

# PENGARUH JENIS KANVAS REM DAN PEMBEBANAN PEDAL TERHADAP PUTARAN OUTPUT RODA DAN LAJU KEAUSAN KANVAS REM PADA SEPEDA MOTOR

Gatot Soebiyakto

## ABSTRAK

Perkembangan dunia otomotif khususnya kendaraan roda dua kini semakin gencar. Pada setiap kendaraan bermotor kemampuan sistem pengereman menjadi suatu yang penting karena mempengaruhi keselamatan berkendara. Semakin tinggi kemampuan kendaraan tersebut melaju maka semakin tinggi pula tuntutan kemampuan sistem rem yang lebih handal dan optimal untuk menghentikan atau memperlambat laju kendaraan. Sistem rem yang baik adalah sistem rem yang jika dilakukan pengereman baik dalam kondisi apapun pengemudi tetap dapat mengendalikan arah dari laju kendaraannya. Rumusan masalahnya yaitu pengaruh jenis kualitas berbagai kanvas rem dan pembebanannya terhadap putaran output roda dan laju keausan kanvas rem pada sepeda motor.

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, sedangkan rem cakram dioperasikan secara hidrolis dengan memakai tekanan cairan. Pada rem cakram, putaran roda dikurangi atau dihentikan dengan cara penjepitan cakram (*disc*) oleh dua bilah sepatu rem (*brake pads*). Rem cakram mempunyai sebuah plat disc (plat piringan) yang terbuat dari *stainless steel* yang akan berputar bersamaan dengan roda. Pada saat rem digunakan plat disc tercekam dengan gaya bantalan piston yang bekerja secara hidrolis.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Otomotif Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Widyagama Malang, variabel bebas dalam penelitian ini putaran roda input, waktu pengereman, jenis kanvas, pembebanan pedal dan variabel bebas meliputi putaran roda output, temperatur, keausan kanvas. Hasil penelitian dapat diketahui bahwa untuk penggunaan kanvas rem cakram original dan kanvas rem tromol original mempunyai temperatur yang lebih rendah/dingin dibandingkan dengan kanvas rem cakram chemco dan aspira serta kanvas rem tromol TM dan Federal terhadap beban pengereman 0,2 kg, 0,3 kg dan 0,4 kg dengan waktu pengereman 120 detik. Dari penelitian yang telah dilaksanakan memberikan kesimpulan bahwa tingkat kemampuan kanvas rem cakram dan tromol original mempunyai tingkat ketahanan panas yang lebih baik dibandingkan jenis lainnya, untuk laju keausan rem cakram original sebesar  $2,17 \times 10^{-6}$  kg/mm<sup>2</sup>.detik dan tromol original  $2,31 \times 10^{-6}$  kg/mm<sup>2</sup>.detik, rem original mempunyai kenaikan temperatur dan laju keausan yang lebih sedikit dengan reduksi putaran roda tertinggi Rem original mempunyai kenaikan temperatur dan laju keausan yang lebih sedikit dengan reduksi putaran roda tertinggi.

Kata kunci : rem tromol, disc break, kanvas rem, temperatur, laju keausan.

## Pendahuluan

### Latar Belakang

Perkembangan dunia otomotif khususnya kendaraan roda dua kini semakin gencar. Pada setiap kendaraan bermotor kemampuan sistem pengereman menjadi suatu yang penting karena mempengaruhi keselamatan berkendara. Semakin tinggi kemampuan kendaraan tersebut melaju maka semakin tinggi pula tuntutan kemampuan sistem rem yang lebih handal dan optimal untuk menghentikan atau memperlambat laju kendaraan. Sistem rem yang baik adalah sistem rem yang jika dilakukan pengereman baik dalam kondisi apapun pengemudi tetap dapat mengendalikan arah dari laju kendaraannya.

Laju suatu kendaraan dapat dihentikan dengan beberapa cara, antara lain : penggunaan perangkat pengereman seperti rem cakram maupun rem tromol. Pada rem tromol, penghentian atau pengurangan putaran roda dilakukan dengan adanya gesekan antara sepatu rem dengan tromolnya. Pada saat tuas rem tidak ditekan sepatu rem dengan tromol tidak saling kontak. Kualitas pengereman ini berkaitan erat dengan kualitas kanvas rem yang dipakai, karena sangat mempengaruhi proses pengereman dan waktu pengereman yang tepat.

Kualitas kanvas rem ini semakin beragam dengan tersedianya komponen dijual dipasaran.

### Rumusan masalah

Bagaimana pengaruh jenis kualitas berbagai kanvas rem dan pembebanannya terhadap putaran output roda dan laju keausan kanvas rem pada sepeda motor?

### Batasan masalah

1. Sepeda Motor yang digunakan Yamaha Vega ZR.
2. Kanvas Rem yang digunakan adalah Original, Imitasi Premium dan Biasa.
3. Tidak menghitung daya mesin kendaraan.

### Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengukur pengaruh jenis kualitas berbagai kanvas rem dan pembebanannya terhadap putaran output roda dan laju keausan kanvas rem pada sepeda motor.

### Manfaat Penelitian

1. Dapat mengetahui kenaikan putaran output roda dan laju keausan berbagai jenis kanvas rem.

2. Sebagai literatur dalam memilih kanvas rem.
3. Sebagai literatur untuk penelitian selanjutnya.

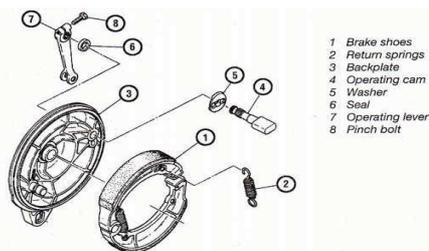
## Tinjauan Pustaka Rem

Sistem rem dalam suatu kendaraan sepeda motor termasuk sistem yang sangat penting karena berkaitan dengan faktor keselamatan berkendara. Sistem rem berfungsi untuk memperlambat dan atau menghentikan sepeda motor 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 hidrolis dengan menggunakan fluida/cairan. Cara pengoperasian sistem rem tipe tromol umumnya secara mekanik, sedangkan tipe cakram secara hidrolis.

### REM TROMOL (DRUM BRAKE)

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. 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 1 dan 2 di bawah ini:



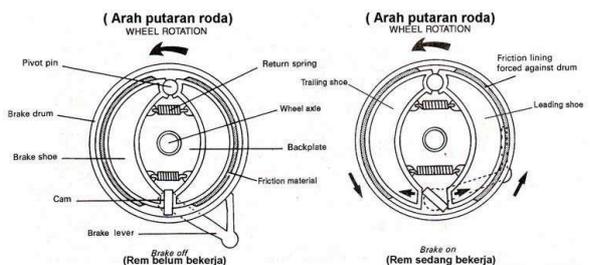
Gambar 1. Konstruksi rem tromol berputar bebas mengikuti putaran roda. Tetapi saat Pada saat kabel atau batang penghubung (tidak ditarik), sepatu rem dan tromol tidak saling kontak

(gambar 2.6). Tromol rem 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 (pirodo)nya bergesekan dengan tromol. Akibatnya putaran tromol dapat ditahan atau dihentikan, dan ini juga berarti menahan atau menghentikan putaran roda.

