

## UJI STRUKTUR BAHAN KAMPAS REM TROMOL PADA KENDARAAN TRUK MITSUBISHI 120 PS MERK MITSUBISHI DAN MERK INDOPARTS

Budi Harjanto<sup>1</sup>, Heri Wijanarko<sup>2</sup>, Sukahar<sup>3</sup>

Teknik Mesin Pertahanan. Akademi Militer<sup>1,2,3</sup>

[budiharjanto@nikmesinhan.akmil.ac.id](mailto:budiharjanto@nikmesinhan.akmil.ac.id), [heriwijanarko@nikmesinhan.akmil.ac.id](mailto:heriwijanarko@nikmesinhan.akmil.ac.id),  
[sukahar@nikmesinhan.akmil.ac.id](mailto:sukahar@nikmesinhan.akmil.ac.id)

### Abstract

*The Mitsubishi 120 PS truck is one of the service vehicles at the Military Academy. This truck is frequently used to transport cadets, particularly to training areas. Given the challenging terrain cadets must navigate, including both uphill and downhill roads, an optimal and consistent braking system is required. This study aims to analyze the wear rate of the drum brake pads used in the Mitsubishi 120 PS truck. The research focuses on determining the hardness, wear rate, and carbon content of the drum brake pads of the Mitsubishi brand compared to the Indoparts brand through hardness, wear, and material composition tests. The test results showed that the hardness of Mitsubishi brake pads is 78.06 kg/mm<sup>2</sup>, which is higher than Indoparts at 58.25 kg/mm<sup>2</sup>. The wear rate for Mitsubishi pads is  $5.79 \times 10^{-4}$  mm<sup>3</sup>/kg.m, which is lower than Indoparts at  $1.1599 \times 10^{-3}$  mm<sup>3</sup>/kg.m. The carbon content in Mitsubishi pads is 35.48%, higher than Indoparts at 33.18%. This indicates that the harder the brake pad, the lower its wear rate. Therefore, Mitsubishi drum brake pads are more durable and recommended due to their higher resistance to wear.*

**Keywords:** Drum brake pads, Mitsubishi 120 PS truck, hardness, wear.

### Abstrak

Kendaraan truk Mitsubishi 120 PS merupakan salah satu kendaraan dinas di Akademi Militer. Truk ini sering digunakan untuk pergeseran pasukan khususnya taruna ke daerah latihan. Ditinjau medan latihan taruna yang harus dilewati, baik jalan turunan maupun tanjakan dibutuhkan sistem pengereman yang sama dan optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa tingkat keausan dari kampas rem tromol yang digunakan pada truk Mitsubishi 120 PS. Untuk itu perlu dicari nilai kekerasan, nilai keausan dan kandungan unsur karbon pada kampas rem tromol merk Mitsubishi dengan tipe merk Indoparts pada kendaraan ini, dengan cara pengujian kekerasan, keausan dan unsur bahan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kekerasan kampas rem merk Mitsubishi yaitu 78,06 kg/mm<sup>2</sup> lebih besar dari merk Indoparts yaitu 58,25 kg/mm<sup>2</sup>. Untuk nilai keausan merk Mitsubishi yaitu  $5,79 \times 10^{-4}$  mm<sup>3</sup>/kg.m lebih kecil dibanding dengan merk Indoparts yaitu  $1,1599 \times 10^{-3}$  mm<sup>3</sup>/kg.m. Untuk Kandungan karbon kampas merk Mitsubishi mempunyai kandungan karbon sebesar 35,48 % lebih besar dibanding dengan merk Indoparts yaitu 33,18 %. Hal ini menunjukkan bahwa semakin keras kampas rem makin kecil nilai keausannya. Oleh karena itu kampas rem tromol merk Mitsubishi lebih baik digunakan dan tahan lama karena tidak cepat aus.

**Kata kunci :** Kampas rem tromol, Truk Mitsubishi 120 PS, kekerasan, keaus.

## PENDAHULUAN

Akademi Militer, sebagai lembaga pendidikan militer di Indonesia, memiliki peran penting dalam mencetak perwira TNI AD yang berkualitas, profesional, serta memiliki sikap dan perilaku prajurit Saptamarga. Salah satu komponen pendukung dalam melaksanakan tugasnya adalah Perbekalan dan Angkutan (Bekang) Akmil, yang mengelola kendaraan dinas seperti truk Mitsubishi 120 PS untuk operasional organik dan Taruna Akmil. Kendaraan ini sering digunakan oleh Taruna untuk pergeseran pasukan ke daerah latihan yang umumnya berupa medan pegunungan dan perbukitan dengan akses jalan terjal dan berkelok. Kondisi medan ini menuntut truk Mitsubishi 120 PS tidak hanya memiliki mesin yang baik, tetapi juga sistem pengereman yang optimal. Salah satu komponen penting dalam sistem pengereman adalah kampas rem tromol. Kualitas kampas rem sangat mempengaruhi efektivitas pengereman, di mana kampas rem dengan tingkat keausan rendah akan menghasilkan sistem pengereman yang optimal dan lebih tahan lama, serta menguntungkan dari segi ekonomi. Berdasarkan hal tersebut, penulis bermaksud melakukan penelitian dengan judul "Uji Struktur Bahan Kampas Rem Tromol pada Kendaraan Truk Mitsubishi 120 PS Merk Mitsubishi dan Merk Indoparts" untuk mengetahui tipe kampas rem yang lebih baik. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi bahan pertimbangan bagi satuan dalam memilih kampas rem yang optimal guna mendukung kinerja sistem pengereman kendaraan ini.



