyaman. Namun perlambatan terlalu kecil. Kendaraan juga akan membutuhkan waktu yang agak lama untuk menghentikan dirinya ini juga akan membahayakan keselamatan penumpang dan pengguna jalan lainnya. Oleh karena itu diambil perlambatan yang sesuai.

Besar angka perlambatan disesuaikan dengan keadaan permukaan jalan yang sering disebut dengan koefisien gesek jalannya (e) Pada umumnya harga e berkisar antara $0,5 - 0,8$.²⁷ Dalam perencanaan ini diambil nilai e' sebesar $0,6$ dengan asumsi keadaan jalan bagus sehingga layak untuk kecepatan tinggi.

$$\begin{aligned} a &= e \times g \\ &= 0,8 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 7,84 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

4.2.3 Distribusi Beban Pada Roda – roda

Distribusi beban adalah pembagian berat kendaraan yang ditanggung oleh masing – masing pasangan roda depan dan roda belakang. Berdasarkan notasi yang di gambarkan pada gambar Distribusi yang terbagi antara roda – roda tersebut dihitung dengan



Gambar 4.3 beban pada roda – roda kendaraan

²⁷ Sularso dan Kiyokatsu Suga, op. cit, h. 86

a. Roda depan

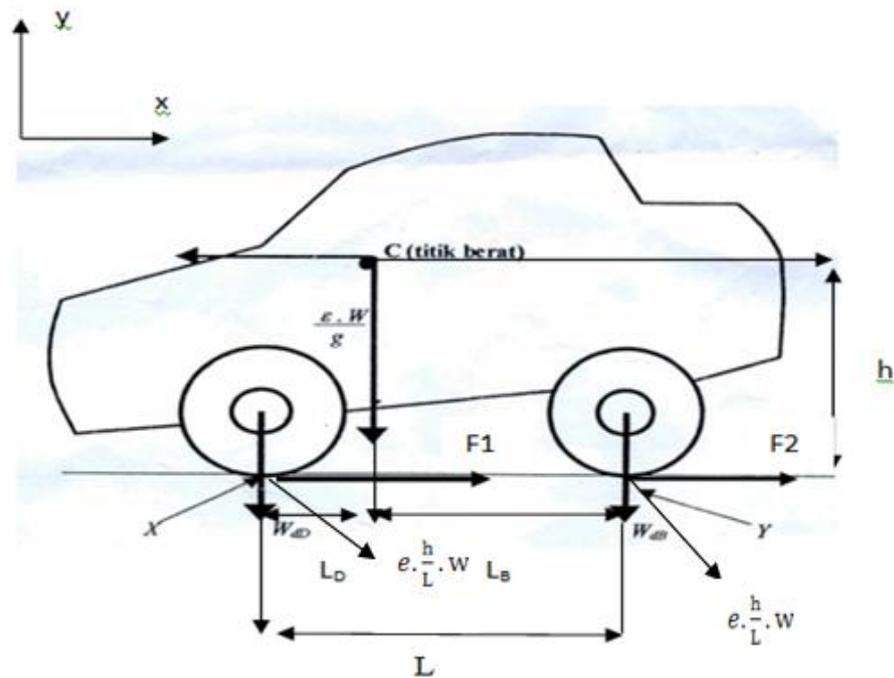
$$\begin{aligned}
 W_d &= \frac{w \cdot x_a}{x_a + x_b} \\
 &= \frac{200 \cdot 1030}{1810} \\
 &= \frac{206000}{1810} \\
 &= 113 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Roda belakang

$$\begin{aligned}
 &= \frac{w \cdot x_b}{x_a + x_b} \\
 &= \frac{200 \cdot 780}{1810} \\
 &= \frac{156000}{1810} \\
 &= 87 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4.2.4 Beban Dinamis Kendaraan

Beban dinamis kendaraan adalah beban yang ditanggung oleh masing- masing roda pada saat pengereman. Akibat adanya gaya inersia yang dialami oleh kendaraan maka beban dinamis antara roda depan dan roda belakang berbeda. Pada saat pengereman dan permukaan jalan dianggap sebagai engsel terhadap gaya inersia yang rahnya kedepan.



