

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Ahmad Multazam, dkk (2012) dalam penelitiannya menganalisa pengaruh variasi merek kampas rem tromol dan kecepatan motor honda supra x 125 cc terhadap keausan kampas rem. dari penelitian ini didapat bahwa keausan terkecil kampas rem terdapat pada kecepatan 40 km/jam dan beban pengereman 6 kg. Untuk merek Honda Genuine Parts keausannya adalah sebesar $1,574 \times 10^{-5}$ mm/detik, sedangkan merek Aspira keausannya $8,47 \times 10^{-5}$ mm/detik dan merek Komachi keausannya $3,500 \times 10^{-5}$ mm/detik, sedangkan keausan terbesar kampas rem terjadi pada kecepatan 60 km/jam dan beban pengereman 6 kg. Untuk merek Honda Genuine Parts adalah sebesar $2,373 \times 10^{-5}$ mm/detik, sedangkan merek Aspira keausannya $3,626 \times 10^{-5}$ mm/detik dan merek Komachi keausannya $3,701 \times 10^{-5}$ mm/detik.

Sayid, Agus, Pandri (2015) dalam penelitiannya menganalisa keausan dan waktu pengereman kampas cakram asbestos dan non asbestos. Beban pengereman berhubungan dengan tekanan yang terjadi pada kampas cakram dengan piringan cakram, semakin besar beban pengereman, maka tekanannya akan semakin besar. Sedangkan berat pengendara berpengaruh terhadap besarnya yang dibutuhkan untuk menghentikan laju kendaraan. Semakin besar berat pengendara, maka gaya yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan akan semakin besar pula. Jenis produk yang berbeda akan menghasilkan nilai keausan dan waktu pengereman yang berbeda pula. Sebab, kualitas dari masing-masing jenis kampas cakram berbeda tergantung dari formula yang diberikan oleh masing-masing produsen.

Muhammad Mushlih Elhafid, Didik Djoko Susilo, Purwadi Joko Widodo (2017) dalam penelitiannya menganalisa pengaruh bahan kampas rem terhadap respon getaran pada sistem rem cakram. Pengujian terhadap variasi bahan kampas

rem perlu dilakukan dengan membandingkan kondisi getaran pada saat pengereman dan menganalisis parameter-parameter yang berpengaruh terhadap respon getaran yang terjadi seperti variasi kecepatan putaran piringan rem dan tekanan pengereman. Dengan membandingkan nilai amplitudo getaran keseluruhan sistem pengereman untuk setiap bahan kampas rem yang digunakan, maka dapat diketahui bahan kampas rem yang memberikan respon getaran terendah, yang nantinya berguna untuk memberikan informasi kepada masyarakat agar memilih bahan kampas rem yang mampu memberikan getaran paling rendah pada sistem pengereman, sehingga tidak mengganggu kenyamanan berkendara dan membuat kerja sistem pengereman menjadi maksimal.

2.2 Rem dan Prinsip Kerjanya

Rem merupakan salah satu komponen mesin mekanik yang sangat vital keberadaannya. Adanya rem memberikan gaya gesek pada suatu massa yang bergerak sehingga berkurang kecepatannya atau berhenti. Pemakaian rem banyak ditemui pada sistem mekanik yang kecepatan gerakannya berubah-ubah seperti pada roda kendaraan bermotor, poros berputar, dan sebagainya (Chan, 2010).

Rem berfungsi untuk mengurangi kecepatan (memperlambat) dan menghentikan kendaraan serta memberikan kemungkinan dapat memparkir kendaraan ditempat yang menurun. Peranan rem sangat penting dalam sistem mesin, misalnya pada mesin mobil, sepeda motor, mesin cuci, dan sebagainya. Selain itu rem juga mempunyai kelemahan yaitu rem sering mengalami blong, hal ini diakibatkan karena pemeliharaan yang kurang rutin. (Admin 2011).

Secara umum sistim pengereman yang berkembang untuk kendararaan saat ini ada 2 jenis, yaitu :

1. Sistim Pengereman Jenis Lock

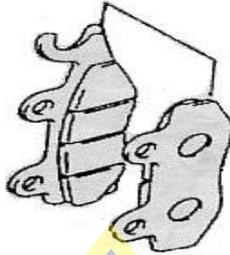
Yaitu sistim pengereman yang untuk menghentikan kendaraan. Dilakukan dengan cara membuat roda berhenti berputar (*lock*).

