

**SKRIPSI**

**ANALISA KUALITAS KAMPAS REM CAKRAM ANTARA ORIGINAL  
DENGAN YANG BUKAN ORIGINAL PADA MOBIL**

**Disusun dan diajukan oleh**

**ILHAM**

**D21115009**



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2021**

**SKRIPSI**  
**ANALISA KUALITAS KAMPAS REM CAKRAM ANTARA ORIGINAL**  
**DENGAN YANG BUKAN ORIGINAL PADA MOBIL**

Disusun dan diajukan oleh

ILHAM  
D211 15 009

**Merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**  
**MAKASSAR**  
**2021**

**LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)**

**ANALISA KUALITAS KAMPAS REM CAKRAM ANTARA ORIGINAL  
DENGAN YANG BUKAN ORIGINAL PADA MOBIL.**

**Disusun dan diajukan oleh**

**ILHAM**

**D211 15 009**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 5 Februari 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

**Ir. Thomas Tjandinegara, MSME**  
NIP. 19560109 197903 1 001

**Ir. Mukhtar Rahman, MT**  
19571013 198703 1 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Departemen Teknik Mesin



**Dr. Ing. Jataluddin, ST., MT.**  
19720825 200003 1 001

### LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ilham  
NIM : D211 15 009  
Program Studi : Departemen Teknik Mesin  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya yang berjudul

Analisa Kualitas Kampas Rem Cakram Antara Original Dengan Yang Bukan  
Original Pada Mobil

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tuliskan ini benar-benar merupakan karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 5 Februari 2021

Yang menyatakan,



Ilham

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### DATA DIRI

Nama : Ilham  
Tempat Tanggal Lahir : Bowong Cindea, 27 Mei 1997  
Jenis Kelamin : Laki- Laki  
Agama : Islam  
Golongan Darah : B  
Alamat : Bumi Batara Mawang Permai A9/1 Gowa  
Telepon/ Nomor HP : 085240600607  
Email : [ilhammr490@gmail.com](mailto:ilhammr490@gmail.com)

### RIWAYAT PENDIDIKAN

- SDN 29/4MAJANNANG (2003-2009)
- MTS DDI BOWONG CINDEA (2009-2012)
- SMK MUHAMMADIYAH BUNGORO (2012-2015)
- UNIVERSITAS HASANUDDIN (2015-2020)

### RIWAYAT ORGANISASI

- OKFT-UH
- HMM FT-UH
- KOMTEK 09 SMFT-UH

## ABSTRAK

Ilham (D211 15 009). Analisa Kualitas Kampas Rem Cakram Antara Original Dengan Yang Bukan Original Pada Mobil. (Dibimbing oleh Ir. Thomas Tjandinegara, MSME dan Ir. Mukhtar Rahman, MT). Penelitian ini bertujuan untuk (1) Membandingkan laju keausan antara kampas rem original dengan kampas rem yang bukan original. (2) Membandingkan umur pemakaian kampas rem antara yang original dan yang bukan original.

Kampas rem dianggap sebagai salah satu komponen dasar dalam sistem rem kendaraan roda empat ditempatkan pada rem cakram, terdiri dari pelat baja dengan bahan gesekan yang diikat ke permukaan yang menghadap ke cakram rem. Tergantung pada operasi kendaraan pada kondisi medan atau jalan serta jenis bahan kampas, akan mengalami kerusakan, kampas rem harus diganti. Pemilik kendaraan memiliki opsi untuk mengganti kampas *Original Equipment Manufacturer* (OEM) atau *after market* (pengganti).

Hasil pengujian laju keausan terhadap kampas rem original dan non original pada kampas rem original laju keausan yang didapatkan lebih besar yaitu 0,000000261 gr/mm<sup>2</sup>s, 0,000000392 gr/mm<sup>2</sup>s dan 0,000000523 gr/mm<sup>2</sup>s dibandingkan pada kampas rem non original nilai laju keausan yang didapatkan lebih rendah yaitu 0,000000174 gr/mm<sup>2</sup>s, 0,000000218 gr/mm<sup>2</sup>s dan 0,000000261 gr/mm<sup>2</sup>s. Umur kampas rem original dengan lama waktu digesekkan kampas yaitu 300 detik umur yang di dapatkan yaitu 1530000 detik, kemudian lama waktu digesekkan kampas yaitu 600 detik umur yang didapatkan 1020000 detik, sedangkan lama waktu digesekkan kampas yaitu 900 detik umur yang didapatkan yaitu 765000 detik. Sedangkan Umur kampas rem yang bukan original dengan lama waktu digesekkan kampas yaitu 300 detik umur yang di dapatkan yaitu 1530000 detik, kemudian lama waktu digesekkan kampas yaitu 600 detik umur yang didapatkan 1224000, sedangkan lama waktu digesekkan kampas yaitu 900 detik umur yang didapatkan yaitu 1020000 detik.

**Kata Kunci:** kampas rem cakram, laju keausan, umur pemakaian kampas.

## **ABSTRACT**

*Ilham (D211 15 009). Analysis of the quality of disc brake pads between original and non-original ones in cars. (Supervised by Ir. Thomas Tjandinegara, MSME and Ir. Mukhtar Rahman, MT). This study aims to (1) compare the wear rate between original brake pads and non-original brake pads. (2) Comparing the service life of brake pads between original and non-original ones.*

*Brake pads are considered as one of the basic components in a four-wheeled vehicle brake system placed on disc brakes, consisting of a steel plate with a friction material fastened to the surface facing the brake disc. Depending on the operation of the vehicle on the terrain or road conditions and the type of canvass material, it will be damaged, the brake pads must be replaced. Vehicle owners have the option to replace Original Equipment Manufacturer (OEM) or after-market (replacement) shoes.*

*The test results of the wear rate on original and non-original brake pads on the original brake pads, the wear rates obtained were greater, namely 0.0000261 gr / mm<sup>2</sup>.s, 0.000000392 gr / mm<sup>2</sup>.s and 0.000000523 gr / mm<sup>2</sup>.s than in Non original brake pads, the wear rate values obtained are lower, namely 0.000000174 gr / mm<sup>2</sup>.s, 0.000000218 gr / mm<sup>2</sup>.s and 0.000000261 gr / mm<sup>2</sup>.s. The age of the original brake lining with a long time of rubbing the canvass is 300 seconds, the age obtained is 1530000 seconds, then the length of time for rubbing is 600 seconds, the age obtained is 1020000 seconds, while the length of time being rubbed is 900 seconds, the age obtained is 765000 seconds. While the age of the brake pads that are not original with a long time of rubbing the canvass is 300 seconds, the age obtained is 1530000 seconds, then the length of time for rubbing is 600 seconds, the age obtained is 1224000, while the length of time being rubbed is 900 seconds, the age obtained is 1020000 seconds. .*

