

## ANALISIS PERBANDINGAN UJI KEAUSAN ANTARA KAMPAS KOPLING KUALITAS 1 DENGAN KUALITAS 2 PADA KENDARAAN SUZUKI KATANA

Sukahar<sup>1</sup>, Achmad Hafid<sup>2</sup>, Suparja<sup>3</sup>

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

sukahar@nikmesinhan.akmil.ac.id<sup>1</sup>, achmadhafid@nikmesinhan.akmil.ac.id<sup>2</sup>

suparja@nikmesinhan.akmil.ac.id<sup>3</sup>.

### Abstract

*To support high mobility and varied terrain, vehicles must have optimal engine performance, especially in the clutch system, which is prone to slipping due to clutch lining wear, increasing the risk of accidents. This study analyzes the wear level of Suzuki Katana clutch linings by comparing KW 1 and KW 2 through hardness, wear, and carbon content tests. The results indicate that KW 1 has a hardness of 251.34 kg/mm<sup>2</sup>, higher than KW 2, which is only 67.82 kg/mm<sup>2</sup>. The wear value of KW 1 is 0.003×10<sup>-4</sup> mm<sup>3</sup>/kg.m, lower than KW 2 at 0.0086×10<sup>-3</sup> mm<sup>3</sup>/kg.m. The carbon content in KW 1 reaches 44.0739%, higher than KW 2 at 32.3462%. These findings show that the higher the hardness of the clutch lining, the lower its wear rate, making KW 1 a better choice as it is more durable and resistant to wear.*

*Keywords: Clutch lining, wear, hardness, carbon content, Suzuki Katana.*

### Abstrak

Untuk mendukung mobilitas tinggi dan medan bervariasi, kendaraan harus memiliki performa mesin yang optimal, terutama pada kopling yang rentan mengalami slip akibat keausan kampas kopling, yang dapat meningkatkan risiko kecelakaan. Penelitian ini menganalisis tingkat keausan kampas kopling Suzuki Katana dengan membandingkan kampas kopling KW 1 dan KW 2 melalui uji kekerasan, keausan, dan kandungan karbon. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekerasan kampas KW 1 sebesar 251,34 kg/mm<sup>2</sup> lebih tinggi dibanding KW 2 yang hanya 67,82 kg/mm<sup>2</sup>. Nilai keausan KW 1 sebesar 0,003×10<sup>-4</sup> mm<sup>3</sup>/kg.m lebih kecil dibanding KW 2 sebesar 0,0086×10<sup>-3</sup> mm<sup>3</sup>/kg.m. Kandungan karbon pada KW 1 mencapai 44,0739%, lebih tinggi dibanding KW 2 yang hanya 32,3462%. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat kekerasan kampas kopling, semakin kecil tingkat keausannya, sehingga kampas kopling KW 1 lebih baik digunakan karena lebih tahan lama dan tidak cepat aus.

Kata Kunci: Kampas kopling, keausan, kekerasan, kandungan karbon, Suzuki Katana.

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi otomotif yang semakin pesat mendorong peningkatan kualitas dan kuantitas produksi kendaraan bermotor, termasuk kendaraan dinas seperti Suzuki Katana yang digunakan di lingkungan Akademi Militer. Seiring dengan tingginya mobilitas penggunaan kendaraan, permasalahan teknis seperti kerusakan pada sistem kopling, khususnya slip kopling, kerap terjadi. Hal ini mendorong perlunya penelitian terhadap kualitas komponen utama seperti kampas kopling, yang berfungsi sebagai penghubung dan pemutus tenaga dari mesin ke transmisi. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perbandingan tingkat keausan dan kekerasan material antara kampas kopling kualitas 1 dan kualitas 2, serta mengetahui unsur-unsur bahan penyusunnya. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pemilihan komponen berkualitas demi menunjang performa dan ketahanan kendaraan dinas.

## LANDASAN TEORI

### Kopling.

Kopling atau clutch adalah komponen transmisi yang menghubungkan poros engkol dengan roda gigi transmisi untuk menyalurkan tenaga mesin dan memungkinkan perubahan kecepatan. Saat pedal kopling ditekan, tenaga mesin terputus karena tekanan pada release fork mendorong release bearing, yang mengangkat pegas diafragma dan pressure plate sehingga clutch disc terlepas dari flywheel dan memungkinkan perpindahan gigi. Kopling terdiri dari beberapa jenis, seperti kopling gesek, fluida, sentrifugal, dan magnet, dengan kopling gesek tipe plat dan kerucut sebagai yang paling umum digunakan. Kopling plat terbagi menjadi kopling plat basah, yang lebih tahan aus karena terendam pelumas tetapi kurang efisien dalam menyalurkan tenaga, dan kopling plat kering, yang lebih cepat aus tetapi lebih efektif dalam pemindahan tenaga. Secara umum, kopling memiliki tiga bagian utama: unit kopling, tutup kopling, dan unit pembebas. Plat kopling yang ditempatkan antara roda gila dan plat tekan dilengkapi kampas serta kepingan logam untuk memperkuat dan menyalurkan panas, sementara pegas torsi di bagian tengahnya berfungsi meredam kejutan dan mencegah kerusakan seperti bengkok atau pecahnya plat kopling.

### Fungsi dan Jenis Kopling

Kopling berfungsi sebagai penghubung dan pemutus tenaga dari poros engkol ke transmisi. Kopling harus mampu meneruskan dan memutuskan tenaga mesin dengan halus serta tanpa hentakan. Berdasarkan cara kerjanya, kopling dibedakan menjadi beberapa jenis:

1. Kopling Otomatis. Bekerja berdasarkan gaya sentrifugal yang menghubungkan dan memutuskan tenaga sesuai dengan putaran mesin. Saat putaran rendah, pelat kopling merenggang, sedangkan saat putaran meningkat, gaya sentrifugal menekan pelat kopling sehingga tenaga mesin diteruskan ke transmisi.