## LANDASAN TEORI

### Data Teknis Truk Mitsubishi 120 PS

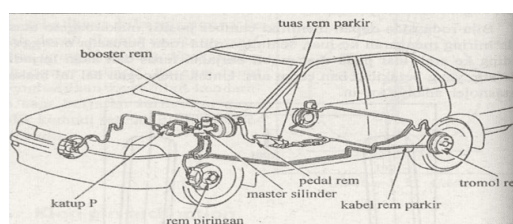


Gambar 1. Truk Mitsubishi 120 PS

Kendaraan Mitsubishi 120PS memiliki spesifikasi sebagai berikut: No chasis 041449, daya angkat maksimum 2500 kg, jumlah roda 6, dan ukuran ban 750-16. Mesin bermodel 4D34-2AT8 adalah mesin diesel 4 langkah dengan pendingin air dan turbo inter cooler, memiliki 4 silinder sejajar, diameter x langkah 104 mm x 115 mm, isi silinder 3.908 cc, daya maksimum 125 PS pada 2900 rpm, dan torsi maksimum 33 Kgm pada 1600 rpm. Berat chasis mencapai 2310 kg dengan GVB 7500 kg. Kendaraan ini dapat melaju hingga kecepatan maksimum 120 km/jam, memiliki daya tanjak 41.0, dan radius putar minimum 7.0 m. Transmisi model M035S5 terdiri dari 5 gigi maju dan 1 gigi mundur dengan perbandingan gigi 5.380-0.722 untuk gigi maju dan 5.830 untuk gigi mundur. Sistem suspensi depan dan belakang menggunakan semi eliptic laminated leaf springs dengan shock absorber. Rem kaki menggunakan sirkuit ganda hidraulis dengan vacuum servo assistance, sedangkan rem tangan bertipe internal expanding pada transmisi belakang. Daya dukung listrik berasal dari accu 24 V, 60 AH (N50Z), dan kapasitas tangki solar mencapai 100 liter.

### Sistem Pengereman.

Sistem pengereman pada kendaraan berfungsi untuk memperlambat atau menghentikan laju kendaraan dengan menggunakan gaya gesek. Rem ditempatkan di setiap roda, dengan kekuatan pengereman roda depan lebih besar dibandingkan roda belakang. Sistem rem harus memenuhi syarat seperti kinerja baik, daya tahan, dan kemudahan perbaikan. Ada dua jenis rem utama: rem kaki (hidrolik dan pneumatik) dan rem tangan. Rem hidraulik, yang umum digunakan, bekerja dengan menyalurkan tekanan dari pedal rem melalui minyak rem. Rem terdiri dari rem tromol dan rem cakram, di mana rem tromol menggunakan sepatu rem untuk menekan tromol dan rem cakram menjepit cakram yang terhubung dengan roda. Rem cakram memiliki beberapa keunggulan, seperti daya pengereman yang konsisten dan pendinginan yang lebih baik, meskipun memerlukan tenaga lebih besar dan lebih rentan terhadap debu.



Gambar 2. Rangkaian rem pada kendaraan



### Komposisi Kampas Rem.

Sejak awal 1870-an, material kampas rem telah berevolusi dari kayu ke logam untuk meningkatkan daya tahan. Pada tahun 1897, rem teromol mulai menggunakan kampas berbahan campuran sabut dan kain katun. Asbestos diperkenalkan pada awal 1900-an, tetapi penggunaannya dihentikan pada 1994 karena risiko kesehatan, digantikan oleh bahan seperti brass, copper fiber, dan aramid pulp. Kampas rem non-asbestos dibagi menjadi dua jenis: low steel dan non-steel, yang menawarkan ketahanan panas dan performa friksi baik, meskipun lebih mahal dan menghasilkan kotoran hitam. Di masa depan, bahan keramik yang lebih tahan panas mungkin semakin digunakan, meskipun saat ini masih mahal. Komposisi kampas rem asbestos terdiri dari 40-60% asbestos, 12-15% resin, dan 15% BaSO<sub>4</sub>, sedangkan kampas non-asbestos menggunakan aramid, rockwool, fiberglass, dan bahan lainnya.

### Material Komposit untuk Kampas Rem.

Indonesia memiliki potensi besar dalam pengembangan material komposit untuk kampas rem dengan memanfaatkan sumber daya alam lokal seperti oksida logam dan bahan organik sebagai resin. Komposit kampas rem umumnya terdiri dari resin sebagai pengikat, serat, dan bahan pengisi yang berfungsi meningkatkan performa dan mengendalikan kecepatan aus. Resin epoxy digunakan sebagai pengikat dalam uji komposit ini. Pemilihan bahan untuk kampas rem harus mempertimbangkan performa friksi yang baik, biaya rendah, dan kecepatan aus yang rendah, sehingga seleksi dan evaluasi material yang cermat sangat penting.

### Pengujian Bahan.

Sifat-sifat khas bahan perlu dipahami dengan baik karena bahan digunakan untuk berbagai keperluan dan dalam berbagai keadaan. Beberapa sifat yang diinginkan meliputi sifat mekanik (kekuatan, kekerasan, keuletan), sifat listrik (hantaran listrik), sifat magnet (permeabilitas), sifat termal (konduktivitas), dan sifat kimia (ketahanan korosi). Sifat-sifat ini biasanya ditentukan oleh jenis dan perbandingan atom dalam bahan.

