

GAYA TEKAN PAD REM TERHADAP DISK ROTOR PADA KENDARAAN MINI BUGGY

Dadang Hafid

Prodi Pendidikan Teknik Mesin, STKIP Sebelas April Sumedang

e-mail : dangfid@yahoo.co.id

Abstrak

Sistem sangat penting karena memiliki fungsi sebagai alat keselamatan dan menjamin untuk pengendara yang aman. Kendaraan tidak dapat berhenti apabila pengereman hanya dilakukan dengan pengereman mesin, kelemahan ini harus dikurangi agar dapat menurunkan kecepatan gerak kendaraan hingga berhenti. Kerja rem disebabkan adanya gaya gesek pad rem melawan sistem gerak putar piringan (disc).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besaran gaya yang terjadi pada rem cakram untuk kendaraan mini buggy dengan analisis perhitungan dari komponen rem dengan pembebanan pedal 1kgf, 2kgf, 3kgf, 4kgf, 5kgf, 6kgf, 7kgf, 8kgf, 9kgf dan 10kgf. Besar diameter master silinder 19,20 mm, Yang berfungsi untuk mengubah gerak pedal rem kedalam tekanan hidrolis, Diameter silinder cakram 32,95 mm dan perbandingan tuas pedal 3,01. menunjukkan semakin besar pembebanan pedal rem maka gaya yang menekan master rem (F_k), gaya tekanan minyak rem (P_e), gaya yang menekan pad rem (F_p), dan gaya gesek pengereman (F_μ) akan semakin besar, sedangkan semakin besar gaya yang menekan pedal rem maka jarak waktu pengereman akan semakin kecil.

Kata kunci : Rem, Disk brake, Master silinder, Pembebanan pedal.

1. Pendahuluan

Mobil dalam Kamus Lengkap Bahasa Indonesia yang disusun oleh Drs. Budiono merupakan kereta bermotor mudah bergerak atau digerakan dipindah-pindahkan. Sedangkan mini berarti kecil. Kata buggy dalam Kamus Inggris – Indonesia oleh John M Echols dan Hassan Shadily berarti kereta beroda (spt andong). Mobil mini buggy merupakan kendaraan beroda empat dengan ukuran yang kecil. Kendaraan ini dapat menjawab kebutuhan transportasi di kawasan perindustrian yang padat.

Inovasi dibidang otomotif saat ini semakin memajukan pemakai dan terobosan teknologi terbaru harus memenuhi tuntutan konsumen yang lebih mudah, aman dan nyaman. Kepuasan konsumen akan tercapai dari segi artistik kendaraan baik eksterior maupun interior yang bagus dan beberapa peralatan tambahan yang memudahkan pemakai. Selain itu juga mesin memiliki *performance* yang tinggi, serta perangkat keamanan dan kenyamanan lengkap yang berfungsi optimal.

Suatu kendaraan dapat dikatakan baik apabila bisa memberikan rasa aman dan nyaman bagi pengendara. Semua jenis kendaraan baik roda dua maupun roda empat dilengkapi dengan berbagai sistem, salah satu dari sistem itu adalah sistem pengereman. Rem berfungsi untuk mengurangi kecepatan dan menghentikan laju kendaraan. Sistem ini sangat penting karena memiliki fungsi sebagai alat keselamatan dan menjamin untuk pengendara yang aman. Kendaraan

tidak dapat berhenti apabila pengereman hanya dilakukan dengan pengereman mesin, kelemahan ini harus dikurangi agar dapat menurunkan kecepatan gerak kendaraan hingga berhenti. Kerja rem disebabkan adanya gaya gesek pad rem melawan sistem gerak putar piringan (disc).

Sistem rem dalam suatu kendaraan termasuk sistem yang sangat penting karena berkaitan dengan faktor keselamatan berkendara. Sistem rem berfungsi untuk memperlambat dan atau menghentikan kendaraan dengan cara mengubah tenaga kinetik/gerak dari kendaraan tersebut menjadi tenaga panas. Perubahan tenaga tersebut diperoleh dari gesekan antara komponen bergerak yang dipasangkan pada roda sepeda motor dengan suatu bahan yang dirancang khusus tahan terhadap gesekan. Gesekan (*friction*) merupakan faktor utama dalam pengereman.