2. Kopling Manual. Dikendalikan langsung oleh pengendara. Saat pedal kopling ditekan, hubungan tenaga antara mesin dan transmisi terputus, dan saat dilepas, tenaga mesin diteruskan ke transmisi.
3. Kopling Primer. Terletak pada poros engkol dan terdiri dari outer clutch, inner clutch, drive plate, dan drive gear. Saat mesin dalam putaran rendah, kopling primer belum bekerja, sedangkan pada putaran tinggi, kopling mulai menghubungkan tenaga ke transmisi.
4. Kopling Mekanik. Bekerja dengan tekanan pegas yang menekan kanvas kopling ke pelat kopling. Saat handel kopling ditarik, hubungan tenaga terputus, memungkinkan perpindahan gigi dengan mudah.
5. Kopling Ganda. Menggunakan kopling primer berbasis gaya sentrifugal dan kopling sekunder berbasis mekanik. Saat putaran mesin rendah, sepatu kopling tertahan oleh pegas, sedangkan pada putaran tinggi, gaya sentrifugal mengembang sepatu kopling, sehingga tenaga mesin diteruskan ke transmisi secara halus untuk menghindari hentakan saat masuk gigi pertama.

### Bagian-Bagian Kopling

Kopling terdiri dari dua bagian utama: rumah kopling (clutch outer drum) yang berputar dengan poros engkol dan pusat kopling (clutch center) yang terpasang pada ujung poros utama persneling. Perputaran dari rumah kopling ke pusat kopling diteruskan melalui pelat gesek (friction plates) dan pelat baja, yang saling bersentuhan. Pelat gesek mengikuti perputaran rumah kopling, sementara pelat baja mengikuti pusat kopling. Agar keduanya berputar bersamaan, pegas menekan pelat-pelat tersebut. Saat tekanan pegas dikurangi, kopling akan slip, sehingga tenaga tidak sepenuhnya diteruskan. Jika tekanan pegas dihilangkan, pusat kopling tidak lagi digerakkan oleh rumah kopling. Besarnya tekanan pegas diatur oleh pelat pengangkat (lifter plate) yang dikendalikan oleh handle kopling.

### Kampas Kopling

Kampas kopling berfungsi seperti kampas rem, yaitu mengubah energi kinetik menjadi energi panas melalui gesekan. Selama pengkoplingan, panas ditanggung oleh disk clutch (piringan kopling) dan pad clutch (kampas kopling), lalu diteruskan ke komponen lain seperti release fork dan release bearing. Kampas kopling yang baik harus memiliki koefisien gesek stabil, tidak mudah rusak, dan tetap efektif pada suhu tinggi. Jenis kampas kopling meliputi:

1. Organic → Terbuat dari cellulose dengan resin tahan panas, menggantikan asbes yang berbahaya. Memiliki gesekan baik, ringan digunakan, dan tidak merusak rotor, tetapi cepat aus dan tidak cocok untuk suhu tinggi.
2. Semi Metallic → Mengandung serbuk logam seperti brass atau steel fiber untuk stabilitas pada suhu tinggi. Banyak digunakan pada motor modern karena ketahanan fading dan friksi yang baik.
3. Full Metallic → Mayoritas berbahan logam dengan sedikit resin, cocok untuk suhu tinggi seperti balap. Memerlukan tenaga lebih besar untuk pelepasan kopling, menghasilkan debu yang mudah berkarat, dan digunakan pada sistem kopling kering.

### Bahan Penyusun Kampas Kopling.

Kampas kopling standar terdiri dari serat penguat (reinforcing fibres), pengikat (binders), dan pengisi (fillers). Serat penguat berfungsi meningkatkan kekuatan mekanik kampas kopling. Beberapa jenis serat penguat meliputi:

1. Asbes → Mineral berbentuk serat halus yang tahan panas, bahan kimia, dan api, namun berbahaya bagi kesehatan sehingga mulai ditinggalkan.
2. Logam (Metallic Fibres) → Mengandung baja, kuningan, atau tembaga untuk meningkatkan konduktivitas termal dan ketahanan terhadap oksidasi.
3. Kuningan → Paduan tembaga dan seng yang murah dan mudah dicor, tetapi kurang tahan terhadap korosi dan aus dibanding perunggu.
4. Tembaga → Memiliki hantaran listrik dan panas yang baik, digunakan dalam berbagai industri, tetapi rentan terhadap kegetasan hidrogen dan oksigen pada suhu tinggi.
5. Keramik → Material komposit dari logam oksida seperti alumina atau silikon karbida, tahan suhu tinggi hingga 3000°C, ringan, dan kuat, sehingga cocok sebagai serat penguat dalam kampas kopling.

### Tribologi

Tribologi adalah studi tentang gesekan, pelumasan, dan keausan, yang melibatkan berbagai disiplin ilmu seperti mekanika benda padat, mekanika fluida, ilmu bahan, dan kimia. Tujuan utama tribologi adalah meminimalkan gesekan yang dapat menghambat pergerakan komponen. Pelumasan digunakan untuk mengurangi gesekan dengan membentuk lapisan yang mempermudah pergerakan antar komponen. Beberapa bahan dengan koefisien gesek rendah dapat beroperasi tanpa pelumasan tambahan. Jika terjadi kontak langsung antar permukaan komponen, dapat terjadi keausan akibat terkikisnya material.

### Gesekan

Gesekan tidak selalu merugikan, seperti pada roda penggerak yang memanfaatkan gesekan untuk menghasilkan gaya dorong, serta kopling dan rem yang mengontrol kecepatan kendaraan. Dalam aplikasi ini, gesekan yang besar dan stabil diperlukan. Namun, pada sistem dengan kontak geser antar komponen, gesekan harus diminimalkan untuk mengurangi gaya, torsi, dan daya yang dibutuhkan. Gesekan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti adhesi, hambatan gelinding, efek viskoelastik, dan hambatan hidrodinamis. Adhesi adalah ikatan antara dua material yang bergantung pada struktur kimia dan kekasaran permukaan. Hambatan gelinding terjadi akibat deformasi elastis saat benda bergerak. Efek viskoelastik muncul dari deformasi material fleksibel, sementara hambatan hidrodinamis disebabkan oleh pergerakan

molekul pelumas di antara komponen yang bergerak. Dalam banyak mesin, berbagai bentuk gesekan ini terjadi secara bersamaan.

### Pelumasan

Pelumas berfungsi untuk mengurangi gesekan, menghilangkan panas, dan membersihkan kotoran dari bantalan serta elemen mesin. Pelumas yang baik harus memiliki kemampuan melumas tinggi, viskositas sesuai, tingkat penguapan rendah, serta aliran yang stabil pada berbagai suhu. Selain itu, pelumas harus memiliki konduktivitas panas yang baik, stabilitas kimia yang tinggi, kompatibel dengan komponen mesin untuk mencegah karat dan degradasi, serta ramah lingkungan.

