

PERHITUNGAN ULANG SISTEM REM HIDRAULIK MOBIL URBAN KONSEP ETHANOL BASUDEWO

Ir. Arino Anzip, M. Eng. Sc^{1*}, Serly Ardianti²

Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia^{1*}
arinoanzip@gmail.com

Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia²
serly12@mhs.me.its.ac.id

Abstrak

Sistem pengereman menjadi salah satu bagian penting pada kendaraan bermotor karena pengereman adalah salah satu sistem keselamatan kendaraan tersebut. Sistem pengereman berfungsi untuk mengurangi atau memperlambat kecepatan dan menghentikan kendaraan serta memberikan kemungkinan dapat memarkir kendaraan di tempat yang menurun. Sistem pengereman yang baik juga dapat meningkatkan kenyamanan pengemudi yang mengendalikan mobil Basudewo. Mobil Basudewo adalah salah satu peserta yang mengikuti kompetisi mobil hemat energi yang diselenggarakan oleh Dirjen Dikti dalam kategori Urban Car. Mobil ini menggunakan bahan bakar ethanol sebagai sumber energinya.

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan perhitungan sistem pengereman yang sesuai dengan mobil Basudewo. Kemudian dilakukan juga perhitungan untuk menentukan besarnya gaya pengereman yang dibutuhkan (F) pada kecepatan 40 km/jam dan jarak 6 meter serta dengan perbandingan jalan lurus dan dengan jalan yang berkemiringan 30° . Data yang diambil dalam tugas akhir ini adalah data spesifikasi sistem pengereman yang digunakan pada mobil Basudewo.

Dari hasil perhitungan dan analisis data, diketahui bahwa besarnya gaya pengereman yang dibutuhkan (F) pada kecepatan 40 km/jam dan jarak 6 meter dengan kondisi jalan lurus adalah 21,41 kgf.

Kata kunci : Sistem Pengereman, Rem Cakram, Rem Hidraulik, Basudewo Ethanol Car

1. Pendahuluan

Mobil Basudewo adalah salah satu peserta yang mengikuti kompetisi mobil hemat energi yang diselenggarakan oleh Dirjen Dikti. Mobil ini mengikuti kompetisi dalam kategori *Urban Car*. Mobil ini menggunakan bahan bakar ethanol sebagai sumber energi *engine*. Pada kompetisi tahun 2014 mobil Basudewo menempati posisi ke-3 dengan konsumsi bahan bakar 100,1 km/liter.

Sistem pengereman menjadi salah satu bagian penting pada kendaraan bermotor karena pengereman adalah salah satu sistem keselamatan kendaraan tersebut. Sistem rem berfungsi untuk mengurangi kecepatan (memperlambat) dan menghentikan kendaraan serta memberikan kemungkinan dapat memarkir kendaraan ditempat yang menurun. Sistem pengereman yang baik juga meningkatkan kenyamanan pengemudi yang mengendalikan mobil Basudewo, untuk itu diperlukan suatu

perancangan sistem rem yang tepat untuk suatu kendaraan.

Pada sistem pengereman mobil Basudewo yang sudah ada, masih memiliki permasalahan seperti kekuatan daya pada pengereman, disc brake serta pada sistem selangnya (mobil yang lama menggunakan pneumatik). Berbagai masalah diatas membuat sistem rem mobil Basudewo kurang sempurna sehingga perlu adanya perbaikan pada sistem pengeremannya.

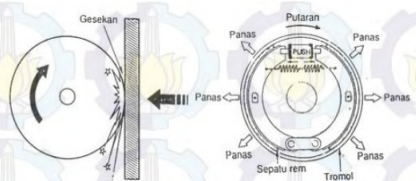
Dalam tugas akhir ini akan dilakukan perhitungan ulang sistem pengereman yang sesuai dengan mobil Basudewo. Kemudian dilakukan juga perhitungan untuk menentukan besarnya gaya pengereman yang dibutuhkan (F) pada kecepatan 40 km/jam dan jarak 6 meter serta perbandingan dengan sudut kemiringan 30° . Sehingga mobil Basudewo memiliki kestabilan yang baik dan memiliki efek baik pada peningkatan keseimbangan kendaraan dan performa kendaraan secara keseluruhan. Dengan

adanya sistem rem yang baik diharapkan mobil ini mampu menjadi juara pada kompetisi yang akan datang

2. Dasar Pustaka

Definisi Rem

Rem dirancang untuk mengurangi kecepatan dan menghentikan kendaraan. Sisten ini harus terpasang pada setiap kendaraan karena berfungsi sebagai alat untuk menjamin keamanan. Selain itu, rem diharapkan bisa menghentikan mobil di tempat manapun dengan jarak dan waktu yang memadai secara terkendali dan terarah. Sistem rem dari suatu kendaraan merupakan salah satu elemen terpenting dari suatu kendaraan, karena merupakan bagian terpenting untuk keamanan kendaraan. Sistem rem kendaraan harus mampu mengurangi kecepatan atau menghentikan kendaraan secara aman baik pada kondisi jalan lurus maupun belok pada segala kecepatan. Pada dasarnya besar ideal gaya rem yang dibutuhkan setiap kendaraan adalah berbeda. Begitu juga distribusi ideal gaya rem pada setiap roda untuk setiap kendaraan berbeda. Hal ini berarti bahwa sistem rem dari satu kendaraan tidak langsung memenuhi kebutuhan pengereman untuk kendaraan lain.