Gambar 4.4 beban dinamis saat pengereman

c. Beban dinamis roda depan

$$\begin{aligned}
 W_{dD} &= W_D + e \cdot \frac{h}{L} \cdot W \\
 &= 113 + 0,8 \cdot \frac{487}{1810} \cdot 200 \\
 &= 156 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

d. Beban dinamis roda belakang

$$\begin{aligned}
 W_{dB} &= W_B - e \cdot \frac{h}{L} \cdot W \\
 &= 87 - 0,8 \cdot \frac{487}{1810} \cdot 200 \\
 &= 44 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dalam perhitungan beban dinamis, $e \cdot \frac{h}{L} \cdot W$ disebut gaya reaksi roda. pada roda depan, gaya ini memperbesar beban roda, sedang pada roda belakang akan mengurangi beban. Pada persamaan terlihat bahwa beban pada roda belakanh bukan ditambah $e \cdot \frac{h}{L} \cdot W$, tapi dikurangi $e \cdot \frac{h}{L} \cdot W$. Ini disebabkan karena pada waktu direm, beban kendaraan akan terdorong kedepan akibat timbulnya gaya inersia.

4.2.5 Gaya Rem yang Diperlukan

Setelah diketahui beban dinamis yang terjadi saat pengereman, maka dapat dihitung besarnya gaya yang dibutuhkan untuk menahan beban ini. Perhitungan gaya rem yang dibutuhkan pada masing – masing roda ini menggunakan perasamaan

a. Roda depan

$$\begin{aligned} B_{ID} &= e \cdot W_{dD} \\ &= 0,8 \cdot 156 \\ &= 125 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Roda belakang

$$\begin{aligned} B_{IB} &= e \cdot W_{dB} \\ &= 0,8 \cdot 44 \\ &= 35 \text{ kg} \end{aligned}$$

4.2.6 Luas penampang Silinder

Untuk menghitung luas penampang silinder, harus ditemukan terlebih dahulu diameter atau jari – jarinya. Pada perencanaan ini silinder berdiameter 32 mm, jari jari cakram 100 mm, jari jari roda 195 mm baik untuk roda depan maupun belakang.

Persamaan untuk perhitungan luas penampang silinder adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A_{wD} &= 1/4 \pi \times d^2 \\ &= 3,14/4 \times 32^2 \\ &= 803,84 \text{ mm}^2 = 8,0384 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Keterangan :

A_{wD} = luas penampang silinder (cm^2)

d = diameter silinder roda (cm)

karena silinder roda depan dan belakang sama maka luas penampang pun menjadi sama.

$$\begin{aligned} A_{wD} &= A_{wB} \\ &= 8,0384 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

4.2.7 Tekanan fluida

Tekanan yang terjadi didalam fluida dihitung dengan persamaan pada perencanaan ini diambil besar gaya injak pedal sebesar 25kg $Q \leq 30\text{kg}$ akan menimbulkan tekanan minyak P_w (kg/cm^2) sebagai berikut

$$\text{Untuk } Q \leq 21,3 \text{ kg, } P_w = 2,37 Q - 4,49$$

Untuk $Q \geq 21,3$ kg, $P_w = 0,92 Q - 26,4$ ²⁸

$$\begin{aligned} P_w &= 0,92 \times Q + 26,4 \\ &= 0,92 \times 25 + 26,4 \\ &= 49,4 \text{ kg /cm} \end{aligned}$$

Keterangan :

Q = gaya injak pedal (kg)

P_w = tekanan minyak (kg/cm^2)

4.2.8 Faktor Efektifitas Rem

Faktor efektifitas rem di hitung dengan persamaan (2 – 1). Persamaan ini berlaku baik untuk roda belakang maupun roda depan. Pada perencanaan ini bahan kanvas rem yang digunakan adalah asbes. Bahan ini mempunyai koefisien gesek sebesar 0,30. Dengan demikian besar faktor efektifitas rem adalah :

a. Rem depan

$$\begin{aligned} (\text{FER})_D &= 2 \cdot \mu \\ &= 2 \times 0,30 \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

b. Rem belakang

Karena bahan kanvas yang digunakan sama, maka :

$$\begin{aligned} (\text{FER})_B &= (\text{FER})_D \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