2. Sistim Pengereman Jenis Anti *Lock*

Yaitu sistem rem untuk menghentikan kendaraan yang dilakukan dengan mempertahankan roda tidak *lock* atau keadaan slip tertentu dimana koefisien adhesi antara jalan dan ban adalah paling besar sehingga jarak berhenti kendaraan lebih pendek dan kendaraan masih tetap stabil.

Mesin merubah energi panas menjadi energi kinetis (energi gerak) untuk menjalankan kendaraan. Sebaliknya rem merubah energi kinetis kembali menjadi energi panas untuk menghentikan kendaraan. Umumnya rem bekerja disebabkan oleh adanya sistem gabungan penekanan melawan sistem gerak putar. Efek pengereman (*braking effect*) diperoleh dari adanya gesekan yang ditimbulkan antara dua obyek, (Anonim, 2011).

Rem ini 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 *lining*) yang berputar berlawanan dengan putaran drum (*wheel hub*) untuk mengerem roda dengan gesekan. Pada sistem ini terjadi gesekan sepatu rem dengan tromol yang akan memberikan hasil energy 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 kerana tromol mempunyai alur untuk menahan air dan debu yang masuk dengan cara mengalirkannya lewat alur dan keluar dari lubang aliran (Mitra, 2012).



Gambar 2. 1 ped rem, (sumber: suratman 2002 : 250)

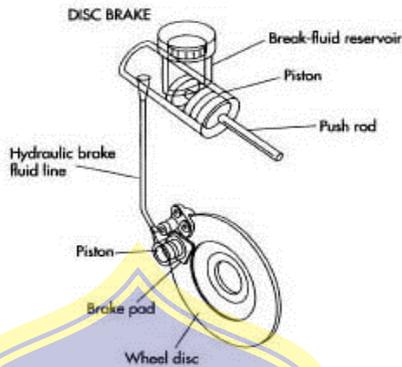
2.3 Rem Cakram

Pada dasarnya prinsip rem cakram menggunakan prinsip Hukum Pascal yaitu: bila gaya yang bekerja pada suatu penampang dari fluida, gaya tersebut akan diteruskan ke segala arah dengan besar gaya yang sama. Gaya tekan pada pedal rem akan diubah menjadi tekanan fluida oleh *piston* dari master silinder. Tekanan ditruskan ke kaliper melalui selang rem dan menekan pada *pad* rem untuk menghasilkan gaya pengereman.

2.3.1 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 memperbesar daya penekanan pedal digunakan boster rem sehingga daya pengereman yang dihasilkan lebih besar.

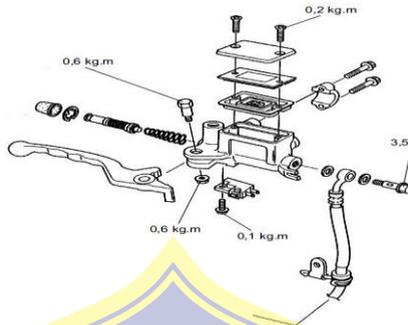
Master rem mempunyai membran yang kerjanya disebabkan karena adanya perbedaan antara tekanan dan kevakuman yang dihasilkan dari dalam *intake manifold* mesin. Prinsip kerja master rem menggunakan hukum bernoulli yaitu fluida dalam keadaan mengalir kontinu mempunyai energi tekanan, energi kinetik.



Gambar 2. 2 Rem, (sumber: Dadang, Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ)

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

Gaya tekan 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, maka minyak rem akan mengalir ke tangki melalui saluran di depan master silinder. Dorongan piston akan menimbulkan tekanan minyak naik, sehingga mendorong kutub inlet sampai menutup saluran ke tangki. Tekanan minyak rem yang ada dalam master silinder akan bertambah besar dan kemudian minyak menuju ke silinder roda melewati katup pengecek. Piston akan kembali ke posisi semula apabila pedal rem di lepaskan dengan bantuan pegas pengembali.