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 lining) yang berputar berlawanan dengan putaran drum (wheel hub) untuk mengerem roda dengan gesekan. Pada sistem ini terjadi gesekangesekan 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:

#### 1. Tipe Single Leading Shoe

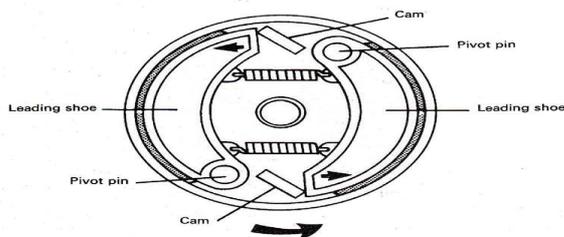
Rem tromol tipe *single leading shoe* merupakan rem paling sederhana yang hanya mempunyai sebuah cam/nok penggerak untuk menggerakkan dua buah sepatu rem. Pada ujung sepatu rem lainnya dipasang *pivot pin* (pasak) sebagai titik tumpuan sepatu rem.



Gambar 2. Rem tromol tipe single leading shoe

#### 2. Tipe Two Leading Shoe

Rem tromol tipe two leading shoe dapat menghasilkan gaya pengereman kira-kira satu setengah kali *single leading shoe*. Terutama digunakan sebagai rem depan, tetapi baru-baru ini digantikan oleh disc brake (rem cakram). Rem tipe ini mempunyai dua cam/nok dan ditempatkan di masing-masing ujung dari *leading shoe* dan *trailing shoe*. Cam tersebut bergerak secara bersamaan ketika rem digunakan melalui batang penghubung yang bisa distel. Setiap sepatu rem mempunyai titik tumpuan tersendiri (*pivot*) untuk menggerakkan cam.

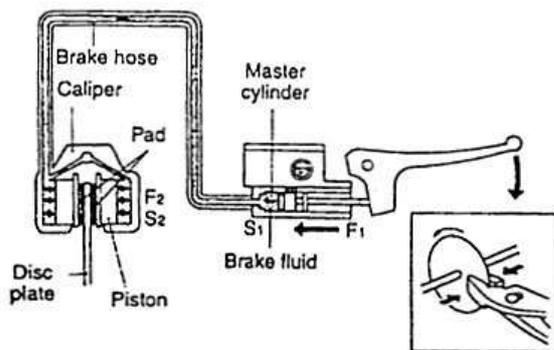


Gambar 3. Rem tromol tipe two leading shoe

### REM CAKRAM (DISC BRAKE)

Rem cakram dioperasikan secara hidrolis dengan memakai tekanan cairan. Pada rem cakram, putaran roda dikurangi atau dihentikan dengan cara penjepitan cakram (*disc*) oleh dua bilah sepatu rem (*brake pads*). Rem cakram mempunyai sebuah plat disc (plat piringan) yang terbuat dari *stainless steel* yang akan berputar bersamaan dengan roda. Pada saat rem digunakan plat disc tercekam dengan gaya bantalan piston yang bekerja secara hidrolis.

Menurut mekanisme penggerakannya, rem cakram dibedakan menjadi dua tipe, yaitu rem cakram mekanis dan rem cakram hidrolis. Pada umumnya yang digunakan adalah rem cakram hidrolis.



Gambar 4. Cara kerja rem cakram hydraulic

Cara kerja rem cakram:

Saat tangkai rem atau pedal digerakkan, master silinder mengubah gaya yang digunakan kedalam tekanan cairan. Master silinder ini terdiri dari sebuah reservoir yang berisi cairan minyak rem dan sebuah silinder yang mana tekanan cair diperoleh. Piston di dalamnya akan mengatasi kembalinya spring, menutup port kembali dan bergerak lebih jauh. Tekanan cairan dalam master silinder meningkat dan cairan melalui *hose* akan menggerakkan caliper. Saat tangkai rem dilepaskan/dibebaskan, piston tertekan kembali ke reservoir lewat port kembali (lubang kembali).

Adapun keuntungan dari menggunakan rem cakram (Disc Brake) adalah sebagai berikut:

1. Panas akan hilang dengan cepat karena rem cakram memiliki sistem berpendingin di luar (terbuka), sehingga pendinginan dapat dilakukan pada saat kendaraan melaju.
2. Tidak akan ada kekuatan tersendiri seperti rem sepatu yang utama pada saat dua buah rem cakram digunakan, tidak akan ada perbedaan tenaga pengereman pada kedua sisi kanan dan kiri dari rem. Sehingga sepeda motor tidak mengalami kesulitan untuk tertarik ke satu sisi.

3. Jika rem basah, maka air tersebut akan akan dipercikkan keluar dengan sendirinya oleh gaya sentrifugal.

### Komposisi Kanvas Rem

Sebelum 1870, roda kendaraan masih dibuat dari kayu, dan alat yang digunakan untuk memperlambat laju roda juga terbuat dari kayu. Namun sejak 1870, roda mulai dibuat menggunakan besi untuk mengurangi keausan kayu. Pada waktu itu bidang gesek rem juga menggunakan besi. Penggunaan besi untuk bidang gesek rem ini memang membuatnya lebih awet, namun rem tidak pakem. Memasuki 1897, mulailah digunakan rem jenis tromol (*brake lining*) pada kendaraan. Jenis rem ini diciptakan Herber Food dari perusahaan Ferodo Ltd. Kanvas yang digunakan menggunakan bahan campuran sabut dengan kain katun (*cotton belting*). Selanjutnya sekitar 1908, bahan asbestos mulai digunakan. Namun pada 1994, ditemukan kalau asbestos mengandung zat Karsinogen yang dituding sebagai salah satu zat penyebab kanker paru-paru. Dan efek itu baru terasa setelah 10-15 tahun. Sejak itu, produksinya pun mulai perlahan dihentikan. Sebagai gantinya adalah penggunaan brass, copper fiber dan aramid pulp. Kanvas rem non-asbestos ini terbagi 2, yakni low steel yang masih mengandung besi meski sedikit dan non-steel yang tidak menggunakan besi. Selain ramah lingkungan, kanvas rem non-asbestos juga memiliki segudang kelebihan lain seperti tidak mudah bunyi, tahan panas dan memiliki friksi baik.