²⁸ Sularso dan Kiyokatsu Suga, op. cit, h. 93

4.2.9 Distribusi Gaya Rem

Perbandingan distribusi gaya rem untuk masing – masing roda dihitung dengan persamaan berikut :

a. Rem depan

$$\alpha = \frac{(BD)_D - (W^D/w)}{h/L}$$

$$\begin{aligned} (BD)_D &= \alpha \cdot (h/L) + (W^D/w) \\ &= 0,8 \cdot (487/1810) + (113/200) \\ &= 0.215 + 0.565 \\ &= 0.78 \end{aligned}$$

b. Rem belakang

Karena jumlah perbandingan distribusi dalah 1 maka :

$$\begin{aligned} (BD)_B &= 1 - (BD)_D \\ &= 1 - 0,78 = 0,22 \end{aligned}$$

4.2.10 Gaya Rem Pada Sumbu Roda

a. Gaya rem pada sumbu roda depan dihitung dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} B_d &= 2 \times (FER) \times A_w \times P_w \times (r/R) \\ &= 2 \times 0,6 \times 8,0384 \times 49,4 \times 0,10/0,195 \\ &= 244,36 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Gaya rem pada sumbu belakang

Gaya pengereman untuk sumbu belakang dihitung dengan persamaan :

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

Dengan demikian,

$$\begin{aligned} B_{dB} &= \frac{B_{dD}}{(BD)_D} - B_{dD} \\ &= \frac{244,36}{0,78} - 244,36 \\ &= 68,92 \text{ kg} \times 2 \\ &= 137,84 \text{ kg} \end{aligned}$$

4.2.11 Waktu Jarak Pengereman

Yang di maksud dengan jarak pengereman adalah jarak saat kendaraan mulai di rem sampai kendaraan itu berhenti. Berdasarkan ketentuan yang diijinkan denga jarak maksimum kendaraan hemat energi $16,66 \text{ m/s}^2$ dengan beban kendaran 200 kg. sedangkan energy kinetis yang harus di tekan sampai kendaraan itu berhentiadalah hasil kali gaya rem yang diplrukan oleh empat roda dengan jarak yag ditempuh dnggan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\frac{W}{2 \cdot g} \cdot (V_{bp})^2 = (B_{ID} + B_{IB}) \cdot x$$

Catatan :

W = Berat total kendaraan (kg)

g = gravitasi (m/s^2)

V_{bp} = kecepatan maksimum (m/s^2)

B_{ID} = gaya rem yang di perlukam pada dia meter luar untuk roda
depan (kg)

B_{IB} = gaya rem yang di perlukam pada dia meter luar untuk roda
belakang (kg)

Maka :

$$X = \frac{w \cdot (V_{bp})^2}{2 \cdot g \cdot (B_{ID} + B_{IB})}$$

perhitungan :

$$\begin{aligned} X &= \frac{200 \cdot (16,66)^2}{2 \cdot 9,8 \cdot (244,36 + 137,84)} \\ &= 7,41 \text{ m} \end{aligned}$$

Waktu yang dibutuhkan untuk berhenti Saat kecepatan maksimum 60
km/jam

$$\begin{aligned} 60 \text{ km/jam} &= 60.000 \text{ m}/3600 \text{ detik} \\ &= 16.66 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_e &= \frac{2 \cdot s}{V_t} \\ &= \frac{2 \cdot 7,41}{16,66} = 0,889 \text{ detik} \end{aligned}$$

Tabel 1 hasil perhitungan jarak dan waktu dengan kecepatan yang lain

No	kecepatan	jarak	waktu
1	20	3.41	0.499
2	30	4.25	0.599
3	40	5.53	0.699
4	50	6.31	0.799
5	60	7.41	0.899

4.2.12 Energi Kinetik Kendaraan

Karena besarnya energi suatu benda sebanding dengan pangkat dua kecepatannya, maka untuk kendaraan yang melaju dengan kecepatan berbeda akan mempunyai energi kinetik yang besarnya berbeda pula

- a. Besarnya Energi kinetik untuk roda depan

$$\begin{aligned}
 EK_d &= \frac{W_a \cdot V^2}{2 \cdot g} \\
 &= \frac{113 \cdot (16,66)^2}{2 \cdot 9,8} \\
 &= 1599,87 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- b. Energy kinetik pada saat kecepatan maksimum

$$\begin{aligned}
 EK_b &= \frac{W_a \cdot V^2}{2 \cdot g} \\
 &= \frac{87 \cdot (16,66)^2}{2 \cdot 9,8} \\
 &= 1232,87 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

4.2.13 Kapasitas Energi Lapisan kanvas

Kapasitas energi lapisan adalah besarnya energy kinetik kendaraan persatuan luas kanvas dan persatuan waktu. Besarnya angka diambil 0,16 dan dibawah 0,65 untuk rem cakram.²⁹ Dalam perencanaan ini diambil angka 0,58 untuk kanvas rem depan dan 0,55 untuk kanvas belakang.

