

# ANALISA KINERJA REM CAKERA AKIBAT MODIFIKASI KALIPER RODA BELAKANG TERHADAP KESELAMATAN PENGENDARA SEPEDA MOTOR

Jandri Louhenapesy<sup>1)</sup>, Sefnat J. Etwan Sarwuna<sup>2)</sup>

e-mail: <sup>1)</sup>[jandrileonora@yahoo.co.id](mailto:jandrileonora@yahoo.co.id), <sup>2)</sup>[etwansarwuna@gmail.com](mailto:etwansarwuna@gmail.com)

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Pattimura Kampus Poka-Ambon, 97233, Indonesia

## ABSTRAK

Akhir-akhir ini sepeda motor banyak beralih menggunakan perangkat rem cakera dibanding rem tromol. Pemilik sepeda motor banyak memodifikasi remnya dari tromol menjadi cakram. Bahkan pabrikan sendiri juga sudah banyak menggunakan rem cakram dalam produk kendaraannya. Selain itu, perangkat rem cakram pabrikan banyak dimodifikasi juga oleh pemilik, baik itu piriangan maupun jumlah silinder dalam kaliper. Telah dilakukan penelitian untuk menilai fenomena yang berkembang yang dikaitkan dengan kinerja rem cakera yang mengalami modifikasi jumlah silinder kaliper.

Metode penelitian adalah eksperimental dengan memodifikasikan jumlah silinder kaliper 1, 2 dan 4 pada roda belakang dan mengkonstantakan jumlah silinder kaliper roda depan 2. Kendaraan dioperasikan menggunakan kecepatan 40 km/h dan 60 km/h serta diterapkan beban 3 kg pada *handle* rem dan 6 kg pada pedal rem.

Modifikasi menggunakan jumlah silinder kaliper 2 menghasilkan kinerja pengereman optimal/terbaik, dimana gaya pengereman ( $F_{xf}$  dan  $F_{xr}$ ) sebesar 26,29 kg dan 18,55 kg, persentase proporsi gaya pengereman ( $K_{bf}$  dan  $K_{br}$ ) sebesar 58,63 % dan 41,37 %, perlambatan dalam unit g  $\{(a/g)_f$  dan  $(a/g)_r\}$  sebesar 0,33, efisiensi pengereman ( $\mu_f$  dan  $\mu_r$ ) sebesar 0,44 dan jarak pengereman (40 km/h dan 60 km/h) sebesar 10,01 m dan 19,05 m.

**Kata Kunci** : Rem Cakram, Kaliper, Kinerja, Keselamatan

## 1. PENDAHULUAN

Sistem pengereman dari suatu kendaraan merupakan salah satu elemen terpenting dari suatu kendaraan, karena dimanfaatkan untuk mengurangi kecepatan atau menghentikan kendaraan secara aman. Kebanyakan sistem pengereman yang digunakan oleh sepeda motor adalah sistem pengereman *lock*, dengan menggunakan mekanisme rem cakram maupun rem tromol. Pengguna sepeda motor terkadang tidak puas dengan mekanisme rem bawaan dari pabrik, sehingga banyak sekali yang memodifikasi, terutama mekanisme rem cakram. Salah satu modifikasi yang dijumpai adalah penggunaan kaliper, dengan asumsi estetika dan perbedaan cengkaman.

Modifikasi yang sering dilakukan yaitu, kaliper standar digantikan dengan kaliper bukan miliknya, baik pada roda depan maupun roda belakang. Terkadang kinerja pengereman tidak dipertimbangkan ketika dilakukan modifikasi oleh konsumen. Kinerja pengereman dari kendaraan yang diteliti adalah gaya pengereman pada roda, proporsi pengereman, perlambatan dalam unit g, efisiensi pengereman dan jarak pengereman. Modifikasi pengereman sangat diharapkan untuk memperhatikan kinerja pengereman yang dihubungkan dengan kinerja kendaraan. Hubungan yang sangat nyata ketika beban pengereman yang diberikan dengan kapasitas tertentu harus disesuaikan dengan kecepatan awal pengereman, sebab kapasitas yang

besar dengan kecepatan tinggi memungkinkan kendaraan skid.

Secara teori ada perbedaan kinerja pengereman dengan menggunakan kaliper yang berbeda, kemampuannya juga akan berbeda walaupun gaya rem yang diberikan sama. Oleh sebab itu sangat menarik apabila dilakukan penelitian tentang perbandingan kinerja dari kaliper yang berbeda tersebut dalam hubungannya dengan beban pengereman pada kecepatan kendaraan tertentu.