*Keywords: disc brake lining, wear rate, service life of the canvass.*

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Segala Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat merampungkan tugas akhir ini, serta tidak lupa kita panjatkan sholawat dan salam kepada Rasulullah Muhammad SAW beserta keluarga karena berkat perjuangan beliau sehingga sampai saat ini saya masih merasakan nikmat islam. Penulisan tugas akhir ini dimaksudkan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Maka berbagai hal telah ditempuh dalam usaha menyelesaikan penulisan tugas akhir ini yang berjudul, **“ANALISA KUALITAS KAMPAS REM CAKRAM ANTARA ORIGINAL DENGAN YANG BUKAN ORIGINAL PADA MOBIL”**. Penelitian dilakukan di Mechanical Building Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin untuk mengumpulkan data pengujian. Dalam penulisan tugas akhir ini tentunya terdapat kekurangan yang mungkin tidak disadari oleh penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan masukan yang membangun dari berbagai pihak.

Penghargaan dan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada kedua orang tua (Bapak Ratang dan Ibu Hamida) dan saudara-saudara saya serta keluarga besar yang selalu memberikan motivasi, dukungan, dan kasih sayangnya, serta doa restunya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

Tak lupa pula penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
2. Bapak Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT., selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
3. Bapak Dr. Muhammad Syahid, ST., MT., selaku Sekretaris Departemen

Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

4. Bapak Ir. Thomas Tjandinegara.,MSME selaku dosen pembimbing I tugas akhir ini atas segala bimbingan, arahan, masukan, dan bantuannya selama penyusunan tugas akhir.
5. Bapak Ir. Mukhtar Rahman.,MT selaku dosen pembimbing II tugas akhir ini atas segala bimbingan, arahan, masukan, dan bantuannya selama penyusunan tugas akhir.
6. Bapak Prof.Dr. Ir. Onny Sutresman.,MT selaku dosen penguji atas segala arahan, masukan, dan bantuannya selama penyusunan tugas akhir ini.
7. Bapak Dr.Ir. Ahmad Yusran Aminy.,MT selaku dosen penguji atas segala arahan, masukan, dan bantuannya selama penyusunan tugas akhir ini.
8. Seluruh Dosen Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin yang telah memberikan banyak ilmu yang bermanfaat.
9. Seluruh staff Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin yang telah membantu menyelesaikan kelengkapan administrasi.
10. Teman-teman HYDRAULIC 2015 yang selalu menemani penulis sebagai mahasiswa dari semester 1 hingga akhir penulisan skripsi.
11. Kepada seluruh saudara – saudari serta kanda kanda senior di OKFT-UH terkhusus HMM FT-UH, KOMTEK 09 SMFT-UH, dan ART 09 SMFT-UH.
12. Teman-teman KKN Pulau Kodingareng yang telah menemani kurang lebih 30 hari, terima kasih atas segala kebaikan dan rasa kekeluargaannya.
13. Reski Amalia yang senantiasa menemani dan memberikan dukungan.
14. Seluruh teman, kerabat yang tidak sempat penulis sebut satu persatu, yang telah banyak membantu penulis dalam penyelesaian studi penulis, terutama yang senantiasa memberikan motivasi kepada penulis untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhir kata, *jazakumullah khairan katsiran* atas semuanya dan penulis berharap, tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya dalam bidang ilmu Teknik Mesin. Selain itu, penulis juga mengucapkan permohonan maaf jika penulis telah banyak melakukan kesalahan, baik dalam bentuk ucapan maupun tingkah laku, semenjak penulis menginjakkan kaki pertama kali di

Universitas Hasanuddin hingga selesainya studi penulis. Sekian dan terimakasih.

Makassar, 5 Februari 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

SAMPUL DEPAN .....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
LEMBAR PENGESEHAN .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....	v
ABSTRAK .....	vi
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 LATAR BELAKANG .....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH.....	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN.....	2
1.4 BATASAN MASALAH.....	2
1.5 MANFAAT PENELITIAN.....	2
1.5.1 Manfaat bagi Peneliti .....	2
1.5.2 Manfaat bagi Universitas.....	2
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN .....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 DEFENISI Pengereman.....	4
2.2 JENIS-JENIS REM .....	4
2.2.1 Rem Cakram .....	5

2.2.2 Rem Drum (Drum Brake).....	5
2.3 KELEBIHAN DAN KEKURANGAN PADA PENGEREMAN .....	6
2.3.1 Kelebihan Rem Cakram .....	6
2.3.2 Kekurangan Rem Cakram .....	7
2.3.3 Kelebihan Rem Tromol.....	7
2.3.4 Kekurangan Rem Tromol .....	7
2.4 KOMPONEN SISTEM PENGEREMAN .....	8
2.4.1 Komponen - Komponen Rem Tipe Cakram.....	8
2.4.2 Komponen – Komponen Rem Tipe Tromol.....	10
2.5 KAMPAS REM.....	14
2.6 JENIS KAMPAS REM.....	15
2.6.1 OEM ( <i>Original Equipment Manufactured</i> ).....	15
2.6.2 OES ( <i>Original Equipment Sparepart</i> ).....	15
2.6.3 AM ( <i>After Market</i> ) .....	15
2.6.4 <i>Genuine</i> .....	15
2.7 KOMPOSISI KAMPAS REM.....	16
2.8 MATERIAL KOMPOSIT UNTUK KAMPAS REM.....	19
2.9 SIFAT MEKANIK KAMPAS REM.....	21
2.10 PENGUJIAN SIFAT MEKANIK .....	24
2.10.1 Pengujian Laju Keausan .....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN.....	27
3.2 ALAT DAN BAHAN.....	27
3.2.1 Alat yang Digunakan.....	27
3.2.2 Bahan yang Digunakan .....	30

3.3 PROSEDUR PENELITIAN .....	30
3.4 DIAGRAM ALIR PENELITIAN .....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	33
4.1 PENGUJIAN KEAUSAN .....	33
4.2 LAMA PEMAKAIAN KAMPAS REM ( <i>LIFE FACTOR</i> ) .....	37
4.3 PEMBAHASAN .....	41
BAB V PENUTUP .....	44
5.1 KESIMPULAN .....	44
5.2 SARAN .....	45
DAFTAR PUSTAKA .....	46
DOKUMENTASI .....	47