Dengan demikian perencanaan ini cukup aman karena :

$$K_{LD} = 0,58 \left[\frac{\text{kg.mm}}{\text{m}^2.\text{s}} \right] < 0,65 \left[\frac{\text{kg.mm}}{\text{m}^2.\text{s}} \right]$$

$$K_{LB} = 0,55 \left[\frac{\text{kg.mm}}{\text{m}^2.\text{s}} \right] < 0,65 \left[\frac{\text{kg.mm}}{\text{m}^2.\text{s}} \right]$$

Keterangan :

K_{LD} = kapasitas energi bagian kanvas depan

K_{LB} = kapasitas energi bagian kanvas belakang

4.2.14 Luas Kanvas

a. Luas kanvas depan

Luas kanvas rem dihitung dengan persamaan berikut :\

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

Dengan demikian,

$$\begin{aligned} A_{LD} &= \frac{E_k.(BD)_D}{2 .K_{LD} . t_e .} \\ &= \frac{1559,87 .0,78}{2 .0,58 .2} \\ &= 506,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

²⁹ *ibid.*, h 90

Sehingga luas kanvas rem untuk tiap sisi

$$\begin{aligned} A_D &= \frac{A_{LD}}{2} \\ &= \frac{506,25}{2} \\ &= 253,125 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

b. Luas kanvas belakang

$$\begin{aligned} A_{LD} &= \frac{E_k \cdot (BD)_D}{2 \cdot K_{LD} \cdot t_e} \\ &= \frac{1232,87 \cdot 0,22}{2 \cdot 0,55 \cdot 2} \\ &= 116,40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga luas kanvas rem tiap sisi

$$\begin{aligned} A_D &= \frac{A_{LD}}{2} \\ &= \frac{116,40}{2} \\ &= 58,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

4.2.15 Gaya Gesek Saat Pengereman

Untuk menghitung gaya gesek yang terjadi saat pengereman, harus diketahui berapa lama waktu yang dibutuhkan pengereman dan berapa banyak perputaran roda permenit. Pada perencanaan ini, lama waktu yang didapat pada kecepatan maksimum dengan jarak pengereman 7,41 m adalah 0.899 detik. Sedangkan rpm sesuai perhitungan

sebelumnya adalah 85,48. Pada perencanaan ini roda yang digunakan berdiameter 390 mm dan diameter cakram atau piringan 200 mm:

Sementara itu momen pengereman M_p dapat dihitung dengan mengalikan antara tekanan fluida P_w luas penampang silinder A_w , koefisien gesek μ , dan jari-jari plat cakram R_m :

$$\begin{aligned} M_p &= 8,0384 \text{ cm}^2 \times 49,4 \text{ kg/cm} \times 0,30 \times (0,1 \times 4) \\ &= 476,51 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

Dengan demikian gaya gesek didapat

$$U_g = \frac{M_p \cdot n \cdot t}{1910} \text{ (kg.m)}. \text{ sedangkan } = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \text{ jadi } n = \frac{60 \cdot}{2 \cdot \pi}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, } U_g &= \frac{M_p \cdot 60 \cdot t}{2 \cdot \pi \cdot 1910} \\ &= \frac{476,51 \cdot 85,48 \cdot 0,899}{200} \\ &= 183,09 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Usaha gesek U_g yang telah di dapat pada perhitungan diatas, selanjut nya diubah menjadi daya gesek N_g dalam satuan Hp. Dalam rancang bangun sistem rem pada kendaraan hemat energy 100cc ini, rem digunakan rata2 setiap jamnya 40 kali pengereman daya gesek dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2 – 23)

$$\begin{aligned} N_g &= \frac{U_g \cdot z}{270.000} \\ &= \frac{183,09 \cdot 40}{270.000} = 0,02712 \text{ Hp} \end{aligned}$$