## KAJIAN TEORI DAN METODE

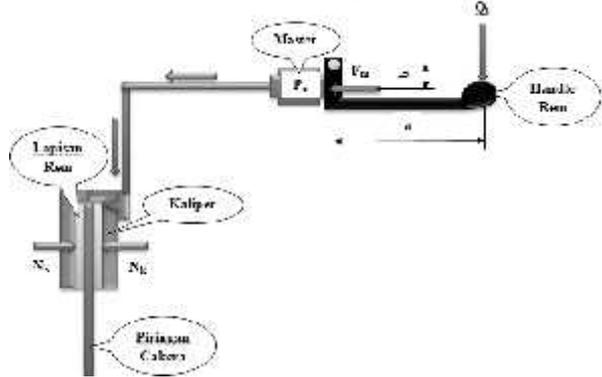
### 2.1. KAJIAN TEORI

#### 2.1.1. Gaya Pengereman Pada Piringan Cakera

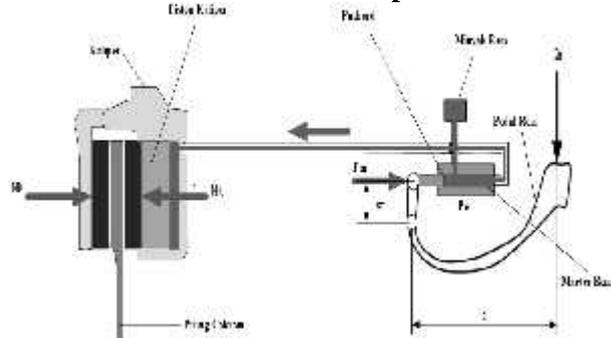
Gaya pengereman pada piringan cakera sangat tergantung dari beban pengereman yang diterapkan pada *handle* rem depan ( $Q_f$ ) dan pada pedal rem belakang ( $Q_r$ ). Penerapan beban rem pada penelitian dilakukan secara bersamaan. Memperhatikan gambar 3 maupun gambar 4, mulai dari penerapan beban hingga mendapatkan gaya pengereman pada kedua roda, mempunyai prinsip kerja yang sama.

Beban  $Q$  akan menekan piston *pushrod* pada master ( $F_m$ ). Gaya  $F_m$  ini diperoleh secara statika dengan mengambil kesetimbangan momen pada titik engsel pada *handle* maupun pedal. Gaya  $F_m$  akan menekan fluida ( $P_e$ ), kemudian fluida ditransfer untuk menekan piston pada kaliper. Besarnya  $P_e$ , luas piston dan jumlah piston kaliper menyebabkan

terjadinya gaya normal ( $N_k$ ) pada lapisan rem dan kemudian akan menekan piringan cakera.



Gambar 3: Gaya Pengereman Pada Sistem Rem Cakera Roda Depan



Gambar 4: Gaya Pengereman Pada Sistem Rem Cakera Roda Belakang

Berdasarkan penjelasan di atas dan gambar 3 serta gambar 4, maka hasil penurunan persamaan gaya pengereman yang terjadi pada sistem rem cakera roda depan maupun roda belakang, sebagai berikut:

$$F_d = 2\mu N_k = 2\mu \left( Q \frac{a d_k^2}{b d_m^2 i} \right) \quad (1)$$

Dimana:  $d_k$  adalah diameter piston kaliper,  $d_m$  adalah diameter piston *pushrod*,  $i$  adalah jumlah silinder kaliper dan  $\mu$  adalah koefisien gesek lapisan rem.

### 2.1.2. Gaya Normal Dan Gaya Pengereman Pada Roda Kendaraan

Memperhatikan keseimbangan momen melalui titik A dan B, maka gaya normal pada roda depan ( $F_{zf}$ ) dan belakang ( $F_{zr}$ ) dapat dirumuskan sebagai berikut (lihat gambar 5):

$$F_{zr} = \left( \frac{L_2}{L} W \right) + \left( \frac{h}{L} \frac{W}{g} a \right) \quad (2)$$

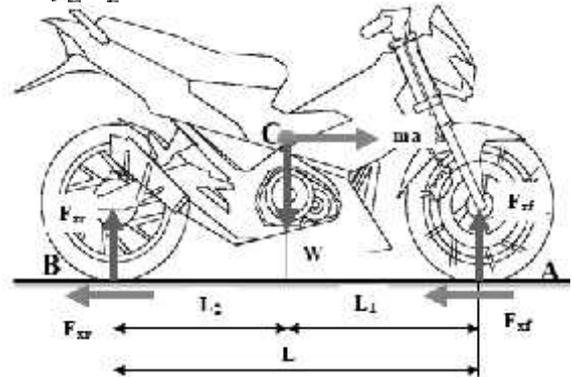
$$F_{zf} = \left( \frac{L_1}{L} W \right) - \left( \frac{h}{L} \frac{W}{g} a \right)$$