### Kearausan

Kearausan adalah proses pengikisan secara bertahap pada permukaan benda yang saling bergesekan. Proses ini sangat kompleks karena dipengaruhi oleh banyak faktor. Kearausan yang sebenarnya hanya dapat diprediksi melalui pengujian di kondisi nyata. Jenis-jenis kearausan yang umum terjadi antara lain:

- Bopeng atau lecet: Terjadi akibat tekanan kontak tinggi dan kelelahan material selama kontak geser atau gelinding.
- Kearausan abrasi: Disebabkan oleh gesekan partikel keras seperti debu atau kotoran yang menggores permukaan.
- Garutan (fretting): Gesekan kecil berulang yang mengikis permukaan. Serpihan yang dihasilkan mempercepat kearausan dan bisa menimbulkan retak halus hingga kerusakan. Ini sering terjadi akibat getaran atau beban berulang pada komponen yang terpasang kencang.
- Kearausan timpalan (erosi): Terjadi karena hantaman partikel keras yang terbawa oleh udara atau cairan berkecepatan tinggi, misalnya pada semprotan mesin cuci tekanan tinggi.

Untuk mengukur kearausan secara akurat, dilakukan uji laboratorium dengan kondisi terkendali. Salah satu benda digerakkan (misalnya diputar) dengan kecepatan dan beban tertentu, sementara pasangannya dibiarkan diam. Berat awal komponen dicatat, kemudian ditimbang ulang setelah pengujian untuk mengetahui jumlah material yang terkikis. Hasil kearausan dihitung menggunakan rumus tertentu.

$$K = \frac{W}{pnt}$$

Keterangan :

K = faktor kearausan untuk bahan

W = kearausan yang diukur sebagai hilangnya berat

p = Tekanan

n = kecepatan linier relatif antara batang-batang yang tergeser

t = Waktu operasi (sec)

### Uji Kekerasan

Kekerasan (Hardness) adalah salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami pergesekan (*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 indentasi atau penetrasi (penekanan).

Di dalam aplikasi manufaktur, material dilakukan pengujian dengan dua pertimbangan yaitu untuk mengetahui karakteristik suatu material baru dan melihat mutu untuk memastikan suatu material memiliki spesifikasi kualitas tertentu. Umumnya pengujian kekerasan menggunakan 4 macam metode pengujian kekerasan, yakni :

- 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.<sup>1</sup>

Uji kekerasan brinell dirumuskan dengan :

$$HB = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Dimana :

D = Diameter bola (mm)

d = impression diameter (mm)

F = Load (beban) (kgf)



HB = Brinell result (HB)

b. Rockwell (HR / RHN)

Pengujian kekerasan dengan metode Rockwell bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap indenter berupa bola baja ataupun kerucut intan yang ditekan pada permukaan material uji tersebut. Rumus yang digunakan untuk mencari besarnya kekerasan dengan metode Rockwell.

$$HR = E - e$$

Dimana :

F0 = Beban Minor (*Minor Load*) (kgf)

F1 = 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 indenter saat diberi minor load dan zero reference line yang untuk tiap jenis indenter berbeda-beda yang bias dilihat pada table 1

HR = Besarnya nilai kekerasan dengan metode hardness

Tabel dibawah ini merupakan skala yang dipakai dalam pengujian Rockwell skala dan range uji dalam skala Rockwell.

Tabel 1. Rockwell Hardness Scales

Scale	Indenter	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. Vikers (HV / VHN)

Pengujian kekerasan dengan metode Vickers bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam yaitu daya tahan material terhadap indenter intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramid. Beban yang dikenakan juga jauh lebih kecil dibanding dengan pengujian rockwell dan brinell yaitu antara 1 sampai 1000 gram.

Angka kekerasan Vickers (HV) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (F) dengan luas permukaan bekas luka tekan (injakan) dari indenter(diagonalnya) (A) yang dikalikan dengan  $\sin(136^\circ/2)$ .

Rumus untuk menentukan besarnya nilai kekerasan dengan metode vikers yaitu :

$$HV = \frac{F}{A} \times \sin \frac{136^\circ}{2} \dots\dots\dots(1)$$

$$HV = \frac{F \cdot \sin \frac{136^\circ}{2}}{\frac{d^2}{2}} \dots\dots\dots(2)$$

$$HV = 1,854 \frac{F}{d^2} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana,

HV = Angka kekerasan Vickers

F = Beban (kgf)

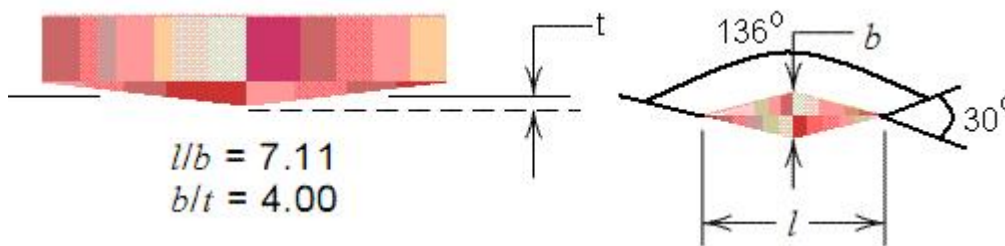
d = diagonal (mm)

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.<sup>2</sup>



Gambar 8. Bentuk Indentor Knoop

$$HK = 14,2 \frac{F}{l^2}$$

Dimana,

HK = Angka kekerasan Knoop

F = Beban (kgf)

l = Panjang dari indentor (mm)

Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk menentukan metode uji kekerasan yang digunakan :

- Permukaan material
- Jenis dan dimensi material
- Jenis data yang diinginkan
- Ketersediaan alat uji

### Uji Keausan

Suatu komponen struktur dan mesin agar berfungsi dengan baik sebagaimana mestinya sangat tergantung pada sifat-sifat yang dimiliki material. Material yang tersedia dan dapat digunakan oleh para engineer sangat beraneka ragam, seperti logam, polimer, keramik, gelas, dan komposit.