Namun kini beberapa produsen telah meninggalkan penggunaan asbestos. Kemungkinan besar di masa mendatang, kanvas rem menggunakan bahan keramik yang lebih tahan panas. Namun saat ini material itu masih terlalu mahal. Meski sudah ada kendaraan yang menggunakannya, tapi rem jenis ini banyak digunakan di kendaraan balap (Ari Trisianto Wibowo, 2010). Secara umum komposisi kanvas rem adalah:

- Serat penguat (*Reinforcing Fibres*)  
Penggunaan serat penguat dimaksudkan untuk memberikan kekuatan mekanik pada kanvas rem.
- Pengikat (*Binders*)  
Penggunaan pengikat yaitu untuk menjaga keutuhan struktur bantalan rem dari tekanan panas.
- Pengisi (*Fillers*)  
Penggunaan pengisi dalam kanvas rem yaitu bertujuan untuk meningkatkan hasil pengereman yang baik.

Bahan baku yang digunakan pada kanvas rem standar umumnya terdiri dari *resin phenolic*, *fiber*, serbuk aluminum, carbon grafit, barium, sulfat, alumina, asbestos dan lainnya. Bahan baku kanvas rem asbestos: asbestos 40 s/d 60 %, resin 12 s/d 15%, BaSO<sub>4</sub> 14 s/d 15%, sisanya karet ban bekas, tembaga sisa kerajinan, dan lain-lain. Bahan baku kanvas rem non asbestos : aramyd/kevlar/twaron, rockwool, fiberglass, potasiumtitanate, carbonfiber, graphite, steelfiber, BaSO<sub>4</sub>, resin, Nitrile butadine rubber.

Beberapa bahan utama kanvas rem memiliki deskripsi sebagai berikut:

- Asbes merupakan mineral berbentuk serat halus yang terjadi secara alamiah. Asbes merupakan bahan yang berbasis *calcium*, *magnesium*, dan *silica* yang memiliki sifat khas, yaitu: kuat, tahan terhadap bahan kimia, dan dapat bertahan terhadap suhu tinggi. Secara umum asbes merupakan jenis bahan yang sangat ringan, tahan api serta kedap air.
- Tembaga (Cu) membentuk larutan padat dengan unsur-unsur logam lain dalam daerah yang luas dan dipergunakan untuk berbagai keperluan. Secara industri sebagian besar penggunaan tembaga dipakai sebagai kawat atau bahan untuk penukar panas dalam memanfaatkan hantaran listrik dan panasnya yang baik.
- Resin fenol merupakan salah satu bahan yang banyak digunakan industri. Resin ini biasanya berbentuk padat dan amorf. Resin sintetik ini memiliki sifat bahan yang keras, memiliki daya tahan panas dan air yang baik. Resin fenol merupakan jenis polimer yang terbentuk dari reaksi kondensasi antara fenol dan formaldehida.
- Barium sulfat adalah senyawa organik dengan rumus kimia  $Baso_4$  digunakan sebagai *filler* (pengisi) yang selain untuk menurunkan biaya produksi juga untuk membantu menjaga kestabilan *friction* pada kanvas rem. Barium sulfat merupakan kristal putih solid yang terkenal tidak larut dalam air.
- Grafit, sebagaimana berlian adalah bentuk alotrop karbon, karena kedua senyawa ini mirip namun struktur atomnya berbeda. Grafit terdiri dari lapisan atom karbon yang dapat menggelincir dengan mudah. Artinya, grafit amat lembut dan dapat digunakan sebagai *lubricant* untuk membuat peralatan mekanis bekerja lebih lancar.
- Kevlar adalah sebuah merek dagang untuk serat fiber sintesis aramid. Bahan yang kuat ini banyak digunakan pada ban dan layer kapal sampai bahan untuk pembuatan rompi anti peluru. Bahan ini memiliki kekuatan dan elastisitas yang baik dan beratnya ringan. Bahan ini disebut-sebut sebagai bahan yang lima kali lebih kuat dari baja dengan berat yang sama

Kanvas rem yang terbuat dari bahan Non asbestos biasanya terdiri dari 4 s/d 5 macam fiber di antaranya *Kevlar*, *steel fiber*, *rock wool*, *cellulose* dan *carbon fiber* yang memiliki serat panjang sedangkan kanvas rem dari bahan asbestos hanya memiliki satu jenis fiber yaitu asbes yang merupakan komponen yang menimbulkan karsinogenik. Akibat dari perbedaan ini makanya kanvas rem yang mengandung asbestos memiliki kelemahan dalam kondisi basah, karena asbestos hanya terdiri dari 1 jenis fiber, ketika

kondisi basah bahan tersebut akan mengalami efek licin seperti menggesekkan jari di atas kaca basah (*fading*/tidak pakem). Bilamana bahan menggunakan kanvas rem non asbestos yang memiliki beberapa jenis fiber maka efek licin tersebut dapat teratasi. Rem asbestos hanya bisa bertahan sampai dengan suhu 200°C sedang non asbestos bertahan sampai 360°C, hal ini berarti bahwa rem asbestos akan blong (*fading*) pada temperature 250°C sedang non asbestos cenderung stabil (tidak blong). Debu kanvas rem asbestos cenderung ringan sedangkan debu non asbestos cenderung berat. Karena ringannya debu asbestos inilah maka debu asbestos mudah terhirup, dan mudah menempel di tangan sehingga mudah masuk dalam pencernaan kita bersama makanan, makanya non asbestos dikenal sebagai kanvas rem ramah lingkungan.

Banyak orang berpendapat bahwa untuk meningkatkan daya cengkram kanvas rem pada kendaraan pabrikan membuat alur pada permukaan kanvas rem (*lining*) dengan maksud mengatasi kanvas blong, padahal hal tersebut adalah sebuah kebohongan. Pakem dan tidak pakemnya kanvas rem banyak ditunjang dari formula/ramuan kanvas rem tersebut. Misalnya mengapa *drum brake* tidak pakem hal ini diakibatkan *drum brake* sukar melepas panas karena kanvas remnya terdapat dalam drum lain dan *disc brake* terletak di luar, inilah yang membuat *brake shoe lining* motor mudah tidak pakem. Jadi pakem tidaknya tergantung dari material *lining*. Pada dasarnya kanvas rem asbes cenderung tidak pakem pada temperatur tinggi, karena kanvas rem asbes akan blong jika suhu sudah mencapai 200°C. Pilihlah *brake shoe lining* yang mempunyai ketahanan temperatur yang tinggi. Pada dasarnya pakeman rem tergantung dari jenis kanvas rem dan temperatur. Berdasarkan hal tersebut maka proses pembuatan kanvas rem yang berkembang saat ini lebih mengarah pada proses ramah lingkungan dan aman bagi konsumen. Kanvas rem non asbestos memiliki koefisien gesek (*friction coefficient*) dalam normal 0,54 dan dalam keadaan panas 0,45.

