

ANALISA UJI PERBANDINGAN KEAUSAN KAMPAS REM CAKRAM ANTARA KAMPAS REM MITSUBISHI DENGAN KAMPAS REM INDOPART PADA KENDARAAN MITSUBISHI L 300

Heri Wijanarko¹, Sugihandoko², Aryananta Lufti³

Teknik Mesin Pertahanan. Akademi Militer^{1,2,3}

heriwijanarko@nikmesinhan.akmil.ac.id, sugihandoko@nikmesinhan.akmil.ac.id,

aryanantalufti@nikmesinhan.akmil.ac.id

Abstract

To determine the quality of brake pads, this writing explains the method for assessing the quality of Mitsubishi and Indopart brake pads through three testing processes: Brinell hardness test, wear test, and material composition test. In the Brinell hardness test, data is obtained by creating specimens for each brake pad, and each specimen undergoes testing at 3 different points on the brake pad surface. The wear test follows a similar procedure to the hardness test, but the results are obtained using a wear testing machine. For the material composition test, the dominant elements present in the brake pads are determined using analytical chemical solutions. This allows identification of the dominant elements in both Mitsubishi and Indopart brake pads.

Keywords: Brake pads, Mitsubishi, Indopart

Abstrak

Untuk mengetahui kampas rem yang kualitasnya baik, pada penulisan ini dijelaskan cara untuk mengetahui kualitas kampas rem Mitsubishi dan kampas rem Indopart melalui tiga proses pengujian, yaitu : uji kekerasan brinell, uji keausan, dan uji unsur bahan. Pada uji kekerasan brinell untuk memperoleh data dilakukan dengan pembuatan spesimen pada tiap-tiap kampas rem dan tiap spesimen dilakukan percobaan di 3 titik yang berbeda pada permukaan kampas rem. Pada uji keausan tiap spesimen dilakukan hal yang sama seperti pada uji kekerasan, tetapi untuk mengetahui hasilnya dilakukan dengan menggunakan mesin uji keausan. Pada uji unsur bahan untuk mengetahui unsur-unsur yang dominan yang ada pada kampas rem dilakukan dengan menggunakan bantuan cairan kimia analitik. Sehingga dapat diketahui unsur yang dominan yang terdapat pada kampas rem Mitsubishi maupun pada kampas rem Indopart.

Kata kunci: Kampas rem, Mitsubishi, Indopart

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam transportasi darat, terutama pada kendaraan seperti Mitsubishi L300, membawa manfaat besar dalam mobilitas barang dan penumpang, terutama di lingkungan militer seperti Akademi Militer. Namun, kecelakaan kendaraan tetap merupakan permasalahan serius, salah satunya terkait dengan gangguan pada sistem pengereman. Sistem pengereman menggunakan cakram atau tromol, dan kampas rem adalah komponen krusial dalam memperlambat atau menghentikan kendaraan. Pemilihan kampas rem yang baik sangat penting untuk keselamatan penumpang, dipengaruhi oleh kekerasan dan bahan kampas rem itu sendiri. Kualitas kampas rem mempengaruhi kinerja pengereman dan keselamatan pengemudi. Pemilihan antara merek kampas rem, seperti Mitsubishi dan Indopart, perlu dilakukan dengan hati-hati. Penelitian tentang tingkat keausan kampas rem dari kedua merek ini penting untuk memahami kinerja dan keandalannya selama penggunaan dalam kondisi nyata. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan tingkat keausan kampas rem Mitsubishi dan Indopart pada kendaraan Mitsubishi L300, untuk mengetahui performa dan keandalan kampas rem dari kedua merek tersebut.

LANDASAN TEORI

Gesekan

Gesekan memiliki peran penting dalam kehidupan sehari-hari dan proses industri. Dua penemuan kunci terkait gesekan adalah metode untuk menyalakan api dan pengenalan roda. Hukum gesekan menyatakan bahwa gaya gesek sebanding dengan gaya normal, dan tidak tergantung pada luas bidang kontak. Koefisien gesek digunakan untuk mengukur gesekan antara benda-benda, yang dipengaruhi oleh faktor seperti topografi permukaan, beban luar, struktur mikro material, dan kondisi

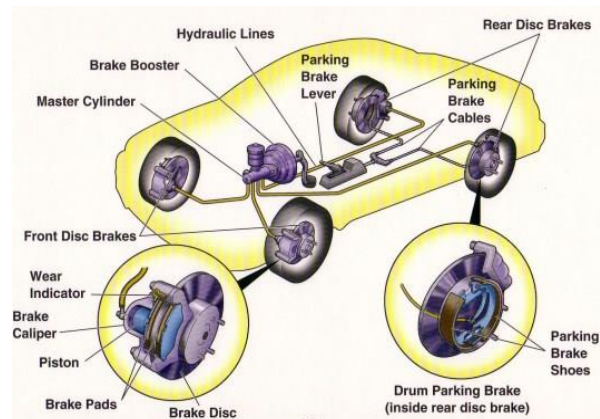
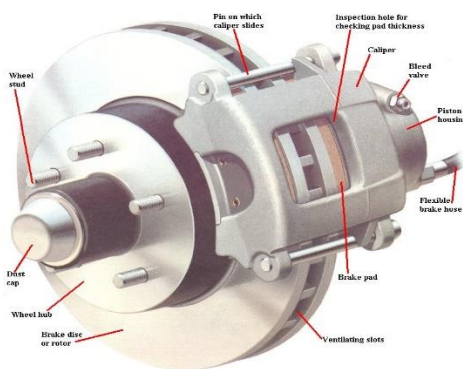


lingkungan. Gaya gesek statis menghambat objek untuk bergeser, sedangkan gaya gesek kinetik menahan gerakan benda yang bergeser. Koefisien gesek dapat bervariasi tergantung pada material dan kondisi gesekan.