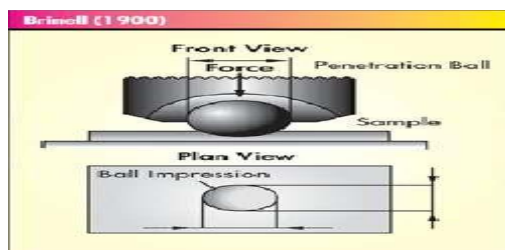
Pengujian bahan dapat dibedakan menjadi destruktif dan non-destruktif, dengan pengujian destruktif seperti percobaan tarik dan kekerasan. Pengujian kekerasan bertujuan untuk menentukan daya tahan material terhadap penekanan dan penting untuk material yang mengalami gesekan atau deformasi plastis. Pengujian ini membantu dalam mengevaluasi karakteristik material baru dan memastikan kualitas sesuai spesifikasi yang ditetapkan.

Pengujian kekerasan menggunakan 4 macam metode pengujian kekerasan antara lain:

Uji kekerasan Brinell (HN/BHN)

Pengujian kekerasan dengan metode Brinell bertujuan untuk menentukan daya tahan suatu material terhadap bola baja (indentor) yang ditekan pada permukaan material uji (spesimen). Metode ini ideal untuk material dengan permukaan kasar dan biasanya dilakukan dengan beban uji berkisar antara 500 hingga 3000 kgf. Bola baja yang digunakan sebagai indentor umumnya telah dikeraskan dan dilapisi atau terbuat dari bahan Karbida Tungsten.

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



Gambar 3. Pengujian Brinell

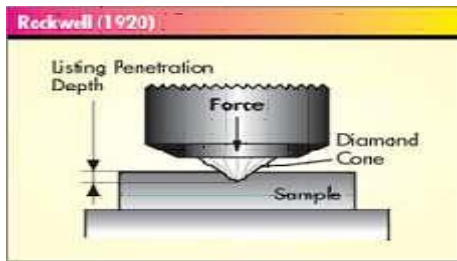
Dimana :

- D = Diameter bola (mm)
- d = impression diameter (mm)
- P = Load (beban) (N)
- HBN = Brinell result (HBN)

**Uji kekerasan Rockwell (HR/RHN)**

Pengujian kekerasan dengan metode Rockwell bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material berdasarkan daya tahan material terhadap indentor berupa bola baja atau kerucut intan yang ditekan pada permukaannya. Proses pengujian terdiri dari tiga langkah:

- a. benda uji ditekan oleh indentor dengan beban minor (Minor Load  $F_0$ ).
- b. beban mayor (Major Load  $F_1$ ) diterapkan.
- c. beban mayor diangkat, sehingga hanya beban minor yang tersisa, dan indentor tetap dalam kondisi tertekan saat total load  $F$  diterapkan.



Gambar 4. Pengujian Rockwell

$HR = E - e$

Dimana :

- $F_0$  = Beban Minor (Minor Load) (kgf)
- $F_1$  = Beban Mayor (Major Load) (kgf)
- $F$  = Total beban (kgf)
- $e$  = Jarak antara kondisi 1 dan kondisi 3 yang dibagi dengan 0.002 mm
- $E$  = Jarak antara indentor saat diberi minor load dan zero reference line yang untuk tiap jenis indentor berbeda-beda yang bias dilihat pada tabel.
- $HR$  = Besarnya nilai kekerasan dengan metode hardness.

Besarnya beban minor dan mayor tergantung pada jenis material yang diuji, yang dapat dilihat dalam Tabel Rockwell Hardness Scales.

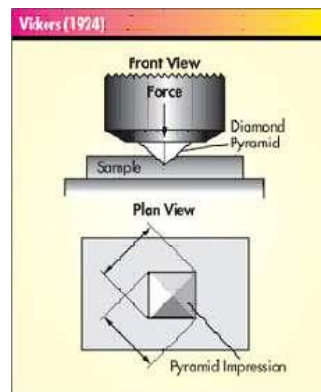
Tabel 1. Rockwell Hardness Scales

Scale	Indentor	$F_0$ (kgf)	$F_1$ (kgf)	$F$ (kgf)	$E$	Jenis Material Uji
A	Diamond	10	50	60	100	Extremely hard materials, high speed steels, etc.
B	1/16" steel ball	10	50	100	130	Medium hard materials, low speed steels, etc.
C	Diamond cone	10	140	150	100	Hardened steels, tool steels, and hardened alloys
D	Diamond cone	10	50	100	100	Hardened steels, tool steels, and hardened alloys
E	1/16" steel ball	10	50	100	130	Brass, copper, phosphor bronze, etc.
F	1/16" steel ball	10	50	60	130	Aluminum alloys
G	1/16" steel ball	10	140	150	130	Cast iron, aluminum alloys
H	1/8" steel ball	10	50	60	130	Hard and soft metals, spring steels, etc.
K	1/8" steel ball	10	140	150	130	Same as H scale
L	1/4" steel ball	10	50	60	130	Same as H scale
M	1/4" steel ball	10	50	100	130	Same as H scale
P	1/4" steel ball	10	140	150	130	Same as H scale
R	1/2" steel ball	10	50	60	130	Same as H scale
S	1/2" steel ball	10	50	100	130	Same as H scale
V	1/2" steel ball	10	140	150	130	Same as H scale