Proses "*positive mold*" adalah cara terbaik untuk memproduksi *disc pad* berkualitas. Selama proses "*positive mold*" *hot press*, bahan baku kanvas rem diletakkan ke dalam *cavity* dari *dies hot press* kemudian di pres oleh alat penekan untuk menjaga kepadatan yang rata pada kanvas rem. Beberapa produk kanvas rem umumnya menggunakan sistem proses "*flash mold*" karena harga cetakannya relatif murah. Kandungan resin dan material kanvas rem harus berlebih supaya resin dapat mengalir keluar. Kandungan resin yang tinggi membuat kanvas rem lebih mudah terjadi blong ketika temperatur panas (*fading*).

*Fading* akan menyebabkan jarak pengereman akan naik di atas 50%. Hal inilah yang menyebabkan kecelakaan terjadi dari kanvas rem berbahan baku asbestos disebabkan tingginya resin yang ditambahkan pada rem asbestos mencapai 15-20%. Sedangkan pada kanvas rem non asbestos kandungan resin hanya 9-10%, sehingga pada temperatur pengereman tinggi tidak terjadi *fading* atau blong.

Beberapa komposisi Kanvas Rem:

- **Organic**  
Terbuat dari *cellulose* yang diikat bersamaan dengan material lain menggunakan phenolic resin yang tahan panas. *Organic pad* asal muasalnya menggunakan asbestos untuk mendapatkan *high temperature properties* yang lebih baik, namun sejak asbestos diketahui menyebabkan kanker, maka kevlar, *fiber glass* dan mineral *fillers* yang akhirnya terpilih sebagai penggantinya. *Organic pad* memiliki COF yang bagus untuk mengusahkan pedal lebih ringan, bekerja secara baik pada temperatur rendah dan tidak terjadi *noise*. *Organic pad* tidak bekerja dengan baik pada pemakaian *high performance* yang tinggi dan cepat habis, *fading* pada suhu tinggi, mudah teroksidasi, mudah hancur dan *pad* tidak membuat aus rotor.
- **Semi Metallic**  
*Semi metallic* mengandung berbagai serbuk metal yang ditambahkan pada campuran untuk membantu menstabilkan COF pada temperatur tinggi. Umumnya *Choped Brass*, *Brass powder*, *iron*, atau *steel fiber* sering ditambahkan untuk membantu supaya *pad* memiliki kekuatan mekanis yang baik. Saat ini mobil keluaran terbaru menggunakan *semi metallic* yang memiliki ketahanan *fading*, memiliki karakteristik friksi yang bagus dan tidak menyebabkan aus pada permukaan rotor atau drum.
- **Full Metallic**  
*Full metallic* mengandung atau terbuat dari sebagian besar metal dan sedikit resin umumnya *pad* dengan tipe ini sangat *aggressive* digunakan untuk pemakaian temperatur tinggi (misal untuk *racing*). Jenis ini diperlukan kemampuan pedal yang tinggi saat menghentikan kendaraan, debu yang terbentuk mudah mengakibatkan karat sehingga harus sering membersihkan rotor atau drum dan memiliki ketahanan *fading* yang sempurna.

### Sifat Mekanik Kanvas Rem

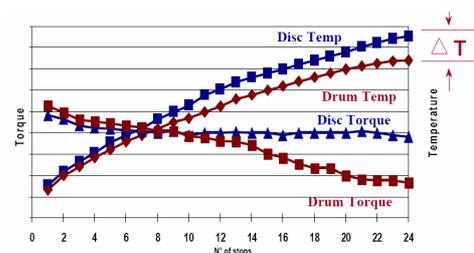
Masing-masing tipe sepeda motor memiliki bentuk serta kualitas bahan kanvas rem khusus. Secara umum bagian-bagian kanvas rem terdiri dari daging kanvas (bahan friksi),udukan kanvas (*body brake shoe*) dan 2 buah spiral. Pada aplikasi sistem pengereman otomotif yang aman dan efektif, bahan friksi harus memenuhi persyaratan minimum mengenai unjuk kerja, *noise* dan daya tahan. Bahan rem harus memenuhi persyaratan keamanan, ketahanan dan dapat mengerem dengan halus. Selain itu juga harus mempunyai koefisien gesek yang tinggi, keausan kecil, kuat, tidak melukai permukaan roda dan dapat menyerap getaran.

Karakterisasi yang perlu dilakukan dalam pembuatan kanvas rem sepeda motor adalah kekerasan dan keausan. Kedua hal ini sangat penting karena saling berhubungan satu sama lain. Jika kanvas rem sangat keras akan mempengaruhi rotornya dan jika kanvas rem cepat aus maka akan menambah pengeluaran. Oleh karena itu, karakterisasi keduanya perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil yang optimal. Selain kedua hal tersebut juga perlu dilakukan karakterisasi pada struktur mikronya karena bisa diketahui efek komposisinya. Jika belum optimal maka bisa merubah komposisi campurannya sehingga hasilnya bisa lebih optimal. Sifat mekanik menyatakan kemampuan suatu bahan (seperti komponen yang terbuat dari bahan tersebut) untuk menerima beban/gaya/energi tanpa menimbulkan kerusakan pada bahan/komponen tersebut. Seringkali bila suatu bahan mempunyai sifat mekanik yang baik tetapi kurang baik pada sifat yang lain, maka diambil langkah untuk mengatasi kekurangan tersebut dengan berbagai cara yang diperlukan. Untuk mendapatkan standar acuan tentang spesifikasi teknik kanvas rem, maka nilai kekerasan, keausan, bending dan sifat mekanik lainnya harus mendekati nilai standar keamanannya. Adapun persyaratan teknik dari kanvas rem komposit ([www.stopcobrake.com/en/file/en.pdf/SAEJ661](http://www.stopcobrake.com/en/file/en.pdf/SAEJ661)) yakni :

- Untuk nilai kekerasan sesuai standar keamanan 68 – 105 (Rockwell R).
- Ketahanan panas 360<sup>0</sup>C, untuk pemakaian terus menerus sampai dengan 250<sup>0</sup>C.
- Nilai keausan kanvas rem adalah  $(5 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{kg})$
- Koefisien gesek 0,14 – 0,27
- Massa jenis kanvas rem adalah 1,5 – 2,4 gr/cm<sup>3</sup>
- Konduktivitas thermal 0,12 – 0,8 W.m.°K
- Kekuatan geser 1300 – 3500 N/cm<sup>2</sup>
- Kekuatan perpatahan 480 – 1500 N/cm<sup>2</sup>

### Kinerja Temperatur Rem Cakram Terhadap Rem Tromol

Menurut Dr.Milan Honner dan Prof.Ing Josef Kunes, untuk kondisi temperatur rem cakram dan rem tromol selama test pengereman dapat ditunjukkan hasilnya sebagai berikut:



Gambar 5. Komparasi Temperatur Cakram dan Tromol

Terlihat bahwa terjadi perbedaan temperatur antara rem cakram dan rem tromol sebesar  $\Delta T$ , ini menunjukkan bahwa panas yang terjadi yang ditimbulkan oleh rem cakram lebih tinggi dibanding

trem tromol, ini menunjukkan bahwa tingkat keausan pada rem cakram lebih tinggi dibanding rem tromol. Namun dari sisi torsi rem cakram lebih besar dibanding rem tromol.