Dimana:  $g$  adalah gaya gravitasi dan  $a$  adalah perlambatan kendaraan

Gaya pengereman yang dapat didukung oleh ban dan jalan dapat dihitung berdasarkan koefisien gesek dinamis dan gaya normal, sebagai berikut:

$$F_x = \mu_{dl} F_z \quad (3)$$

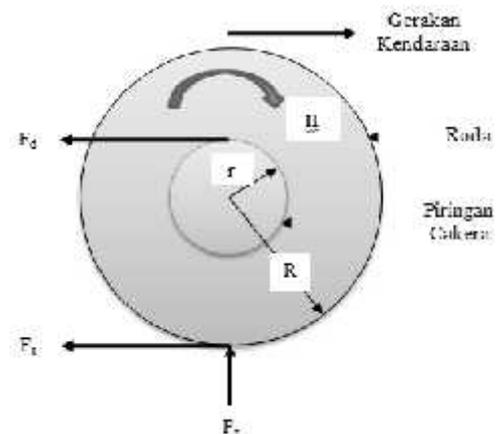
$$F_x = \mu_{dl} F_z$$



Gambar 5: Gaya Normal Dan Gaya Pengereman Sepeda Motor

### 2.1.3. Koefisien Gesek Dinamis Pada Roda

Persamaan koefisien gesek dinamis yang terjadi pada roda depan ( $\mu_{dr}$ ) maupun belakang ( $\mu_{dr}$ ) dapat dicari berdasarkan momen torsi yang terjadi pada poros roda. Momen torsi ini dapat dihasilkan oleh gaya pengereman yang terjadi pada sistem rem cakera ( $F_d$ ) maupun gaya pengereman yang dapat didukung oleh ban dan jalan ( $F_x$ ). Pengereman optimal terjadi, apabila torsi ( $T_d$ ) yang dihasilkan oleh gaya  $F_d$  sama dengan torsi ( $T_R$ ) yang dihasilkan oleh gaya  $F_x$ . Melalui penjelasan di atas dan memperhatikan gambar 6 maka koefisien gesek dinamis dapat diturunkan sebagai berikut:



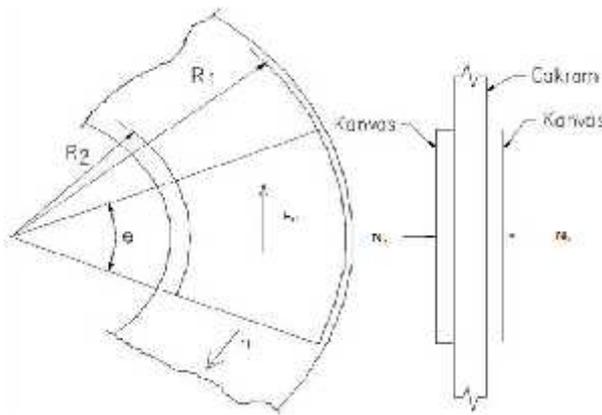
Gambar 6: Gaya Dan Momen Torsi Pengereman

$$T_d = T_R$$

$$F_d K = F_x R = F_z \mu_{dl} R \quad (4)$$

$$\mu_{dl} = \frac{F_d K}{F_z R}$$

$F_d$  dan  $F_z$  didapat melalui persamaan 12 dan 13 serta  $R$  adalah jari-jari roda. Jari-jari rata-rata piringan cakera ( $r$ ) dan koefisien  $K$  dihitung dengan memperhatikan gambar 7.



**Gambar 7: Petunjuk Penentuan Koefisien K Dan Diameter Rata-Rata Pada Piringan Cakera**

$$r = \frac{R_1 + R_2}{2} \quad (5)$$

$$K = \frac{2\theta}{3S (\theta/2)} \left( 1 - \frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2)^2} \right) \quad (6)$$

#### 2.1.4. Proporsi Gaya Pengereman

Proporsi gaya pengereman diperoleh melalui perbandingan antara gaya pengereman roda depan ( $F_{xf}$ ) maupun roda belakang ( $F_{xr}$ ) dengan total gaya pengereman dari kedua roda ( $F_{bx} = F_{xf} + F_{xr}$ ), dirumuskan sebagai berikut:

$$K_b = \frac{F_x}{F_x + F_x} = \frac{F_x}{F_b} \quad (7)$$

$$K_b = \frac{F_x}{F_x + F_x} = \frac{F_x}{F_b}$$

#### 2.1.5. Perlambatan Dalam Unit g

Megetahui urutan *lock*, maka dilakukan perhitungan perlambatan dalam unit g untuk roda depan dan roda belakang, persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\left(\frac{a}{g}\right)_f = \frac{\mu_d \frac{L_2 + K_b f}{L} + K_b \frac{f}{L}}{K_b - \mu_d \frac{h}{L}} \quad (8)$$

$$\left(\frac{a}{g}\right)_r = \frac{\mu_d \frac{L_1 + K_b f}{L} + K_b \frac{f}{L}}{K_b + \mu_d \frac{h}{L}}$$

Dimana:  $f_r$  adalah koefisien *rolling resistance*.