Gambar 2. 1 Prinsip Kerja Rem

(www.blogspot.com)

Tipe – Tipe Rem

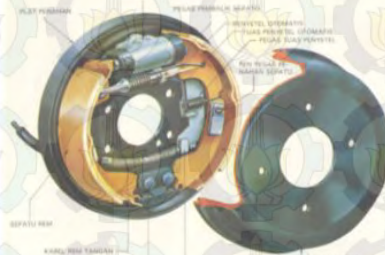
1. Berdasarkan Konstruksi

Berasarkan konstruksinya, jenis rem dibagi menjadi dua, yaitu rem tromol dan rem cakram.

a) Rem Tromol

Rem tromol adalah salah satu konstruksi rem yang cara pengeremannya dengan menggunakan tromol rem (**drum brake**), sepatu rem (**brake shoe**),

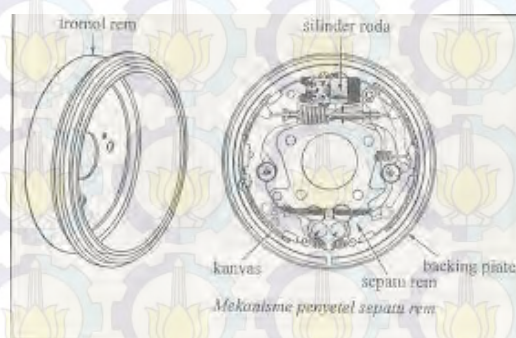
dan silinder roda (**wheel cylinder**). Pada dasarnya jenis rem tromol yang digunakan roda depan dan belakang tidak sama, hal ini dimaksudkan supaya sistem rem dapat berfungsi dengan baik.



Gambar 2. 2 Rem Tromol

(www.blogspot.com)

Cara kerja rem tromol yaitu Saat pengemudi menginjak pedal rem, master silinder menekan fluida kemudian fluida meneruskan tekanan ke silinder roda, silinder roda kemudian menekan sepatu rem yang akhirnya sepatu rem yang membawa kampas rem menekan tromol dan menimbulkan gesekan antara kampas rem dan tromol, gesekan inilah yang menyebabkan kendaraan melambat atau berhenti.



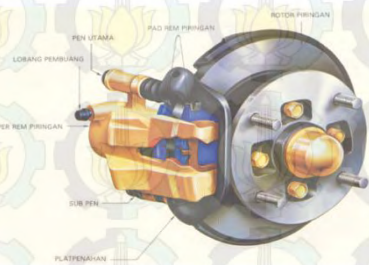
Gambar 2. 3 Cara Kerja Rem Tromol

(www.blogspot.com)

b) Rem Cakram

Cara kerja rem cakram berbeda dengan cara kerja rem tromol, walaupun secara prinsip, keduanya menggunakan gaya yang sama untuk mengurangi kecepatan

yaitu gaya gesek. Pada sistem rem cakram, gaya gesek yang digunakan untuk mengurangi kecepatan adalah gaya gesek antara kampas rem (*brake pad*) dengan piringan rem (*disc brake rotor*). Rem piringan efektif karena rotor piringannya terbuka terhadap aliran udara yang dingin dan karena rotor piringan tersebut dapat membuang air dengan segera. Karena itulah gaya pengereman yang baik dapat terjamin walau pada kecepatan tinggi. Sebaliknya berhubung tidak adanya *self servo effect*, maka dibutuhkan gaya pedal yang lebih besar dibandingkan dengan rem tromol. Karena alasan inilah *booster* rem biasanya digunakan untuk membantu gaya pedal.



Gambar 2. 4 Rem Cakram
(www.blogspot.com)

Pada saat mobil bergerak maka piringan rem akan mengikuti pergerakan roda. Karena keduanya disatukan dengan poros yang sama maka kecepatan berputar piringan rem dan roda adalah sama. Menghentikan pergerakan piringan roda sama dengan menghentikan pergerakan roda. Proses pengereman diawali pada saat kita menekan pedal rem. Kemudian gaya tersebut akan diteruskan mulai dari pedal rem melalui jalur rem hingga mencapai piston pada kaliper rem. Piston tersebut akan mendorong kampas rem hingga bergesekan dengan piringan rem. Dengan konstruksi pada kaliper maka kampas rem di sisi lain juga akan bergerak hingga bergesekan dengan piringan rem. Sehingga kedua kampas rem tersebut menjepit piringan rem. Gaya gesek yang terjadi akan menghambat putaran dari piringan rem dan sekaligus akan mengurangi kecepatan putar dari roda, sehingga

kecepatan terus berkurang dan akhirnya roda berhenti. Celah rem atau celah antara piringan rem dan kampas rem akan disesuaikan secara otomatis oleh penutup piston (karet) jadi tidak perlu di setel dengan tangan. Pada saat pedal rem di lepas maka piston akan kembali ke posisi semula sebelum ditekan karena karet akan kembali ke bentuk semula seperti sebelum pedal rem ditekan.

2. Berdasarkan Tempatnya

Berdasarkan tempatnya rem di bagi menjadi rem roda dan rem *propeller*.

a) Rem roda

Rem roda merupakan rem yang di tempatkan pada roda belakang maupun roda depan yaitu proses pengereman (penghentian atau pengurangan kecepatan) dilakukan dengan menahan roda agar tidak berputar. Berdasarkan tempatnya, pada rem roda ini baik rem tromol maupun rem cakram bisa di pasang pada rem roda ini. Pada rem tromol, daya pengereman diperoleh dari sepatu rem yang menekan dinding tromol bagian dalam yg berputar bersama-sama dengan roda. Biasanya terdapat di bagian roda belakang kendaraan mobil walaupun ada juga yang terdapat di roda depan.

b) Rem Propeller

Rem *propeller* merupakan proses pengereman yang dilakukan dengan menghambat poros penggerak belakang kendaraan. Rem jenis ini ditempatkan didepan poros *propeller*.