### Uji kekerasan Vikers (HV/VH)

Pengujian kekerasan dengan metode Vickers bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material berdasarkan daya tahan material terhadap indenter intan berbentuk piramid. Beban yang digunakan dalam pengujian ini berkisar antara 1 hingga 1000 gram, yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan metode Rockwell dan Brinell. Nilai kekerasan Vickers (HV) didefinisikan sebagai hasil bagi beban uji (F) dengan luas permukaan bekas luka tekan dari indenter (diagonalnya) (A), dikalikan dengan  $\sin(136^\circ/2)$ . Rumus untuk menghitung kekerasan Vickers dapat dinyatakan sebagai:



Gambar 5. Pengujian Vikers

$$\dots F \cdot \sin \frac{136^\circ}{2}$$

$$HV = \frac{F}{A} \times \sin \frac{136^\circ}{2}$$

$$HV = 1,854 \frac{F}{d^2}$$

Dimana,

HV = Angka kekerasan Vickers

F = Beban (kgf)

d = diagonal (mm)

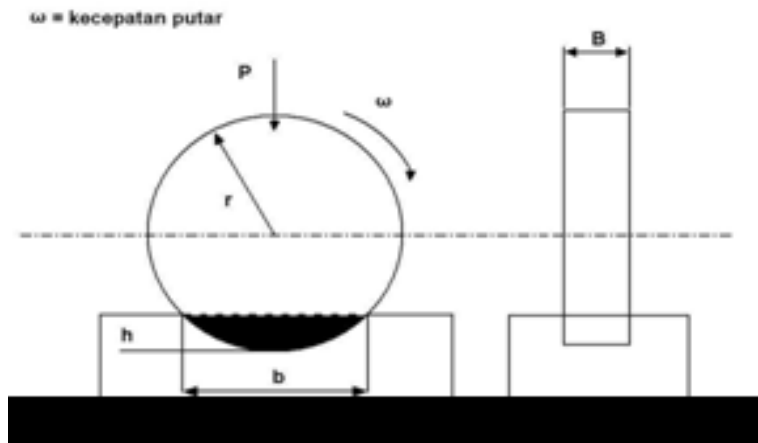
### Pengujian nondestruktif

adalah metode pengujian yang tidak merusak material untuk mendeteksi cacat. Meskipun cacat mungkin kecil, tidak ada material yang sepenuhnya bebas dari cacat. Beberapa metode pengujian nondestruktif termasuk pengujian pewarnaan yang menggunakan cairan fluoresen untuk mendeteksi celah pada permukaan, pengujian bubuk magnet untuk mendeteksi retakan pada bahan yang dapat dimagnetkan, dan pengujian arus eddy yang memanfaatkan perubahan arus pada batang uji untuk mengidentifikasi cacat. Pengujian penyinaran menggunakan sinar X atau sinar gamma untuk mengamati bayangan pada film dan mendeteksi cacat berdasarkan perbedaan absorpsi sinar. Pengujian ultrasonik menggunakan gelombang ultrasonik untuk mendeteksi cacat melalui pantulan gelombang, sedangkan pengujian pancaran akustik mendeteksi gelombang suara yang dihasilkan oleh deformasi atau patahan dalam material. Metode-metode ini memungkinkan identifikasi cacat tanpa merusak bahan yang diuji.

### Pengujian Keausan

Kinerja suatu komponen struktur dan mesin sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat material yang digunakan, yang mencakup logam, polimer, keramik, gelas, dan komposit. Sifat material sering kali membatasi kinerjanya, dan kinerja biasanya ditentukan oleh kombinasi berbagai sifat seperti

kekerasan, keausan, friksi, dan pelumasan. Ilmu yang mempelajari hal ini dikenal sebagai tribologi. Keausan didefinisikan sebagai kerusakan permukaan padatan akibat gesekan, yang tidak merupakan sifat dasar material, melainkan respon terhadap kontak permukaan. Pengujian keausan dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya adalah metode ogoshi, yang menggunakan cincin berputar untuk memberikan beban gesek. Kontak berulang ini menghilangkan sebagian material dari permukaan benda uji, dan kedalaman jejak keausan menunjukkan tingkat keausan; semakin besar jejaknya, semakin tinggi volume material yang terkelupas.



Gambar 6. Pengujian Keausan

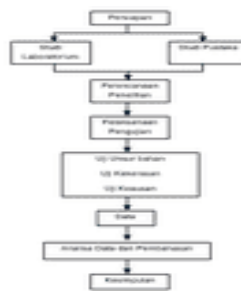
$$W_s = \frac{B \cdot b^3}{8 \cdot r \cdot P \cdot l} = \frac{1,5 \cdot W_o}{P \cdot l}$$

Ket :

- $W_s$  = Keausan (  $mm^3/kgm$  )
- $W_o$  = volume yang hilang (  $mm^3$  )
- B = lebar revolving disk ( mm )
- d = lebar keausan ( mm )
- b = panjang goresan ( mm )
- r = jari-jari revolving disk ( mm )
- P = beban ( 2,12 kg )
- l = panjang langkah ( mm )

**METODE PENELITIAN**

Diagram Alir Penelitian.