Untuk kendaraan tertentu dengan distribusi gaya rem tertentu, maka roda depan akan *lock* duluan apabila:

$$\left(\frac{a}{g}\right)_f < \left(\frac{a}{g}\right)_r \quad (9)$$

Dan roda belakang *lock* duluan apabila:

$$\left(\frac{a}{g}\right)_r < \left(\frac{a}{g}\right)_f \quad (10)$$

#### 2.1.6. Efisiensi dan Jarak Pengereman

Efisiensi pengereman  $\eta_b$  didefinisikan sebagai perbandingan antara besarnya perlambatan maksimum dalam "g" unit ( $a/g$ ) yang dapat dicapai sebelum salah satu roda menjadi *lock* dengan besar

koefisien adhesi jalan ( $\mu_{ad}$ ). Dirumuskan sebagai berikut:

$$\eta_b = \frac{a/g}{\mu_{ad}} \quad (11)$$

Efisiensi pengereman menunjukkan sejauh mana kendaraan dapat memanfaatkan koefisien dari adhesi jalan yang tersedia selama pengereman. Artinya bahwa jika  $a/g < \mu_{ad}$ , maka  $\eta_b < 1,0$  dan perlambatan yang dihasilkan lebih kecil dari perlambatan maksimum yang seharusnya dapat dicapai begitu pula jarak pengereman menjadi lebih panjang dari seharusnya.

Jarak pengereman adalah suatu parameter kinerja pengereman yang banyak dipakai untuk melihat keseluruhan kinerja dari pengereman suatu kendaraan. Jarak pengereman optimal diperoleh melalui hasil penelitian. Hasilnya akan dibandingkan dengan jarak pengereman minimal yang didapatkan melalui prinsip dasar matematika sebagai berikut:

$$S_m = \left\{ \frac{W}{2g} l \left( 1 + \frac{C_d V_1^2}{\mu + f_r} \right) \right\} + t_d V_1 \quad (12)$$

## 2.2. METODE PENELITIAN

### 2.2.1. Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini, terdiri dari:

1. Variabel bebas adalah jumlah piston kaliper roda belakang divariasikan satu, dua dan empat. Beban pengereman konstan pada roda depan 3 kg dan belakang 6 kg. Kecepatan awal kendaraan 40 km/h dan 60 km/h. Jumlah piston kaliper roda depan konstan yaitu dua.
2. Variabel terikat adalah gaya pengereman roda ( $F_{xf}$  dan  $F_{xr}$ ), proporsi gaya rem ( $K_{bf}$  dan  $K_{br}$ ), perlambatan dalam unit g  $\{(a/g)_f$  dan  $(a/g)_r\}$ , efisiensi pengereman ( $\eta_{bf}$  dan  $\eta_{br}$ ) dan jarak pengereman ( $S$ ).

### 2.2.2. Prosedur Penelitian

Terarah dalam pengambilan data, maka prosedur dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

1. Mempersiapkan sepeda motor terutama memperhatikan sistim pembakaran, transmisi rantai dan sistim pengereman roda depan dan belakang.
2. Timbang kendaraan untuk mencari titik berat kendaraan.
3. Pengujian menggunakan metode *coast down* yang datanya dipakai untuk menghitung Koefisien Aero Dinamik dan *Rolling*.
1. Membuat sistem penempatan beban pengereman roda depan dan belakang.
2. Membuat dudukan kaliper roda belakang.
3. Rakit kaliper dengan jumlah silinder 1 pada dudukannya
4. Membuat garis awal pengereman dengan menggunakan pilox