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Rem Cakram.....	5
Gambar 2. 2 Rem Drum.....	5
Gambar 2. 3 Sepatu Rem .....	6
Gambar 2. 4 <i>Caliper</i> .....	8
Gambar 2. 5 Piston <i>Caliper</i> .....	8
Gambar 2. 6 Baut pen <i>caliper</i> .....	9
Gambar 2. 7 Piringan cakram.....	9
Gambar 2. 8 Kampas rem.....	9
Gambar 2. 9 <i>Wheel cylinder</i> .....	10
Gambar 2. 10 <i>Backing plate</i> .....	10
Gambar 2. 11 Pegas pembalik sepatu rem .....	11
Gambar 2. 12 Penyetel kampas rem .....	11
Gambar 2. 13 Tromol .....	12
Gambar 2. 14 Tuas sepatu rem tangan.....	13
Gambar 2. 15 Pegas jangkar .....	13
Gambar 2. 16 Sepatu rem dan kampas.....	14
Gambar 3. 1 Alat uji keausan kampas rem.....	27
Gambar 3. 2 Timbangan digital .....	28
Gambar 3. 3 Stopwatch.....	28
Gambar 3. 4 Jangka Sorong Digital.....	29
Gambar 3. 5 Kunci Pas .....	29
Gambar 3. 6 Manometer .....	29
Gambar 3. 7 Kampas Rem .....	30
Gambar 3.8 Dimensi Kampas.....	30
Gambar 4. 1 Grafik pengaruh variasi waktu terhadap laju keausan kampas original dan non original .....	41
Gambar 4. 2 Grafik pengaruh variasi waktu terhadap umur kampas .....	42

## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Laju Keausan.....	36
Tabel 4.2 keausan kampas rem.....	38
Tabel 4.3 Umur Kampas Rem .....	40

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 LATAR BELAKANG**

Dalam setiap kendaraan untuk memperlambat kecepatan ataupun menghentikan kendaraan dari suatu kecepatan tertentu, menggunakan sebuah alat yang disebut rem. Rem mempunyai sistem dan cara kerja yang baik karena dapat menghentikan kendaraan secara terkendali.

Pada saat kendaraan bergerak atau melaju mengalami energi kinetik yang berasal dari massa dan kecepatan kendaraan, tetapi untuk memperlambat kendaraan menggunakan energi mekanik sebagai energi perlawanan. Energi mekanik berasal dari gesekan antara dua benda sehingga menghasilkan energi panas untuk menghambat laju kendaraan.

Terdapat dua tipe rem pada kendaraan roda empat yakni rem tipe tromol dan rem tipe cakram. Kelebihan rem cakram dibandingkan dengan rem tromol adalah daya pengeremannya yang lebih maksimal. Kampas rem dianggap sebagai salah satu komponen dasar dalam sistem rem kendaraan roda empat ditempatkan pada rem cakram, terdiri dari pelat baja dengan bahan gesekan yang diikat ke permukaan yang menghadap ke cakram rem (Aigbodion, et al. 2010).

Tergantung pada operasi kendaraan pada kondisi medan atau jalan serta jenis bahan kampas, akan mengalami kerusakan, kampas rem harus diganti. Pemilik kendaraan memiliki opsi untuk mengganti kampas *Original Equipment Manufacturer* (OEM) atau *after market* (pengganti). Dengan adanya beragamnya produk kampas rem yang beredar di masyarakat baik yang original (OEM) hingga produk after market (pengganti) mengharuskan pengguna kendaraan harus jeli dalam memilih produk kampas rem berkualitas yang akan digunakan. Kualitas suatu produk dapat diketahui dari sifat mekanik dan komposisi dari material yang digunakan pada produk tersebut. Beberapa sifat mekanik yang perlu diperhatikan

pada suatu produk kampas rem diantaranya adalah kekuatan, kekerasan, ketangguhan, keausan dan beberapa sifat mekanik lainnya (Anderson,1992).

## **1.2 RUMUSAN MASALAH**

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana kualitas kampas rem cakram antara yang original dan yang bukan original.

## **1.3 TUJUAN PENELITIAN**

Tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Membandingkan laju keausan antara kampas rem original dengan kampas rem yang bukan original.
2. Membandingkan umur pemakaian kampas rem antara yang original dan yang bukan original.

## **1.4 BATASAN MASALAH**

Agar penelitian dapat berjalan dengan efektif dan mencapai sasaran yang diinginkan maka penelitian ini dibatasi pada perbandingan laju keausan dan umur pemakaian kampas rem.

## **1.5 MANFAAT PENELITIAN**

Manfaat yang diharapkan penelitian ini adalah sebagai berikut:

### **1.5.1 Bagi penulis**

Sebagai syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar sarjana Teknik Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

### **1.5.2 Bagi universitas**

Dapat dijadikan sebagai bahan referensi bagi generasi – generasi Teknik Mesin yang akan datang dalam pembuatan penyusunan tugas akhir.

## **1.6 SISTEMATIKA PENULISAN**

Adapun sistematika yang digunakan dalam penulisan ini, yaitu sebagai berikut :

**BAB I : PENDAHULUAN**

Dimaksudkan untuk mengarahkan penulis. Berisi latar belakang penulisan dan penelitian, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

## **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini berisikan tentang dasar-dasar teori yang didasarkan dari hasil studi literatur dan jurnal. Pada bab ini akan dijelaskan secara singkat beberapa hal yang terkait dalam penelitian ini.

## **BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini berisi tentang diagram alir penelitian, prosedur pelaksanaan, peralatan yang digunakan, spesimen uji, dan proses-proses lain yang terkait dengan penelitian sampai dengan pengujian.

## **BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berisi tentang data-data yang diperoleh selama penelitian dan pembahasan mengenai hasil penelitian dan perbandingan kualitas kampas rem yang original dan yang bukan original serta melakukan analisa data terkait hasil pengujian.

## **BAB V : PENUTUP**

Berisi tentang kesimpulan yang merupakan jawaban dari tujuan dalam penelitian yang telah dilakukan dan saran yang mungkin dapat bermanfaat untuk penelitian selanjutnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 DEFINISI Pengereman**

Pengertian rem secara umum adalah suatu sistem yang bekerja untuk memperlambat atau menghentikan perputaran. Prinsip kerja sistem rem adalah mengubah tenaga kinetik menjadi panas dengan cara menggesekan dua buah logam pada benda yang berputar sehingga putarannya akan melambat, dengan demikian laju kendaraan menjadi pelan atau berhenti dikarenakan adanya kerja rem.