Oleh karena itu komponen yang dibuat untuk sistem rem harus mempunyai sifat bahan yang tidak hanya menghasilkan jumlah gesekan yang besar, tetapi juga harus tahan terhadap gesekan dan tidak menghasilkan panas yang dapat menyebabkan bahan tersebut meleleh atau berubah bentuk. Bahan-bahan yang tahan terhadap gesekan tersebut biasanya merupakan gabungan dari beberapa bahan yang disatukan dengan melakukan perlakuan tertentu. Sejumlah bahan tersebut antara lain; tembaga, kuningan, timah, grafit, karbon, kevlar, resin/damar, fiber dan bahan-bahan aditif/tambahan lainnya. Terdapat dua tipe sistem rem yang digunakan pada sepeda motor, yaitu: 1) Rem tromol (*drum brake*) dan 2) rem

cakram/piringan (*disc brake*). Cara pengoperasian sistem rem-nya juga terbagi dua, yaitu; 1) secara mekanik dengan memakai kabel baja, dan 2) secara hidrolik dengan menggunakan fluida/cairan. Cara pengoperasian sistem rem tipe tromol umumnya secara mekanik, sedangkan tipe cakram secara hidrolik.

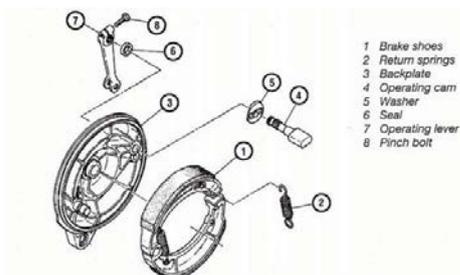
2.1 Landasan Teori

2.1.1 Jenis Rem

a. Sistem Rem Tromol

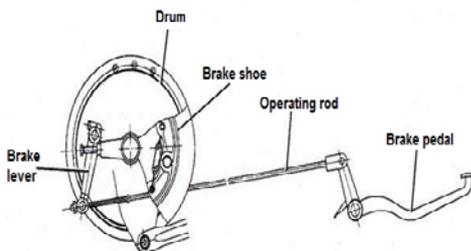
Rem tromol merupakan sistem rem yang telah menjadi metode pengereman standar yang digunakan sepeda motor kapasitas kecil pada beberapa tahun belakangan ini. Alasannya adalah karena rem tromol sederhana dan murah. Konstruksi rem tromol umumnya terdiri dari komponen-komponen seperti: sepatu rem (*brake shoe*), tromol (*drum*), pegas pengembali (*return springs*), tuas penggerak (*lever*),udukan rem tromol (*backplate*), dan cam/nok penggerak. Cara pengoperasian rem tromol pada umumnya secara mekanik yang terdiri dari pedal rem (*brake pedal*) dan batang (*rod*) penggerak.

Konstruksi dan cara kerja rem tromol seperti terlihat pada gambar 2.1 dan 2.2 di bawah ini:



Gambar 2.1 Konstruksi rem tromol

Pada saat kabel atau batang penghubung (tidak ditarik), sepatu rem dan tromol tidak saling kontak (gambar 2.2). Tromol rem berputar bebas mengikuti putaran roda. Tetapi saat kabel rem atau batang penghubung ditarik, lengan rem atau tuas rem memutar cam/nok pada sepatu rem sehingga sepatu rem menjadi mengembang dan kanvas rem bergesekan dengan tromol. Akibatnya putaran tromol dapat ditahan atau dihentikan, dan ini juga berarti menahan atau menghentikan putaran roda.