5. Timbang berat beban untuk kebutuhan roda depan 3 kg dan belakang 6 kg dan letakan pada meknisme yang sudah dibuat.
  6. Persiapan pengujian dilakukan dengan membagi tugas, yaitu: yang bertugas untuk mengenderai kendaraan, serta yang bertugas untuk menjalankan stopwatch.
  7. Hidupkan dan jalankan kendaraan pada jarak tertentu sehingga ada kesempatan untuk mendapatkan kecepatan 40 km/h saat tiba digaris awal pengambilan data.
  8. Saat kendaraan tiba di garis awal dengan kecepatan 40 km/h bersamaan dengan itu:
    - a. Beban dilepaskan pada rem roda depan dan belakang
    - b. Kendaraan dibebaskan dari roda gigi trasmisi
    - c. Hidupkan *stopwatch*
  9. Ketika kendaraan telah berhenti, matikan *stopwatch*.
  10. Catat waktu yang terbaca pada *stopwatch* dan ukur jarak tempuh dari garis awal pengereman sampai kendaraan berhenti.
  11. Lakukan pengulangan sebanyak 5 kali
  12. Hidupkan sepeda motor dan jalankan pada jarak tertentu dengan kecepatan 60 km/h, kemudian lakukan prosedur 8 s/d 11.
  13. Gunakan jumlah silinder 2 dan 4, kemudian lakukan prosedur pengujian 7 s/d 12.
- Sepeda motor yang digunakan dalam penelitian ini adalah SUZUKI SATRIA FU 150 cc.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. HASIL

Dimensi sepeda motor yang didapat berdasarkan data dan hasil penimbangan untuk menentukan titik berat kendaraan, sebagai berikut:

- Jarak antara pusat roda ( $L$ )=1,28 m
- Jarak antara pusat roda depan dan titik berat ( $L_1$ )=0,812 m
- Jarak antara pusat roda depan dan titik berat ( $L_2$ )=0,468 m
- Jarak antara titik berat dan dan jalan ( $h$ )=0,244 m
- Berat total Kenndaraan ( $W$ )= 150 kg
- Koofisien adhesi ban dan jalan ( $\mu_{adh}$ )=0,75

Koofisien *Aero Dinamik* dan *Rolling* didapat melalui pengujian memnggunakan metode *coast down*. Data dan hasilnya sebagai berikut:

- Densitas angin ( $\rho$ )= 1,225 kg/m<sup>3</sup>
- Luas frontal= 0,31<sup>3</sup>
- Koofisien *Aero Dinamik* ( $C_d$ )=1,226
- Koofisien *rolling*=0,031

Jumlah silinder kaliper roda depan 2. Gaya pengereman pada piringan cakera roda depan ( $F_{dr}$ ) 53,22 kg dan roda belakang ( $F_{dr}$ ) 55,48 kg (untuk kaliper 1 silinder), 60,83 kg (untuk kaliper 2 silinder) serta 107,08 (untuk kaliper 4 silinder). Kinerja rem

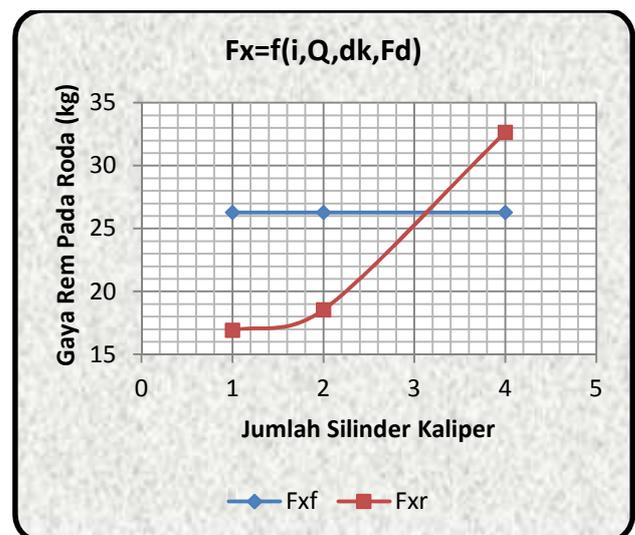
yang dibahas, dihitung menggunakan persamaan-persamaan yang telah dijelaskan pada kajian teori.

### 3.2. PEMBAHASAN

#### 3.2.1. Analisa Gaya Pengereman Pada Roda

Berdasarkan pola kurva pada gambar 8 dapat dilihat, gaya pengereman roda depan ( $F_{xf}$ ) kurvanya datar, artinya besarnya sama (26,29 kg) untuk semua jumlah silinder kaliper roda belakang. Kesamaan ini diakibatkan,  $F_{xf}$  hanya dipengaruhi oleh beban pada *handle* rem ( $Q_f$ ) serta diameter dan jumlah silinder kaliper roda depan.