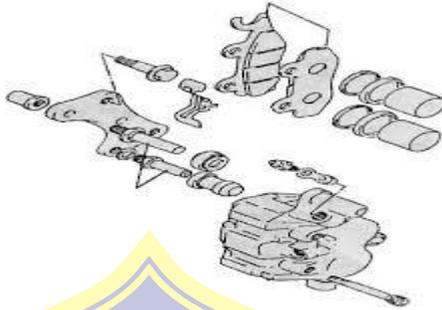


Gambar 2. 3 Master Silinder, (Sumber: Dadang, Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ)

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.

2.3.2 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. 4 Komponen kaliper (sumber: suratman, 2002:250)

2.3.2.1 Keuntungan Disc Brake

Berikut adalah keuntungan *disc brake*, yaitu:

- 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.

2.3.3 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. 5 *Pad* Rem Cakram(sumber: Dadang, Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ)

b. *Disc* (Piringan)

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

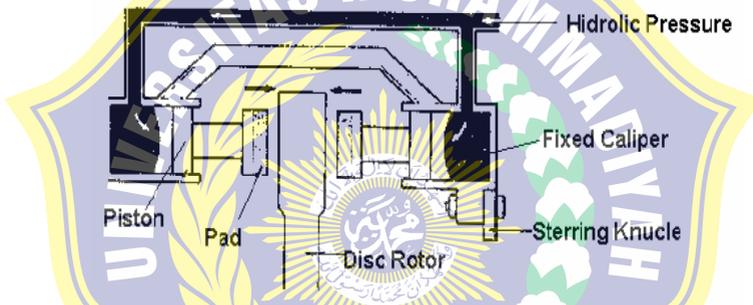


Gambar 2. 6 *Disc* (Sumber: Dadang, Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ)

c. Caliper

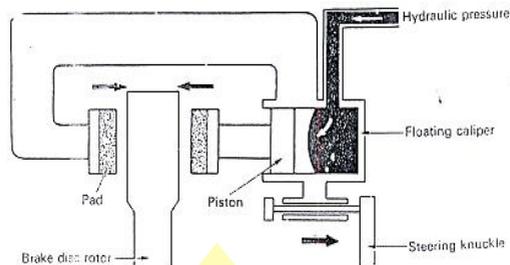
Caliper juga disebut dengan *cylinder body*, memegang piston-piston dan dilengkapi saluran saat minyak rem yang disalurkan ke silinder. Pada *disc brake* terdapat beberapa jenis *caliper* yang diantaranya adalah :

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. 7 Kaliper jenis *Fixed Caliper* (sumber: Dadang, Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ)

2. *Floating Caliper (Single Piston)* pada tipe ini piston ditempatkan pada satu sisi kaliper, sistem kerjanya adalah tekanan hidrolis dari master silinder, 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. 8 Kaliper Jenis *floating caliper* (Sumber: Dadang, Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ)

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 *dise*. 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 enegizing limited*. Sehingga perlu tambahan tekanan hidrolik yang lebih besar untuk mendapatkan daya pengereman yang efisien.

Komponen tersebut dinamakan boster rem. Boster rem mampu menambah daya tekan pedal, waktu penekanan pedal lemah mampu diteruskan menjadi daya pengereman yang semakin besar.

2.4 Metode Pengambilan Data

Untuk mendapatkan data – data hubungan yang diinginkan, maka dilakukan langkah-langkah pengolahan data sebagai berikut :

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

$$k = \frac{a}{b} \quad (2.1)$$

Keterangan persamaan :

a = jarak dari pedal rem ke fulcrum / tumpuan

b = jarak dari pudhrod ke fulcrum / tumpuan

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

$$FK = Q \frac{a}{b} \quad (2.2)$$

Keterangan persamaan :

Fk = gaya yang dihasilkan dari pedal rem (kg)

Q = gaya yang menekan pedal rem (kg)

$\frac{a}{b}$ = perbandingan tuas rem

3. Persamaan untuk menghitung tekanan hidrolik (Pe) yang bangkitkan pada master silinder yaitu :

$$Pe = \frac{FK}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_s^2} \quad (2.3)$$

Keterangan persamaan :

Pe = tekanan hidrolik (kg/cm)

FK = gaya yang dihasilkan dari pedal rem (kg)

ds = diameter piston (mm)

4. Persamaan untuk mencari gaya yang menekan pedal rem (Fp) yaitu :

$$FP = P_e \times \frac{\pi}{4} (D_s^2) \quad (2.4)$$

Keterangan persamaan :