4.2.16 Umur Kanvas Rem

Lapisan kanvas akan berkurang volumenya setelah pengereman. Pengurangan ini tergantung lama pengereman, daya gesek dan jenis kanvas itu sendiri. Pada perhitungan sebelumnya luas kanvas rem sebesar $253,125 \text{ mm}^2$. Dengan tebal kanvas 4mm maka volume lapisan adalah

$$\begin{aligned} V_L &= 253,125 \text{ mm}^2 \times 4 \text{ mm} \\ &= 1012,5 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

kehausan spesifikasi bahan Q_v diambil angka sebesar $15 \text{ mm}^3/\text{Hp.jam}$ ³⁰ sedangkan daya gesek N_g adalah $0,02712\text{Hp}$ sebagaimana telah didapatkan dari perhitungan sebelumnya

$$\begin{aligned} U_l &= \frac{V_L}{Q_v \cdot N_g} \\ &= \frac{1012,5}{15 \text{ mm}^3 / \text{Hp.jam} \times 0,02712\text{Hp}} \\ &= 2531,25 \text{ jam} \end{aligned}$$

Bila diasumsikan keadaan rata-rata di gunakan 2 jam perhari, maka umur penggunaan kanvas rem adalah :

$$\begin{aligned} \text{Umur penggunaan} &= \frac{2531,25 \text{ jam}}{2 \text{ jam} \times 30 \text{ hari}} \\ &= 42 \text{ bulan} \end{aligned}$$

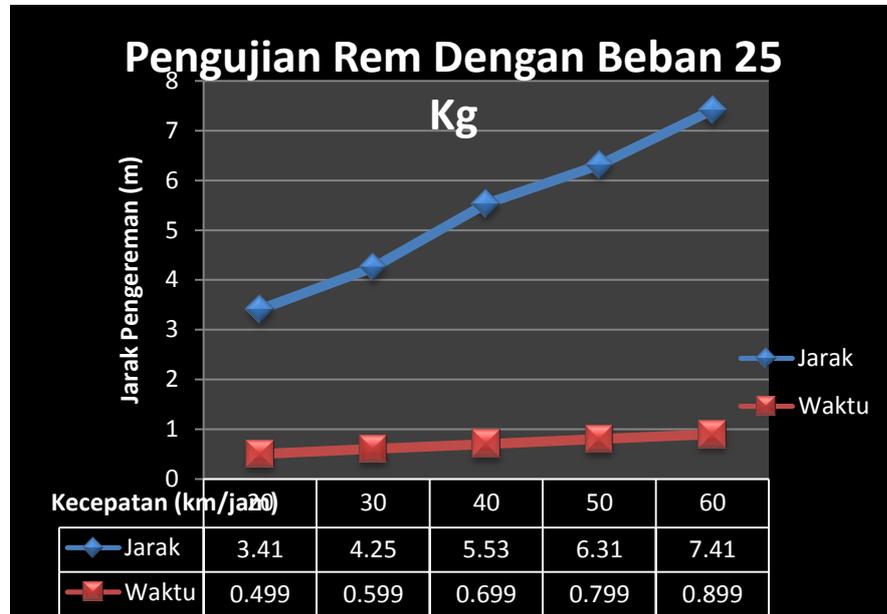
³⁰ Gustav, op.cit. h 302

4.3 Data Hasil Perencanaan

Tabel 1 data – data hasil perencanaan menggunakan rem cakram hidrolik motor Honda beat

No	Dimensi	Besar dan Satuan
1	Kecepatan Kendaraan	60 km/jam
2	Besar Perlambatan	7,84 m/s ²
3	Waktu Untuk Pengereman	0.889 detik detik
4	Jarak Pengereman	7,41 meter
5	Daya pengereman	0,02712 Hp
6	Tekanan Fluida	49,4 kg /cm
7	Luas Penampang Silinder	8,0384 cm ²
8	Tebal Kanvas rem	4 mm
9	Umur Kanvas Rem	42 bulan
10	Tebal Plat Cakram	5 mm
11	Gaya Gesek	183, 09 kg.m
12	Energi Kinetik Kendaraan	2766,74kg.m
13	Volume Kanvas Rem	1012,5 mm ³
14	Beban dinamis roda depan	156 kg
15	Beban dinamis roda belakang	44kg
16	Momen pengereman	180,18 kg cm
17	Jarak titik berat dari sumbu depan	1030 mm
18	Jarak titik berat dari sumbu belakang	780 mm

Grafik pengujian kecepatan, jarak, dan waktu dengan menggunakan beban yang sama yaitu 25 kg



Gambar 4.5 grafik hasil pengujian kecepatan, jarak, dan waktu menggunakan beban yang sama

4.4 Analisa Rancang Bangun Rem Cakram

Analisis pada rancang bangun rem cakram di lakukan untuk mengetahui apakah sudah cukup aman rancang bangun kendaraan hemat energy 100 cc dengan menggunakan rem hidraulik motor Honda beat. Dan ternyata kesimpulannya sebagai berikut :