Gambar 2.2 Rem Tromol dan Kelengkapannya

Rem tromol terbuat dari besi tuang dan digabung dengan hub saat rem digunakan sehingga panas gesekan akan timbul dan gaya gesek

dari *brake lining* dikurangi. *Drum brake* mempunyai sepatu rem (dengan *brake lining*) yang berputar berlawanan dengan putaran drum (*wheel hub*) untuk mengerem roda dengan gesekan. Pada sistem ini terjadi gesekan-gesekan sepatu rem dengan tromol yang akan memberikan hasil energi panas sehingga bisa menghentikan putaran tromol tersebut. Rem jenis tromol disebut "*internal expansion lining brake*". Permukaan luar dari hub tersedia dengan sirip-sirip pendingin yang terbuat dari aluminium alloy (paduan aluminium) yang mempunyai daya penyalur panas yang sangat baik. Bagian dalam tromol akan tetap terjaga bebas dari air dan debu karena tromol mempunyai alur untuk menahan air dan debu yang masuk dengan cara mengalirkannya lewat alur dan keluar dari lubang aliran.

Berdasarkan cara pengoperasian sepatu rem, sistem rem tipe tromol pada sepeda motor diklasifikasikan menjadi dua, yaitu:

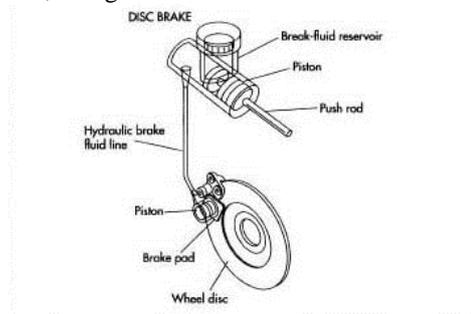
b. Rem Cakram

Kendaraan tidak dapat berhenti apabila pengereman hanya dilakukan dengan pengereman mesin, kendaraan cenderung bergerak sehingga kendaraan sulit untuk dihentikan, untuk kendaraan dapat berhenti dibutuhkan rem. Rem bekerja disebabkan oleh adanya gaya gesek *pad rem* melawan sistem gerak putar piringan (*disc*).

1) Fungsi Mekanisme Penggerak Hidrolik

Prinsip kerja rem hidrolik adalah menggunakan hukum pascal yaitu gaya penampang dari fluida akan menghasilkan tekanan yang akan diteruskan ke segala arah dengan sama besar. Untuk melipat gandakan daya penekanan pedal digunakan boster rem sehingga daya pengereman yang dihasilkan lebih besar.

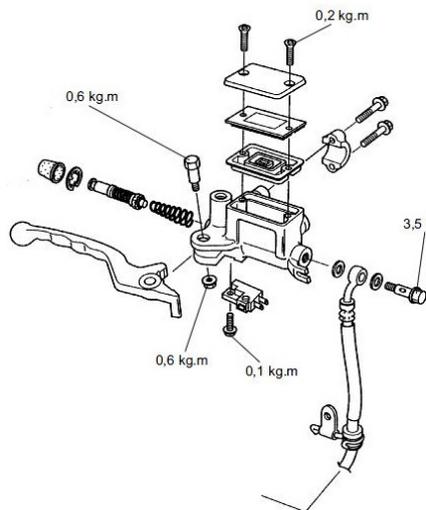
Master rem mempunyai membran yang kerjanya disebabkan karena adanya perbedaan antara tekanan dan kevakuman yang dihasilkan dari dalam *intake manifold* mesin. Prinsip kerja master rem menggunakan hukum bernoulli yaitu fluida dalam keadaan mengalir kontinu mempunyai energi tekanan, energi kinetik.



Gambar 2.3 Rem

Master silinder dihubungkan dengan pedal rem dan membran untuk memperoleh daya pengereman yang besar dari langkah pedal minimum.

Gaya penekan pedal rem akan dibuat menjadi tekanan fluida oleh piston dari master silinder. Cara kerja master silinder adalah apabila pedal ditekan, maka piston akan bergerak maju, akibatnya minyak rem akan mengalir ke tangki melalui saluran di depan master silinder. Dorongan piston akan menyebabkan tekanan minyak naik, sehingga mendorong kutub inlet sampai menutup saluran ke tangki. Tekanan minyak rem yang ada dalam master silinder akan semakin besar dan akhirnya minyak menuju ke silinder roda melewati katup pengecek. Piston akan kembali ke posisi semula apabila pedal rem dibebaskan dengan bantuan pegas pengembali.