Klasifikasi Baja Karbon.

Baja adalah paduan Fe dan C dengan karbon kurang dari 2%, terbagi menjadi baja paduan rendah dan tinggi. Baja karbon rendah, dengan karbon di bawah 0,25 wt.%, lunak tapi memiliki keuletan dan ketangguhan baik. Baja karbon sedang, dengan karbon 0,25-0,60 wt.%, lebih kuat tetapi kurang keuletan dan ketangguhan. Baja karbon tinggi, dengan karbon 0,60-1,40 wt.%, sangat kuat dan keras, umumnya digunakan dalam kondisi dikeraskan dan ditemper, sering mengandung paduan seperti kromium, vanadium, tungsten, dan molibdenum untuk meningkatkan ketahanan ausnya..

Definisi Rem



Gambar 1. Prinsip kerja brake booster dan Sistem rem hidraulish

Rem adalah komponen krusial pada kendaraan yang memastikan keselamatan pengemudi dan penumpangnya. Fungsinya adalah mengurangi kecepatan atau menghentikan roda, dan cara kerjanya adalah dengan memanfaatkan gaya gesekan mekanik. Sistem rem pada kendaraan diklasifikasikan berdasarkan lokasi pemasangannya, prosedur operasi, konstruksi, dan mekanisme. Salah satu jenis sistem rem yang umum adalah sistem rem hidrolis, yang menggunakan fluida untuk melakukan pengereman pada roda. Brake booster merupakan komponen tambahan yang memperkuat tekanan pada pedal rem. Masalah pada rem bisa berupa pulling, brake noise, water fade, morning sickness, abrasi, dan grazing. Jenis rem yang umum meliputi rem tromol, rem cakram mekanik, dan rem cakram hidrolis. Rem tromol bekerja dengan gesekan antara sepatu rem dan drum, sementara rem cakram mengaplikasikan gesekan antara cakram dan sepatu rem. Penting untuk menggunakan kampas rem yang tepat untuk memastikan kinerja pengereman yang optimal.

Kampas Rem.

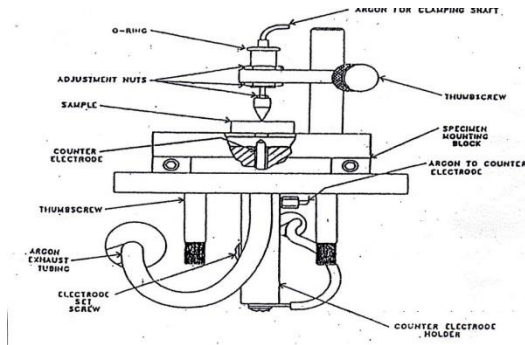
Fungsi kampas rem adalah menghentikan, mengatur, dan mencegah putaran poros kendaraan dengan mengkonversi energi kinetik menjadi energi panas. Bahan yang baik untuk kampas rem adalah yang memiliki koefisien gesek yang baik terhadap tromol atau cakram rem, namun koefisien geseknya dapat berkurang seiring dengan kenaikan temperatur.







Komposisi Kampas Rem.



Gambar 2 Skema alat uji komposisi material

Komposisi kampas rem meliputi:

- a. Serat penguat: Berfungsi untuk memperkuat komposit dan meningkatkan sifat mekanik kampas rem.
- b. Pengikat: Menjaga keutuhan struktur bantalan rem dari tekanan panas.
- c. Pengisi: Meningkatkan hasil pengereman yang baik.
- d. Asbes: Mineral berbentuk serat halus yang kuat, tahan terhadap bahan kimia, dan dapat bertahan terhadap suhu tinggi.
- e. Tembaga (Cu): Digunakan dalam kampas rem untuk keperluan termal dan listrik.
- f. Resin fenol: Bahan sintetik yang keras, kuat, dan tahan terhadap panas serta air.
- g. Barium sulfat: Kristal putih solid yang tidak larut dalam air, mungkin digunakan untuk beberapa aplikasi dalam kampas rem.

Uji Kekerasan.

Pengujian kekerasan adalah penting dalam mengevaluasi sifat mekanik material, terutama untuk material yang mengalami gesekan dan deformasi plastis. Ini mengacu pada kemampuan material untuk menahan beban identasi atau penetrasi. Dalam aplikasi manufaktur, pengujian kekerasan dilakukan untuk mengevaluasi karakteristik material baru dan memastikan bahwa material tersebut memenuhi spesifikasi kualitas tertentu. Terdapat empat metode umum yang digunakan dalam pengujian kekerasan.