Ketika modifikasi dilakukan pada kaliper roda belakang, pola kurva memperlihatkan semakin besar jumlah silinder kaliper roda belakang gaya pengereman roda belakang ( $F_{xr}$ ) semakin miningkat. Besar gaya pengereman untuk masing-masing jumlah silinder adalah: 16,92 kg (untuk kaliper 1 silinder), 18,55 kg (untuk kaliper 2 silinder) dan 32,65 kg (untuk kaliper 4 silinder). Peningkatan  $F_{xr}$  disebabkan oleh gaya normal ( $N_{kr}$ ) meningkat. Kerja  $N_{kr}$  berpengaruh terhadap peningkatan gaya rem pada piringan cakera ( $F_{dr}$ ) yang sejalan dengan perubahan diameter dan jumlah kaliper pada beban pedal rem  $Q_r$  dan tekanan hidrolik konstan.



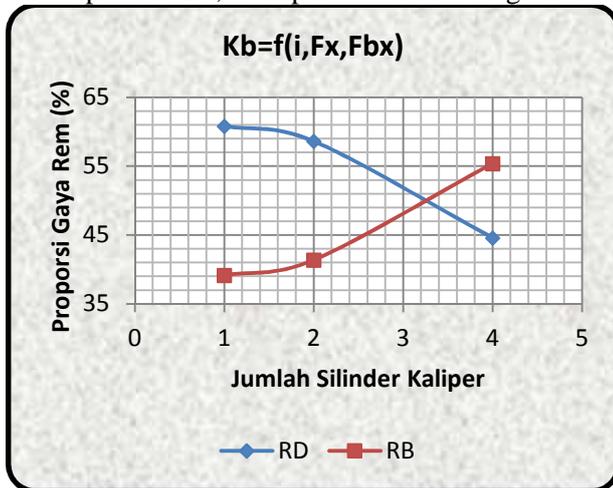
Gambar 8: Grafik Hubungan Antara Jumlah Silinder Kaliper Dan Gaya Rem Pada Roda

#### 3.2.2. Analisa Proporsi Gaya Rem

Gambar 9 menampilkan pola kurva untuk proporsi gaya pengereman pada roda depan ( $K_{bf}$ ), hasilnya menurun dari jumlah silinder kaliper roda belakang 1 hingga 4, sedangkan proporsi gaya rem roda belakang ( $K_{br}$ ) meningkat. Persentasi  $K_{bf}$  untuk jumlah silinder 1 dan 2 lebih besar dari  $K_{br}$ , dikarenakan  $F_{xf}$  lebih besar dari  $F_{xr}$ . Menggunakan jumlah silinder 4  $K_{bf}$  lebih kecil dari  $K_{br}$ , dikarenakan  $F_{xf}$  lebih kecil dari  $F_{xr}$ .

Beban pengereman yang diterapkan pada kedua roda saat penelitian dilakukan secara bersamaan dan

mendapatkan persentasi proporsi gaya pengereman optimal untuk jumlah silinder kaliper 1 sebesar 60,84 % terjadi pada roda depan ( $K_{bf}$ ) dari total gaya pengereman ( $F_{bx}$ ) dan 39,16 % terjadi di roda belakang ( $K_{br}$ ). Jumlah silinder kaliper 2 persentasinya sebesar 58,63 % terjadi pada roda depan dan 41,37 % pada roda belakang. Jumlah silinder kaliper 4 persentasinya sebesar 44,60 % pada roda depan dan 55,40 % pada roda belakang.



Gambar 9: Grafik Hubungan Antara Jumlah Silinder Kaliper Dan Proporsi Gaya Rem

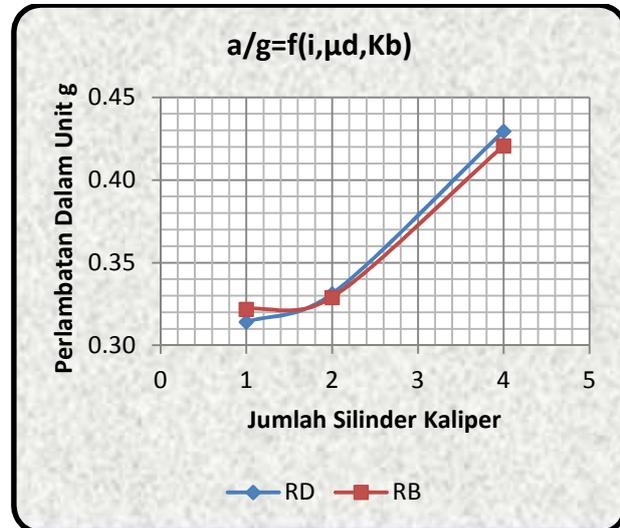
### 3.2.3. Analisa Perlambatan Dalam Unit g

Gambar 10 menampilkan pola kurva perlambatan dalam unit g roda depan dan roda belakang  $\{(a/g)_f$  dan  $(a/g)_r\}$ , kurvanya meningkat dari jumlah silinder 1 hingga 4. Peningkatan  $(a/g)_f$  dipengaruhi oleh koefisien gesek dinamis pada roda depan ( $\mu_{df}$ ) cenderung konstan sementara  $K_{bf}$  menurun, sedangkan  $(a/g)_r$  dipengaruhi koefisien gesek dinamis pada roda belakang ( $\mu_{dr}$ ) meningkat diikuti dengan peningkatan  $K_{br}$ .