Sistem rem pada kendaraan merupakan suatu komponen penting sebagai keamanan dalam berkendara, tidak berfungsinya rem dapat menimbulkan bahaya dan keamanan berkendara jadi terganggu. Oleh sebab itu komponen rem yang bergesekan ini harus tahan terhadap gesekan (tidak mudah aus), tahan panas dan tidak mudah berubah bentuk pada saat bekerja dalam suhu tinggi. Kapasitas atau kemampuan rem pada kendaraan tergantung pada beberapa faktor, antara lain :

1. Besar tekanan pada bidang gesek.
2. Besar koefisien gesek dari permukaan gesek.
3. Kemampuan penyaluran panas dari rem.

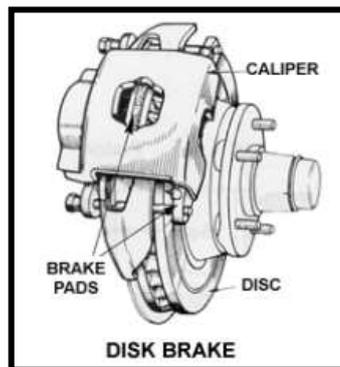
Efek pengereman secara mekanik diperoleh dari gerakan antara benda yang berputar dan penahan. Pemilihan bahan rem menjadi suatu faktor penting dalam merancang secara perhitungan. Biasanya untuk rem digunakan bahan untuk permukaan gesek dari kayu, kulit, asbes, atau ferodo. Bahan-bahan tersebut mempunyai koefisien gesek yang cukup besar dan perubahan karakteristik bahan akibat perubahan temperatur cukup kecil sampai batas temperatur tertentu. Pada umumnya automobile menggunakan bahan ferodo pada bidang gesek remnya.

#### **2.2 JENIS-JENIS REM**

Beberap jenis-jenis rem antara lain:

### 2.2.1 Rem Cakram

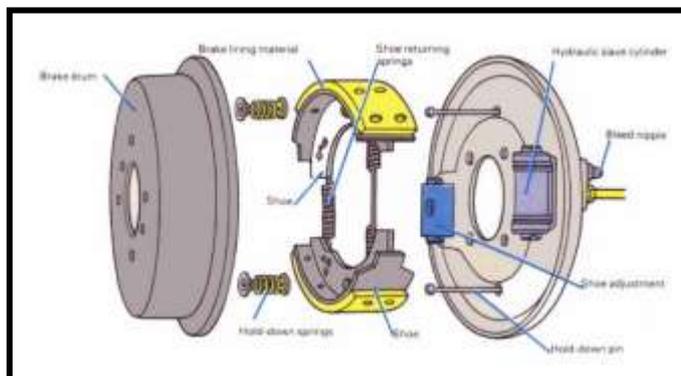
Rem cakram terdiri atas sebuah cakram dari baja yang dijepit oleh lapisan rem dari kedua sisinya pada waktu pengereman. Rem cakram mempunyai sebuah piringan (*disc*), untuk menjepit piringan ini diperlukan tenaga yang cukup kuat. Guna memenuhi kebutuhan ini, rem cakram dilengkapi dengan sistem *hidraulic*.



Gambar 2.1. Rem Cakram

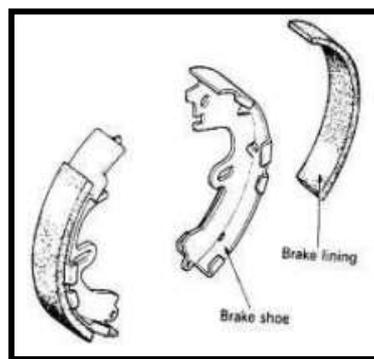
### 2.2.2 Rem Drum (Drum Brake)

Rem drum mempunyai ciri lapisan yang terlindung, dapat menghasilkan gaya rem yang besar untuk ukuran rem yang kecil, dan umur lapisan rem yang panjang. Rem drum mempunyai kelemahan yaitu sistem pemancaran panasnya yang buruk, serta membuat partikel kotoran pada ruang drum tersebut, untuk membersihkannya harus membuka roda agar rumah rem dapat dibersihkan dari kotoran.



Gambar 2.2. Rem Drum

Blok dari rem ini disebut sepatu rem karena bentuknya yang mirip sepatu. Gaya rem tergantung pada letak engsel sepatu dan silinder *hidraulic* serta arah putaran roda. Sistem pengereman pada sepeda motor dapat diklasifikasikan menjadi dua sistem yaitu Rem Tromol dan Rem Cakram. Bila rem tromol dioperasikan secara mekanis, rem cakram dioperasikan dengan sistem hidraulic dengan memakai tekanan fluida.



Gambar 2.3. Sepatu Rem

## 2.3 KELEBIHAN DAN KEKURANGAN PADA Pengereman

### 2.3.1 Kelebihan Rem Cakram

Rem cakram dapat digunakan dari berbagai suhu, sehingga hampir semua kendaraan menerapkan sistem rem cakram sebagai andalannya. Selain itu rem cakram tahan terhadap genangan air sehingga pada kendaraan yang telah menggunakan rem cakram dapat menerjang banjir.

Kemudian rem cakram memiliki sistem rem yang berpendingin di luar (terbuka) sehingga pendinginan dapat dilakukan pada saat mobil melaju, ada beberapa cakram yang juga dilengkapi oleh ventilasi (ventilated disk) atau cakram yang memiliki lubang sehingga pendinginan rem lebih maksimal digunakan.

Kegunaan rem cakram banyak dipergunakan pada roda depan kendaraan karena gaya dorong untuk berhenti pada bagian depan kendaraan lebih besar dibandingkan di belakang sehingga membutuhkan pengereman yang lebih pada bagian depan. Namun saat ini telah banyak mobil yang telah menggunakan rem cakram pada keempat rodanya, terutama jenis mobil sedan.

### **2.3.2. Kekurangan Rem Cakram**

Rem cakram yang sifatnya terbuka memudahkan debu dan lumpur menempel, lama kelamaan lumpur / kotoran tersebut dapat menghambat kinerja pengereman sampai merusak komponen pada bagian caliper seperti piston bila dibiarkan lama. Oleh sebab itu perlu dilakukan pembersihan sesering mungkin. Bila anda biasa beredar di wilayah perkotaan, kendala seperti ini tidak perlu dikhawatirkan.