Sifat yang dimiliki oleh material terkadang membatasi kinerjanya. Namun demikian, jarang sekali kinerja suatu material hanya ditentukan oleh satu sifat, tetapi lebih kepada kombinasi dari beberapa sifat material (kekerasan, keausan, dll), friksi serta pelumasan. Oleh sebab itu, penelaahan subyek ini yang dikenal dengan nama ilmu tribologi. Keausan dapat didefinisikan sebagai rusaknya permukaan padatan, umumnya melibatkan kehilangan material yang progresif akibat adanya gesekan (friksi) antara permukaan padatan. Keausan bukan merupakan sifat dasar material, melainkan respon material terhadap sistem luar (kontak permukaan). Keausan merupakan hal yang biasa terjadi pada setiap material yang mengalami gesekan dengan material lain.<sup>3</sup>

Pengujian keausan dapat digunakan dengan berbagai macam metode dan tehnik, yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah satunya adalah metode ogoshi dimana benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar. Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak yang berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda yang di uji. Besarnya permukaan material yang terdesak itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material. Semakin besar dan dalam jejak keausan, maka semakin tinggi volume material yang terkelupas dari benda uji. Ilustrasi skematis dari kontak permukaan antara revolving disc dan benda uji.

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

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 )



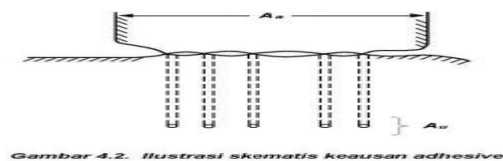
#### Pengujian Keausan Dengan Metode Ogoshi :

Dengan  $B$  adalah tebal revolving disc (mm),  $r$  jari-jari disc (mm),  $b$  lebar celah material yang terabrasi (mm) maka dapat diturunkan besarnya volume material yang terabrasi ( $W$ ).  $B$  laju keausan ( $V$ ) dapat ditentukan sebagai perbandingan volume terabrasi ( $W$ ) dengan jarak luncur  $x$  (setting pada mesin uji).

Semua material jenis apapun akan mengalami keausan dengan mekanisme yang beragam, yaitu keausan adhesif, keausan abrasif, keausan fatik, dan keausan oksidasi.

#### Mekanisme keausan terdiri dari :

1. Keausan adhesif (adhesive wear). Terjadi bila kontak permukaan dari dua material atau lebih mengakibatkan adanya perlekatan satu sama lainnya serta deformasi plastis dan pada akhirnya terjadi. Pelepasan/ pengoyakan salah satu material, seperti dilihatkan pada gambar di bawah ini :

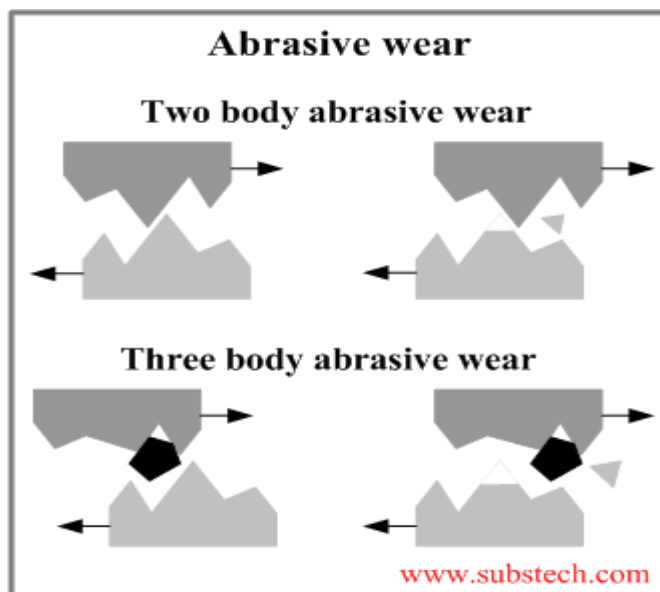


Gambar Keausan Metode Adhesive

Faktor yang menyebabkan adhesif wear :

- a. Kecenderungan dari material yang berbeda untuk membentuk larutan padat atau senyawa inter metalik.
- b. Kebersihan permukaan. Jumlah wear debris akibat terjadinya aus melalui mekanisme adhesif ini dapat dikurangi dengan cara : Menggunakan material keras dan material dengan jenis yang berbeda, misal berbeda struktur kristalnya.

2. Keausan Abrasif (Abrasive Wear). Terjadi bila suatu partikel keras dari material tertentu meluncur pada permukaan material lain yang lebih lunak sehingga terjadi penetrasi atau pemotongan material lain yang lebih lunak. Tingkat keausan pada mekanisme ini ditentukan oleh derajat kebebasan (degree of freedom) partikel keras atau asperity, seperti diperlihatkan pada gambar 12 di bawah ini :



Gambar Keausan Metode Abrasif

Sebagai contoh partikel pasir silica akan menghasilkan keausan yang lebih tinggi ketika diikat pada suatu permukaan seperti pada kertas amplas, dibandingkan bila partikel tersebut berada di dalam sistem slurry. Pada kasus

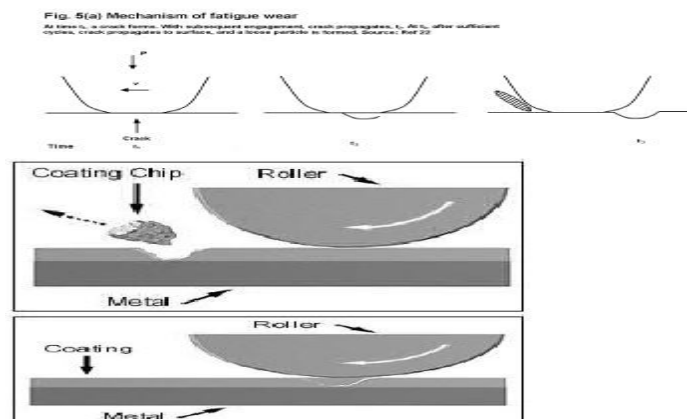


pertama, partikel tersebut kemungkinan akan tertarik sepanjang permukaan dan akhirnya mengakibatkan pengoyakan. Sementara pada kasus terakhir, partikel tersebut hanya berputar tanpa efek abrasi.