### Parameter Pengereman

#### A. Kecepatan dan Jarak Henti

Bila pengendara sepeda motor ingin menghentikan kendaraannya, pengendara menarik atau menginjak pedal rem. Tapi kendaraan pastinya tidak akan langsung berhenti namun butuh jarak lebih jauh dari titik pengendara tadi mengerem. Jarak ini disebut jarak berhenti. Jarak berhenti artinya jarak yang dibutuhkan kendaraan untuk berhenti total.--- Rumus: Empty distance + Braking distance---

#### B. Empty Distance

Empty Distance adalah jarak saat dimana pengendara menyadari harus mengerem. Kalau diumpamakan sebagai waktu, maka empty distance berkisaran 1 detik.

#### C. Braking Distance

Braking Distance adalah jarak yang dibutuhkan kendaraan untuk berhenti total mulai dari pengendara mengoperasikan rem. Bila kecepatan kendaraan semakin cepat, braking distance akan semakin panjang.

Berarti waktu yang dibutuhkan kendaraan untuk berhenti akan semakin lama. Selain itu braking distance juga tergantung pada kondisi permukaan jalan. Oleh karena itu pada kondisi jalan licin atau berpasir pengendara diharap mengurangi kecepatan dan lebih berhati-hati.

#### Jarak Berhenti



Gambar 6. Jarak Berhenti

Jaga jarak kendaraan anda dengan kendaraan di depan

Kondisi jalan	Jarak Ideal	Contoh
Permukaan jalan kering	0.5 x angka speedometer	100 km/jam = 50 m
Permukaan jalan basah	1.5 x 0.5 x angka speedometer	100 km/jam = 75 m

### Teori Keausan

Keausan umumnya didefinisikan sebagai kehilangan material secara progresif akibat adanya

gesekan (friksi) antar permukaan padatan atau pemindahan sejumlah material dari suatu permukaan sebagai suatu hasil pergerakan relatif antara permukaan tersebut dan permukaan lainnya (Yuwono, 2008). Keausan merupakan hal yang biasa terjadi pada setiap material yang mengalami gesekan dengan material lain. Keausan bukan merupakan sifat dasar material, melainkan respons material terhadap sistem luar (kontak permukaan). Material apapun dapat mengalami keausan yang disebabkan oleh berbagai mekanisme yang beragam. Aus terjadi karena adanya kontak gesek antara dua permukaan benda dan menyebabkan adanya perpindahan material. Hal ini menyebabkan adanya pengurangan dimensi pada benda tersebut. Keausan dapat juga berarti kehilangan material secara bertahap dari permukaan benda yang bersentuhan akibat dari adanya kontak dengan solid (benda padat), liquid (benda cair), atau gas pada permukaannya.

Keausan yang terjadi pada setiap sistem mekanisme sebenarnya sangat sulit diprediksi secara teori atau perumusan, karena banyak faktor dilapangan yang menyebabkan kesulitan dan kekeliruan dalam memprediksi keausan tersebut. Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda uji. Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Pengujian laju keausan dapat dinyatakan dengan perbandingan jumlah kehilangan/pengurangan spesimen tiap satuan luas bidang kontak dan lama pengausan (Viktor Malau dan Adhika widyaparaga, 2008) :

$$W = \frac{W_0 - W_1}{A \cdot t}$$

Dengan W = Laju keausan [g/mm<sup>2</sup>.detik]  
W<sub>0</sub> = Berat awal spesimen sebelum pengausan [gram]  
W<sub>1</sub> = Berat akhir spesimen setelah pengausan [gram]  
A = Luas bidang kontak pengausan [mm<sup>2</sup>]  
t = Waktu/lama pengausan [detik]

### METODOLOGI PENELITIAN

#### Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada 12-17 Maret 2012

2. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Otomotif Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Widyagama Malang

#### Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas : Putaran Roda Input, Waktu Pengereman, Jenis Kanvas, Pembebanan Pedal
2. Variabel Terikat : Putaran Roda Output, Temperatur, Keausan Kanvas.

## Alat dan Bahan Penelitian

### Alat

Peralatan yang dipergunakan untuk pengujian adalah:

- Sepeda Motor Yamaha Vega ZR
- Tachometer
- Thermocopel
- Tool Box
- Tension Loader
- Stopwatch
- Timbangan
- Modul Rem

### Bahan

- Kanvas Original
- Kanvas Imitasi Premium
- Kanvas Imitasi Biasa

### Prosedur Pengujian

Adapun Jalannya Pengujian adalah :

- Timbang berat seluruh jenis rem satu persatu dan catat
- Overhoul Rem pada sepeda motor
- Pasangkan Thermocopel pada tromol rem
- Start mesin dan Atur putaran mesin sesuai dengan petunjuk
- Lakukan pengereman secara berulang-ulang, catat waktu dan temperatur
- Matikan Mesin
- Overhoul rem, lepas kanvas dan timbang beratnya
- Ulangi langkah-langkah tersebut dengan menggunakan beberapa jenis kanvas rem yang digunakan.

### Uji Statistik ANALIS OF VARIANS (ANOVA)

Analisis varians adalah teknik statistik yang memungkinkan untuk mengetahui apakah dua atau lebih mean populasi akan bernilai sama dengan menggunakan data dari sampel masing-masing populasi.

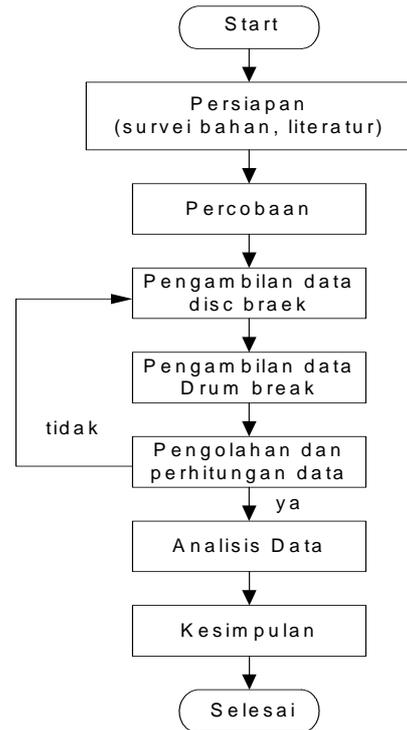
Asumsi:

- Populasi yang dikaji memiliki distribusi normal
- Pengambilan sampel dilakukan secara acak dan setiap sampel independen/tidak terikat sampel yang lain.
- Populasi dimana nilai sampel diperoleh memiliki nilai varians populasi yang sama.