Gambar 7. Diagram Alir

Alat yang digunakan

Pengujian menggunakan berbagai peralatan, antara lain alat uji kekerasan Brinnel, gergaji besi, kikir, mistar, kertas amplas, stempel baja, kertas amplas tahan air, Mesin Uji Keausan, Mistar, Jangka Sorong, Amplas, Mikroskop dan Lensa Mikroskop



Gambar 8 Mesin Uji Keausan



Gambar 9. Alat Uji kekerasan

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini meliputi kampas rem merk Mitsubishi dan Indoparts, spesimen kampas rem, serta cairan kimia dari Kimia Analitik untuk keperluan pengujian.



Gambar 10. Spesimen kampas rem Merk Mitsubishi



Gambar 12. Spesimen kampas rem Merk Indoparts

**Prosedur Pengambilan Sumber Data.**

Proses pengambilan data dimulai dengan pembuatan spesimen kampas rem dari merk Mitsubishi dan Indoparts di laboratorium, guna memudahkan penelitian. Pengujian yang dilakukan meliputi uji kekerasan Brinnel, di mana sebuah peluru baja ditekan pada permukaan benda uji untuk mengukur kekerasan (HBN), uji keausan untuk menilai tingkat kehilangan material akibat gesekan, serta uji unsur bahan untuk mengetahui kandungan karbon dalam kampas rem menggunakan metode kimia analitik.

Data diperoleh melalui hasil uji kekerasan, uji keausan, dan uji unsur bahan yang dilakukan di laboratorium. Selain itu, studi pustaka dilakukan dengan meninjau penelitian sebelumnya yang relevan dengan tujuan penelitian ini.

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Hasil Pengujian.

a. Hasil Pengujian kekerasan

Tabel 2.Data Hasil Pengujian Kekerasan

No	Pengujian	Tebalan Bola Baja P (N)	D			
			Merk Mitsubishi		Merk indoparts	
			Ding (mm)	mm)	Ding (mm)	mm)
1.	1	189,2	25	1,8	26	1,7
2.	2	189,2	24	1,8	27	1,8
3.	3	189,2	25	1,7	26	1,6



Ket : 15 strip = 1 mm

P = beban bola baja = 153,2 N

D = diameter penekan = 2,5 mm

d = diameter injakan penekan



Gambar 13. Foto spesimen setelah uji Brinell

b. Perhitungan Kekerasan

Rumus uji kekerasan brinell :

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

Kampas rem merk Mitsubishi :

$$\begin{aligned} 1) \quad \text{BHN}_1 &= \frac{2.153,2}{(7,85)(2,5 - \sqrt{2,5^2 - 1,5^2})} \\ &= \frac{306,4}{3,925} = 78,06 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad \text{BHN}_2 &= \frac{2.153,2}{(7,85)(2,5 - \sqrt{2,5^2 - 1,6^2})} \\ &= \frac{306,4}{4,553} = 67,29 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \quad \text{BHN}_3 &= \frac{2.153,2}{(7,85)(2,5 - \sqrt{2,5^2 - 1,7^2})} \\ &= \frac{306,4}{5,26} = 58,25 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Kampas rem merk Indoparts :

$$\begin{aligned} 1) \quad \text{BHN}_1 &= \frac{2.153,2}{(7,85)(2,5 - \sqrt{2,5^2 - 1,7^2})} \\ &= \frac{306,4}{5,26} = 58,25 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad \text{BHN}_2 &= \frac{2.153,2}{(7,85)(2,5 - \sqrt{2,5^2 - 1,8^2})} \\ &= \frac{306,4}{6,044} = 60,69 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \quad \text{BHN}_3 &= \frac{2.153,2}{(7,85)(2,5 - \sqrt{2,5^2 - 1,8^2})} \\ &= \frac{306,4}{6,908} = 44,4 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

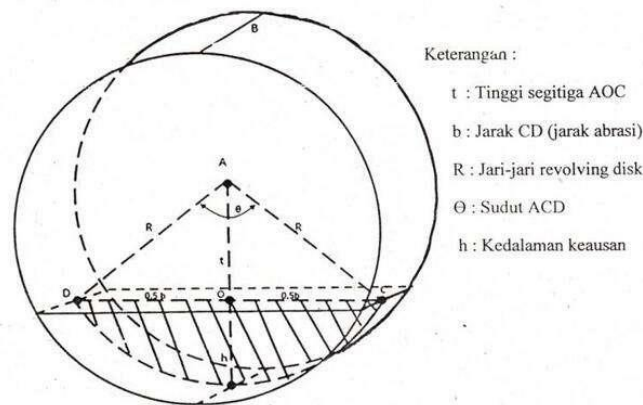


## c. Hasil Pengujian Keausan

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Keausan

No	Pengujian	Waktu (s)	B			
			Merk Mitsubishi		Merk Indoparts	
			Strip	(mm)	Srtip	(mm)
1.	1	60	40	2,67	50	3,33
2.	2	60	37	2,46	40	2,67
3.	3	60	40	2,67	45	3

Ket : 15 strip = 1 mm  
 Beban = 2,12 kg  
 $d = 27,2$  ;  $R = 13,6$  mm  
 tebal = 3,3 mm



Gambar 14. Metode Mencari volume keausan

## d. Perhitungan Keausan

Kampas Rem Merk Mitsubishi

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

$$b_{rata-rata} = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} = \frac{2,67 + 2,46 + 2,67}{3} = 2,6 \text{ mm}$$