Gambar 2.4 Master Silinder

Tekanan ini dipindahkan melalui pipa rem dan bekerja pada sepatu atau *pad rem* untuk menghasilkan pengereman.

Untuk memperbesar suatu gaya pengereman, maka diperlukan diameter silinder yang besar. Pada umumnya kendaraan menggunakan rem yang mempunyai daya pengereman yang berbeda antara rem belakang dan rem depan, dengan daya pengereman untuk roda depan harus lebih besar dari gaya pengereman roda belakang, maka untuk memperkuat daya pengereman roda depan silinder roda dibuat lebih besar. Besarnya gaya pengereman dapat diatur sesuai dengan perbandingan antara diameter master silinder dan silinder roda.

Rem hidrolis lebih terespon lebih cepat dibanding tipe lainnya, dan konstruksinya lebih sederhana. Dengan kelebihan tersebut rem hidrolis lebih banyak digunakan pada kendaraan penumpang dan truck ringan.

2) Disc Brake

Disc brake digunakan sebagai pengganti rem tromol, dimana pada dasarnya piringan cakram, terdiri dari cakram yang berputar dengan rotor dan bahan gesek yang mendorong dan menjepit cakram. Daya pengereman dihasilkan oleh adanya gesekan antara *pad* dan cakram.



Gambar 2.5 Kontruksi Rem Piringan

Keuntungan *Disc Brake*:

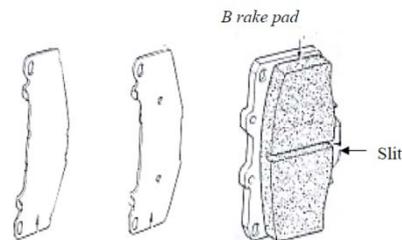
- a. Tidak terdapat *self energizing effect* dan akibatnya tidak diperlukan penambahan tenaga rem. Oleh karena itu perbedaan efek pengereman antara roda kiri dan kanan dapat diminimalisir dan kemungkinan kecil terjadi roda menarik ke kiri atau ke kanan pada saat dilakukan pengereman.
- b. Karena konstruksi yang sederhana maka pada kanvas rem (*brake pad*) mudah diganti.
- c. Bila piringan terkena air, maka efek pengereman akan konstan karena air yang menempel pada piringan akan terlempar keluar akibat gaya sentrifugal.
- d. Tidak menimbulkan bunyi karena piringannya terbuka atau hampir seluruhnya berhubungan dengan udara maka piringan dapat mentransfer panas dengan baik dan juga jarang terjadi gejala *feeding*, karena itu efek pengereman yang dihasilkan stabil walaupun melakukan pengereman secara berulang-ulang pada kecepatan tinggi.
- e. Berbeda dengan rem tromol maka ekspansi panas tidak dapat menyebabkan adanya perubahan dalam renggangnya seperti terdapat pada rem tromol, dimana kecenderungan kerenggangan akan bertambah.

3) Komponen *Disc Brake*

Pada umumnya komponen-komponen *disc brake* adalah sebagai berikut:

a. *Pad Rem*

Pad tersebut dari campuran *metallic fiber* dan sedikit serbuk besi. Pada *pad* diberi garis celah untuk menunjukkan tebal *pad*. Dengan demikian dapat mempermudah dalam pengecekan keausan *pad*. Pada beberapa *pad*, penggunaan *metallic plate* dipasangkan pada sisi piston dari *pad* yang fungsinya untuk mencegah bunyi saat pengereman.



Gambar 2.6 *Pad Rem Cakram*

b. *Disc* (Piringan)

Pada umumnya cakram atau piringan terbuat dari besi tuang dan beri lubang-lubang yang fungsinya untuk ventilasi serta pendingin, dengan adanya ventilasi umur *pad* lebih panjang dan tahan lama.