Ketika kendaraan dimodifikasi dengan jumlah silinder kaliper 1  $(a/g)_f < (a/g)_r$  ( $0,31 < 0,32$ ), jumlah silinder kaliper 2  $(a/g)_f = (a/g)_r$  ( $0,33 = 0,33$ ) dan jumlah silinder 4  $(a/g)_r < (a/g)_f$  ( $0,42 < 0,43$ ). Perlambatan maksimum dalam unit g yang diperoleh dalam penelitian untuk jumlah silinder kaliper 1 sebesar 0,35, hasilnya lebih besar dari  $(a/g)_f$  dan  $(a/g)_r$ . Jumlah silinder kaliper 2 sebesar 0,32 dan hasilnya lebih kecil dari  $(a/g)_f$  dan  $(a/g)_r$ . Jumlah silinder kaliper 4 sebesar 0,40 dan hasilnya lebih kecil dari  $(a/g)_f$  dan  $(a/g)_r$ .

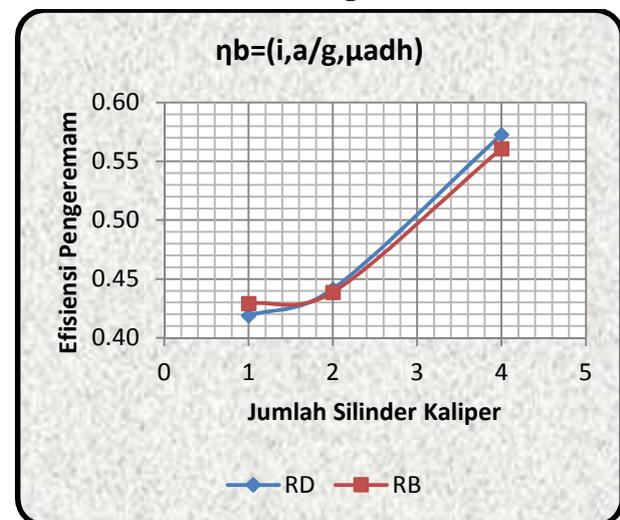
Hasil di atas menunjukkan roda depan *lock* duluan untuk 1 silinder kaliper, roda depan dan belakang *lock* bersamaan untuk 2 silinder kaliper serta roda belakang *lock* duluan untuk 4 silinder kaliper. Jika berbelok roda depan *lock* duluan akan menyebabkan kehilangan kontrol dan pengemudi tidak mampu lagi menggunakan *steer* secara efektif, namun dapat diatasi dengan mengurangi gaya

pengereman sehingga tidak mengakibatkan kehilangan stabilitas. Roda belakang *lock* duluan, maka kendaraan akan kehilangan stabilitas dan apabila deviasinya cukup besar akan sulit diatasi walaupun mengurangi gaya pengereman. Sangat efektif jika kedua roda *lock* secara bersamaan.



Gambar 10: Grafik Hubungan Antara Jumlah Silinder Kaliper Dan Perlambatan Dalam Unit g

### 3.2.4. Analisa Efisiensi Pengereman



Gambar 11: Grafik Hubungan Antara Jumlah Silinder Kaliper Dan Efisiensi Pengereman

Gambar 11 menampilkan pola kurva efisiensi pengereman roda depan dan belakang ( $\eta_f$  dan  $\eta_r$ ), kurvanya meningkat dari jumlah silinder 1 hingga 4. Peningkatan  $\eta_f$  dan  $\eta_r$  dipengaruhi oleh meningkatnya  $\{(a/g)_f$  dan  $(a/g)_r\}$  pada koefisien adhesi roda dan jalan (0,75) konstan.