### **2.3.3 Kelebihan Rem Tromol**

Rem tromol digunakan untuk kendaraan yang memerlukan kerja ekstra dalam pengereman contoh : kendaraan operasional seperti bis, truk, minibus

### **2.3.4 Kekurangan Rem Tromol**

Rem tromol yang masih menerapkan sistem tertutup dalam prosesnya. Dengan sistem ini membuat partikel kotoran pada ruang tromol tersebut. Jadi untuk perawatan membersihkannya harus membuka roda agar rumah rem dapat dibersihkan dari debu atau kotoran.

Pada saat banjir air akan mengumpul pada ruang tromol sehingga air akan menyulitkan sistem rem untuk bekerja, jadi setelah rem tromol menerjang banjir, maka harus mengeringkannya dengan menginjak setengah rem saat melaju sehingga bagian dalam rem tromol kering karena panas akibat gesekan, setelah itu rem dapat digunakan kembali.

## 2.4 KOMPONEN SISTEM PENEREMAN

### 2.4.1 Komponen-Komponen Rem Tipe Cakram

#### a) *Caliper*

Pengertian brake *caliper* adalah sebuah komponen aktuator hidrolik yang berfungsi mengubah energi hidrolik menjadi energi gerak berupa gerakan piston. Saat pedal rem ditekan, maka tekanan hidrolik akan masuk kedalam *caliper*, didalam kaliper energi tersebut dikonversi ke gerakan piston yang menjepit kampas rem.



Gambar 2.4. *Caliper*

#### b) *Piston Caliper*

Berbentuk tabung seperti piston, fungsi piston caliper menekan pad secara merata pada permukaan disc brake.



Gambar 2.5. *Piston Caliper*

**c) Baut Pen Caliper**

Fungsi baut pen kaliper untuk mengunci kedudukan rumah piston.



Gambar 2.6. Baut pen *caliper*

**d) Disk Brake**

Fungsi piringan adalah sebagai media penekanan oleh kampas rem untuk menimbulkan breaking. *Disk brake* berbahan baja karena komponen ini harus menahan panas yang di hasilkan dari gaya gesek saat proses pengereman.



Gambar 2.7. Piringan cakram

**e) Disk Pad**

*Disk pad* atau kampas rem yang berfungsi sebagai media gesek pada *disk brake*.



Gambar 2.8 Kampas rem

## 2.4.2 Komponen-Komponen Rem Tipe Tromol

### a. *Wheel Cylinder*

Fungsi komponen system rem yang satu ini adalah untuk mengubah tekanan fluida yang di bangkitkan oleh master silinder menjadi gerakan mekanis yang mendorong sepatu rem.



Gambar 2.9. *Wheel cylinder*

### b. *Backing Plate*

Komponen system rem tromol ini sebagai rangka sekaligus pelindung komponen rem tromol lainnya selain plat penahan, atau sebagaiudukan tempat melekatnya komponen-komponen system rem tromol, Jika anda lihat dengan seksamamaka bentuk backing plate atau pelat penahan dalam berupa lingkaran yang di sertai dengan banyaak lobang dan tonjolan yang di buat dengan maksud untuk menyesuaikan semua part rem tromol agar bisa bekerja secara optimal.



Gambar 2.10. *Backing plate*

### c. Pegas Pembalik Sepatu Rem

Return spring adalah untuk mengembalikan pegas pembalik sepatu rem setelah proses pengereman berlangsung. Pada saat anda menekan pedal rem saat melakukan proses pengereman, sepatu rem akan bergerak ke arah luar dan menempel dengan tromol, akibat dari kerja silinder roda.



Gambar 2.11. Pegas pembalik sepatu rem

### d. Penyetel Kampas Rem

Komponen ini berfungsi untuk menyetel celah kampas rem, tromol rem secara otomatis dengan jalan mengoperasikan rem tangan. Sehingga ketika rem tromol dilengkapi dengan komponen ini ana tidak perlu menyetel secara manual menggunakan obeng untuk memutar *brake shoes adjuster* secara manual. Komponen ini berfungsi bersama-sama dengan komponen tuas penyetel otomatis dan pegas tuas penyetel.



Gambar 2.12. Penyetel kampas rem

### e. Pen Pegas Penahan Sepatu Rem (*Brake Shoe Holder*)

Perlu diketahui bawasanya sepatu rem tromol mobil memang terletak menempel pada backing plate, akan tetapi sepatu

rem ini bersifat dinamis (bergerak-gerak). Oleh karena itu sebuah mekanisme holder yang dipakai harus bisa menunjang hal tersebut. Pen pegas penahan sepatu rem (*brake shoe holder*) terdiri dari sebuah pin yang memiliki pengunci, per dan pekat penekan. Ketiga komponen ini berfungsi untuk menahan sepatu rem pada *backing plate* agar sepatu rem tetap menempel pada backing plate dan masih bisa digerakan kekiri dan kekanan pada saat system rem dioperasikan.

#### **f. Tromol**

Fungsi komponen rem ini adalah sebagai media atau bidang gesekan bersana kampas rem agar putaran roda bisa berhenti pada saat system rem dioperasikan. Tromol tersambung ke baut roda, sehingga ketika mobil bergerak pasti tromol akan timbul gesekan karena tromol em bersifat dinamis (berputar) dan kampas rem statis (diam).



Gambar 2.13. tromol

#### **g. Tuas Sepatu Rem Tangan (*Parking Brake Lever*)**

Tuas ini berfungsi sebagai pengungkit pada saat kita mengoperasikan rem tangan sehingga kampas rem terungkit atau terdorong keluar dan bergesekan dengan permukaan dalam tromol rem sehingga terjadi proses pengereman, dan bekerja secara mekanik, bukan secara hidrolis.



Gambar 2.14 Tuas sepatu rem tangan

#### **h. Pegas Jangkar**

Komponen pegas jangkar ini berfungsi sebagai penahan dan penjaga agar sepatu rem pada bagian bawah selalu menempel pada anchor pin dan sepatu rem tetap bisa bergerak kekiri dan kekanan pada saat system rem dioperasikan.