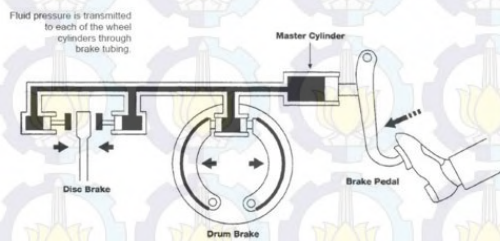
3. Berdasarkan Layanannya

Berdasarkan layanannya, rem dibedakan menjadi 2 yaitu *foot brake* dan *hand brake*.

a) Foot Brake

Rem kaki digunakan untuk mengontrol kecepatan dan menghentikan kendaraan dengan cara memijak atau menginjaknya. Rem kaki (*foot brake*) dikelompokkan menjadi dua tipe

yaitu rem hidraulis (*hydraulic brake*) dan rem pneumatis (*pneumatic brake*). Rem hidraulis mempunyai keuntungan lebih respon (lebih cepat) dan konstruksi lebih sederhana, sedangkan rem pneumatis menggunakan kompresor yang menghasilkan udara bertekanan untuk menambah daya pengereman.

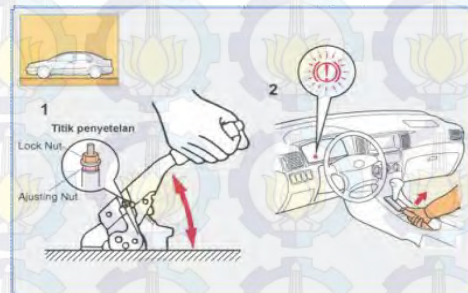


Gambar 2. 5 Cara Kerja Rem Kaki
(www.blogspot.com)

b) Hand Brake

Rem tangan adalah sebuah sistem pengereman pada kendaraan bermotor, khususnya kendaraan roda empat maupun lebih. Rem Parkir umumnya berfungsi untuk menahan mobil bergerak dalam posisi kemiringan jalan yang miring, terutama dalam keadaan menanjak maupun menurun. Fungsi rem parkir ini dapat digunakan sebagai pengganti rem utama jika mobil dalam kondisi berhenti yang cukup lama, semisal dalam kondisi kemacetan atau saat parkir. Setiap mobil, truk, maupun bus, dilengkapi dengan rem parkir dengan tuas dan cara kerja yang bervariasi, bergantung pada model mobil dan juga bobot kendaraan. Meskipun rem tangan digunakan pada saat mobil berhenti, akan tetapi durasi penggunaan rem ini juga harus kita perhatikan. Pada mobil yang diparkir cukup lama (beberapa hari) penggunaan rem tangan ini tidak direkomendasikan karena dapat merusak *disk brake* terutama untuk

daerah yang memiliki kelembaban tinggi atau mobil habis melewati genangan air yang dapat menimbulkan kerak pada cakram maupun tromol mobil. Menggunakan rem tangan direkomendasikan pada durasi antara 5 menit sampai 1 hari, lebih dari satu hari lebih baik mobil dikanjal dengan kayu misalnya saat ditinggal pergi ke luar kota.



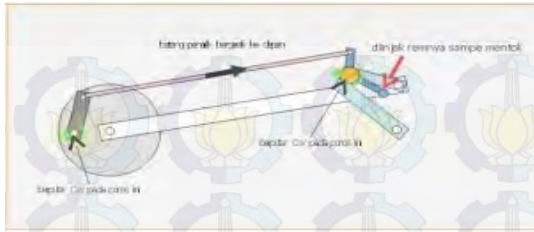
Gambar 2. 6 Rem Tangan
(www.blogspot.com)

4. Berdasarkan Mekanisme Penggeraknya

Berdasarkan mekanisme penggerakannya, rem dibagi menjadi

a) Rem Mekanis

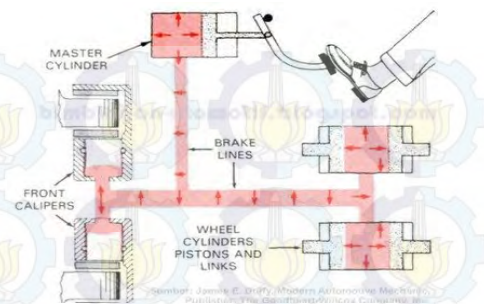
Sistem rem mekanik ini merupakan sistem rem yang paling sederhana dan tidak terlalu banyak memakai komponen. Sistem Rem ini umumnya digunakan untuk kendaraan kecil. Komponen terpenting dalam sistem rem jenis mekanik ini yaitu sepatu rem, tuas dan kawat/seling. Sistem rem mekanik lebih mudah dalam perawatan dan perbaikan karena konstruksinya yang sederhana. Gerakan dorong dari tuas akan diteruskan ke sepatu rem dengan menggunakan kawat/seling, semakin kuat/panjang tuas bergerak maka semakin kuat sepatu rem menekan tromol atau lintasan.