## 2) Mencari lebar goresan (d) :

$$d = d_1 + d_2 + d_3 = 0,05 + 0,09 + 0,06 = 0,2 \text{ mm}$$

## 3) Luas permukaan keausan (A) :

$$A = b_{rata-rata} \cdot d = 2,6 \cdot 0,2 = 0,52 \text{ mm}^2$$

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

$$t^2 = R^2 - (0,5b)^2$$

$$t = \sqrt{R^2 - (0,5b)^2}$$

$$= \sqrt{13,6^2 - (0,5 \cdot 2,6)^2}$$

$$= 13,537 \text{ mm}$$

## 5) Luas segitiga AOC :

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

$$= \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 2,6 \cdot 13,537 = 8,79 \text{ mm}^2$$



- 6) Luas segitiga ACD :  
 Luas  $\Delta ACD = 2 \times \text{Luas } \Delta AOC$   
 $= 2 \times 8,79 = 17,598 \text{ mm}^2$
- 7) Mencari sudut CAD ( $\theta$ ) :  
 Luas  $\Delta ACD = \frac{1}{2} \cdot (AD) \cdot (AC) \cdot \sin \theta = \frac{1}{2} \cdot (R) \cdot (R) \cdot \sin \theta = \frac{1}{2} \cdot R^2 \cdot \sin \theta$
- $$\begin{aligned} \sin \theta &= \frac{2 \times \text{Luas } \Delta ACD}{R^2} \\ &= \frac{2 \times 17,598}{13,6^2} \\ &= \frac{2 \times 19,672}{184,96} \\ &= 0,2127 \\ \theta &= \sin^{-1}(0,19) = 1,96^\circ \end{aligned}$$
- 8) Mencari luas tembereng :  
 Luas tembereng = Luas juring – Luas  $\Delta ACD$   
 Luas tembereng =  $\frac{\theta}{360^\circ} \times \pi \cdot R^2 - \text{Luas } \Delta ACD$   
 Luas tembereng =  $\frac{10,96^\circ}{360^\circ} \times 3,14 \cdot 13,6^2 - 17,598$   
 $= 0,092 \text{ mm}^2$
- 9) Volume keausan yang hilang :  
 Volume yang hilang = Luas tembereng x d  
 $= 0,092 \times 0,2 = 0,018 \text{ mm}^3$
- 10) Kedalaman keausan (h):  
 $h = \frac{\text{volume yang hilang}}{\text{Luas permukaan}}$   
 $= \frac{0,018}{0,52} = 0,035 \text{ mm}$
- 11) Jarak tempuh (L) :  
 L = Kecepatan putar disk x waktu  
 $= 0,244 \times 60 = 14,64 \text{ m}$
- 12) Laju keausan ( $W_s$ )  
 $W_s = \frac{\text{volume yang hilang}}{P.L}$   
 $= \frac{0,018}{2,12 \cdot 14,64}$   
 $= \frac{0,018}{31,037} = 5,79 \times 10^{-4} \frac{\text{mm}^3}{\text{kgm}}$

#### Kampas Rem Merk Indoparts

- 1) Mencari panjang goresan ( $b_{\text{rata-rata}}$ ) :  
 $b_{\text{rata-rata}} = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} = \frac{3,3 + 2,67 + 3}{3} = 3 \text{ mm}$
- 2) Mencari lebar goresan (d) :  
 $d = d_1 + d_2 + d_3 = 0,04 + 0,11 + 0,07 = 0,22 \text{ mm}$
- 3) Luas permukaan keausan (A) :  
 $A = b_{\text{rata-rata}} \cdot d = 3 \cdot 0,22 = 0,66 \text{ mm}^2$
- 4) Tinggi segitiga (t), kita tinjau segitiga AOC :  
 $t^2 = R^2 - (0,5b)^2$   
 $t = \sqrt{R^2 - (0,5b)^2}$   
 $= \sqrt{13,6^2 - (0,5 \cdot 3)^2}$   
 $= \sqrt{184,96^2 - 2,25}$   
 $= \sqrt{182,71}$   
 $= 13,517 \text{ mm}$
- 5) Luas segitiga AOC :



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

$$= \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 3 \cdot 13,517 = 10,137 \text{ mm}^2$$

6) Luas segitiga ACD :

$$\text{Luas } \Delta ACD = 2 \times \text{Luas } \Delta AOC$$

$$= 2 \times 10,137 = 20,275 \text{ mm}^2$$

7) Mencari sudut CAD ( $\theta$ ) :

$$\text{Luas } \Delta ACD = \frac{1}{2} \cdot (AD) \cdot (AC) \cdot \sin \theta = \frac{1}{2} \cdot (R) \cdot (R) \cdot \sin \theta = \frac{1}{2} \cdot R^2 \cdot \sin \theta$$

$$\sin \theta = \frac{2 \times \text{Luas } \Delta ACD}{R^2}$$

$$= \frac{2 \times 20,2755}{13,6^2}$$

$$= \frac{2 \times 19,672}{184,96}$$

$$= \frac{40,551}{184,96} = 0,219$$

$$\theta = \sin^{-1}(0,219) = 12,6^\circ$$

8) Mencari luas tembereng :