### Hipotesa

Kemampuan kanvas rem dalam hal pengereman pada sepeda motor dapat diketahui dengan melihat putaran roda output, temperatur, dan keausan dari kanvas rem tersebut.

## Diagram Alir Penelitian



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

## ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN Data Hasil Penelitian

Tabel 1. Pengambilan Data Penggunaan  
Kanvas rem Tromol Original

NO	Putaran Input (rpm)	Waktu Rem (detik)	Beban Rem (kg)	Temperatur Kanvas Rem ( C )	Putaran Output (rpm)
1	1500	120	0.2	29	1454
2	1500	120	0.2	29	1459
3	1500	120	0.2	29	1457
4	1500	120	0.2	30.5	1452
	<b>Jumlah</b>			<b>117.5</b>	<b>5822</b>
	<b>Rata-rata</b>			<b>29.375</b>	<b>1455.5</b>
1	1500	120	0.3	31	1230
2	1500	120	0.3	32	1235
3	1500	120	0.3	33	1238
4	1500	120	0.3	33	1233
	<b>Jumlah</b>			<b>129</b>	<b>4936</b>
	<b>Rata-rata</b>			<b>32.25</b>	<b>1234</b>
1	1500	120	0.4	33	1115
2	1500	120	0.4	33.5	1119
3	1500	120	0.4	33.5	1116
4	1500	120	0.4	34	1118
	<b>Jumlah</b>			<b>134</b>	<b>4468</b>
	<b>Rata-rata</b>			<b>33.5</b>	<b>1117</b>

### Analisa Perhitungan dan Statistik

Data ke-	Beban 0,2 kg	Beban 0,3 kg	Beban 0,4 kg
1	1420	1132	989
2	1418	1130	985
3	1423	1128	986
4	1421	1125	988
$\sum$	5682	4515	3948
$\bar{x}$	1420.5	1128.75	987

Tabel 2. Data Statistik Putaran Output Roda pada Rem Cakram

Dengan menggunakan teknik anova, ingin diketahui apakah kondisi penggunaan berbagai jenis kanvas rem berpengaruh pada putaran output:

- Hipotesis
  - $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k$
  - $H_1 : \text{tidak seluruh mean populasi sama}$
- $\alpha = 0.05$
- Pengambilan Keputusan
 

Karena  $RU_f > 4,07$ , maka  $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$  ditolak. Hal ini berarti terjadi perbedaan pada penggunaan beberapa jenis kanvas rem cakram dan kanvas rem tromol terhadap putaran output.

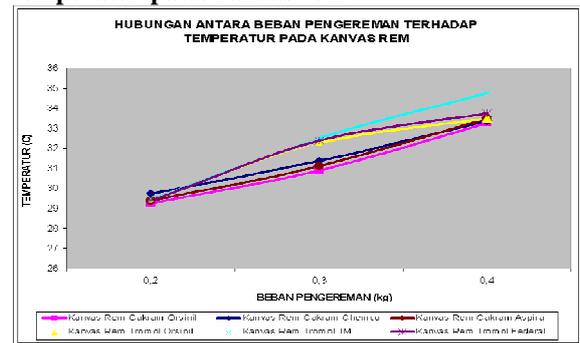
Pengujian laju keausan dinyatakan dengan jumlah kehilangan/ pengurangan spesimen tiap satuan luas bidang kontak dan lama pengausan (Viktor Malau dan Adhika widyaparaga,2008) :

$$W = \frac{W_0 - W_1}{A \cdot t}$$

Tabel 3. Laju Keausan Kanvas Rem

NO	JENIS KANVAS	Waktu Rem	Berat Rem (g)		W	A
		(detik)	Awal	Akhir		
1	Kanvas Rem Cakram Original	360	60	57.5	$2,17 \times 10^{-6}$	3200
2	Kanvas Rem Cakram Chemco	360	50	42.5	$6,51 \times 10^{-6}$	3200
3	Kanvas Rem Cakram Aspira	360	80	75	$4,34 \times 10^{-6}$	3200
4	Kanvas Rem Tromol Original	360	115	110	$2,31 \times 10^{-6}$	6000
5	Kanvas Rem Tromol TM	360	140	132.5	$3,47 \times 10^{-6}$	6000
6	Kanvas Rem Tromol Federal	360	120	115	$2,31 \times 10^{-6}$	6000

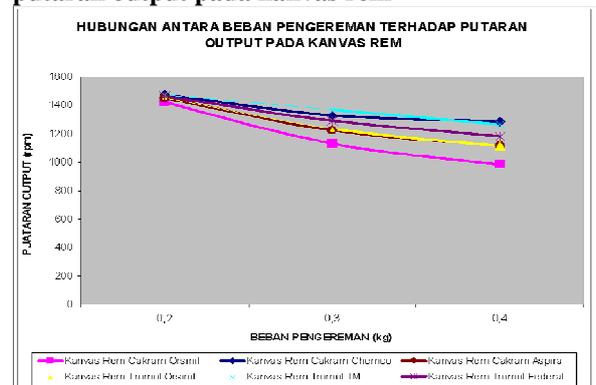
### Analisa Grafik dan Pembahasan Hubungan antara beban pengereman terhadap temperatur pada kanvas rem



Gambar 9. Grafik Hubungan antara beban pengereman terhadap temperatur pada kanvas rem

Pada grafik di atas dapat diketahui bahwa untuk penggunaan kanvas rem cakram original dan kanvas rem tromol original mempunyai temperatur yang lebih rendah/dingin dibandingkan dengan kanvas rem cakram chemco dan aspira serta kanvas rem tromol TM dan Federal terhadap beban pengereman 0,2 kg, 0,3 kg dan 0,4 kg dengan waktu pengereman 120 detik. Adapun untuk Temperatur pada kanvas rem cakram original pada beban 0,4 kg adalah  $33,25^{\circ}\text{C}$  sedangkan pada kanvas rem tromol original adalah  $33,5^{\circ}\text{C}$ . Hal ini dikarenakan kanvas original memiliki lebih banyak bahan yang bisa mengatasi adanya panas pada saat terjadi pengereman, diantaranya: *copper*(tembaga) yang dapat menghantar panas keluar dengan baik, *barium sulfat* yang bersifat inert dan stabil terhadap kenaikan temperature, dan *potassium titanate* yang merupakan insulator yang baik. Sedangkan temperatur kanvas rem pada rem cakram lebih rendah daripada rem tromol disebabkan oleh sistem pendinginan rem cakram yang berada di luar, sedangkan rem tromol beristem pendingin dalam.