- a. Brinell (HB / BHN)

Pengujian kekerasan dengan metode Brinell bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (identor) yang ditekan pada permukaan material uji tersebut (spesimen). Idealnya, pengujian Brinell diperuntukan untuk material yang memiliki permukaan yang kasar dengan uji kekuatan berkisar 500-3000 kgf. Identor (Bola baja) biasanya telah dikeraskan dan diplating ataupun terbuat dari bahan Karbida Tungsten.

- b. Rockwell (HR / RHN)

Pengujian kekerasan dengan metode Rockwell bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap indentor berupa bola baja ataupun kerucut intan yang ditekan pada permukaan material uji tersebut. Tabel dibawah ini merupakan skala yang dipakai dalam pengujian Rockwell skala dan range uji dalam skala Rockwell.

Tabel 1 Rockwell Hardness Scales

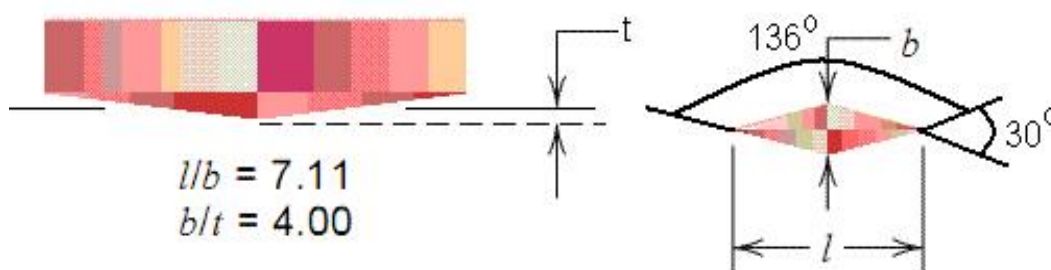
Scale	Indentor	F0 (kgf)	F1 (kgf)	F (kgf)	E	Jenis Material Uji
A	Diamond cone	10	50	60	100	Extremely hard materials, tugsen carbides, dll
B	1/16" steel ball	10	90	100	130	Medium hard materials, low dan medium carbon steels, kuningan, perunggu, dll
C	Diamond cone	10	140	150	100	Hardened steels, hardened and tempered alloys
D	Diamond cone	10	90	100	100	Annealed kuningan dan tembaga
E	1/8" steel ball	10	90	100	130	Beryllium copper, phosphor bronze, dll
F	1/16" steel ball	10	50	60	130	Alumunium sheet
G	1/16" steel ball	10	140	150	130	Cast iron, alumunium alloys
H	1/8" steel ball	10	50	60	130	Plastik dan soft metals seperti timah
K	1/8" steel ball	10	140	150	130	Sama dengan H scale
L	1/4" steel ball	10	50	60	130	Sama dengan H scale
M	1/4" steel ball	10	90	100	130	Sama dengan H scale
P	1/4" steel ball	10	140	150	130	Sama dengan H scale
R	1/2" steel ball	10	50	60	130	Sama dengan H scale
S	1/2" steel ball	10	90	100	130	Sama dengan H scale
V	1/2" steel ball	10	140	150	130	Sama dengan H scale

c. Vickers (HV / VHN).

Pengujian kekerasan dengan metode Vickers bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam yaitu daya tahan material terhadap indentor intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramid. Angka kekerasan Vickers (HV) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (F) dengan luas permukaan bekas luka tekan (injakan) dari indentor(diagonalnya) (A) yang dikalikan dengan sin (136°/2). Rumus untuk menentukan besarnya nilai kekerasan dengan metode vickers (Lufti et al., 2022).

d. Micro Hardness (*knoop hardness*).

Mikrohardness test tahu sering disebut dengan *knoop hardness* testing merupakan pengujian yang cocok untuk pengujian material yang nilai kekerasannya rendah. Knoop biasanya digunakan untuk mengukur material yang getas seperti keramik.



Gambar 3. Bentuk indentor Knoop (Callister, 2001)

Uji Keausan.

Sifat material sangat memengaruhi kinerja suatu komponen struktur dan mesin. Material yang tersedia beragam, seperti logam, polimer, keramik, gelas, dan komposit. Kombinasi sifat material seperti kekerasan, keausan, friksi, dan pelumasan mempengaruhi kinerjanya, dikenal sebagai ilmu tribologi.

Keausan adalah rusaknya permukaan padatan akibat gesekan antara material. Ini bukan sifat dasar material, tetapi respons terhadap kontak permukaan luar. Pengujian keausan menggunakan berbagai metode, termasuk metode ogoshi yang mensimulasikan kondisi keausan aktual.



Permukaan benda uji dipertimbangkan untuk menentukan tingkat keausan, dengan jejak yang lebih besar menunjukkan keausan yang lebih tinggi

Uji Kekerasan.

kekerasan atau hardness adalah salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*) dan deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk asal, artinya material tersebut tidak dapat kembali ke bentuknya semula. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban identasi atau penetrasi (penekanan). Didunia teknik, umumnya pengujian kekerasan menggunakan 4 macam metode pengujian kekerasan, yakni :

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan Penelitian.