Faktor yang berperan terhadap abrasive wear antara lain :

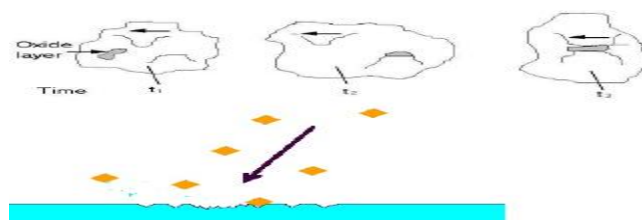
- Material hardness
- Kondisi struktur mikro
- Ukuran abrasif
- Bentuk abrasif bentuk kerusakan permukaan akibat abrasive wear antara lain, scratching, scoring gouging.
- Keausan lelah (fatigue wear)

Merupakan mekanisme yang relatif berbeda dibandingkan dua mekanisme sebelumnya, yaitu dalam hal interaksi permukaan. Baik keausan adhesive maupun abrasive melibatkan hanya satu interaksi, sementara pada keausan fatik dibutuhkan interaksi multi. Keausan ini hanya terjadi akibat interaksi permukaan dimana permukaan yang mengalami beban berulang akan mengarah pada pembentukan retak-retak mikro. Retak-retak mikro tersebut pada akhirnya menyatu dan menghasilkan pengelupasan material. Tingkat keausan sangat bergantung pada tingkat pembebanan. Gambar 13 memberikan skematis mekanisme keausan lelah :



Gambar Mekanisme Keausan Lelah

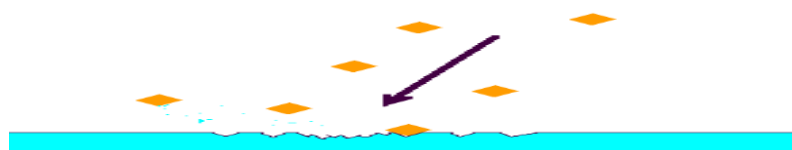
3. Keausan Oksidasi/ Korosif (Corrosive Wear). Proses kerusakan di mulai dengan adanya perubahan kimiawi material dipermukaan oleh faktor lingkungan. Kontak dengan lingkungan ini menghasilkan pembentukan lapisan pada permukaan dengan material induk. Sebagai konsekuensinya, material akan mengarah kepada perpatahan interface antara lapisan permukaan dan material induk dan akhirnya seluruh lapisan permukaan itu akan tercabut.



Gambar . Mekanisme Keausan Oksidative

#### 4. Keausan Erosi (Erosion Wear)

Proses erosi disebabkan oleh gas dan cairan yang membawa partikel padatan yang membentur permukaan material. Jika sudut benturannya kecil, keausan yang dihasilkan analog dengan abrasive. Namun, jika sudut benturannya membentuk sudut gaya normal ( $90^\circ$ ), maka keausan yang terjadi akan mengakibatkan brittle failure pada permukaan skematis. Pengujiannya dapat terlihat pada gambar 15.



Gambar 15. Mekanisme Keausan Erosi



### METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- Studi Literatur. Studi literatur ini dilakukan dengan tujuan untuk mencari bahan dasar yang akan dijadikan acuan referensi dalam melaksanakan penelitian sehingga penelitian berada pada jalur yang benar. Hal ini dilakukan dengan mengumpulkan teori-teori yang berasal dari buku-buku, handbook, tugas akhir dan jurnal-jurnal yang berkaitan dengan penelitian ini.
- Studi Laboratorium. Studi laboratorium ini dilakukan dengan tujuan untuk mencari data-data dari hasil penelitian yang dilakukan. Dari data ini kemudian di olah dan dilakukan perhitungan sehingga bisa dijadikan acuan untuk dituangkan ke dalam bentuk grafik. Lalu grafik tersebut dianalisa dan diperoleh hasil penelitian.

#### Bahan yang digunakan :

- Kampas kopling Kw 1 dan kampas kopling Kw 2
- Cairan kimia analitik

#### Alat ukur yang digunakan :

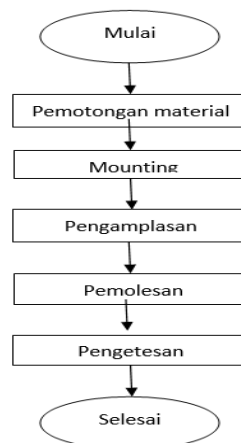
- Gergaji besi
- Kikir
- Mistar
- Kertas amplas tahan air
- Kain
- Stempel baja
- Mesin uji keausan
- Mistar ukur
- Jangka sorong
- Amplas
- Mikroskop optic logam merk Olympus type PME 3
- Mesin uji kekerasan

#### Tempat atau lokasi penelitian.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Analisis dan Pengujian Bahan Fakultas Teknik Mesin Universitas Gajah Mada Yogyakarta

#### Urutan penelitian.

- Pembuatan spesimen
- Pengujian yang dilakukan :
  - Uji unsur bahan. Mengetahui unsur bahan yang terkandung dalam kampas rem. Dengan diketahuinya data unsur bahan yang dikandung didalam kampas rem, maka akan mendukung analisis keausan serta kekerasan pada benda uji, sekaligus untuk mendapatkan kesimpulan.

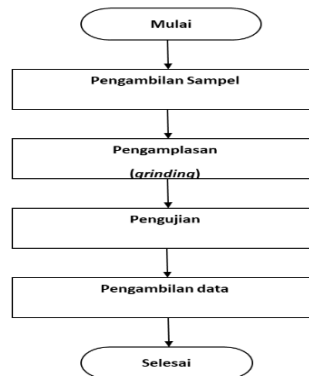


Hal-hal yang perlu dilakukan dalam uji unsur bahan bahan :

- Pemotongan. Dilakukan pemotongan karena pengujian struktur mikro tidak membutuhkan dimensi sampel yang besar.
- Mounting. Penggunaan mounting bertujuan untuk memudahkan pada saat memegang bahan saat akan dilakukan pengamplasan.
- Pengamplasan. Pengamplasan dilakukan dengan amplas yang paling kasar sampai paling halus
- Pemolesan. Pemolesan dilakukan dengan menggunakan autosol diatas kain poles.
- Pengetsaan. Sampel dietsa dengan menggunakan zat etsa berupa Nital dengan waktu 10 detik.
- Analisa. Selanjutnya sampel diamati dibawah mikroskop optis dengan pembesaran 50 kali.



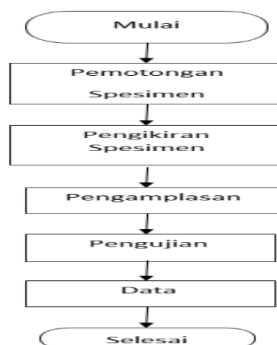
## 2) Uji kekerasan



Hal-hal yang perlu dilakukan dalam uji kekerasan bahan :

- Pengambilan sampel. Dilakukan dengan memotong kampas rem dengan dimensi yang tidak terlalu besar menggunakan gergaji potong.
- Pengamplasan. Pengamplasan bertujuan untuk meratakan permukaan hasil pemotongan sampel.
- Pengujian. Pengujian dilakukan menggunakan skala kekerasan F, dengan beban 153,2 N dan menggunakan indentor steel ball Ø 25,4/ 16.