### Hubungan antara beban pengereman terhadap putaran output pada kanvas rem

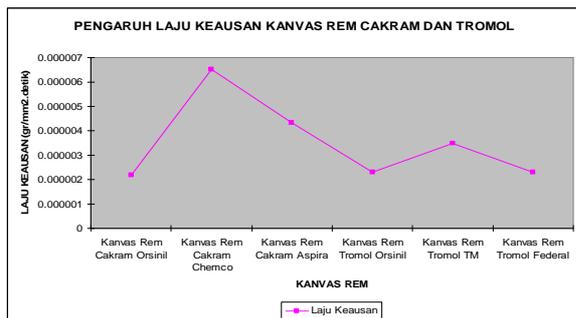


Gambar 8. Grafik Hubungan antara beban pengereman terhadap putaran output pada kanvas rem

Pada grafik dapat diketahui bahwa untuk penggunaan kanvas rem cakram original dan kanvas rem tromol original mempunyai putaran output yang lebih rendah dibandingkan dengan kanvas rem cakram chemco dan aspira serta kanvas rem tromol TM dan Federal terhadap beban pengereman 0,2 kg,

0,3 kg dan 0,4 kg dengan waktu pengereman 120 detik. Adapun untuk putaran output pada kanvas rem cakram original pada beban 0,4 kg adalah 987 rpm sedangkan pada kanvas rem tromol original adalah 1117 rpm. Sedangkan untuk kanvas rem cakram chemco dan kanvas rem tromol TM mempunyai putaran output lebih tinggi yaitu 1286 rpm dan 1265 rpm. Kemampuan pengereman kanvas rem original yang lebih baik ini karena mengandung *reinforcing fibers* (serat penguat) yang lebih banyak yaitu *steel fiber* (serat baja), *copper* (tembaga), *brass* (kuningan), *Kevlar*, *Ferric* (besi), sehingga masing-masing material tersebut dapat menjaga *coefficient of friction* (koefisien gesek) tetap tinggi.

### Pengaruh Laju Keausan Kanvas Rem Cakram dan Tromol



Gambar 10. Pengaruh Laju Keausan Kanvas Rem Cakram dan Tromol

Pada grafik di atas Pengaruh Laju Keausan Kanvas Rem Cakram dan Tromol, dapat diketahui bahwa untuk penggunaan kanvas rem cakram original dan kanvas rem tromol original mempunyai laju keausan kanvas yang lebih rendah dibandingkan dengan kanvas rem cakram chemco dan aspira serta kanvas rem tromol TM. Pada penggunaan kanvas rem cakram chemco laju keausan yang didapatkan yaitu sebesar  $6,51 \times 10^{-6}$  gr/mm<sup>2</sup>.detik, sedangkan untuk rem cakram original adalah sebesar  $2,17 \times 10^{-6}$  gr/mm<sup>2</sup>.detik. Untuk rem tromol original dan federal mempunyai laju keausan yang sama yaitu sekitar  $2,31 \times 10^{-6}$  gr/mm<sup>2</sup> detik. Laju keausan ini dipengaruhi oleh kekerasan yang dimiliki bahan kanvas rem. Kanvas original mengandung lebih banyak *reinforcing fibers* (serat penguat) yaitu *steel fiber* (serat baja), *copper* (tembaga), *brass* (kuningan), *Kevlar*, *Ferric* (besi) yang memiliki kekerasan yang lebih baik dibandingkan kanvas rem imitasi. Kanvas rem imitasi biasa (Chemco dan TM) bisa mengandung asbestos yang cukup banyak sehingga ketahanan ausnya lebih rendah.

Jika hasil penelitian terhadap berbagai jenis kanvas ini dihubungkan dengan jarak henti sebagai parameter pengereman maka dapat dihitung Jarak Henti secara teoritis sebagai berikut :

$$\text{Jarak Henti} = \text{Empty distance} + \text{Braking distance}$$

Empty Distance = jarak saat ditempuh saat kita menyadari harus melakukan pengereman. Jarak ini diasumsikan setara jarak tempuh selama 1 detik. Jika

putaran roda awal 1500 rpm, dengan diameter luar roda 56 cm, maka:

$$\begin{aligned} \text{Keliling Roda} &= \pi \cdot D \\ &= 22/7 \cdot 56 = 175.8 \text{ cm} \approx 1.76 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga empty distancinya} &= 1500 \cdot \text{Keliling} \\ / 60 \text{ detik} &= 1500 \cdot 1.76 / 60 = 44 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Braking Distance = jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan roda kendaraan.

Jika dihubungkan dengan penelitian kanvas rem ini maka diasumsikan pengereman dilakukan secara *progressive* (bertahap) yaitu pengereman dengan beban pedal 0.4 kg kemudian 0.6 kg sehingga langsung berhenti, maka *braking distance* dihitung dua kali lipat dari hasil pengereman awal untuk memberikan nilai keamanan yang lebih tinggi.

Berikut kecepatan per detik setelah pengereman awal:

$$\text{Kanvas Cakram Original} = 987 \cdot 1.76 / 60 = 29 \text{ m/detik}$$

$$\text{Kanvas Cakram Aspira} = 1117.25 \cdot 1.76 / 60 = 33 \text{ m/deik}$$

$$\text{Kanvas Cakram Chemco} = 1286.25 \cdot 1.76 / 60 = 38 \text{ m/detik}$$

$$\text{Kanvas Tromol Original} = 1117 \cdot 1.76 / 60 = 33 \text{ m/detik}$$

$$\text{Kanvas Tromol Federal} = 1185 \cdot 1.76 / 60 = 35 \text{ m/detik}$$

$$\begin{aligned} \text{Kanvas Tromol TM} &= 1265.75 \cdot 1.76 / 60 \\ &= 37 \text{ m/detik, maka:} \end{aligned}$$