Proses penelitian dimulai dengan pengambilan sampel kampas rem Mitsubishi dan Indopart, penentuan lokasi penelitian, pemilihan jenis pengujian dan alat ukur yang sesuai, serta pengaturan prosedur penelitian yang akurat.

Pengujian bahan dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu :

1. Uji Unsur Bahan Bahan :
 - a) Pemotongan. Dilakukan pemotongan karena pengujian struktur mikro tidak membutuhkan dimensi sampel yang besar.
 - b) Mounting . Penggunaan mounting bertujuan memudahkan pada saat memegang bahan saat akan dilakukan pengampelasan.
 - c) Pengampelasan .Pengampelasan dilakukan dengan amplas yang paling kasar sampai paling halus.
 - d) Pemolesan .Pemolesan dilakukan dengan menggunakan autosol diatas kain poles.
 - e) Pengetsaan .Sampel dietsa dengan menggunakan cairan kimia analitik.
 - f) Analisa .Selanjutnya sampel diamati dibawah mikroskop optis dengan pembesaran 50 kali.
2. Uji Kekerasan Bahan :
 - a. Pengambilan sampel .
 - b. Dilakukan dengan memotong kampas rem dengan dimensi yang tidak terlalu besar menggunakan gergaji potong.
 - c. Pengampelasan .
 - d. Pengampelasan bertujuan untuk meratakan permukaan hasil pemotongan sampel.
 - e. Pengujian .
 - f. Pengujian dilakukan menggunakan skala kekerasan F, dengan beban 153,2 N dan menggunakan indentor steel ball $\varnothing 25,4/ 16$.
3. Uji Keausan :
 - a. Pemotongan. Dilakukan pemotongan karena uji keausan tidak membutuhkan dimensi sampel besar.
 - b. Pengikiran. Dilakukan dengan kikir kasar meratakan permukaan hasil dari proses pemotongan.
 - c. Pengampelasan. Bertujuan untuk meratakan permukaan hasil dari pengikiran sampel.
 - d. Pengujian. Selanjutnya sampel diuji menggunakan alat uji keausan.
 - e. Data.

Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Analisis dan Pengujian Bahan, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Keputusan ini diambil karena tidak tersedianya peralatan pengujian di Akademi Militer, sehingga pengujian dilakukan di laboratorium UGM.

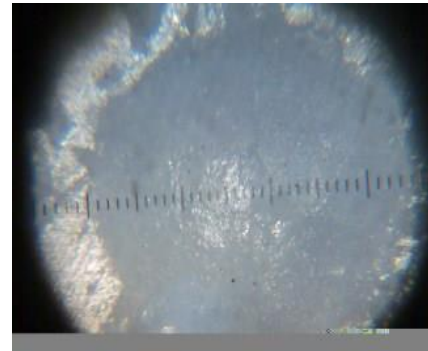
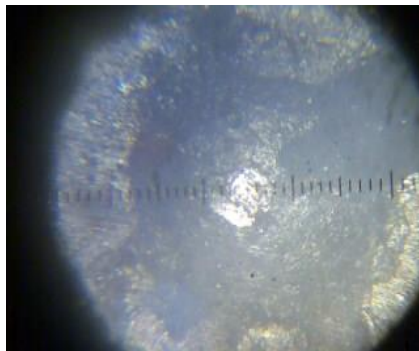
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Tabel 2. Uji Kekerasan Brinell

No	Pengujian	Beban Bola Baja (P)	d			
			Mitsubishi		Indopart	
			Strip	(mm)	Strip	(mm)
1.	1	153,2	30	2	35	2,33
2.	2	153,2	32	2,13	34	2,26
3.	3	153,2	30	2	3	2,2

Ket :

P = Beban bola baja = 153,2 N
 D = Diameter penekan = 2,5 mm
 d = Diameter injakan penekan
 15 strip = 1 mm



Kampas rem Mitsubishi

Kampas rem Indopart

Gambar 4. Foto Mikroskop Uji Kekerasan Brinell

Rumus uji kekerasan brinell :

$$BHN = \frac{2P}{(\pi D) (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

- a. Perhitungan kekerasan brinell :
 Kampas rem Mitsubishi :

$$\begin{aligned}
 1) \quad BHN_1 &= \frac{2.153,2}{(3,14.2,5)(2,5 - \sqrt{2,5^2 - 2^2})} \\
 &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - \sqrt{6,25 - 4})} \\
 &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - \sqrt{2,25})} \\
 &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - 1,5)} \\
 &= \frac{306,4}{7,85.1}
 \end{aligned}$$



$$= \frac{306,4}{7,85} = 39,03 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} 2) \quad \text{BHN}_2 &= \frac{2.153,2}{(3,14 \cdot 2,5)(2,5 - \sqrt{(2,5^2 - 2,13^2)})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - \sqrt{(6,25 - 4,53)})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - \sqrt{1,72})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - 1,31)} \\ &= \frac{306,4}{7,85 \cdot 1,19} \\ &= \frac{306,4}{9,34} = 32,80 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \quad \text{BHN}_3 &= \frac{2.153,2}{(3,14 \cdot 2,5)(2,5 - \sqrt{(2,5^2 - 2^2)})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - \sqrt{(6,25 - 4)})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - \sqrt{2,25})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - 1,5)} \\ &= \frac{306,4}{7,85 \cdot 1} \\ &= \frac{306,4}{7,85} = 39,03 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Rata-rata nilai kekerasan kampas rem Mitsubishi :