## 3) Uji Keausan



Hal-hal yang perlu dilakukan dalam uji keausan :

- Pemotongan. Dilakukan pemotongan karena uji keausan tidak membutuhkan dimensi sampel besar.
- Pengikiran. Dilakukan dengan kikir kasar meratakan permukaan hasil dari proses pemotongan.
- Pengamplasan. Bertujuan untuk meratakan permukaan hasil dari pengikiran sampel.
- Pengujian. Selanjutnya sampel diuji menggunakan alat uji keaus

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN****Data hasil percobaan**

- Hasil Pengujian Kekerasan Material.  
Hasilnya adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Pengujian Kekerasan Material



**Ket :**

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

Rumus uji kekerasan brinell :

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

## 2. Perhitungan Uji Kekerasan

Kampas rem imitasi :

$$\begin{aligned} \text{a. BHN} &= \frac{2.153,2}{(3,14.2,5)(2,5 - \sqrt{(2,5^2 - 1,53^2)})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - \sqrt{6,25 - 2,34})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - \sqrt{3,91})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - 1,98)} \\ &= \frac{306,4}{4,08} = 75,09 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. BHN} &= \frac{2.153,2}{(3,14.2,5)(2,5 - \sqrt{(2,5^2 - 1,67^2)})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - \sqrt{6,25 - 2,79})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - \sqrt{3,46})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - 1,86)} \\ &= \frac{306,4}{5,02} = 61,04 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

No	Pengujian	Beban (P)	Spesimen (d)	
			Imitasi:strip	Asli:strip
1	1	153,2	23:15=1,53	24:15=1,6
2	2	153,2	25:15=1,67	22:15=1,47
3	3	153,2	24:15=1,6	20:15=1,33

$$\begin{aligned} \text{c. BHN} &= \frac{2.153,2}{(3,14.2,5)(2,5 - \sqrt{(2,5^2 - 1,6^2)})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - \sqrt{6,25 - 2,56})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - \sqrt{3,69})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - 1,92)} \\ &= \frac{306,4}{7,85.0,58} = \frac{306,4}{4,55} = 67,34 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Rata-rata nilai kekerasan kampas rem imitasi :

$$BHN = \frac{75,09 + 61,04 + 67,34}{3} = 67,82 \text{ kg/m}^2$$

Kampas rem asli :

$$\begin{aligned} \text{a. BHN} &= \frac{2.153,2}{(3,14.2,5)(2,5 - \sqrt{(2,5^2 - 1,6^2)})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - \sqrt{6,25 - 2,56})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - \sqrt{3,69})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - 1,92)} \end{aligned}$$





$$= \frac{306,4}{7,85 \cdot 0,58} = \frac{306,4}{4,55} = 67,34 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{b. BHN} &= \frac{2.153,2}{(3,14 \cdot 2,5)(2,5 - \sqrt{(2,5^2 - 1,47^2)})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - \sqrt{6,25 - 2,16})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - \sqrt{4,09})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - 2,02)} \\ &= \frac{306,4}{3,77} = 81,18 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. BHN} &= \frac{2.153,2}{(3,14 \cdot 2,5)(2,5 - \sqrt{(2,5^2 - 1,33^2)})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - \sqrt{6,25 - 1,77})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - \sqrt{4,48})} \\ &= \frac{306,4}{(7,85)(2,5 - 2,12)} \\ &= \frac{306,4}{2,98} = 102,82 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Rata-rata nilai kekerasan kampas rem asli :

$$\text{BHN} = \frac{67,34 + 81,18 + 102,82}{3} = 251,34 \text{ kg/m}^2 \text{c.}$$

5. Hasil Pengujian Keausan Material  
Data uji keausan :

Tabel . Hasil Pengujian Keausan Material

No	Pengujian	Waktu (s)	b			
			Imitasi		asli	
			Strip	(mm)	Strip	(mm)
1.	1	60	32	2,13	37	2,47
2.	2	60	21	1,4	37	2,47
3.	3	60	16	1,07	38	2,53

Ket :

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

Langkah- langkah perhitungan keausan pada kampas kopling Kw 1 dan kampas kopling Kw 2 :

5. Perhitungan uji keausan  
Kampas kopling imitasi  
Data penelitian kampas kopling imitasi :

$$b_1 = 32 : 15 = 2,13$$

$$b_2 = 21 : 15 = 1,4$$

$$b_3 = 16 : 15 = 1,07$$

Perhitungan :

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

$$b_{rata-rata} = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} = \frac{2,13 + 1,4 + 1,07}{3} = 1,53 \text{ mm}$$





b. Mencari lebar goresan (d) :

$$d = d_1 + d_2 + d_3 = 0,05 + 0,07 + 0,10 = 0,22 \text{ mm}$$

c. Luas permukaan keausan (A) :

$$A = b_{rata-rata} \cdot d = 1,53 \cdot 0,22 = 0,37 \text{ mm}^2$$

d. Tinggi segitiga (t), kita tinjau segitiga AOC :

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

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

$$= \sqrt{13,6^2 - (0,5 \cdot 1,53)^2}$$

$$= \sqrt{184,96 - 0,59}$$

$$= \sqrt{184,37}$$

$$= 13,58 \text{ mm}$$

e. Luas segitiga AOC :

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

$$= \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 1,53 \cdot 13,58 = 5,19 \text{ mm}^2$$

f. Luas segitiga ACD :

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

$$= 2 \times 5,19 = 10,38 \text{ mm}^2$$

g. Mencari sudut CAD ( $\theta$ ) :

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

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

$$= \frac{2 \times 10,38}{13,6^2}$$

$$= \frac{20,76}{184,96}$$

$$= \frac{20,76}{184,96} = 0,11$$

$$\theta = \sin^{-1}(0,11) = 6,32^\circ$$

h. Mencari luas tembereng :

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

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

$$\text{Luas tembereng} = \frac{6,32^\circ}{360^\circ} \times 3,14 \cdot 13,6^2 - 10,38$$

$$= 0,02 \times 3,14 \cdot 184,96 - 10,38$$

$$= 11,61 - 10,38 = 1,24 \text{ mm}^2$$

i. Volume keausan yang hilang :

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

$$= 1,24 \times 0,22 = 0,27 \text{ mm}^3$$

j. Kedalaman keausan (h):

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

$$= \frac{0,27}{0,37} = 0,73 \text{ mm}$$

k. Jarak tempuh (L) :

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

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

l. Laju keausan ( $W_s$ )