Jarak Henti dari berbagai penggunaan kanvas rem adalah

$$\text{Kanvas Cakram Original} = 44 + (2 \cdot 29) = 102 \text{ m}$$

$$\text{Kanvas Cakram Aspira} = 44 + (2 \cdot 33) = 110 \text{ m}$$

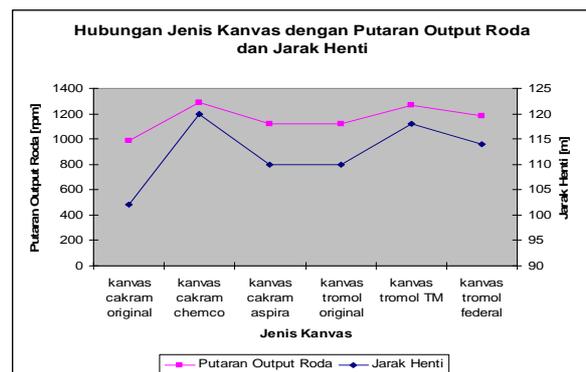
$$\text{Kanvas Cakram Chemco} = 44 + (2 \cdot 38) = 120 \text{ m}$$

$$\text{Kanvas Tromol Original} = 44 + (2 \cdot 33) = 110 \text{ m}$$

$$\text{Kanvas Tromol Federal} = 44 + (2 \cdot 35) = 114 \text{ m}$$

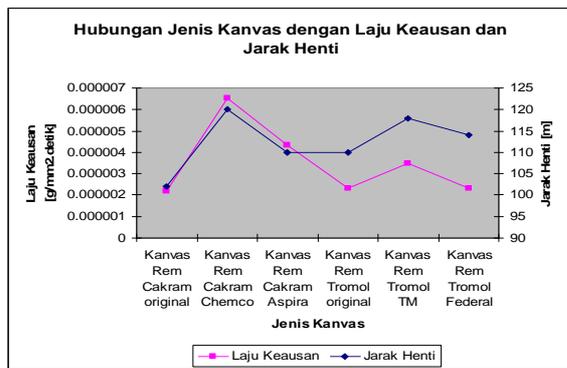
$$\text{Kanvas Tromol TM} = 44 + (2 \cdot 37) = 118 \text{ m}$$

Berikut adalah grafik yang menghubungkan hasil tersebut di atas dengan putaran output roda dan laju keausan.



Gambar 11. Hubungan antara Jenis Kanvas dengan Putaran Output Roda dan Jarak Henti.

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa kanvas rem cakram original membutuhkan jarak henti yang paling pendek yaitu 102 m pada putaran input roda 1500 rpm, sedangkan yang membutuhkan jarak henti terpanjang adalah kanvas rem cakram chemco yaitu sejauh 120 m.



Gambar 12. Hubungan antara Jenis Kanvas dengan Laju Keausan dan Jarak Henti

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa kanvas rem cakram original membutuhkan *braking distance* (jarak pengereman/henti) yang paling pendek yaitu 102 m dengan laju keausan terendah yaitu sebesar  $2.17 \cdot 10^{-6} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$ , sedangkan yang membutuhkan jarak henti terpanjang adalah kanvas rem cakram chemco yaitu sejauh 120 m dengan laju keausan  $6.51 \cdot 10^{-6} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$ .

Dari analisa statistik yang didapatkan yaitu  $RU_f > 4,07$ , maka  $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$  ditolak. Hal ini berarti terjadi perbedaan pada penggunaan beberapa jenis kanvas rem cakram dan kanvas rem tromol terhadap laju keausan dan putaran outputnya, sehingga dapat diketahui tingkat kemampuan kanvas rem pada sepeda motor terhadap pemakaiannya.

### Kesimpulan

1. Tingkat kemampuan kanvas rem cakram dan tromol original mempunyai tingkat ketahanan panas yang lebih baik dibandingkan jenis lainnya. Pada beban 0,4 kg, temperatur kanvas cakram original adalah  $33,25^\circ\text{C}$  dan tromol original adalah  $33,5^\circ\text{C}$  sedangkan rem cakram imitasi premium  $33,5^\circ\text{C}$  dan rem tromolnya  $33,75^\circ\text{C}$ .
2. Untuk laju keausan rem cakram original sebesar  $2,17 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^2 \cdot \text{detik}$  dan tromol original  $2,31 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^2 \cdot \text{detik}$ , sedangkan rem cakram imitasi premium  $4,34 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^2 \cdot \text{detik}$  dan rem tromolnya  $2,31 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^2 \cdot \text{detik}$ , pada kanvas rem cakram imitasi biasa sebesar  $6,51 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^2 \cdot \text{detik}$  dan rem tromolnya  $3,47 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^2 \cdot \text{detik}$ .
3. Untuk putaran output pada kanvas rem cakram original pada beban 0,4 kg adalah 987 rpm dan rem tromol original adalah 1117 rpm. Pada rem cakram imitasi premium putarannya menjadi 1117 rpm dan rem tromolnya 1185 rpm, sedangkan untuk kanvas rem cakram chemco dan kanvas rem tromol TM mempunyai putaran output lebih tinggi yaitu 1286 rpm dan 1265 rpm.
4. Rem original mempunyai kenaikan temperatur dan laju keausan yang lebih sedikit dengan reduksi putaran roda tertinggi, namun rem imitasi premium tidak kalah jauh dan dapat menjadi alternatif terbaik sehingga bisa dipertimbangkan untuk dipilih dalam penggunaannya pada sepeda motor.
5. Dari analisa statistik yang didapatkan yaitu  $RU_f > 4,07$ , maka  $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$  ditolak. Hal ini

berarti terjadi perbedaan pada penggunaan beberapa jenis kanvas rem cakram dan kanvas rem tromol terhadap putaran output roda dan laju keausannya, sehingga dapat diketahui tingkat kemampuan kanvas rem pada sepeda motor terhadap pemakaiannya.

### Saran

1. Masyarakat pengguna kendaraan bermotor hendaknya terus menerus berusaha mencari informasi tentang berbagai pengembangan *parts* untuk lebih mengerti kelebihan dan kekurangannya sehingga dapat mempertimbangkan pemilihan dan penggunaannya.
2. Para praktisi intelektual baik di lingkungan akademis maupun industri hendaknya terus menerus melakukan berbagai penelitian dan pengembangan untuk mewujudkan berbagai inovasi yang meskipun sederhana namun dapat berguna dan memberikan nilai lebih bagi masyarakat.

### DAFTAR PUSTAKA

- Bonnick, Allan and Newbrey, Derek. 2005. *A Practical Approach to Motor Vehicle Engineering and Maintenance*. Great Britain: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Heisler, Heinz. 1991. *Vehicle and Engine Technology*. England: The Bath Press.
- Q Cao, et.al (2004). 2004. *Linear Eigen Value Analysis of The Disc Brake Sequel Problem*. International Journal For Numerical Method in Engineering, 61:1546-1563.
- Sully, Frank Kenneth. 1980. *Motor Vehicle Mechanic's textbook*. England: The Whitefriars Press Ltd.
- Sutantra, I Nyoman. 2001. *Teknologi Otomotif, Teori dan Aplikasinya*. Surabaya: Guna Widya.
- T.Butlin, et.al. 2006. *Studies of Sensitivity of brake Sequel. Applied Mechanics and Material Vols. 5-6 pp 473-479*. Cambridge University Engineering Department.

[www.bendut.com](http://www.bendut.com)

[www.ibpbrakepad.blogspot.com](http://www.ibpbrakepad.blogspot.com)

[www.stopcobrake.com](http://www.stopcobrake.com)

[www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)