$$\text{BHN} = \frac{39,03 + 32,80 + 39,03}{3} = 36,953 \text{ N/mm}^2$$

Kampas rem Indopart:

$$\begin{aligned} 1) \quad \text{BHN}_1 &= \frac{2.153,2}{(3,14 \cdot 2,5)(2,5 - \sqrt{(2,5^2 - 2,33^2)})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - \sqrt{(6,25 - 5,42)})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - \sqrt{0,83})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - 0,91)} \\ &= \frac{306,4}{7,85 \cdot 1,59} \\ &= \frac{306,4}{12,48} = 24,55 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad \text{BHN}_2 &= \frac{2.153,2}{(3,14 \cdot 2,5)(2,5 - \sqrt{(2,5^2 - 2,26^2)})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - \sqrt{(6,25 - 5,10)})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - \sqrt{1,15})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - 1,07)} \\ &= \frac{306,4}{7,85 \cdot 1,43} \\ &= \frac{306,4}{11,22} = 27,30 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$3) \quad \text{BHN}_3 = \frac{2.153,2}{(3,14 \cdot 2,5)(2,5 - \sqrt{(2,5^2 - 2,2^2)})}$$



$$\begin{aligned}
 &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - \sqrt{(6,25 - 4,84)})} \\
 &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - \sqrt{1,41})} \\
 &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - 1,18)} \\
 &= \frac{306,4}{7,85 \cdot 1,32} \\
 &= \frac{306,4}{10,36} = 29,57 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Rata-rata nilai kekerasan kampak rem Indopart :

$$\text{BHN} = \frac{24,55 + 27,30 + 29,57}{3} = 27,14 \text{ N/mm}^2$$

Tabel 3. Uji Keausan

No	Pengujian	Waktu (s)	b			
			Mitsubishi		Indopart	
			Strip	(mm)	Strip	(mm)
1.	1	60	44	2,93	48	3,2
2.	2	60	41	2,73	40	2,26
3.	3	60	38	2,53	43	2,86

Ket :

Beban	= 2,12 kg
Diameter disk (d)	= 27,2 mm ; R = 13,6 mm
Tebal disk	= 3,3 mm
15 strip	= 1 mm

Kampak rem Mitsubishi :

- 1) Mencari panjang goresan ($b_{\text{rata-rata}}$) :

$$\begin{aligned}
 b_{\text{rata-rata}} &= \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} \\
 &= \frac{2,93 + 2,73 + 2,53}{3} \\
 &= 2,73 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- 2) Mencari lebar goresan (d) :

$$d = d_1 + d_2 + d_3 = 0,09 + 0,07 + 0,05 = 0,21 \text{ mm}$$

- 3) Luas permukaan keausan (A) :

$$A = b_{\text{rata-rata}} \cdot d = 2,73 \cdot 0,21 = 0,573 \text{ mm}^2$$

- 4) Tinggi segitiga (t), kita tinjau segitiga AOC :

$$\begin{aligned}
 t^2 &= R^2 - (0,5b)^2 \\
 t &= \sqrt{R^2 - (0,5b)^2} \\
 &= \sqrt{13,6^2 - (0,5 \cdot 2,73)^2} \\
 &= \sqrt{184,96 - 1,863} \\
 &= \sqrt{183,097} \\
 &= 13,531 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- 5) Luas segitiga AOC :

$$\text{Luas } \Delta\text{AOC} = \frac{1}{2} \cdot 0,5b \cdot t$$



$$= \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 2,73 \cdot 13,531 = 9,234 \text{ mm}^2$$

6) Luas segitiga ACD :

$$\begin{aligned} \text{Luas } \Delta ACD &= 2 \times \text{Luas } \Delta AOC \\ &= 2 \times 9,234 = 18,468 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

7) Mencari sudut CAD (θ) :

$$\text{Luas } \Delta ACD = \frac{1}{2} \cdot (AD) \cdot (AC).$$

$$\sin \theta = \frac{1}{2} \cdot (R) \cdot (R)$$

$$\sin \theta = \frac{1}{2} \cdot R^2 \cdot \sin \theta$$

$$\begin{aligned} \sin \theta &= \frac{2 \times \text{Luas } \Delta ACD}{R^2} \\ &= \frac{2 \times 18,468}{13,6^2} \\ &= \frac{2 \times 18,468}{184,96} \\ &= \frac{36,936}{184,96} = 0,199 \end{aligned}$$

$$\theta = \sin^{-1}(0,199) = 11,478^\circ$$

8) Mencari luas tembereng :

$$\text{Luas tembereng} = \text{Luas juring} - \text{Luas } \Delta ACD$$

$$\text{Luas tembereng} = \frac{\theta}{360^\circ} \times \pi \cdot R^2 - \text{Luas } \Delta ACD$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tembereng} &= \frac{11,478^\circ}{360^\circ} \times 3,14 \cdot 13,6^2 - 18,468 \\ &= 0,0318 \times 3,14 \cdot 184,96 - 18,468 \\ &= 18,517 - 18,468 = 0,049 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