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

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

$$\text{Luas tembereng} = \frac{12,6^\circ}{360^\circ} \times 3,14 \cdot 13,6^2 - 20,2755$$

$$= 0,035 \times 3,14 \cdot 184,96 - 20,2755$$

$$= 20,4415 - 20,2755 = 0,166 \text{ mm}^2$$

9) Volume keausan yang hilang :

$$\text{Volume yang hilang} = \text{Luas tembereng} \times d$$

$$= 0,166 \times 0,22 = 0,036 \text{ mm}^3$$

10) Kedalaman keausan (h):

$$h = \frac{\text{volume yang hilang}}{\text{Luas permukaan}}$$

$$= \frac{0,036}{0,66} = 0,055 \text{ mm}$$

11) Jarak tempuh (L) :

$$L = \text{Kecepatan putar disk} \times \text{waktu}$$

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

12) Laju keausan ( $W_s$ )

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

$$= \frac{0,036}{2,12 \cdot 14,64}$$

$$= \frac{0,036}{31,037} = 1,1599 \times 10^{-3} \frac{\text{mm}^3}{\text{kgm}}$$

e. Pengujian Unsur Bahan

Pada pengujian unsur bahan disini yang diteliti adalah kandungan unsur karbon (C) yang terdapat pada kampas rem baik kampas rem tromol Merk Mitsubishi maupun Indoparts. pengujian ini dilakukan dengan proses kimia analitik dengan menggunakan cairan kimia. Data yang diperoleh adalah :

Tabel 4. Kandungan unsur karbon

No	Sampel	Parameter	Hasil Pengukuran	Metode
1.	Kampas Rem Tromol Merk Mitsubishi	C	35,48%	Gravimetry
2.	Kampas Rem Tromol Merk Indoparts	C	33,18%	Gravimetry

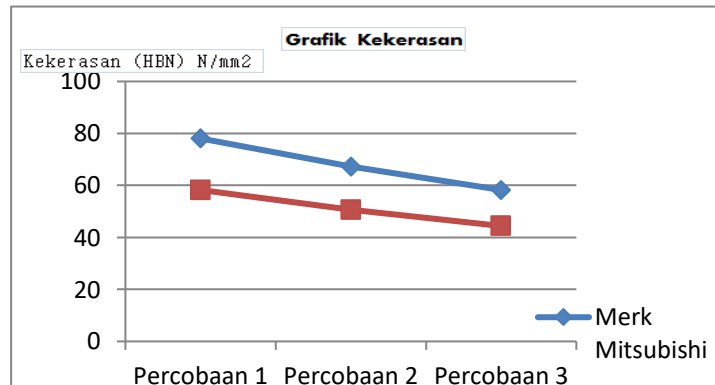




Pengujian atau analisa bahan kampas rem tromol dilakukan dengan menggunakan tiga pengujian yaitu pengujian kekerasan, pengujian keausan dan pengujian unsur bahan dimana yang dicari adalah kandungan karbon dalam kampas rem.

a. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan pada dua spesimen kampas rem merk Mitsubishi dan Indoparts menggunakan metode Brinnel. Setiap spesimen diuji tiga kali pada tiga titik berbeda. Hasil pengujian menghasilkan nilai kekerasan (HBN) untuk masing-masing percobaan, yang hubungannya dapat dilihat pada grafik yang disediakan.

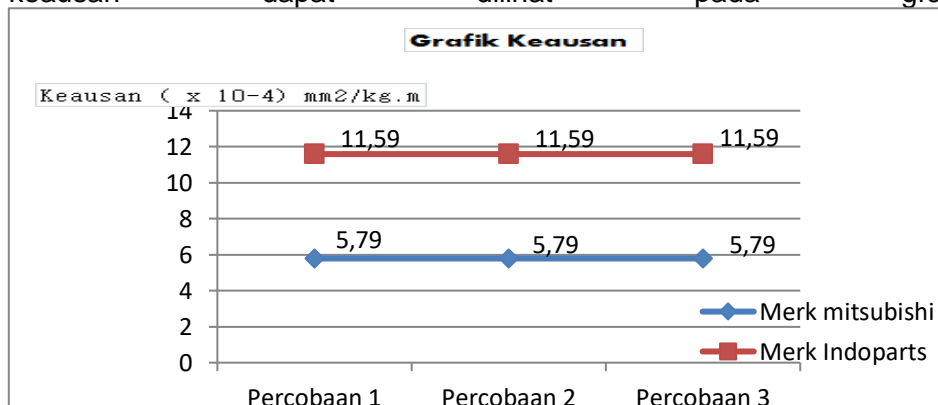


Gambar 15. Grafik kekerasan

Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai dari kekerasan (HBN) kampas rem Merk Mitsubishi lebih besar dari pada kampas rem Merk Indoparts. Hal ini bisa dilihat untuk besarnya nilai kekerasan dari kampas rem merk Mitsubishi mencapai  $78,06 \text{ kg/mm}^2$  sedang untuk kampas rem merk Indoparts besarnya adalah  $58,94 \text{ kg/mm}^2$ .

b. Pengujian Keausan

Sama halnya pada pengujian kekerasan, pengujian keausan dilakukan dengan membandingkan 2 spesimen. Dari masing-masing spesimen dilakukan tiga kali atau tiga titik sebagai data untuk mencari perhitungan nilai keausan. Setelah dilakukan perhitungan keausan diperoleh hasil atau besarnya nilai keausan. Hubungan antara besarnya nilai keausan dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 16. Grafik Keausan