Gambar 2.15. Pegas jangkar

#### **i. Sepatu dan Kampas Rem**

Fungsi komponen rem yang satu ini sepatu rem (*brake shoes*) adalah sebagai tempat untuk meletakkan atau melekatnya kanvas rem pada sistem rem tromol. Sedangkan pada sistem rem cakram dikenal dengan istilah brake pad. Brake shoe terdiri dari dua sepatu rem yang masing-masing berbentuk setengah lingkaran dan jika digabung akan berbentuk lingkaran yang nantinya akan berada di sisi dalam tromol rem, sedangkan brake lining berfungsi sebagai bidang gesek putaran roda diperlambat dan gaya gesek ini akan berubah menjadi energi panas yang diserap oleh tromol rem.



Gambar 2.16. Sepatu rem dan kampas

## 2.5 KAMPAS REM

Kampas rem merupakan komponen penting pada kendaraan bermotor di jalan raya. Pertambahan kendaraan bermotor roda 2 dan roda 4 saat ini meningkat pesat sejalan laju pertumbuhan ekonomi masyarakat. Komponen kendaraan yaitu kampas rem sangat perlu mendapat perhatian yang lebih oleh pemegang kebijakan (pemerintah) dalam upaya melindungi konsumen dan mengurangi persentase penyebab kecelakaan di jalan raya. Standar Nasional Indonesia (SNI) kampas rem sudah dibuat sejak tahun 1987 namun beberapa parameter serta spesifikasinya perlu ditinjau atau dikaji ulang sesuai perkembangan dan mengacu kepada standar Internasional atau pola perkembangan teknologi otomotif yang modern saat ini. Komposit berbasis polimer tidak mengandung asbestos dan logam berat bahan komposit berbasis polimer, karena sebagian besar bahannya menggunakan bahan polimer organik, maka benar-benar dapat dijamin bebas terhadap senyawa yang mengandung Pb, Cr dan Zn. Seratnya pun digunakan serat *E-glass* dan atau *aramid*. Juga sering digunakan serat alam berupa jute *fibre*, *wisker*, dan serat karbon dari organik material, dan *rockwool*. Bahan pengisi berupa mineral tambang adalah minority dan bersifat "*fire retardant*" sehingga tahan terhadap panas atau memiliki koefisien perpindahan panas yang lebih kecil. Namun di satu sisi kurang kuat menyerap atau menyimpan panas, sehingga panas sering berbalik ke roda akibatnya roda menjadi panas. Hal ini dapat diatasi dengan pengembangan di "material engineering" dan aspek desain

penggabungan antara cast iron dan komposit menggunakan bidang kontak komposit yang lebih banyak untuk mengakomodasi "*friction material life time*" agar lebih panjang keausan bahan (atau bahan memiliki koefisien friksi kecil/tertentu). Di era "*Global Climate Change*" dan "*Carbon Trade*", aspek penggunaan bahan berbahaya beracun harus memerlukan perhatian yang serius dan penegakan hukum yang ketat, kalau Indonesia mau menjadi bangsa yang besar, sehat, sejahtera dan memiliki kawasan udara yang bersih dari bahan-bahan beracun.

## **2.6 JENIS KAMPAS REM MENURUT KLASIFIKASI INTERNATIONAL**

### **2.6.1 OEM (*Original Equipment Manufactured*)**

OEM adalah jenis kampas rem yang sudah terpasang pada saat membeli motor baru, dimana untuk produsen Honda, Suzuki, dan Kawasaki dikeluarkan oleh pabrikan rem Nissin, sedangkan untuk Yamaha dikeluarkan oleh Akebono.

### **2.6.2 OES (*Original Equipment Sparepart*)**

OES adalah jenis kampas rem yang digunakan sebagai pengganti kampas rem OEM dimana kampas rem ini dibuat oleh pabrikan OEM sehingga mempunyai kode formula yang sama, proses yang sama, kualitas yang sama dan bahan yang sama dengan kampas rem OEM.

### **2.6.3 AM (*After Market*)**

Jenis ini adalah kampas rem yang beredar di pasaran, dengan kualitas yang beragam. Ada yang mempunyai kualitas lebih rendah dari OEM, dan ada yang lebih tinggi kualitasnya dari OEM.

### **2.6.4 Genuine**

Pada dasarnya kampas rem ini masuk dalam kategori jenis After Market. Istilah Genuine hanya untuk membedakan antara asli dan palsu tidaknya produk tersebut

## 2.7 KOMPOSISI KAMPAS 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 teromol (*brake lining*) pada kendaraan. Jenis rem ini diciptakan Herber Food dari perusahaan Ferodo Ltd. Kampas yang digunakan menggunakan bahan campuran sabut dengan kain katun (*cotton belting*). Selanjutnya sekitar 1908, bahan asbestos mulai digunakan. Asbestos merupakan paduan kuningan dan serat metal yang disatukan menggunakan *binder* (bahan pengikat) namun belum dicetak. Hingga 1920, kampas rem mulai dicetak dengan serat metal dengan ukuran lebih pendek, logam kuningan yang lebih halus serta tambahan bahan organik.

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*. Kampas 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, kampas rem non-asbestos juga memiliki segudang kelebihan lain seperti tidak mudah bunyi, tahan panas dan memiliki friksi baik. Namun ada 2 kelemahannya, kotoran dari pengikisan kampas berwarna hitam dapat mengotori pelek dan harganya pun lebih mahal dari kampas rem asbestos. Namun kini beberapa produsen telah meninggalkan penggunaan asbestos. Kemungkinan besar di masa mendatang, kampas rem mobil massal menggunakan bahan keramik yang lebih tahan panas. Namun saat ini material itu masih terlalu mahal. Meski sudah ada mobil produksi massal yang menggunakannya, tapi rem jenis ini banyak digunakan di mobil

balap. 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, *friect dust*. Bahan baku kanvas rem non asbestos: *aramyd/ kevlar/ twaron, rockwool, fiberglass, potasiumtitanate, carbonfiber, graphite, cellulose, vemiculate, 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<sub>4</sub> 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.