9) Volume keausan yang hilang :

$$\begin{aligned} \text{Volume yang hilang} &= \text{Luas tembereng} \times d \\ &= 0,049 \times 0,21 = 0,010 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

10) Kedalaman keausan (h):

$$\begin{aligned} h &= \frac{\text{volume yang hilang}}{\text{Luas permukaan}} \\ &= \frac{0,010}{0,573} = 0,018 \text{ mm} \end{aligned}$$

11) Jarak tempuh (L) :

$$\begin{aligned} L &= \text{Kecepatan putar disk} \times \text{waktu} \\ &= 0,244 \times 60 = 14,64 \text{ m} \end{aligned}$$

12) Laju keausan (W_s) :

$$\begin{aligned} W_s &= \frac{\text{volume yang hilang}}{P \cdot L} \\ &= \frac{0,010}{2,12 \cdot 14,64} \\ &= \frac{0,010}{31,037} = 3,221 \times 10^{-4} \frac{\text{mm}^3}{\text{kgm}} \end{aligned}$$

Kampas rem Indopart :

1) Mencari panjang goresan ($b_{\text{rata-rata}}$) :

$$\begin{aligned} b_{\text{rata-rata}} &= \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} \\ &= \frac{3,2 + 2,67 + 2,86}{3} \\ &= 2,91 \text{ mm} \end{aligned}$$

2) Mencari lebar goresan (d) :



- $d = d_1 + d_2 + d_3 = 0,05 + 0,08 + 0,10 = 0,23 \text{ mm}$
- 3) Luas permukaan keausan (A) :
 $A = b_{\text{rata-rata}} \cdot d = 2,91 \cdot 0,23 = 0,669 \text{ mm}^2$
- 4) Tinggi segitiga (t), kita tinjau segitiga AOC :

$$\begin{aligned} t^2 &= R^2 - (0,5b)^2 \\ t &= \sqrt{R^2 - (0,5b)^2} \\ &= \sqrt{13,6^2 - (0,5 \cdot 2,91)^2} \\ &= \sqrt{184,96 - 2,117} \\ &= \sqrt{182,843} \\ &= 13,521 \text{ mm} \end{aligned}$$

- 5) Luas segitiga AOC :
 Luas $\Delta AOC = \frac{1}{2} \cdot 0,5b \cdot t$
 $= \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 2,91 \cdot 13,521 = 9,836 \text{ mm}^2$
- 6) Luas segitiga ACD :
 Luas $\Delta ACD = 2 \times \text{Luas } \Delta AOC$
 $= 2 \times 9,836 = 19,672 \text{ mm}^2$
- 7) Mencari sudut CAD (θ) :

$$\begin{aligned} \text{Luas } \Delta ACD &= \frac{1}{2} \cdot (AD) \cdot (AC) \cdot \sin \theta = \frac{1}{2} \cdot (R) \cdot (R) \\ \sin \theta &= \frac{1}{2} \cdot R^2 \cdot \sin \theta \\ \text{Sin } \theta &= \frac{2 \times \text{Luas } \Delta ACD}{R^2} \\ &= \frac{2 \times 19,672}{13,6^2} \\ &= \frac{2 \times 19,672}{184,96} \\ &= \frac{39,344}{184,96} = 0,2127 \\ \theta &= \sin^{-1}(0,2127) = 12,280^\circ \end{aligned}$$

- 8) Mencari luas tembereng :
 Luas tembereng = Luas juring – Luas ΔACD
 Luas tembereng = $\frac{\theta}{360^\circ} \times \pi \cdot R^2 - \text{Luas } \Delta ACD$
 Luas tembereng = $\frac{12,280^\circ}{360^\circ} \times 3,14 \cdot 13,6^2 - 19,672$
 $= 0,0341 \times 3,14 \cdot 184,96 - 19,672$
 $= 19,81 - 19,672 = 0,138 \text{ mm}^2$
- 9) Volume keausan yang hilang :
 Volume yang hilang = Luas tembereng x d
 $= 0,138 \times 0,23 = 0,031 \text{ mm}^3$

- 10) Kedalaman keausan (h):
 $h = \frac{\text{volume yang hilang}}{\text{Luas permukaan}}$
 $= \frac{0,031}{0,669} = 0,046 \text{ mm}$

- 11) Jarak tempuh (L) :
 L = Kecepatan putar disk x waktu



$$= 0,244 \times 60 = 14,64 \text{ m}$$

12) Laju keausan (W_s) :

$$W_s = \frac{\text{volume yang hilang}}{P.L}$$

$$= \frac{0,031}{2,12.14,64}$$

$$= \frac{0,031}{31,037} = 9,988 \times 10^{-4} \frac{\text{mm}^3}{\text{kgm}}$$

Penelitian yang dilakukan dalam uji unsur bahan adalah untuk mengetahui kandungan unsur karbon (C) yang terdapat didalam kampas rem Mitsubishi maupun kampas rem Indopart. Untuk memperoleh data mengenai unsur karbon yang terkandung pada kampas rem, dilakukan dengan melalui proses kimia analitik dengan menggunakan cairan kimia. Dengan menggunakan cairan tersebut dapat diketahui jumlah unsur karbon yang terdapat dalam kampas rem.