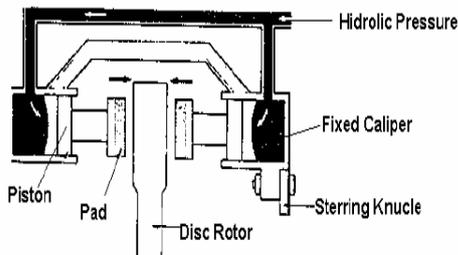


Gambar 2.7 *Disc*

c. *Caliper*

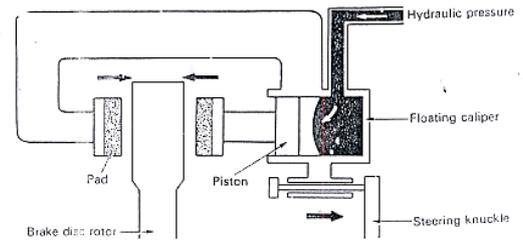
Caliper juga disebut dengan *cylinder body*, memegang piston-piston dan dilengkapi saluran saat minyak rem yang disalurkan ke silinder. Pada *disc brake* terdapat beberapa jenis *caliper* yang diantaranya adalah :

1. Tipe *Fixed Caliper (Double Piston)*, pada tipe ini piston ditempatkan pada dua sisi *caliper*. Radiasi panas *Fixed Caliper* terbatas karena silinder rem berada pada cakram dan *velg*, menyebabkan sulit tercapainya pendinginan. Untuk itu membutuhkan penambahan komponen yang banyak guna mengatasi hal tersebut. Jenis *Fixed Caliper* ini sudah jarang digunakan.

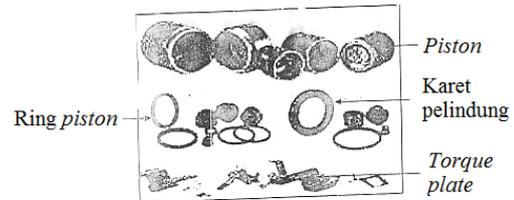


Gambar 2.8 Kaliper jenis *Fixed Caliper*

2. *Floating Caliper (Single Piston)* pada tipe ini piston ditempatkan pada satu sisi kaliper, sistem kerjanya adalah tekanan hidrolis dari master silinder, kemudian mendorong piston dan selanjutnya menekan pada rotor *disc* (cakram). Pada saat yang sama tekanan hidrolis menekan sisi *pad* sehingga menjepit cakram dan terjadilah usaha tenaga pengereman. Dalam tipe ini kemampuan pengeremannya dibangkitkan oleh kedua *pad* sehingga daya pengereman lebih baik. Tipe ini sering digunakan pada kendaraan saat ini.



Gambar 2.9 Kaliper Jenis *floating caliper*



Gambar 2.10 Komponen *Caliper*

Komponen-komponen yang terdapat pada rangkaian *caliper* sebagai berikut :

- a. Piston
- b. Ring piston
- c. Karet pelindung
- d. *Torque plate*

4) Prinsip Kerja *Disc Brake*

Sistem rem piringan bekerja dengan adanya suatu gerak gaya gesek antara *pad* rem yang diam dengan piringan yang berputar. Pada kendaraan berjalan mesin berfungsi mengubah energi panas menjadi energi kinetik maka sebaliknya dari prinsip kerja rem yaitu mengubah energi kinetik menjadi energi panas dimana pada saat pengereman akan terjadi gesekan antar *pad* rem dengan piringan yang akan menghasilkan panas yang selanjutnya panas dilepas ke udara bebas.

Penggunaan rem selanjutnya berulang-ulang sesuai dengan kebutuhan, maka akan timbul panas karena adanya gesekan antara *pad* rem dan *disc*. Selama proses pengereman berlangsung, temperatur *pad* dan *disc* akan naik sehingga akan menyebabkan cakram memuai. Cakram yang panas akan mengurangi daya pengereman.

Rem cakram mempunyai batas pembuatan pada bentuk dan ukurannya. Karena berkaitan dengan aksi *self energizing limited*. Sehingga perlu tambahan tekanan hidrolis yang lebih besar untuk mendapatkan daya pengereman yang efisien. Komponen tersebut dinamakan boster rem. Boster rem mampu melipat gandakan daya penekanan pedal, waktu penekanan pedal lemah mampu diteruskan menjadi daya pengereman yang besar.