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

$$= \frac{0,27}{2,12 \cdot 14,64}$$

$$= \frac{0,27}{31,037} = 0,0086 \times 10^{-4} \frac{\text{mm}^3}{\text{kgm}}$$

6. Kampas kopling asli

Data penelitian kampas kopling asli :

$$b_1 = 37 : 15 = 2,47$$

$$b_2 = 37 : 15 = 2,47$$





$$b_3 = 38 : 15 = 2,53$$

Perhitungan :

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

$$b_{rata-rata} = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} = \frac{2,47 + 2,47 + 2,53}{3} = 2,49 \text{ mm}$$

- b. Mencari lebar goresan (d) :

$$d = d_1 + d_2 + d_3 = 0,07 + 0,07 + 0,05 = 0,19 \text{ mm}$$

- c. Luas permukaan keausan (A) :

$$A = b_{rata-rata} \cdot d = 2,49 \cdot 0,19 = 0,47 \text{ mm}^2$$

- d. Tinggi segitiga (t), kita tinjau segitiga AOC :

$$\begin{aligned} t^2 &= R^2 - (0,5b)^2 \\ t &= \sqrt{R^2 - (0,5b)^2} \\ &= \sqrt{13,6^2 - (0,5 \cdot 2,49)^2} \\ &= \sqrt{184,96 - 1,56} \\ &= \sqrt{183,4} \\ &= 13,54 \text{ mm} \end{aligned}$$

- e. Luas segitiga AOC :

$$\begin{aligned} \text{Luas } \Delta AOC &= \frac{1}{2} \cdot 0,5b \cdot t \\ &= \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 2,49 \cdot 13,54 = 8,43 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- f. Luas segitiga ACD :

$$\begin{aligned} \text{Luas } \Delta ACD &= 2 \times \text{Luas } \Delta AOC \\ &= 2 \times 8,43 = 16,86 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- g. Mencari sudut CAD ( $\theta$ ) :

$$\begin{aligned} \text{Luas } \Delta ACD &= \frac{1}{2} \cdot (AD) \cdot (AC) \cdot \sin \theta = \frac{1}{2} \cdot (R) \cdot (R) \cdot \sin \theta = \frac{1}{2} \cdot R^2 \cdot \sin \theta \\ \sin \theta &= \frac{2 \times \text{Luas } \Delta ACD}{R^2} \\ &= \frac{2 \times 16,86}{13,6^2} \\ &= \frac{33,72}{184,96} = 0,182 \end{aligned}$$

$$\theta = \sin^{-1}(0,182) = 10,49^\circ$$

- h. Mencari luas tembereng :

$$\begin{aligned} \text{Luas tembereng} &= \text{Luas juring} - \text{Luas } \Delta ACD \\ \text{Luas tembereng} &= \frac{\theta}{360^\circ} \times \pi \cdot R^2 - \text{Luas } \Delta ACD \\ \text{Luas tembereng} &= \frac{10,49^\circ}{360^\circ} \times 3,14 \cdot 13,6^2 - 16,86 \\ &= 0,03 \times 3,14 \cdot 184,96 - 16,86 \\ &= 17,42 - 16,86 = 0,56 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- i. Volume keausan yang hilang :

$$\begin{aligned} \text{Volume yang hilang} &= \text{Luas tembereng} \times d \\ &= 0,56 \times 0,19 = 0,11 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

- j. Kedalaman keausan (h):

$$\begin{aligned} h &= \frac{\text{volume yang hilang}}{\text{Luas permukaan}} \\ &= \frac{0,11}{0,47} = 0,234 \text{ mm} \end{aligned}$$

- k. Jarak tempuh (L) :

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

- l. Laju keausan ( $W_s$ )

$$\begin{aligned} W_s &= \frac{\text{volume yang hilang}}{P \cdot L} \\ &= \frac{0,010}{2,12 \cdot 14,64} = \frac{0,11}{31,037} = 0,003 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

## 7. Pengujian unsur bahan

Penelitian yang dilakukan dalam uji unsur bahan adalah untuk mengetahui kandungan unsur karbon (C) yang terdapat didalam kampas kopling Kw 1 maupun kampas kopling Kw 2. Untuk memperoleh data mengenai unsur karbon yang terkandung pada kampas kopling, dilakukan dengan melalui proses kimia analitik dengan menggunakan cairan kimia. Dengan menggunakan cairan tersebut dapat diketahui jumlah unsur karbon yang terdapat dalam kampas kopling.

Data uji bahan :

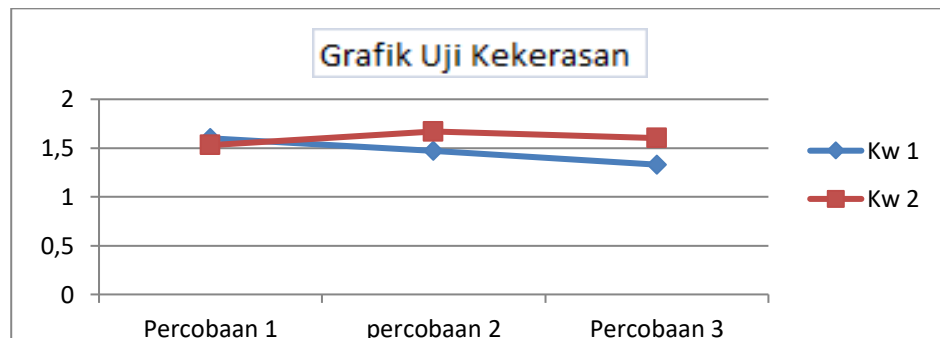
Tabel . Hasil Pengujian Unsur Bahan

No	Sampel	Parameter	Hasil Pengukuran	Metode
1.	Kampas kopling KW 1	C	44,0739%	Gravimetry
2.	Kampas kopling KW 2	C	32,3462%	Gravimetry

### Pembahasan

Pengujian atau analisa yang dilakukan pada kampas kopling Kw 1 dan Kampas kopling Kw 2 dengan menggunakan tiga pengujian yaitu uji kekerasan brinell, uji keausan dan uji unsur bahan.