1. Besarnya gaya injak pedal rem pada saat diuji dijalan tidak sesuai dengan besarnya gaya injak rem hasil perencanaan
2. Rancang bangun mobil hemat energi 100 cc dengan menggunakan rem hidrolik rem motor sudah kuat dan aman karena di lihat dari

jarak pengereman yaitu sebesar 7, 41 m dengan kecepatan 60 km/jam dan beban keseluruhan kendaran plus penumpang 200 kg, dan di lihat dari umur kanvas yaitu 42 bulan.

3. Dari grafik hasil pengujian yang di lakukan dengan beban pengereman yang sama yaitu 25 kg dengan kecepatan 20,30,40,50,dan 60 yang ditunjukkan oleh grafik, maka dapat dilihat semakin besar kecepatan atau laju kendaraan maka semakin besar pula jarak pengereman dan waktu pengeremannya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penjelasan yang sudah dikemukakan dalam skripsi ini maka penulis menyimpulkan :

1. Kendaraan hemat energi 100cc dengan daya angkut 200kg yang mempunyai kecepatan maksimum 60 km/jam harus mempunyai sistem rem yang baik. Sistem ini harus mampu melayani beban dinamis roda maupun energi kinetik yang timbul akibat kemampuan melajunya tersebut.
2. Semakin tinggi kecepatan roda semakin membutuhkan waktu untuk pengereman bila besar gaya pijak pedal konstan
3. Dalam perencanaan rem, khususnya rem cakram, perlu diperhatikan pemilihan bahan dan ukuran-ukuran pada kendaraan. Untuk kendaraan berkecepatan tinggi maka faktor pengereman harus jadi perhatian
4. Pada saat proses pengereman, kendaraan hemat energi ini akan mengalami gaya inersia yang arahnya kedepan. Gaya ini menyebabkan roda bagian depan mendapat beban dinamis yang lebih besar dari pada roda bagian belakang. Oleh sebab ini pada rancang bangun ini digunakan luas permukaan kanvas roda depan lebih besar dari pada kanvas roda belakang.
5. Dari hasil perencanaan menggunakan rem cakram hidrolik motor Honda beat di dapat jarak sebesar 7,41 m dengan waktu pengereman 0.889 detik

kendaraan itu sampai berhenti. Dari hasil perencanaan ter sebut jarak rem jauh lebih aman untuk kendaraan hemat energi 100 cc dengan kecepatan 60 km/jam dan beban keseluruhan plus penumpang seberat 200 kg. jadi rem cakram hidrolik Honda beat lebih baik dan lebih cocok untuk sistem pengereman pada rancang bangun mobil hemat energi tersebut.

6. Di lihat dari umur kanvas yang didapat dari perhitungan yang di asumsikan penggunaan pengereman di lakukan 2 jam sehari, dan terjadi pada kendaraan hemat energi 100 cc dengan beban keseluruhan 200 kg di dapat umur kanvas 42 bulan. Dari hasil tersebut disimpulkan kendaraan hemat energ 100 cc sudah cukup baik dan aman dalam melakukan pengereman.
7. Dari grafik hasil pengujian yang di lakukan dengan beban pengereman yang sama yaitu 25 kg dengan kecepatan 20,30,40,50,dan 60 yang ditunjukkan oleh grafik, maka dapat dilihat semakin besar kecepatan atau laju kendaraan maka semakin besar pula jarak pengereman dan waktu pengeremannya.

5.2 Saran

Pada akhir penulisan skripsi ini, penulis menyampaikan saran-saran sebagai berikut:

1. Untuk rekan – rekan mahasiswa hendaknya membiasakan diri melakukan inovasi – inovasi dibidang teknologi sebagai aplikasi dari ilmu yang didapat dari bangku kuliah. Kebiasaan untuk melakukan inovasi akan mengembangkan wawasan intelektual kita sebagai mahasiswa.
2. Untuk para konsumen kendaraan bermotor hendaknya melakukan pemilihan jenis rem pada kendaraanya, karena kesetabilan rem terletak pada kenaikan suhu maka hendaknya memilih kendaraan yang konstruksi remnya terbuka dengan udara lingkungan.
3. Demi keselamatan dan keamanan kendaraan, maka merupakan suatu keharusan bagi setiap pemilik kendaraan untuk merawat kendaraanya, terlebih- lebih pada sistem remnya. Sistem rem yang baik akan memberikan rasa nyaman dan ketenangan bagi pengemudi dan penumpangnya. Selain itu dapat memberikan kepercayaan diri bagi pengemudi untuk melaju pada kecepatan tinggi dengan mantap.