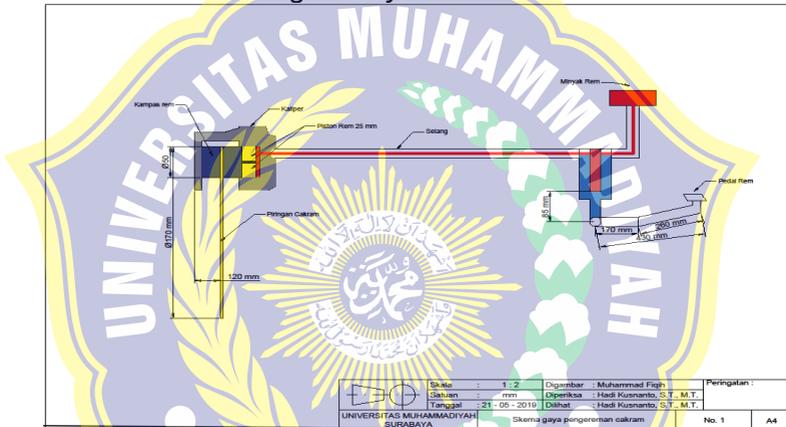
FP = gaya yang menekan pad rem (kg)

Ds = diameter silinder roda (mm)

Pe = tekanan minyak rem (kg/mm²)

2.5 Perhitungan Kapasitas Rem Cakram

2.5.1 Perhitungan Gaya Normal Rem Cakram



Gambar 2. 9 Distribusi gaya pengereman cakram (sumber : penelitian (2019))

Untuk menghitung perbandingan gaya normal rem cakram didapat dari persamaan:

$$fP = \left(Q \frac{a}{b} \cdot \frac{D_s^2}{d_s} \right) \times 2 \quad (2.5)$$

Keterangan persamaan :

fp = gaya normal rem

Q = beban pengereman

a = Jarak pedal rem

b = Jarak engsel rem

D = Diameter pushrod

d = Diameter piston

2.5.2 Perhitungan Kapasitas Pengereman Total Dari Rem Cakram

Untuk menghitung kapasitas pengereman dari rem cakram maka rumus yang dipakai adalah

$$T = \frac{F_p \cdot f}{4} (D + d) \times 2 \quad (2.6)$$

Keterangan persamaan :

T = Kapasitas rem (kg m)

F_p = Gaya yang menekan ped rem (kgf)

f = Koef. gesek (0,45), elmen mesin , robet L.mott , hal 186

D = Dimaeter pushrod (mm)

d = Diamater piston (mm)

2.5.3 menghitung perlambatan

Untuk menghitung perlambatan dari rem cakram maka rumus yang di pakai adalah

$$a = \frac{V_0}{t} \quad (2.7)$$

Keterangan persamaan :

V₀ = kevepatan awal saat di rem (m/dt)

t = waktu pengereman (dt)

2.5.4 menghitung efisiensi pengereman

Untunk menghitung efisiensi pengereman dari rem cakram maka rumus yang di pakai adalah

$$\eta_b = \frac{a/g}{\mu} \quad (2.8)$$

Keterangan persamaan :

η_b = efisiensi pengereman

μ = koef. Adesi ban dengan jalan (sutantra , 2001: 231)

g = grafitasi (m/dt²)

a = perlambatan (m/dt²)

Tabel 2.1 koefisien gesek (sumber: Robert L. Mott ,2009:186)

Bahan gesek	koefisien gesek dinamis		Kisaran tekanan	
	Kering	Dilumasi minyak	(psi)	(kpa)
Komponen cetak	0,25-0,45	0,06-0,10	150-300	1035-2070
Bahan tenunan	0,25-0,45	0,08-0,11	50-100	345-690
Logam disinter	0,15-0,45	0,05-0,8	150-300	1035-2070
Gabus	0,30-0,40	0,15-0,25	80-15	55-100
Kayu	0,20-0,45	0,12-0,16	50-90	345-620
Besi cor	0,15-0,25	0,03-0,06	100-250	690-1725
Bahan kertas	-	0,10-0,15	-	-
Grafuk/resin	-	0,10-0,14	-	-