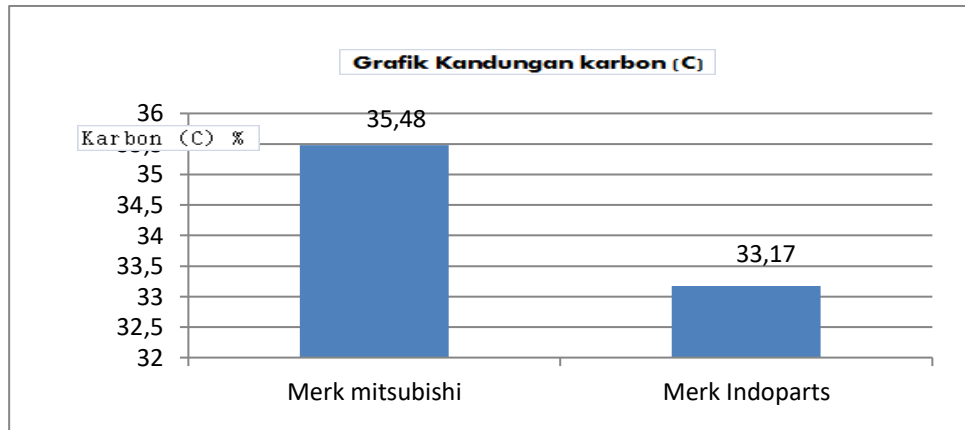
Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa dari 3 kali percobaan di tiga titik diperoleh hasil yaitu untuk kampas rem merk Mitsubishi mempunyai nilai keausan sebesar  $5,79 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{kg.m}$  dan untuk kampas rem merk Indoparts mempunyai nilai sebesar  $11,59 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{kg.m}$ . Hal ini berarti nilai keausan kampas rem merk Mitsubishi lebih kecil dari pada kampas rem merk Indoparts.

c. Pengujian Unsur Bahan





Pada pengujian unsur bahan kampas rem yang dilakukan adalah untuk mencari kandungan unsur karbon yang terdapat pada kampas rem. Karena unsur karbon merupakan unsur paling banyak yang terdapat pada kampas rem. Setelah dilakukan pengujian dengan cara proses kimia analitik diperoleh hasil yang dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Gambar 17. Grafik kandungan karbon

Dari hasil pengujian, kampas rem Mitsubishi mengandung karbon 35,48%, lebih tinggi daripada Indoparts yang mengandung 33,17%. Kandungan karbon yang lebih tinggi pada kampas rem meningkatkan nilai kekerasannya, yang berbanding terbalik dengan tingkat keausan. Artinya, kampas rem dengan kandungan karbon tinggi lebih keras dan tidak cepat aus, sehingga kampas rem Mitsubishi lebih awet dalam penggunaan sehari-hari.

### SIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan dan pengujian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Unsur karbon yang terkandung pada kampas rem tromol merk Mitsubishi lebih banyak dari kampas rem tromol merk Indoparts.
- Nilai kekerasan kampas rem tromol merk Mitsubishi lebih besar dibandingkan dengan kampas rem tromol merk Indoparts.
- Tingkat keausan atau nilai keausan kampas rem tromol merk Mitsubishi lebih kecil dibandingkan dengan kampas rem tromol merk Indoparts
- Semakin besar kandungan unsur karbon pada suatu kampas rem maka makin besar nilai kekerasannya dan makin kecil nilai keausan dari kampas rem tersebut.
- Kampas rem merk Indoparts akan lebih cepat aus dari pada kampas rem merk Mitsubishi.

### Saran

Adapun saran dari penulis dalam penelitian ini adalah agar pada kendaraan truk Mitsubishi 120 PS menggunakan kampas rem merk Mitsubishi dalam penggunaannya, karena kampas rem merk ini memiliki nilai keausan yang kecil dibanding dengan merk Indoparts. Oleh karena itu dalam penggunaannya sehari-hari akan awet, tahan lama karena tidak cepat aus.

### Daftar Pustaka

- A Budiarto, Nono. 2007. Modul Perakitan dan Pemasangan Sistem Rem dan Komponennya. Jakarta : Yudhistira
- Surdia, Tata dan Shinkoru Saito. Pengetahuan Bahan Teknik. 1985. Jakarta : PT Pradnya Paramita
- Mallawa, Cesarandie. 2010. Pengaruh Komposisi dan Diameter Serbuk Tempurung Kelapa Material Komposit Bahan Kampas Rem. Skripsi Teknik Mesin Universitas Hasanuddin,





Makassar.

Malau, Viktor dan Adhika Widyaparaga, 2008. Pengaruh Perlakuan Panas Quench Dan Temper Terhadap Laju Keausan, Ketangguhan Impak, Kekuatan Impak dan Kekerasan Baja XW 42 Untuk Keperluan Cetakan Keramik, dari

(<http://jurnal.pdii.lipi.go.id/admin/jurnal/30208186192.pdf>)

Kiswiranti, Desi. 2009. Pemanfaatan Serbuk Tempurung Kelapa Sebagai Alternatif Serat Penguat Bahan Friksi Nonasbes pada Pembuatan Kampas Rem Sepeda Motor. Skripsi Teknik Fisika Universitas Negeri Semarang, Semarang.

<http://dwikasudrajat.blogspot.com>.

<http://www.alatuji.com/article/detail/3/what-is-hardness-test-uji-kekerasan>.

<http://okasatria.blogspot.com>.

<http://www.gordonengland.co.uk/hardness/brinell.htm>.