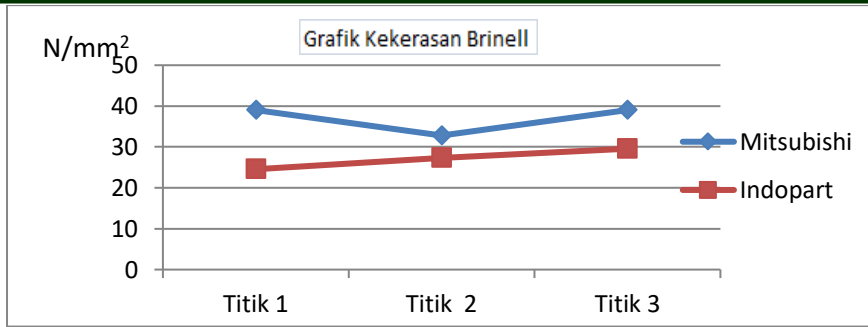
Uji kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode brinell. Dimana dalam pengujian ini dilakukan dengan membandingkan 2 spesimen yang berasal dari kampas rem Mitsubishi dan Kampas rem Indopart. Pada masing-masing spesimen dilakukan 3 kali percobaan dengan menggunakan 3 titik yang berbeda pada tiap spesimennya. Itu dilakukan untuk dapat mengetahui hasil data dari pengujian kekerasan brinell. Setelah data diketahui dan perhitungan nilai kekerasan telah diperoleh melalui percobaan yang dilakukan, maka perbandingan nilai kekerasan pada kampas rem Mitsubishi dan kampas rem Indopart dapat dilihat pada grafik.

Tabel 4. Data hasil pengujian kekerasan Brinell kampas rem Mitsubishi

No	Pengujian	Beban Bola Baja (P)	Mitsubishi		BHN N/mm ²
			Strip	(mm)	
1	1	153,2	30	2	39,03
2	2	153,2	32	2,13	32,80
3	3	153,2	30	2	39,03
Rata – rata nilai kekerasan kampas rem Mitsubishi					36,953

Tabel 5. Data hasil pengujian kekerasan Brinell kampas rem Indopart

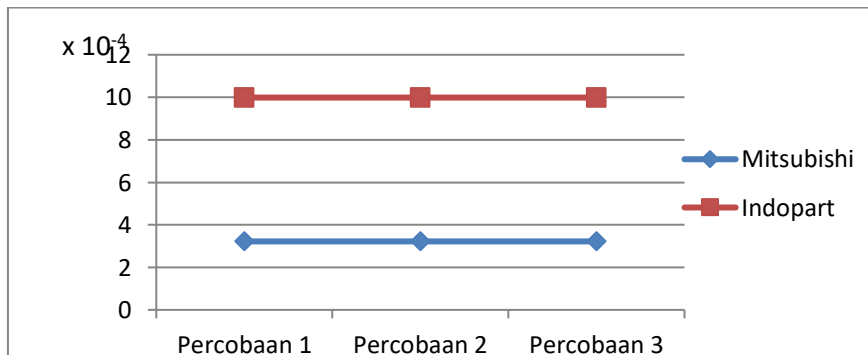
No	Pengujian	Beban Bola Baja (P)	Indopart		BHN N/mm ²
			Strip	(mm)	
1	1	153,2	35	2,33	24,55
2	2	153,2	34	2,26	27,30
3	3	153,2	33	2,2	29,57
Rata – rata nilai kekerasan kampas rem Indopart					27,14



Gambar 5. Grafik Uji Kekerasan Brinell

Grafik di atas menunjukkan bahwa kampas rem Mitsubishi lebih keras dibandingkan dengan kampas rem Indopart. Itu membuktikan bahwa kandungan karbon yang terdapat di dalam kampas rem Mitsubishi lebih besar di bandingkan dengan kampas rem Indopart. Nilai kekerasan pada kampas rem Mitsubishi mencapai 39,953 N/mm² sedangkan pada kampas rem Indopart hanya mencapai nilai 27,14 N/mm².

Dalam uji keausan dilakukan dengan membandingkan 2 spesimen dimana di tiap spesimen tersebut telah dilakukan pengujian 3 kali percobaan melalui 3 titik yang berbeda di masing-masing spesimen. Data dari 3 titik tersebut digunakan sebagai data dalam melakukan perhitungan . setelah dilakukan perhitungan keausan di dapat data atau nilai dari penelitian tentang keausan kampas rem. Perbandingan keausan pada kampas rem Mitsubishi dengan kampas rem Indopart dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 6. Grafik Uji Keausan