Kampas 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 kampas rem dari bahan asbestos hanya memiliki satu jenis fiber yaitu asbes yang merupakan komponen yang menimbulkan karsinogenik. Akibat dari perbedaan ini makanya kampas 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 kampas 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 kampas 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 kampas rem ramah lingkungan. Banyak orang berpendapat bahwa untuk meningkatkan daya cengkram kampas rem pada kendaraan pabrikan membuat alur pada permukaan kampas rem (lining) dengan maksud mengatasi kampas blong, padahal hal tersebut adalah sebuah kebohongan. Pakem dan tidak pakemnya

kampas rem banyak ditunjang dari formula/ramuan kampas rem tersebut. Misalnya mengapa drum brake tidak pakem hal ini diakibatkan drum brake sukar melepas panas karena kampas 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 kampas rem asbes cenderung tidak pakem pada temperatur tinggi, karena kampas 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 kampas rem dan temperatur. Berdasarkan hal tersebut maka proses pembuatan kampas rem yang berkembang saat ini lebih mengarah pada proses ramah lingkungan dan aman bagi konsumen. Kampas 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 kampas rem diletakkan ke dalam cavity dari dies hot press kemudian di pres oleh alat penekan untuk menjaga kepadatan yang rata pada kampas rem. Beberapa produk kampas rem umumnya menggunakan sistem proses "flash mold" karena harga cetakannya relatif murah. Kandungan resin dan material kampas rem harus berlebih supaya resin dapat mengalir keluar. Kandungan resin yang tinggi membuat kampas 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 kampas rem non asbestos kandungan resin hanya 9-10%, sehingga pada temperatur pengereman tinggi tidak terjadi fading atau blong.

## **2.8 MATERIAL KOMPOSIT UNTUK KAMPAS REM**

Indonesia kaya akan material-material bahan tambang berupa oksida-oksida logam seperti *Calcite*, *Barite*, *Hematite*, *Silikat*, dll yang sangat

bermanfaat dan murah untuk pengembangan bahan tahan aus tinggi. Di samping itu pula juga memiliki potensi bahan-bahan organik alam lainnya yang bisa dimanfaatkan sebagai resin sebagai matriks bahan komposit. Sekarang sudah saatnya kita memanfaatkan sumber kekayaan alam kita yang bernilai tambah tinggi, memiliki keunggulan komparatif, dari segi mutu produk dan keunggulan kompetitif dari segi harga. Kita harus dapat menciptakan material cerdas dari bahan baku lokal yang bermanfaat.

Secara umum keempat klasifikasi bahan friksi harus mengandung tipe bahan penyusun yang terdiri dari bahan pengikat, bahan serat dan bahan pengisi. Komposit bahan kanvas rem yang akan kita uji cobakan adalah komposit yang terdiri dari resin sebagai pengikat. Resin ini berfungsi untuk mengikat berbagai zat penyusun di dalam bahan tersebut. Resin sintetik yang digunakan terdiri dari 2 macam yaitu termoset dan termoplastik. Bila dipanaskan perilaku kedua resin ini akan berbeda. Termoset tidak melunak sedangkan termoplastik melunak tetapi akan kembali keras setelah didinginkan. Perbedaan sifatnya ditentukan oleh struktur dalamnya. Komposit bahan kanvas rem yang akan kita uji cobakan adalah komposit yang berpengikat dari resin epoxy. Selanjutnya bahan pengisi digunakan untuk meningkatkan proses produksi dan bertindak sebagai minyak pelumas. Bahan pengisi ini terdiri dari dua jenis yaitu bahan pengisi organik dan bahan pengisi anorganik. Bahan pengisi organik misalnya dust dan rubber crumb (remah karet) sedang bahan pengisi anorganik misalnya  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$  dan  $\text{MgO}$  (Desi, 2009).

Dan yang paling penting adalah serat penguat. Serat berfungsi untuk meningkatkan koefisien gesek dan meningkatkan kekuatan mekanik bahan. Serat yang akan kami gunakan dalam penelitian adalah serat alternatif yang berasal dari batu bara yang sebelumnya hasil dari pembakaran. Terkadang untuk memodifikasi tingkat friksi dan membersihkan permukaan rotor ditambahkan bahan abrasif misalnya  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiC}$ ,  $\text{ZrSiO}_4$  dan

kianit/Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> (Desi, 2009). Abrasif ini juga digunakan untuk mengontrol kecepatan wear dan menstabilkan koefisien gesek.

Untuk memenuhi syarat dan menjaga keselamatan dalam mengemudikan kendaraan dan kompetisi di pasaran, bahan friksi membutuhkan performa friksi yang baik dan biaya rendah. Akan tetapi, biasanya bahan mentah dengan performa friksi yang baik mempunyai harga yang relatif tinggi. Untuk menghasilkan “*brakelining*” yang baru dengan nilai yang cukup pada koefisien gesek dan kecepatan wear yang rendah, faktor biaya kedua bahan mentah proses pembuatannya harus betul-betul dipertimbangkan. Bahan-bahannya sangat penting digunakan dalam menentukan performa friksi dan juga biaya, sehingga proses seleksi dan evaluasi pada bahan mentah sangat diperlukan. Pendekatan seleksi bahan untuk perkembangan “*brake lining material*” di mana pemodelan mikromekanik digunakan untuk menghubungkan performa secara menyeluruh untuk memilih bahan penyusun dan sifat-sifatnya. Penentuan komposisi penyusun bahan friksi menjadi hal yang sangat penting sebelum membuat bahan friksi. Penentuan komposisi bahan friksi dilakukan dengan pemodelan menggunakan analisis faktorial, permutasi dan kombinasi agar didapatkan suatu bahan dengan koefisien gesek yang tinggi dan juga *wear* yang rendah (Desi, 2009).

## **2.9 SIFAT MEKANIK KAMPAS REM**

Sejalan dengan meningkatnya pengguna kendaraan bermotor roda 4 atau roda 2 makin tinggi dan laju pertumbuhan kebutuhan spare part kampas rem juga berkorelasi positif. Bahkan saat harga BBM semakin tinggi masyarakat pengguna kendaraan roda 2 melaju pesat 2-3 kali lipat dari 5 tahun sebelumnya. Kondisi ini merupakan pangsa empuk bagi pasar komponen kendaraan bermotor kampas rem yang umurnya relatif singkat. Komponen ini perlu mendapat perhatian terhadap kualitas yang mengacu pada standar nasional atau internasional. Mengingat masyarakat manusia berdasarkan

kemampuannya ekonominya sangat beragam dan umumnya bila mencari komponen akan mencari yang murah tanpa memperhatikan kualitas yang berkaitan dengan keselamatan jarang diperhitungkan. Walaupun hal ini rasanya sudah terbiasa, namun peran pemerintah untuk mengeluarkan kebijakan terhadap produk standar perlu dilakukan evaluasi atau revisi sesuai perkembangan teknologi dan mengutamakan faktor keselamatan serta perlindungan konsumen dari akal-akalan produsen.