Gambar 2. 8 Sistem Rem Mekanik
(www.blogspot.com)

b) Rem Hidraulik

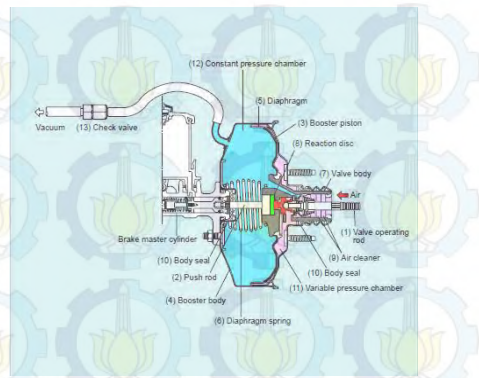
Sistem rem hidraulik merupakan sistem rem yang menggunakan media fluida cair sebagai media penghantar/ penyalur gerakan. Sistem rem hidraulik ini sangat rumit dan perlu perawatan yang berkala karena komponen-komponen rawan terhadap kerusakan, apabila terjadi kerusakan/ kebocoran pada selang atau sambungan-sambungan penyalur fluida maka akan mengganggu siklus aliran atau kerja dari sistem rem hidraulik. Komponen terpenting dalam sistem rem hidraulik yaitu sepatu rem, master cylinder, actuator cylinder, dan tuas. Sistem rem hidraulik ini bekerja yaitu apabila tuas pedal rem diinjak maka tuas akan meneruskan gerakan ke master cylinder, didalam master cylinder terjadi perubahan dari energi kinetik menjadi tekanan pada minyak rem yang kemudian diteruskan menuju actuator cylinder melewati selang/pipa-pipa tekanan tinggi, setelah tekanan sampai di actuator cylinder kemudian gaya tekan dirubah kembali menjadi gerakan/kinetik oleh actuator cylinder untuk menggerakkan sepatu rem untuk menekan tromol/ disc supaya terjadi proses pengereman.



Gambar 2. 9 Sistem Rem Hidraulik
(www.blogspot.com)

c) Rem Booster

Brake booster adalah alat yang memakai perbedaan antara *engine vacum* dan tekanan atmosfer untuk menghasilkan tenaga yang kuat (pendorong daya) yang proporsional pada tenaga penekan pedal untuk mengoperasikan rem. Brake booster menggunakan vacuum yang dihasilkan pada beragam intake (pompa vacuum pada kasus mesin diesel).



Gambar 2. 10 Brake Booster
(www.blogspot.com)

Booster rem dapat dipasang menjadi satu dengan master silinder (tipe integral) atau dapat juga dipasangkan secara terpisah dari master silinder itu sendiri. Tipe integral ini banyak digunakan pada kendaraan penumpang dan truk kecil.

Booster rem mempunyai diaphragm (membran) yang bekerja dengan adanya perbedaan tekanan antara tekanan atmosfer dan kevakuman yang dihasilkan dalam intake manifold. Master silinder dihubungkan dengan pedal dan

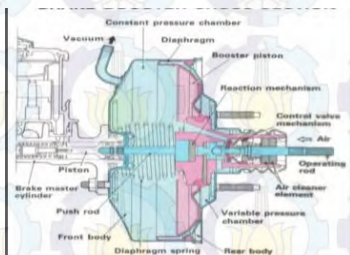
membran untuk memperoleh daya pengereman yang besar dari langkah pedal yang minimum.

Untuk kendaraan berjenis diesel, booster remnya diganti dengan pompa vakum karena kevakuman yang terjadi pada intake manifold pada mesin diesel tidak cukup kuat. Booster body dibagi menjadi bagian depan (ruang tekanan tetap/*constant pressure chamber*) dan bagian belakang (ruang tekanan variasi/*variable pressure chamber*), dan masing-masing ruang dibatasi dengan membran dan piston booster.

Mekanisme katup pengontrol (*Control valve mechanism*) berfungsi untuk mengatur tekanan didalam ruang tekan variasi. Termasuk katup udara (*air valve*), katup vacum (*vacuum valve*), katup pengontrol dan sebagainya yang berhubungan dengan pedal rem melalui batang penggerak katup (*valve operating rod*).

Brake booster terdiri dari komponen-komponen berikut ini:

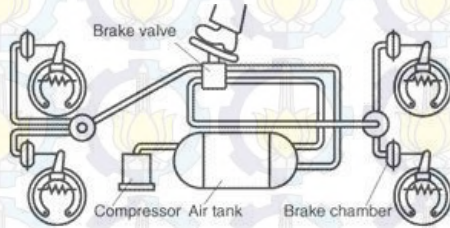
- Batang pengoperasian katup
- Batang pendorong (*Push rod*)
- Piston pendorong (*Booster piston*)
- Badan booster (*Booster body*)
- Diafragma
- Pegas Diafragma
- Badan katup (*Valve body*)
- Cakram reaksi (*Reaction disc*)
- Pembersih udara (*Air cleaner*)
- Penutup badan (*Body seal*)
- Ruang tekanan variable (*Variable Pressure Chamber*)
- Ruang tekanan konstan (*Constant Pressure Chamber*)
- Katup cek (*Check valve*)



Gambar 2. 11 Brake Booster
(www.blogspot.com)

d) Rem Angin

Full air brake atau sering disebut sistem rem (FAB) adalah rem angin yang memanfaatkan tekanan udara untuk menekan sepatu rem. Di sini pedal rem berperan hanya membuka dan menutup katup rem (*Brake valve*), dan mengatur aliran udara bertekanan yang keluar dari tangki udara (*Air Tank*).



Gambar 2. 12 Rem Angin
(www.blogspot.com)

Rem angin ini memiliki beberapa komponen untuk mendukung kerja dari suatu komponen lainnya, yaitu *air tank*, *air kompresor*, *brake valve*, *relay valve*, *brake cember*, *cam shaft*, *air dryer*, *regulator*.

5. Spesifikasi Mobil Basudewo



Gambar 2. 13 Mobil Basudewo

Spesifikasi umum pada mobil Basudewo adalah sebagai berikut:

Jarak sumbu roda	: 1612,5 mm
Panjang rangka total	: 2300 mm
Lebar rangka total	: 700 mm
Tinggi rangka total	: 1000 mm
Jarak terendah ke tanah	: 123 mm
Diameter roda	: 575,8 mm
Track roda depan	: 1280 mm
Track roda belakang	: 925 mm

3. Metodologi

Diagram alir pembuatan laporan.