DAFTAR PUSTAKA

- A.M. Saleh, (1995), *Teknik Mobil*, Jakarta : Bharatara Niaga Media.
- Buana Automotif, (1984) *Automotive Mekanik*, Jakarta: Dewan Guru LPK Buana Automotif.
- Harijono Djojodiharjo, (1983), *Mekanika Fluida*, Jakarta : Erlangga.
- Ikatan teknisi otomotif Indonesia, *Chassis dan drive Train Group*, Jakarta : ITO
- Gustav Nieman, *Machine Elements Design and Calculation In Mechanical*, New York : Engeering,spengel Verlag Heideberg.
- Renald V. Giles, *Mekanika Fluida dan Hidraulik*, Terjemahan Oleh herman widodo, Jakarta : Erlangga.
- Sugi hartono, (1988), *Sistem Kontrol Dan Pesawat Tenaga Hidrolik*, Bandung : Edisi Pertama, Tarsito.
- Sularso dan Kiyokatsu Suga, (1991), *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*, Jakarta: Pradnya Paramita.
- Toyota, (1995.), *New Step 2 Chasis group*, Jakarta : PT. Toyota Astra Motor.
- Toyota, (1995), *New Step 1 Training Manual*, Jakarta: PT. Toyota Astra Motor.
- http: www.google.com;26* Desember 2013.
- mi-nawila@gramedia-majalah.com 4 Januari 2014.

Lampiran 1 macam – macam bahan kanvas dan koefisien geseknya

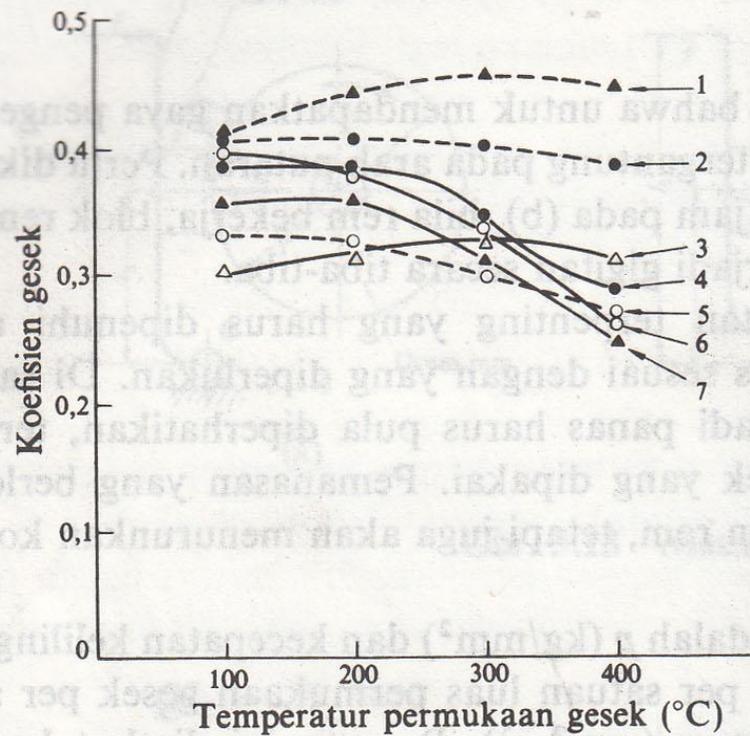
Tabel 3.6 Koefisien gesek dan tekanan rem.

Bahan drum	Bahan gesek	Koefisien gesek μ	Tekanan permukaan p_a (kg/mm ²)	Keterangan
Besi cor, baja cor, besi cor khusus	Besi cor	0,10–0,20	0,09–0,17	Kering
		0,08–0,12		Dilumasi
	Perunggu	0,10–0,20	0,05–0,08	Kering-dilumasi
	Kayu	0,10–0,35	0,02–0,03	Dilumasi
	Tenunan	0,35–0,60	0,007–0,07	Kapas, asbes
	Cetakan (pasta)	0,30–0,60	0,003–0,18	Damar, asbes, setengah logam
	Paduan sinter	0,20–0,50	0,003–0,10	Logam

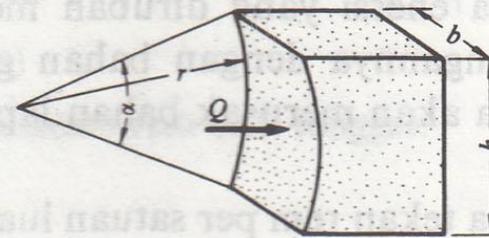
Catatan: Jika kecepatan slip dan gaya tekan bertambah, maka μ berkurang.