2.2 Metode Pengolahan Data

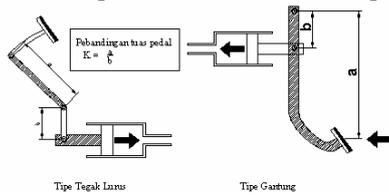
Untuk mendapatkan data-data yang diperlukan untuk penelitian sistem rem cakram hidrolis, maka dilakukan langkah-langkah pengolahan data sebagai berikut :

1. Menghitung perbandingan gaya pada pedal (K) didapat dari persamaan.

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

Dimana :

- a = Jarak dari pedal rem kefulcrum/ tumpuan.
- b = jarak dari pushrod ke fulcrum / tumpuan.



Gambar 2.9 Tipe pedal rem

2. Persamaan yang digunakan untuk mencari gaya yang keluar dari pedal rem (FK) :

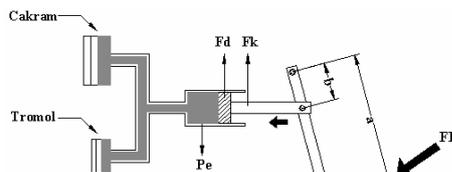
$$FK = F \frac{a}{b}$$

Dimana :

FK = Gaya yang dihasilkan dari pedal rem (kgf).

F = Gaya yang menekan pedal rem (kgf).

$\frac{a}{b}$ = Perbandingan Tuas Rem



Gambar 2.10 Gaya tekanan pedal ke master silinder

3. Persamaan untuk menghitung tekanan hidrolis (Pe) yang dibangkitkan pada master silinder yaitu :

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

$$Pe = \frac{Fk}{0,785 dm^2} (kgf/cm^2)$$

Dimana :

Pe = Tekanan hidrolis (kgf/cm²).

Fk = Gaya yang dihasilkan dari pedal rem (kgf).

dm = Diameter silinder pada master silinder (cm).

4. Persamaan untuk mencari gaya yang menekan pad Rem (Fp) yaitu :

$$Fp = Pe \cdot 0,785 (d^2)$$

Fp = Gaya yang menekan pad rem (kgf).

d = Diameter silinderroda (cm).

Pe = Tekanan Minyak rem (kg/cm²).

5. Gaya Gesek Pengereman (Fμ).

Untuk menghitung gaya gesek yang ditimbulkan oleh rem menggunakan persamaan yaitu :

$$F\mu = \mu Fp$$

Dimana :

Fμ = Gaya gesekpengereman (kgf)

μ = Koefisien gesek

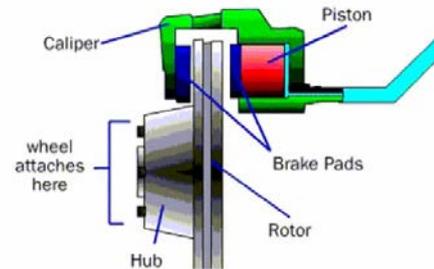
Fp = Gaya yang menekan pad (kgf)

3. Hasil dan Analisis Data

3.1. Data Hasil Pengujian

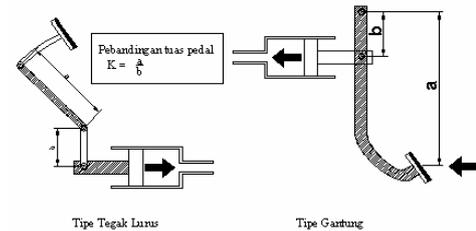
Dari hasil pengukuran manual dari rangkaian rem maka didapatkan data-data sebagai berikut:

1. Rem Cakram



Gambar 2.11 Rem Cakram

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



Gambar 2.12 Pengukuran Pedal Rem

Tabel 2.1 Hasil Pengukuran Sistem Rem Modifikasi Mini Buggy

No	Bagian yang diukur	Hasil Pengukuran
1	a = Jarak dari pedal rem ke fulcrum/ tumpuan.	144,6 mm
2	b = jarak dari pushrod ke fulcrum / tumpuan	48,1 mm
3	Diameter dalam Selang Rem	8,44 mm
4	Diameter Pembagi Fluida	8,44 mm
5	Diameter master silinder	19,2 mm
6	Diameter silinder cakram	32,95 mm