Tabel 6. Perbandingan Perhitungan Keausan Kampas Rem

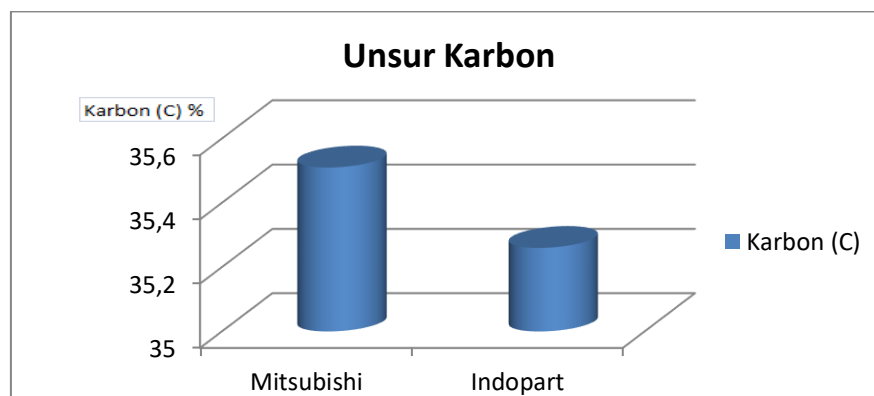
No	Perhitungan	Mitsubishi	Indopart
1	Panjang goresan ($b_{rata-rata}$)	2,73 mm	2,91 mm
2	Lebar goresan (d)	0,21 mm	,23 mm
3	Luas permukaan keausan (A)	0,573 mm ²	0,669 mm ²
4	Tinggi segitiga (t)	13,531 mm	13,521 mm
5	Luas segitiga AOC	9,234 mm ²	9,836 mm ²
6	Luas segitiga ACD	18,468 mm ²	19,672 mm ²
7	Mencari sudut CAD	11,478 ⁰	12,280 ⁰
8	Mencari luas tembereng	0,049 mm ²	0,138 mm ²
9	Volume keausan yang hilang	0,010 mm ³	0,031 mm ³
10	Kedalaman keausan (h)	0,018 mm	0,046 mm
11	Jarak tempuh (L)	14,64 m	14,64 m



12	Laju keausan (W_s)	$3,221 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{kgm}$	$9,988 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{kgm}$
----	------------------------	--	--

Tabel 7. Uji Unsur Bahan

No	Sampel	Parameter	Hasil Pengukuran	Metode
1.	Kampas Rem Mitsubishi	C	35,5182%	Gravimetry
2.	Kampas Rem Indopart	C	35,2666%	Gravimetry



Gambar 7. Grafik Uji Unsur Bahan

Pada grafik di atas dapat diketahui nilai unsur karbon pada kampas rem Mitsubishi lebih besar di bandingkan dengan kampas rem Indopart. Nilai dari kampas rem Mitsubishi yaitu 35,5182 %, sedangkan kampas rem Indopart yaitu 35,2666 %. Itu berarti unsur karbon yang ada pada kampas rem Mitsubishi lebih besar dibandingkan dengan kampas rem Indopart.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat di ambil kesimpulan bahwa :

- Nilai kekerasan kampas rem Mitsubishi lebih besar dibandingkan dengan kampas rem Indopart.
- Pada kampas rem Mitsubishi tingkat keausannya lebih rendah dibandingkan dengan kampas rem Indopart.
- Unsur karbon yang terkandung pada kampas rem Mitsubishi lebih besar dibandingkan dengan kampas rem Indopart.
- Semakin tinggi unsur karbon yang terdapat pada kampas rem maka nilai kekerasan pada kampas rem akan tinggi serta nilai keausan kampas rem semakin rendah dan sebaliknya.





Saran

Dengan telah di perolehnya data tentang kekerasan dan keausan pada kampas rem maka kita dapat memilih atau mengetahui perbedaan tentang kualitas antara kampas rem Mitsubishi dengan kampas rem Indopart. Oleh sebab itu, mulai saat ini kita dapat memilih kampas rem yang aman bagi kendaraan kita dan khususnya dapat memberikan rekomendasi bagi lembaga AKADEMI MILITER dalam memilih kampas rem yang tepat untuk digunakan pada kendaraan dinas.

Daftar Pustaka

- Surdia, Tata dan Shinroku Saito. 1984. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Bandung : Pradnya Paramita.
- Sriati, Djapri. 1993. *Metalurgi Mekanik*. Jakarta : Erlangga.
- Surdia, Tata dan Kenji Chijiwa. 1986. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta : PT. Prandnya Paramita.
- Wahyudin K dan Wahyu Hidayat. 2001. *Pengetahuan Logam*. Departemen pendidikan dan kebudayaan RI.
- <http://okasatria.blogspot.com/2007/11/pengujian-kekerasan-oleh-okasatria.html>.
- <http://www.gordonengland.co.uk/hardness/brinell.htm>.
- <http://blog.unsri.ac.id/amir/32>. diakses 16 Februari 2012).
- <http://fariiedkurosaki.blogspot.com/2010/01/pengujian-kekerasan.html>.
- http://www.openstorage.gunadarma.ac.id/pengujian_keausan.html.
- <http://www.repository.unhas.ac.id>.
- <http://liecklongley.files.wordpress.com>.
- <http://faraland.files.wordpress.com>.
- <http://basicsphysics.blogspot.com>.
- <http://hogasaraqih.files.wordpress.com>