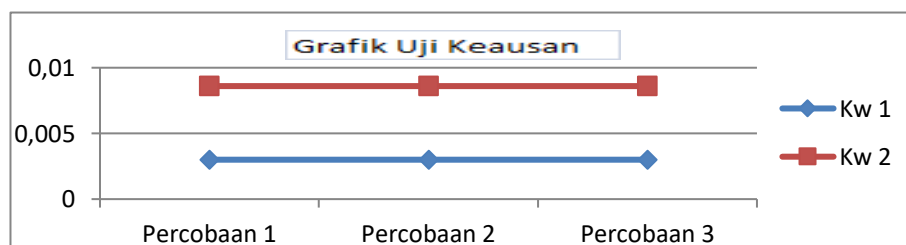
a. Uji Kekerasan. Uji kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode brinell. Dimana dalam pengujian ini dilakukan dengan membandingkan 2 spesimen yang berasal dari kampas kopling Kw 1 dan Kampas kopling Kw 2. Pada masing-masing spesimen dilakukan 3 kali percobaan dengan menggunakan 3 titik yang berbeda 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 kopling Kw 1 dan kampas kopling Kw 2 dapat dilihat pada grafik.



Gambar Grafik Uji Kekerasan Brinell

Grafik di atas menunjukkan bahwa kampas kopling kw 1 lebih keras dibandingkan dengan kampas kopling Kw 2. Itu membuktikan bahwa kandungan karbon yang terdapat di dalam kampas kopling Kw 1 lebih besar di bandingkan dengan kampas kopling Kw 2. Nilai kekerasan pada kampas kopling Kw 1 mencapai  $251,34 \text{ kg/mm}^2$  sedangkan pada kampas kopling Kw 2 hanya mencapai nilai  $67,82 \text{ kg/mm}^2$ .

b. Uji Keausan. 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 kopling. Perbadingan keausan pada kampas kopling Kw 1 dengan kampas kopling Kw 2 dapat dilihat pada grafik berikut.

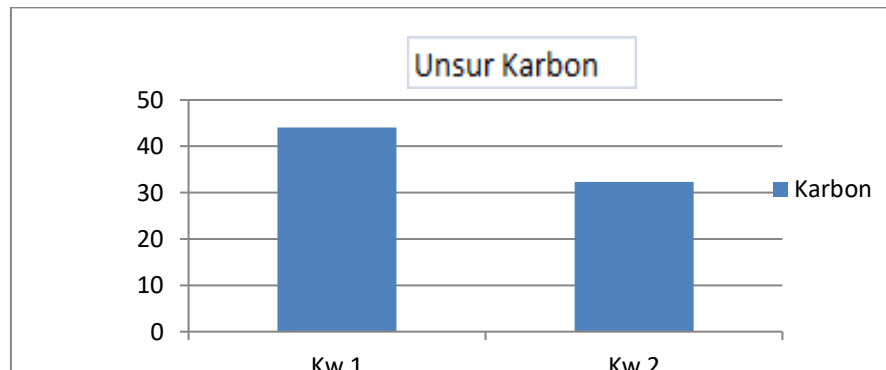


Gambar Grafik Uji Keausan

Dari grafik di atas dapat diketahui nilai dari keausan kampas kopling yang dilakukan dengan 3 kali percobaan dengan 3 titik yang berbeda di tiap-tiap spesimen. Dari data di atas dapat diketahui nilai keausan pada kampas kopling Kw 1 yaitu  $0,003 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{kgm}$ . Sedangkan nilai keausan pada kampas kopling Kw 2 yaitu  $0,0086 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{kgm}$ . Ini membuktikan nilai keausan kampas kopling Kw 1 lebih kecil dibandingkan dengan kampas kopling Kw 2.



c. Uji Unsur Bahan. Yang dilakukan dalam uji unsur bahan pada kampas kopling adalah dengan mencari nilai/kandungan karbon yang terdapat pada kampas kopling Kw 1 dan kampas kopling Kw 2. Karena unsur karbon mempunyai pengaruh yang sangat penting dalam kualitas kampas kopling dan unsur karbon juga merupakan unsur yang paling banyak yang terdapat pada kampas kopling. Setelah dilakukan pengujian dengan menggunakan cara proses kimia analitik dapat diperoleh nilai/ kandungan karbon yang terdapat pada kampas kopling. Nilai dari unsur karbon dapat dilihat pada grafik.



Gambar Grafik Uji Unsur Bahan

Pada grafik uji unsur bahan ini dapat diketahui nilai unsur karbon pada kampas kopling Kw 1 lebih besar di dibandingkan dengan kampas kopling Kw 2. Nilai dari kampas kopling Kw 1 yaitu 44,0739 %, sedangkan kampas kopling Kw 2 yaitu 32,3462 %. Itu berarti unsur karbon yang ada pada kampas kopling Kw 1 lebih besar dibandingkan dengan kampas kopling Kw 2

### SIMPULAN DAN SARAN

#### Kesimpulan.

Berdasarkan data hasil penelitian maka dapat ditarik kesimpulan yaitu :

- Nilai kekerasan kampas kopling Kw 1 lebih besar dibandingkan dengan kampas kopling Kw 2
- Pada kampas kopling Kw 1 tingkat keausannya lebih rendah dibandingkan dengan kampas kopling Kw 2.
- Unsur karbon yang terkandung pada kampas kopling Kw 1 lebih besar dibandingkan dengan kampas kopling Kw 2. Semakin tinggi unsur karbon yang terdapat pada kampas kopling maka nilai kekerasan pada kampas kopling akan tinggi serta nilai keausan kampas kopling semakin rendah dan sebaliknya.

#### Saran

Berdasarkan uraian diatas maka adapun saran dari penulis dalam penelitian ini adalah dalam menggunakan suku cadang kendaraan agar dipilih kualitas yang asli sehingga diperoleh masa pakai kendaraan yang lebih lama dan tidak mudah mengalami kerusakan.

#### Daftar Pustaka

- Surdia, Tata dan Shinkoru Saito. Pengetahuan Bahan Teknik. 1985. Jakarta : PT Pradnya Paramita.  
 Sriati, Djapri. 1993. Metalurgi Mekanik. Jakarta : Erlangga.  
 Wahyudin K dan Wahyu Hidayat, Pengetahuan Logam Departemen pendidikan dan kebudayaan.  
 Surdia, Tata dan Kenji Chijiwa. 1986. Teknik Pengecoran Logam. Jakarta : PT. Prandnya Paramita.  
<http://fariedkurosaki.blogspot.com/2010/01/pengujian-kekerasan.html>  
<http://www.gordonengland.co.uk/hardness/brinell.htm>  
<http://www.openstorage.gunadarma.ac.id/pengujian-keausan.html>  
<http://faraland.files.wordpress.com>  
<http://okasatria.blogspot.com/2007/11/pengujian-kekerasan-oleh-okasatria.html>