Penjelasan Diagram alir

1. Tahap Identifikasi

Pada tahapan awal identifikasi dilakukan pengamatan terhadap masalah yang dirumuskan menjadi tujuan dari penelitian. Studi literatur meliputi mencari dan mempelajari bahan pustaka yang berkaitan dengan *Braking System and Braking Equipments*. Studi literatur ini diperoleh dari berbagai sumber *text book* maupun modul yaitu teknologi otomotif teori dan aplikasinya oleh I Nyoman Sutantra, *Automotive Handbook 2nd edition* oleh Bosch, Teknologi Otomotif edisi ke 2 oleh Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D dan Dr. Ir. Bambang Sampurno, MT, Analisis Gaya Pada Rem Cakram (*Disc Brake*) Untuk Kendaraan Roda Empat oleh Dr. Ir. Yanuar, Msc., M.Eng, Dita Satyadarma, ST., MT, Burhan Noerdin. Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin oleh Sularso dan Kiyokatsu Suga, dan beberapa sumber lain seperti jurnal ilmiah dan beberapa penelitian terdahulu. Kemudian dilakukan pengamatan lapangan secara langsung mobil Basudewo. Observasi

meliputi identifikasi spesifikasi komponen-komponen pada sistem pengereman mobil Basudewo.

2. Tahap Pengambilan Data dan Analisis

Dari studi literatur dan observasi mengenai sistem pengereman pada mobil Basudewo, dilakukan pengambilan data spesifikasi rem yang digunakan oleh mobil Basudewo. Setelah melakukan pengambilan data yang diperlukan, kemudian dilakukan perhitungan sistem pengereman hidrolik pada *disc brake* mobil Basudewo untuk mencari gaya yang dibutuhkan untuk pengereman dengan kecepatan awal 40 km/jam

2. Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran

Tahapan ini merupakan ujung dari perhitungan dan analisis sistem pengereman hidrolik pada *disc brake* mobil Basudewo, yaitu dengan menarik kesimpulan yang didapat dari hasil mencari gaya yang dibutuhkan untuk pengereman dengan kecepatan awal 40 km/jam. Kemudian memberikan saran untuk tim Basudewo dan untuk penelitian selanjutnya.

4. PEMBAHASAN

Pada bab ini, akan di jabarkan tentang perhitungan dan pembahasan sistem pengereman pada mobil Basudewo. Dalam perhitungan pada bab ini menggunakan batasan yaitu mobil melaju pada kecepatan 40 km/jam dan jarak pengereman 6 meter, pada lintasan lurus (jalan lurus) dan jalan miring (sudut kemiringan 30^0 menurun).

1. Spesifikasi dan Sistem

Pengereman Mobil Basudewo

Berikut ini adalah data spesifikasi mobil Basudewo yang diperlukan dalam perhitungan

Tabel 4.1 Spesifikasi Mobil Basudewo

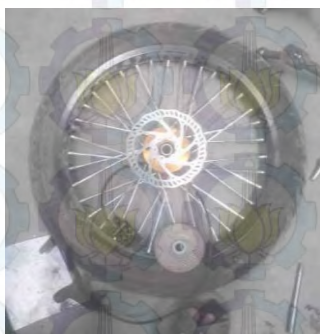
No.	Keterangan	Dimensi	Units
1	Panjang kendaraan (P)	2300	mm
2	Lebar kendaraan (L)	700	mm
3	Tinggi kendaraan (T)	1000	mm
4	Berat kosong (W)	160	kg
5	Berat bagian depan (W)	131	kg
6	Berat bagian belakang (WB)	104	kg

Tabel 4.2 Spesifikasi Rem yang Digunakan Basudewo

No.	Keterangan	Dimensi	Units
1	Jarak pedal ke fulcrum (a)	17	cm
2	Jarak pushrod ke fulcrum (b)	5	cm
3	Diameter piston pada master silinder	4	mm
4	Diameter disc	15	cm
5	Diameter silinder caliper (C)	6,3	cm

2. Analisis Perhitungan Sistem Pengereman

Sistem pengereman yang dibuat atau yang dipakai pada mobil Basudewo saat kompetisi mobil hemat energi tahun 2014 adalah *disc brake single piston*. Sistem pengereman yang digunakan tidak dilakukan perhitungan sebelumnya. Gaya yang dibutuhkan dan jarak yang diperlukan untuk mengerem tidak diketahui sebelumnya.



Gambar 4.1 Disc Brake Basudewo

Pada sistem pengereman pada mobil Basudewo mempunyai beberapa kendala atau kekurangan yaitu, terjadi kebocoran pada slang rem pada saat pengereman karena sistem pengeremannya

menggunakan rem hidraulik namun selangnya menggunakan selang pneumatik, karena tekanan hidraulik lebih besar daripada pneumatik, itu sebabnya terjadi kebocoran pada selang, mobil tidak bisa mengerem dengan baik, dibutuhkan gaya pengereman yang tinggi untuk mengerem. Maka dari itu dilakukan perhitungan-perhitungan sebagai berikut:

2.1 Perhitungan dengan kondisi jalan lurus

2.1.1 Perhitungan perlambatan

Telah ditentukan bahwa mobil harus berhenti dalam jarak 6 meter dengan kecepatan awal 40 km/jam, untuk mengetahui gaya pengereman yg dibutuhkan maka terlebih dahulu harus dicari perlambatan yang terjadi. Proses perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Percepatan Gerak Lurus Berubah Beraturan

$$a = \frac{dv}{dt} \rightarrow dv = a dt$$

$$\int_0^t dv = \int_0^t a dt$$

$$v - v_0 = a (t - t_0)$$

$$v = v_0 + a \times \Delta t$$

$$v = v_0 + a \times t \dots \dots \dots (1)$$

$$v = \frac{ds}{dt} \rightarrow ds = v dt$$

$$\int_0^t ds = \int_0^t v dt$$

$$\int_0^t ds = \int_0^t (v_0 + a \times t) dt$$

$$s - s_0 = v_0(t - t_0) + \frac{1}{2} a \times t(t - t_0)$$

$$s - s_0 = v_0 \times t - v_0 \times t_0 + \frac{1}{2} a \times t^2 - \frac{1}{2} a \times t \times t_0$$

$$s = v_0 \times t + \frac{1}{2} a \times t^2 \dots \dots \dots (2)$$

2. Perlambatan Gerak Lurus Berubah Beraturan

$$a = \frac{dv}{dt} \rightarrow \int_0^s a ds = \int_t^0 \frac{dv}{dt} ds$$

$$\int_0^s a \, ds = \int_t^0 dv \times v$$

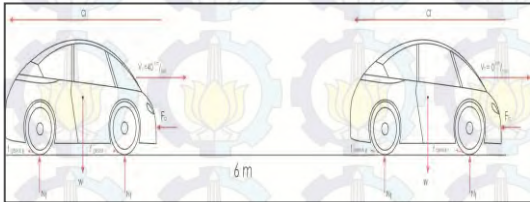
$$a(s - s_0) = \frac{1}{2}(v_0^2 - v_t^2)$$

$$2 \cdot a(s - s_0) = v_0^2 - v_t^2$$

$$2 \cdot a \times s - 2 \cdot a \times s_0 = v_0^2 - v_t^2$$

$$2 \cdot a \times s = v_0^2 - v_t^2$$

$$v_t^2 = v_0^2 - 2 \cdot a \times s \dots \dots \dots (3)$$



Gambar 4.2 Free body diagram perlambatan

$$-V_1^2 = V_0^2 - 2 \times a \times s$$

$$0 = (11,1)^2 - 2 \times a \times 6$$

$$a = \frac{(11,1)^2}{2 \cdot 6}$$

$$a = 10,27 \text{ m/s}^2$$

3. Waktu yang Di Butuhkan untuk Mengerem

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$0 = 11,1 + (-10,27) \cdot t$$

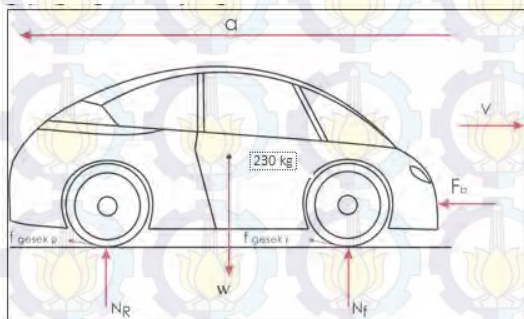
$$-11,1 = -10,27 \cdot t$$

$$t = \frac{-11,1}{-10,27}$$

$$t = 1,08 \text{ s}$$

Perhitungan gaya yang dibutuhkan untuk menghentikan mobil

Perlambatan yang terjadi adalah $10,27 \text{ m/s}^2$, maka gaya pengereman yang dibutuhkan adalah :



Gambar 4.3 Free body diagram gaya

$$\sum F_y = 0$$

$$N_F + N_R - W = 0$$

$$N_F + N_R = W$$

$$N_F + N_R = m \times g$$

$$N_F + N_R = (160 + 70) \times 9,8$$

$$N_F + N_R = 230 \times 9,8$$

$$N_F + N_R = 2254$$

Karena $N_F = N_R$
Maka, $2 N_F = 2254$

$$N_F = \frac{2254}{2}$$

$$N_F = 1127$$

$$\sum F_x = m \times a$$

$$F_b + f_{gesek F} + f_{gesek R} = m \times a$$

$$F_b = m \times a - \mu N_F - \mu N_R$$

$$F_b = m \times a - \mu (N_F + N_R)$$

$$F_b = (230 \times 10,27) - 0,9 \times 2254$$

$$F_b = 2362,1 - 2028,6$$

$$F_b = 333,5 \text{ N}$$

Gaya yang dibutuhkan untuk menghentikan mobil pada tiap-tiap roda

Dalam kasus ini beban pengereman pada tiap roda dianggap sama, maka gaya yang dibutuhkan di tiap-tiap roda untuk menghentikan mobil adalah :

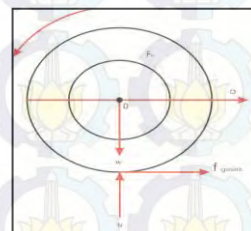
$$F_{\text{tiap ban}} = \frac{F_b}{4}$$

$$F_{\text{tiap ban}} = \frac{333,5 \text{ N}}{4}$$

$$F_{\text{tiap ban}} = 83,37 \text{ N}$$

Gaya yang dibutuhkan piringan untuk menghentikan kendaraan

Hubungan antara roda dan piringan rem adalah seporos, maka torsi yang dibutuhkan piringan untuk menghentikan kendaraan sama dengan torsi yang terjadi pada roda, sebaliknya gaya yang dibutuhkan piringan untuk menghentikan roda adalah :