Bab 3 Kopling Tak Tetap Dan Rem

Gbr. 3.14 Karakteristik gesekan yang tergantung pada bahan gesek.



- 1: Damar cetak A (μ tinggi)
- 2: Setengah logam (μ sedang)
- 3: Logam (μ rendah)
- 4: Tenunan (tekstil) khusus
- 5: Damar cetak B (μ rendah)
- 6: Karet cetak
- 7: Rol



Gbr. 3.15 Blok rem.

Lampiran 2



UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

Spesifikasi Urban Car

Item	Bagian	Spesifikasi
DIMENSI	Panjang	1.810 mm
	Lebar	1.050 mm
	Tinggi	1.200 mm
	Jarak sumbu roda depan- belakang	1.850 mm
	Jarak sumbu roda depan kanan-kiri	950 mm
	Jarak sumbu roda belakang kanan-kiri	950 mm
	Jarak terendah ke tanah	150 mm
	Berat kosong	140 kg
	Berat penumpang	60 kg
	Berat total	200 kg
	Diameter roda	390 mm
	Kecepatan Maksimum	60 km/jam

MESIN	<p>Tipe</p> <p>Susunan silinder</p> <p>Diameter x langkah</p> <p>Volume langkah</p> <p>Perbandingan kompresi</p> <p>Daya maksimum</p> <p>Momen puntir maksimum</p> <p>Kapasitas Minyak Pelumas</p> <p>Sistem pelumasan</p> <p>Penggerak katup</p> <p>Sistem penegang rantai</p> <p>Klep masuk</p> <p>Klep buang</p>	<p>Mesin OHC, 4 langkah, pendingin udara</p> <p>Satu silinder, kemiringan 80° dari vertikal</p> <p>50 x 49,5 mm</p> <p>97,1 cm³</p> <p>8,8 : 1</p> <p>7,75 HP/7500 rpm</p> <p>9,18 N.M /5000 rpm</p> <p>0,75 liter pada penggantian priodik</p> <p>0,90 liter pada pembongkaran mesin</p> <p>Sirkulasi minyak pelumas digerakan pompa pelumas, bak mesin sebagai tempat penampungan minyak pelumas.</p> <p>Poros bubungan digerakan rantai mesin</p> <p>Bekerja secara otomatis</p> <p>Buka 2° sebelum TMA</p> <p>Tutup 2° setelah TMB</p> <p>Buka 33° sebelum TMB</p> <p>Tutup 0° setelah TMA</p> <p>pada pangkatan 2 mm</p>
-------	---	---

	Renggang klep Kecepatan stasioner Berat mesin	Masuk 0,05 mm Buang 0,05 mm 1400 \pm 100rpm 22,7 kg
SUSPENSI DAN CHASSIS	Belakang Depan Chassis	Menggunakan sistem <i>convensional suspension</i> dengan pegas spiral Tidak menggunakan sistem suspensi Bahan rangka terbuat dari baja yang berbentuk kotak
PENGEREMAN	Depan Belakang Bahan disc Bahan kanvas rem Besarnya perlambatan Waktu pengereman Jarak pengereman Daya pengereman Tekanan fluida	Menggunakan disc sepeda motor Menggunakan disc sepeda Besi cor Asbes 7,84 m/s ² 0,899 detik 7,41 meter 0,19 Hp 49,4 kg/cm

	Rata-rata sudut slip ban bagian depan Rata-rata sudut slip ban bagian belakang Sudut putar	12,85° 2° 2 m
EKSTERIOR	Lampu	2 lampu utama 2 lampu sein di depan 2 lampu sein di belakang 1 lampu rem
SISTEM LISTRIK	Pengapian Sistem starter Alternator / kapasitas Kapasitas batere Sekring Busi Jarak renggang busi	ECU Kick stater Generator AC/5000rpm 12V 5AH 10A NGK 0,6-0,7 mm

Lampira 3