4. Perhitungan dan Pengujian

1. Perhitungan Sistem Rem Modifikasi Mini Buggy

- a. Perbandingan pedal rem (K)

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

$$K = \frac{14,46}{4,81}$$

$$K = 3,01$$

- b. Gaya yang keluar dari pedal rem (FK)

Dari hasil pengukuran terhadap pedal rem pada rangkaian rem yaitu : Jarak dari pedal rem ke fulcrum / tumpuan (a) = 14,46 cm dan jarak dari pushrod ke fulcrum / tumpuan (b) = 4,81 cm maka perbandingan pedal remnya adalah 3,01. Sedangkan gaya yang menekan pedal rem adalah antara 1 Kg sampai 10 Kg.

Disini penulis mengambil harga $F = 5 \text{ Kg}$

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

$$K = 5 \text{ Kg} \frac{14,46 \text{ cm}}{4,81 \text{ cm}}$$

$$K = 5 \text{ Kg} \times 3,01$$

$$K = 15,01 \text{ Kg}$$

- c. Tekanan Hidraulik (Pe)

Tekanan Hidraulik (pe) yang dibangkitkan master silinder pada rangkaian rem yang menggunakan Sistem Hidraulik menggunakan rumus :

$$Pe = \frac{Fk}{0,785 \text{ dm}^2}$$

$$Pe = \frac{15,01 \text{ Kg}}{0,785 \times 1,92^2}$$

$$= \frac{15,01 \text{ Kg}}{0,785 \times 3,68 \text{ cm}^2}$$

$$= \frac{15,01 \text{ Kg}}{2,89 \text{ cm}^2}$$

$$Pe = 5,19 \text{ Kg/cm}^2$$

- d. Gaya yang menekan pad rem (Fp)

Gaya yang menekan pad rem menggunakan rumus :

$$Fp = Pe \times 0,785 (d^2)$$

$$= 5,19 \text{ Kg/cm}^2 \times 0,785 (3,295^2)$$

$$= 5,19 \text{ Kg/cm}^2 \times 0,785 (10,86 \text{ cm}^2)$$

$$= 4,07 \text{ Kg/cm}^2 (10,86 \text{ cm}^2)$$

$$Fp = 44,27 \text{ Kg}$$

Gaya menekan pedal rem pada modifikasi mini bugi sebesar 44,27 Kg kemudian dibagi tiga kaliper menjadi 14,76 Kg pada setiap kaliper rem.

- e. Gaya Gesek Pengereman ($F\mu$).

Untuk menghitung gaya gesek yang ditimbulkan oleh rem menggunakan persamaan

$$F\mu = \mu Fp$$

$$= 0,3 \times 14,76 \text{ Kg}$$

$$F\mu = 4,43 \text{ Kg}$$

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh penulis bahwa penelitian dapat disimpulkan :

1. Semakin besar gaya pijak pedal semakin besar pula tekanan hidraulik pada sistem rem cakram.
2. Semakin besar tekanan hidraulik pada sistem rem cakram maka semakin besar pula tekanan kanvas rem terhadap disc brake.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Giancoli. (2001). *Fisika Edisi Kelima Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- [2] Jalius, Jama dkk. (2008). *Teknik Sepeda Motor Jilid 3 Buku Sekolah Elektronik SMK*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- [3] Suga, Kiyokatsu dan Sularso. (2013). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: PT PRADNYA PARAMITA.
- [4] Tim Penyusun STKIP Sebelas April Sumedang. (2011). *Panduan Penulisan Karya Ilmiah*. STKIP Sebelas April Sumedang
- [5] Triono, Wahyu dan Djoko Sumaryanto. *Modul Memperbaiki Sistem Rem untuk SMK dan MAK*. Jakarta. Erlangga.
- [6] Toyota Astra Motor. (1995). *New Step 1 Training Manual*. Jakarta: PT TAM Training Center.