Gambar 4.4 Free body diagram pada roda

$$F_R \times r_R = F_P \times r_P$$

$$83,37N \times 0,2159m = F_P \times 0,075m$$

$$17,99Nm = F_P \times 0,075m$$

$$F_P = \frac{17,99Nm}{0,075m}$$

$$F_P = 239,86N$$

Gaya tekan pada rem

Gaya gesek pada pad rem dan piringan yang terjadi tergantung pada koefisien gesek dan gaya tekan pad rem, gaya pesek yang dibutuhkan telah diketahui senilai 239,86 N, maka gaya tekan pad rem yang dibutuhkan adalah :

$$F_P = F_{Pa} \times \mu_{Pa}$$

$$239,86 N = F_{Pa} \times 0,54$$

$$F_{Pa} = \frac{239,86 N}{0,54}$$

$$F_{Pa} = 444,18 N$$

Gaya total pengereman 4 roda

Sistem pengereman mobil basudewo adalah sistem satu pedal, maka gaya yang terjadi di selang adalah total dari 4 roda, gaya yang terjadi total 4 roda adalah sebagai berikut :

$$F_{total} = F_{Pa} \times 4$$

$$F_{total} = 444,18 N \times 4$$

$$F_{total} = 1776,72 N$$

Perhitungan tekanan hidraulik pada master silinder

Gaya yang dihasilkan pad rem berasal dari tekanan fluida pada piston di master silinder, tekanan yang dibutuhkan master silinder untuk menghasilkan gaya tekan pad rem sebesar 1776,72. Maka tekanan hidraulik pada master silinder adalah :

$$F_{Pa} = P_e \times A$$

$$F_{Pa} = P_e \times \frac{\pi}{4} \times d_c^2$$

$$1776,72 N = P_e \times \frac{3,14}{4} \times (6,3 cm)^2$$

$$1776,72 = P_e \times \frac{3,14}{4} \times (0,063 m)^2$$

$$1776,72 N = P_e \times 0,785 \times 0,003969 m^2$$

$$P_e = \frac{1776,72 N}{0,003115665 m^2}$$

$$P_e = 570253,86 N/m^2$$

Perhitungan gaya pada pedal rem

Gaya tekan pada master silinder berasal dari gaya dorong yang bekerja pada master silinder itu sendiri, gaya dorong yang dibutuhkan adalah :

$$P_e = \frac{FK}{\frac{\pi}{4} \cdot d_{MS}}$$

$$570253,86 N/m^2 = \frac{FK}{\frac{\pi}{4} \cdot (0,04 m)^2}$$

$$570253,86 N/m^2 = \frac{FK}{0,785 \times 0,0016 m^2}$$

$$570253,86 N/m^2 = \frac{FK}{0,001256 m^2}$$

$$FK = 570253,86 N/m^2 \times 0,001256 m^2$$

$$FK = 716,23 N$$

Perhitungan gaya tekan kaki

Gaya dorong yang bekerja pada master silinder berasal dari gaya tekan kaki, gaya yang dihasilkan tergantung pada besarnya gaya tekan kaki dan perbandingan panjang pedal, gaya tekan kaki yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

$$FK = F \cdot \frac{a}{b}$$

$$716,23 N = F \cdot \frac{170mm}{50mm}$$

$$716,23 N = F \times 3,4$$

$$F = \frac{716,23 N}{3,4}$$

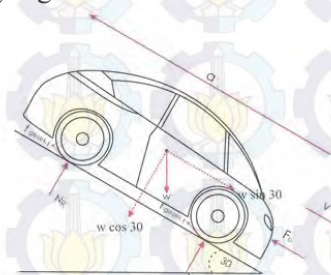
$$F = 210,65 N$$

$$F = 21,41 kgf$$

Perhitungan pada bidang miring

1. Perhitungan perlambatan

Untuk menghentikan mobil, perlambatan yang terjadi adalah 10,27 m/s², maka gaya pengereman yang dibutuhkan adalah :



Gambar 4.5 Free body diagram gaya

$$\begin{aligned} \leftarrow \uparrow \sum F_y &= 0 \\ N_F + N_R - W \cos 30 &= 0 \\ N_F + N_R &= W \cos 30 \\ N_F + N_R &= (m \times g) \cos 30 \\ N_F + N_R &= (230 \times 9,8) \cos 30 \\ N_F + N_R &= 1952,02 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Karena } N_F &= N_R \\ \text{Maka, } 2 N_F &= 1952,02 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_F &= \frac{1952,02}{2} \\ N_F &= 976,01 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \pm \sum F_x &= m \times a \\ w \sin 30 - F_b - f_{gesek F} - f_{gesek R} &= m \times a \end{aligned}$$

$$F_b = m \times a + w \sin 30 - (\mu N_F + \mu N_R)$$

$$F_b = m \times a + w \sin 30 - \mu (N_F + N_R)$$

$$F_b = (230 \times 10,27) + 1127 - 0,9 \times 2254$$

$$F_b = 2362,1 + 1127 - 2028,6$$

$$F_b = 1460,5 \text{ N}$$

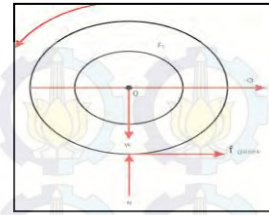
Gaya yang dibutuhkan untuk menghentikan mobil pada tiap-tiap roda

Dalam kasus ini beban pengereman pada tiap roda dianggap sama, maka gaya yang dibutuhkan di tiap-tiap roda untuk menghentikan mobil adalah :

$$\begin{aligned} F_{\text{tiap ban}} &= \frac{F_b}{4} \\ F_{\text{tiap ban}} &= \frac{1460,5 \text{ N}}{4} \\ F_{\text{tiap ban}} &= 365,125 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya yang dibutuhkan piringan untuk menghentikan mobil

Hubungan antara roda dan piringan rem adalah seporos, maka torsi yang dibutuhkan piringan untuk menghentikan kendaraan sama dengan torsi yang terjadi pada roda, sebaliknya gaya yang dibutuhkan piringan untuk menghentikan roda adalah :



Gambar 4.4 Free body diagram pada roda

$$\begin{aligned} F_R \times r_R &= F_P \times r_P \\ 365,125 \text{ N} \times 0,2159 &= F_P \times 0,075 \text{ m} \\ 78,8 \text{ Nm} &= F_P \times 0,075 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_P &= \frac{78,8 \text{ Nm}}{0,075 \text{ m}} \\ F_P &= 1050,67 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya tekan pada rem

Gaya gesek pada pad rem dan piringan yang terjadi tergantung pada koefisien gesek dan gaya tekan pad rem, gaya gesek yang dibutuhkan telah diketahui senilai 239,86 N, maka gaya tekan pad rem yang dibutuhkan adalah :

$$F_P = F_{Pa} \times \mu_{Pa}$$

$$1050,67 \text{ N} = F_{Pa} \times 0,54$$

$$F_{Pa} = \frac{1050,67 \text{ N}}{0,54}$$

$$F_{Pa} = 1945,68 \text{ N}$$

Gaya total pengereman 4 roda

Sistem pengereman mobil basudewo adalah sistem satu pedal, maka gaya yang terjadi di selang adalah total dari 4 roda, gaya yang terjadi total 4 roda adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_{\text{total}} &= F_{Pa} \times 4 \\ F_{\text{total}} &= 1945,68 \text{ N} \times 4 \\ F_{\text{total}} &= 7782,72 \text{ N} \end{aligned}$$

Perhitungan tekanan hidraulik pada master silinder

Gaya yang dihasilkan pad rem berasal dari tekanan fluida pada piston di master silinder, tekanan yang dibutuhkan master silinder untuk mengasilkan gaya tekan pad rem 7782,72N adalah :

$$F_{Pa} = P_e \times A$$

$$F_{Pa} = P_e \times \frac{\pi}{4} \times d_c^2$$

$$7782,72 \text{ N} = P_e \times \frac{3,14}{4} \times (6,3 \text{ cm})^2$$

$$7782,72 \text{ N} = P_e \times \frac{3,14}{4} \times (0,063 \text{ m})^2$$

$$7782,72 = P_e \times 0,785 \times 0,003969 \text{ m}^2$$

$$P_e = \frac{7782,72 \text{ N}}{0,003115665 \text{ m}^2}$$

$$P_e = 2497932,223 \text{ N/m}^2$$

$$P_e = 362,2002 \text{ psi}$$

Perhitungan gaya pada pedal rem

Gaya tekan pada master silinder berasal dari gaya dorong yang bekerja pada master silinder itu sendiri, gaya dorong yang dibutuhkan adalah :

$$P_e = \frac{FK}{\frac{\pi}{4} \cdot d_{MS}^2}$$

$$2497932,223 \text{ N/m}^2 = \frac{FK}{\frac{\pi}{4} \cdot (0,04 \text{ m})^2}$$

$$2497932,223 \text{ N/m}^2 = \frac{FK}{0,785 \times 0,0016 \text{ m}^2}$$

$$2497932,223 \text{ N/m}^2 = \frac{FK}{0,001256 \text{ m}^2}$$

$$FK = 2497932,2 \text{ N/m}^2$$

$$\times 0,001256 \text{ m}^2$$

$$FK = 3137,4 \text{ N}$$

Perhitungan gaya tekan kaki

Gaya dorong yang bekerja pada silinder berasal dari gaya tekan kaki, gaya yang dihasilkan tergantung pada besarnya gaya tekan kaki dan perbandingan panjang pedal, gaya tekan kaki yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

$$FK = F \cdot \frac{a}{b}$$

$$3137,4 \text{ N} = F \cdot \frac{170 \text{ mm}}{50 \text{ mm}}$$

$$3137,4 \text{ N} = F \times 3,4$$

$$F = \frac{3137,4 \text{ N}}{3,4}$$

$$F = 922,76 \text{ N}$$

$$F = 94,1 \text{ kgf}$$

Pemilihan Selang yang Sesuai

Pada mobil Basudewo terdapat selang hidraulik. Namun selang tersebut terjadi kebocoran akibat tekanan master silinder terlalu besar dari pada tekanan selang. Maka dilakukan perhitungan, pada perhitungan ini

dipilih selang dengan spesifikasi sebagai berikut:

Plastic tubing (Co-Extrue tubing of hytrel & PVC)

$$D_1 = 0,17 \text{ in}$$

$$D_0 = 0,25 \text{ in}$$

$$S = 6000 \text{ psi}$$

$$t = \frac{D_0 - D_1}{2}$$

$$t = \frac{0,25 - 0,17}{2}$$

$$t = 0,04 \text{ in}$$

a. Burst Pressure (BP)

$$BP = \frac{2 \times t \times S}{D_1}$$

$$BP = \frac{2 \times 0,04 \text{ inchi} \times 6000 \text{ psi}}{0,17 \text{ inchi}}$$

$$BP = 2823,5294 \text{ psi}$$

b. Working Pressure (WP)

Asumsi: SF (Safety Factor) = 6

Karena tekanan sistem adalah 362,2002 psi

Maka,

$$WP = \frac{BP}{SF}$$

$$WP = \frac{2823,5294 \text{ Psi}}{6}$$

$$WP = 470,58823 \text{ Psi}$$

Dari perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa plastic tubing yang dipilih dapat dikategorikan aman untuk digunakan karena working pressure nya mendekati tekanan sistem.