Masing-masing tipe sepeda motor memiliki bentuk serta kualitas bahan kampas rem khusus. Secara umum bagian-bagian kampas rem terdiri dari daging kampas (bahan friksi),udukan kampas (*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.

Komposit digunakan sebagai material kampas rem karena memiliki banyak kelebihan dari material lainnya. Kelebihan tersebut antara lain adalah, ramah lingkungan, lima kali lebih ringan sehingga mudah dipasang, tahan lama, memiliki tingkat keausan yang mudah dimodifikasi, ketahanan terhadap korosi dan pengaruh zat kimia, serta memiliki tingkat kebisingan yang rendah. Banyak faktor yang bisa menjadi penyebab kegagalan pada kampas rem komposit. Sifat-sifat material gesek blok rem komposit, baik sifat mekanik dan fisik material akan mempengaruhi kemampuan kampas rem menerima beban ketika pengereman terjadi. Kondisi operasi pengereman akan mempengaruhi pembebanan mekanik pada kampas rem. Rancangan dari *backing plate* kampas rem komposit juga akan mempengaruhi kemampuan kampas rem komposit menerima beban.

Bahan friksi tersusun atas tiga komponen yaitu penguat, bahan pengikat serta bahan pengisi. Abu terbang batubara dapat dijadikan sebagai alternatif serat penguat bahan friksi non asbes pada pembuatan kampas rem sepeda motor. Pemanfaatan batubara perlu diketahui sifat-sifat yang akan ditunjukkan oleh batubara tersebut, baik sifat kimiawi, fisik dan mekanis. Sifat-sifat ini akan dapat dilihat atau disimpulkan dari data kualitas batubara hasil analisis dan pengujiannya. Dari sejumlah data kualitas yang ada dari padanya dapat diambil harga rata-ratanya, misalnya kandungan air, abu dan lain yang bersifat kimiawi, tetapi ada pula yang tidak dapat diambil harga rata-ratanya melainkan harus dilihat harga minimum dan maksimum, seperti pada harga *hardgrove index* dan titik leleh abu.

Untuk memenuhi syarat dan menjaga keselamatan dalam mengemudikan kendaraan dan kompetisi di pasaran, bahan friksi membutuhkan performa friksi yang baik dan biaya rendah. Akan tetapi, biasanya bahan mentah dengan performa friksi yang baik mempunyai harga yang relatif tinggi. Untuk menghasilkan “brakelining” yang baru dengan nilai yang cukup pada koefisien gesek ( $\mu$ ) dan kecepatan wear yang rendah, faktor biaya kedua bahan mentah dan proses pembuatannya harus betul-betul dipertimbangkan, agar didapatkan suatu bahan dengan koefisien gesek tinggi dan juga *wear* yang rendah.

Karakterisasi yang perlu dilakukan dalam pembuatan kampas rem sepeda motor adalah kekerasan dan keausan. Kedua hal ini sangat penting karena saling berhubungan satu sama lain. Jika kampas rem sangat keras akan mempengaruhi rotornya dan jika kampas 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 komponenyang terbuat dari bahan tersebut) untuk menerima beban/gaya/energi tanpa menimbulkan kerusakan pada bahan/komponen tersebut. Seringkali bila suatu bahan mempunya 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 kampas rem, maka nilai kekerasan, keausan, bending dan sifat mekanik lainnya harus mendekati nilai standar keamanannya. Adapun persyaratan teknik dari kampas rem komposit ([www.stopcobrake.com/en/file/en.pdf/SAEJ661](http://www.stopcobrake.com/en/file/en.pdf/SAEJ661)) yakni :

- a. Untuk nilai kekerasan sesuai standar keamanan 68 – 105 (Rockwell R).
- b. Ketahanan panas 360 °C, untuk pemakaian terus menerus sampai dengan 250 °C.
- c. Nilai keausan kampas rem adalah  $(5 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{kg})$
- d. Koefisien gesek 0,14 – 0,27
- e. Massa jenis kampas rem adalah 1,5 – 2,4 gr/cm<sup>3</sup>
- f. Konduktivitas thermal 0,12 – 0,8 W.m.°K
- g. Tekanan Spesifiknya adalah 0,17 – 0,98 joule/g.°C
- h. Kekuatan geser 1300 – 3500 N/cm<sup>2</sup>
- i. Kekuatan perpatahan 480 – 1500 N/cm<sup>2</sup>

## **2.10 PENGUJIAN SIFAT MEKANIK**

### **2.10.1 Pengujian Laju Keausan**

Keausan umumnya didefinisikan sebagai kehilangan material secara progresif atau pemindahan sejumlah material dari suatu permukaan sebagai suatu hasil pergerakan relatif antara permukaan tersebut dan permukaan

lainnya. Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik, yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah satunya adalah dengan pengujian Laju keausan. Pengujian laju keausan dinyatakan dengan jumlah kehilangan/ pengurangan spesimen tiap satuan luas bidang kontak dan lama pengausan (Viktor Malau dan Adhika widyaparaga, 2008).

- Laju keausan dihitung dengan rumus (Ian, et al, 2017):

$$W = \frac{W_o - W_i}{A.t}$$

Dimana:

W = Laju keausan (g/mm<sup>2</sup>. detik)

W<sub>o</sub> = Berat awal spesimen sebelum pengausan (gram)

W<sub>i</sub> = Berat akhir spesimen setelah pengausan (gram)

A = Luas bidang kampas rem (mm<sup>2</sup>)

t = Waktu/ lama pengausan (detik)

- Umur kampas rem
  - Untuk menghitung umur kampas rem terlebih dulu kita hitung volume kampas rem dengan menggunakan rumus :

$$V = A \times t$$

Dimana =

V = Volume kampas (mm<sup>3</sup>)

A = Luas bidang kampas rem (mm<sup>2</sup>)

t = Tebal Kampas (mm)

- Kemudian menghitung keausan kampas menggunakan rumus :

$$q_v = \frac{\text{Sebelum pengausan} - \text{Setelah pengausan}}{\text{waktu}}$$

Dimana =

$q_v =$  keausan kampas

- Terakhir menghitung umur kampas atau lama pemakaian menggunakan rumus :

$$L_B = \frac{V}{q_v \cdot N_R}$$

Dimana =

$L_B =$  Umur kampas (detik)

$V =$  Volume kampas ( $\text{mm}^3$ )

$q_v =$  keausan kampas ( $\text{mm/detik}$ )

$N_R =$  Tekanan ( $\text{kgf/cm}^2$ )