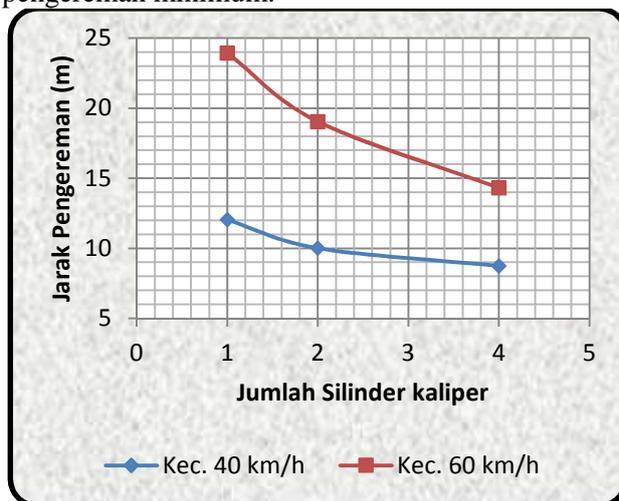
Menurut Thomas D. Gillespie, efisiensi optimal diambil terbesar dari kedua roda. Diperoleh hasil 0,43 untuk 1 silinder kaliper yang terjadi pada roda belakang, 0,44 untuk 2 silinder kaliper terjadi pada

kedua roda serta 0,57 untuk 4 silinder kaliper terjadi pada roda depan.

### 3.2.5. Analisa Jarak Pengereman

Gambar 12 menampilkan pola kurva jarak pengereman (S) untuk kecepatan 40 km/h dan 60 km/h. Terlihat bahwa, semakin besar jumlah silinder jarak pengereman semakin menurun. Pada jumlah silinder kaliper konstan jarak pengereman kecepatan 60 km/h lebih panjang dari kecepatan 40 km/h.

Ketika kendaraan dioperasikan dengan kecepatan 40 km/h menggunakan silinder kaliper 1 diperoleh jarak pengereman maksimum 12,04 m, silinder kaliper 2 jarak pengereman maksimum 10,01 m dan silinder kaliper 4 jarak pengereman maksimum 8,74 m. Dioperasikan dengan kecepatan 60 km/h diperoleh jarak pengereman maksimum 23,94 m untuk silinder kaliper 1, 19,05 m untuk silinder kaliper 2 dan 14,31 m untuk silinder kaliper 4. Hasil jarak pengereman maksimum 40 km/h dibandingkan dengan jarak pengereman minimum sebesar 10,55 m didapat jarak pengereman maksimum untuk silinder kaliper 1 lebih panjang dari jarak pengereman minimum, untuk silinder kaliper 2 dan 4 lebih pendek dari jarak pengereman minimum. Jarak pengereman minimum untuk kecepatan 60 km/h sebesar 19,47 m, hasil perbandingan menunjukkan jarak pengereman maksimum untuk silinder kaliper 1 lebih panjang dari jarak pengereman minimum sedangkan untuk silinder kaliper 2 dan 4 lebih pendek dari jarak pengereman minimum.



**Gambar 12: Grafik Hubungan Antara Jumlah Silinder Kaliper Dan Jarak Pengereman**

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang telah dikaji sebelumnya, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Kecepatan kendaraan tidak berpengaruh terhadap gaya pengereman pada roda, proporsi pengereman, perlambatan dalam unit g dan efisiensi pengereman. Sedangkan jarak pengereman sangat dipengaruhi oleh kecepatan
2. Diperoleh pengereman optimal saat dioperasikan pada kecepatan 40 km/h dan 60 km/h dengan menerapkan beban 3 kg pada *handle* rem dan 6 kg pada pedal rem, hingga menjamin stabilitas kendaraan dan kenyamanan pengendara, apabila pada roda belakang dimodifikasikan dengan kaliper 2 silinder dan tetap mempertahankan kaliper 2 silinder pada roda depan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ballaney. P. L. (1980) "*Theory of Machynes*", Khanna Publishers Delhi.
- Gillesple Thomas. D "*Fundamentalls of Vehicle Dynamics*" Published by Society of Automotive Engineers, Inc, Warrendale.
- Shigley Joseph. E., *et al*, (1983), "Mechanical Engineering Design", dalam "*Perencanaan Teknik Mesin*", Alih Bahasa Harahap Gandhi, Jilid 2, Edisi Keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1994.
- Siahaan Ian Hardianto, *et al*, (2008), "Kinerja Rem Tromol Terhadap Kinerja Rem Cakram Kendaraan Roda Dua Pada Pengujian Stasioner", *Jurnal teknoSIM Jurusan teknik Mesin dan Industri FT UGM*, ISBN 978-979-18703-0-6, hal. 391-397
- Sutantra Nyoman (2001), "*Teknologi Otomotif, Teori dan Aplikasinya*", Edisi Pertama, Penerbit Guna Widya, Surabaya.
- Suga Kiyokatsu dalam Sularso (1987), "*Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*", Edisi Keenam, Penerbit PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Wong. J. Y., (1978), "*Theory of Ground Vehicles*", AWiley-Interscience Publication John Wiley and Sons, New York / Chichester / Brisbane / Toronto / Singapore.
- Yanuar, *et al*, "Analisis Gaya Pada Rem Cakram (Disk Brake) Untuk Kendaraan Roda Empat", Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma.