

**REKAYASA PEMBUATAN KAMPAS REM BERBAHAN DASAR SERBUK
TEMPURUNG KELAPA BERMATRIKS PHENOLIC RESIN
TERHADAP PERFORMA GESEK Pengereman**

Binyamin^{1*}, Anis Siti Nurrokayati¹, Bagus Bayu Prasetyo¹

Syahrul Fathur Rahman¹ dan Bambang Waluyo Febriantoko²

ABSTRACT

This study aims to analyse the mechanical properties of coconut shell reinforced composite materials as a mixture of brake pads. To replace brake pads made from asbestos which are harmful to health and the environment. The method used to mix the composition of brake pads material was investigated with matrix phenolic reinforcing coconut shell powder with metal powder waste (aluminium, brass, barium sulphate, calcium carbonate, graphite) and fiberglass. Pressing load is 10 tons and the pressing time of the mixture is 5 minutes at 150 °C, 8 minutes at 130°C and 10 minutes at 120°C. Friction testing under dry and wet conditions with 15 kg loading and hardness testing with durometer. The results obtained are the value of wear and roughness of brake lining is strongly influenced by the composition of the constituent material as well as the time and temperature of the compression.

Keywords: *coconut shell, brake pad, composite, mechanical properties*

PENDAHULUAN

Bahan komposit seperti tempurung kelapa merupakan salah satu bahan alternatif yang dapat digunakan untuk pembuatan kampas rem. Dalam perkembangan teknologi komposit mengalami kemajuan yang sangat pesat ini dikarenakan keistimewaan sifat yang *renewable* atau terbarukan dan juga rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, kekakuan dan ketahanan terhadap korosi sehingga mengurangi konsumsi bahan kimia maupun gangguan terhadap lingkungan hidup.

¹ Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur, Indonesia

² Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

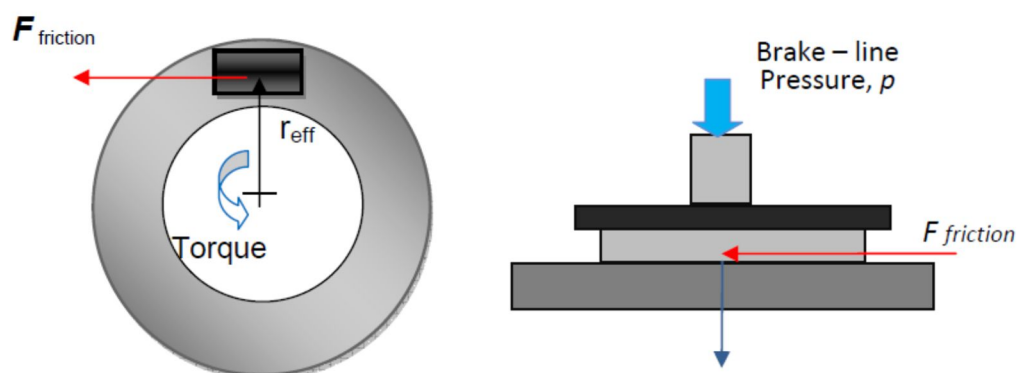
*Corresponding Author:

bin279@umkt.ac.id

Ditinjau dari sisi proses pembuatannya, kampas rem (brake shoes) sepeda motor, termasuk pada *particulate composite*. Komposit jenis ini, bahan penguatnya (reinforced) terdiri atas partikel yang tersebar merata dalam matriks yang berfungsi sebagai pengikat, sehingga menghasilkan bentuk solid yang baik. Melalui proses penekanan sekaligus pemanasan pada saat pencetakan (sintering) akan dihasilkan kekuatan, kekerasan yang semakin meningkat. Pemanasan dilakukan pada temperature berkisar antara $130^{\circ}\text{C} - 150^{\circ}\text{C}$, yang menyebabkan bahan tersebut takan mengalami perubahan struktur dimana antara partikel satu dengan yang lain saling melekat serta akan diperoleh bentuk solid yang baik dan matriks pengikat yang kuat. Proses pabrikasi seperti ini kemudian mengakibatkan harga jual kampas rem cukup mahal (Pajar, 2012).

Pada penelitian ini permasalahan dititik beratkan pada pengujian keausan, koefisien gesek dan kekerasan kampas rem terhadap gaya gesek dengan variasi suhu pemanas dan kondisi saat dilakukan tanpa pengaruh apapun (kering) dan pengaruh air, yang akan dibandingkan dengan produk yang telah ada di pasaran. Tujuan dari penelitian ini untuk mengidentifikasi keausan, koefisien gesek dan kekasaran kampas rem yang menggunakan variasi waktu tahan pengepresan dengan kampas rem yang ada di pasaran.

Gesekan adalah suatu pergeseran dua benda yang bersentuhan. Ada 3 (tiga) jenis gesekan yaitu gesekan kering, gesekan menggunakan pelumas, dan gesekan pada perekat. Koefisien gesek disimbolkan dengan huruf Yunani μ , yaitu suatu skala dimensional bernilai kecil yang menjelaskan perbandingan gaya gesekan antara dua bagian dan gaya tekan keduanya.



Gambar 1. Uji Gesek Kampas Rem (Sutrisno, 1997).

Rumus koefisien gesek dasar (μ):

$$\mu = \frac{F}{N} \quad (1)$$

F = gaya gesek (N)

N = gaya normal (N)

Secara umum gesekan kering sering terjadi pada kampas rem, tetapi kadang terjadi juga gesekan basah. Koefisien gesek tergantung pada material yang digunakan, sebagai contoh pada baji memiliki koefisien gesek yang rendah, sedangkan karet pada aspal (*pavement*) memiliki koefisien gesek yang tinggi. Koefisien gesek antara mendekati nol sampai dengan lebih dari satu di bawah kondisi layak, sebuah ban pada beton dibolehkan mempunyai koefisien gesek sebesar 1,7 (Sutrisno, 1997).

Rumus koefisien gesek yang digunakan pada uji gesek kampas rem cakram dimana nilai koefisien gesek dipengaruhi oleh besarnya torsi, beban penekanan, dan radius dari piringan cakram, dirumuskan sebagai berikut (James, 2003) Torsi yang dihasilkan dari putaran piringan cakram dapat dicari dengan rumus (Stolk, 1994).

$$\mu = \frac{T}{2 \times F_n \times r} \quad (2)$$

Ket :

μ = Koefisien gesek

T = Torsi (Nm)

F_n = Gaya normal (N)

r = Jari – jari lintasan (m)

F_n = W (N) dimana W = m.g

W = Berat (N)

m = Massa (kg)

g = Gravitasi (9,81)

Dimana Torsi (T) diperoleh dengan rumus: (ir. Jac. Stolk, 1994).

$$T = \frac{P}{\omega} \quad (3)$$

Ket :

T = Torsi (Nm)

P = Daya (Watt)

Ω = kecepatan sudut (rad/s)

Dimana Daya (P) diperoleh dengan rumus: (ir. Jac. Stolk, 1994).

$$P = V \cdot I \cdot \cos Q \quad (4)$$

Ket : P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

cos Q = Faktor daya

Dimana Kecepatan Sudut (ω) diperoleh dengan rumus: (ir.Jac.Stolk, 1994).

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (5)$$

Ket : ω = kecepatan sudut (rad/s)

n = putaran (rpm)

Kekerasan Brinell

Pada penelitian ini menggunakan pengujian kekerasan dengan alat Durometer, sebuah peluru baja yang telah dikeraskan dan tumbol ditekan oleh tangan. Benda uji harus rata dan cukup tebal agar kekerasan bidang pendukung tidak ikut terukur. Uji kekerasan dapat dicari dengan membagi gaya pada luas penetrator.

$$H = \frac{2 \cdot P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (6)$$

Ket. : H = *Hardness* (HB)

P = gaya injakan (Newton)

D = diameter penetrator (mm)

d = diameter hasil injakan (mm)

Proses Kompaksi

Kompaksi merupakan proses pemampatan serbuk material dalam dies (cetakan) dengan gaya tekan dari mesin kompaksi dan besarnya gaya tekan sesuai ketentuan dalam penelitian yang dilakukan, kompaksi mempunyai tujuan untuk mendapatkan green body dari spesimen benda uji yang dihasilkan dari campuran homogen tersebut. Proses pemampatan adalah suatu proses mesin yang memberikan gaya penekanan uniaksial (German, 1984).

Proses Sintering

Istilah sintering berasal dari bahasa jerman, sinter dalam bahasa inggris seasal dengan kata *cinder* yang berarti bara. Sintering merupakan metode pembuatan material dari serbuk

dengan pemanasan sehingga terbentuk ikatan partikel. Sintering dapat terjadi dibawah suhu leleh (melting point) dengan melibatkan transfer atomic pada kondisi padat. Sintering dapat diklasifikasikan dalam dua bagian besar yaitu sintering dalam keadaan padat (solid state sintering) dan sintering fase cair (liquid phase sintering). Sintering dengan fase padat adalah sintering yang dilaksanakan pada suatu temperatur yang telah ditentukan, dimana dalam bahan semuanya tetap dalam fase padat. Sintering pada fase cair adalah sintering untuk serbuk yang disertai terbentuknya fase cair selama proses sintering berlangsung (Sunardi, dkk., 2003).

METODOLOGI

Bahan

1. *Fiberglass*

- Bentuk : Serat pendek / acak
Sifat : Tahan terhadap temperature tinggi
Sumber : TB Tunggal Murah



Gambar. 3. *Fiberglass*

2. Serbuk kuningan

- Bentuk : Serbuk dengan *mesh* 50
Fungsi : Sebagai penguat campuran serat
Sumber : Limbah gergaji kuningan



Gambar 4. Serbuk Kuningan

3. Serbuk Aluminium

- Bentuk : Serbuk dengan *mesh* 50
Fungsi : Sebagai penguat terhadap korosi, koefisien pemuaian rendah.
Sumber : Limbah gergaji aluminium



Gambar 5. Serbuk Aluminium

4. Barium Sulfat

Bentuk : Bubuk putih kekuning-kuningan

Fungsi : Sebagai filler atau pengisi

Sumber : BRATAKO CHEMIKA

Gambar 6. Barium Sulfat ($BaSO_4$)5. Calcium Carbonat ($CaCO_3$)

Bentuk : Bubuk putih mengkilap

Fungsi : Sebagai filler atau pengisi

Sumber : PT. BRATAKO CHEMIKA

Gambar 7. Calcium Carbonat ($CaCO_3$)

6. Graphite

Bentuk : Serbuk hitam (Grafit)

Fungsi : Memperkuat ikatan bahan kanvas dan pelumas

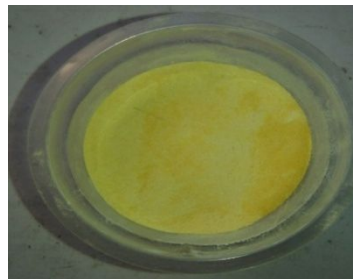
Sumber : Arang tempurung kelapa



Gambar 8. Graphite

7. Phenolic Resin

- Bentuk : Serbukuning / kristal
 Fungsi : Pengikat bahan-bahan kanvas rem
 Sumber : Cipta Kimia



Gambar 9. Phenolic Resin

8. Plat Kanvas Honda

- Bentuk : Plat lembaran
 Fungsi : Tempat bahan kanvas
 Sumber : Diambil dari kanvas rem bekas



Gambar 10. Plat Kanvas

2.3 Peralatan:

1. Mixer

- Merk : Mixer STP
 Speed : 8800 rpm
 Power Required: 1.1 kW
 Fungsi : Mencampurkan dan menghaluskan bahan kanvas rem



Gambar 11. Mixer

2. Mesin Press



Gambar 12. Mesin Press

3. Cetakan

Fungsi : Tempat mencetak kampas rem



Gambar 13. Cetakan

4. Timbangan Digital

Kapasitas : 500 g

Ketelitian : 0,01 g

Fungsi : Menimbang berat bahan untuk membuat kampas rem



Gambar 14. Timbangan Digital

5. Oven

Merk : MIYAKO

Daya : 2 x 600 W

Kapasitas : 0 °C-250 °C



Gambar 15. Oven

6. *Non-Contact Infrared Thermometer*

Merk : KRISBOW KW 06-282

Kapasitas : -50 °C s/d 500 °C

Fungsi : Mengukur suhu kampas rem dan cakram

Gambar 16. *Non-Contact Infrared Thermometer*

7. Digital Tachometer

Fungsi : Mengukur putaran



Gambar 17. Digital Tachometer

8. Digital Clamp Meter

a. AC Voltage

Range : 750 V

Resolution : 1 V

b. AC Current

Range : 1000 A

Resolution : 0.1 A

Fungsi : Mengukur arus dan voltase



Gambar 18. Digital Clamp Meter

9. Vernier Caliper

Merk : TRICLE BRAND

Kapasitas : 150 mm

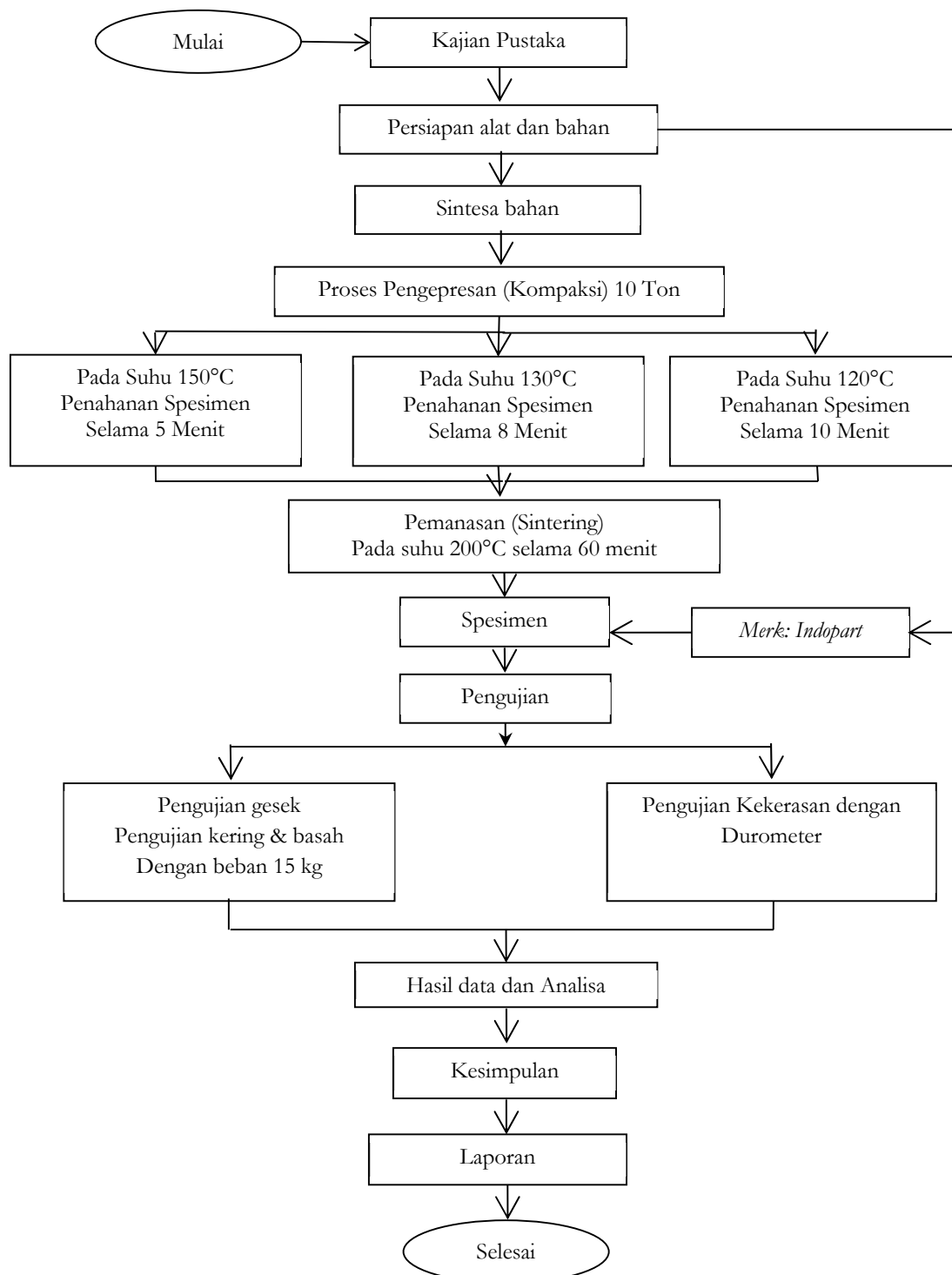
Ketelitian : 0.02

Fungsi : Mengukur ketebalan kanvas



Gambar 19. Vernier Caliper

Diagram Alir Penelitian



Gambar 20. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental yang mana peneliti melakukan sintesa bahan-bahan penyusun kampas rem dengan bahan utama serbuk arang tempurung kelapa. Hasil specimen dari proses mensintesa material tersebut dapat dilihat pada gambar 21.



Gambar 21. Spesimen Kampas Rem

Penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti merupakan jenis penelitian eksperimental yaitu membuat 30 spesimen kampas rem sepeda motor. Dari specimen tersebut kemudian dilakukan uji coba gesekan dalam kondisi kering dan basah dengan pembebanan 15 kg serta uji kekerasan menggunakan Durometer. Detail rekapitulasi hasil pengujian gesekan pada kondisi kering dengan variasi 150°C selama 5 menit dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Gesek Kering Kampas Rem Variasi 150°C Selama 5 Menit dengan Pembebanan 15 Kg

No.	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Putaran Disk (RPM)	Suhu Awal (°C)	Suhu Akhir (°C)	Pengurangan Massa (g/jam)
1	71.15	71.02	3.60	216	363.90	28	91	0.13
2	59.50	59.40	3.60	216	363.90	28	90	0.10
3	51.60	51.40	3.80	216	364.50	28	93	0.20
4	60.94	60.77	3.80	216	364.50	28	90	0.17
5	65.61	65.44	3.80	216	363.20	28	87	0.17
6	57.62	57.43	3.80	216	363.20	28	88	0.19
7	68.63	50.50	3.80	215	362.80	28	90	0.13
8	52.51	52.25	3.80	215	362.80	28	95	0.26

Tabel 2. Hasil Uji Gesek Kering Kampas Rem Variasi 130°C
Selama 8 Menit dengan Pembebanan 15 Kg

No.	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Putaran Disk (RPM)	Suhu Awal (°C)	Suhu Akhir (°C)	Pengurangan Massa (g/jam)
1	76.04	75.84	3.60	216	370.00	28	74	0.20
2	68.00	67.68	3.60	216	370.00	28	76	0.32
3	59.00	58.55	3.60	214	369.00	28	78	0.45
4	59.00	58.60	3.60	214	369.00	28	78	0.40
5	74.31	74.20	3.60	216	366.50	28	80	0.11
6	56.57	56.45	3.60	216	366.50	28	79	0.15
7	55.37	55.27	3.80	219	364.50	28	89	0.10
8	51.09	50.91	3.80	219	364.50	28	90	0.18

Tabel 3. Hasil Uji Gesek Kering Kampas Rem Variasi 120°C
Selama 10 Menit dengan Pembebanan 15 Kg

No.	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Putaran Disk (RPM)	Suhu Awal (°C)	Suhu Akhir (°C)	Pengurangan Massa (g/jam)
1	55.86	55.71	3.80	218	366.60	28	88	0.15
2	52.44	52.27	3.80	218	366.60	28	88	0.17
3	56.93	56.78	3.80	219	365.70	28	88	0.15
4	62.56	62.42	3.80	219	365.70	28	89	0.14
5	74.79	74.62	3.60	215	365.80	28	84	0.11
6	45.36	45.16	3.60	215	365.80	28	89	0.20
7	55.36	55.18	3.60	216	364.50	28	88	0.18
8	54.73	54.62	3.60	216	364.50	28	87	0.11

Tabel 4. Hasil Uji Gesek Kering Kampas Rem Indopart dengan Pembebanan 15 Kg

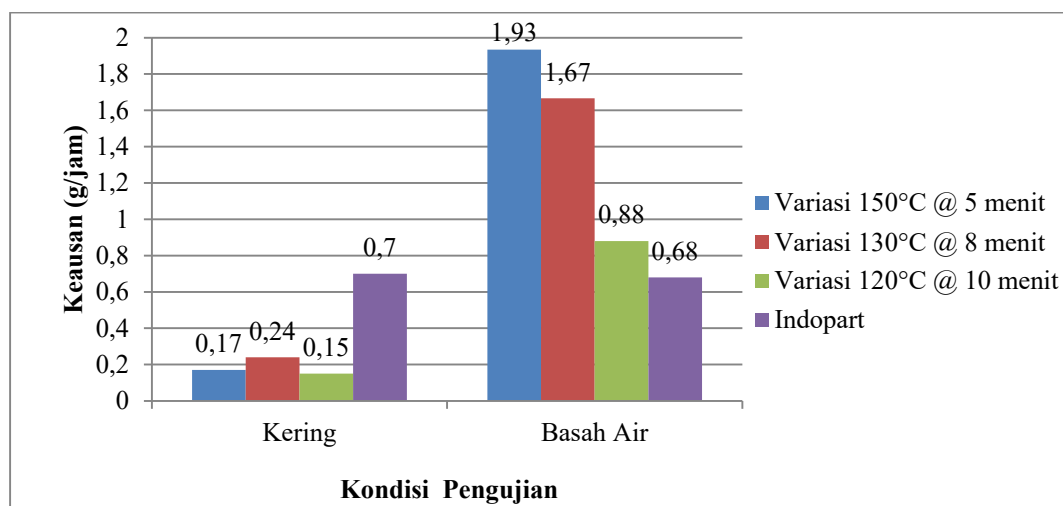
No.	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Putaran Disk (RPM)	Suhu Awal (°C)	Suhu Akhir (°C)	Pengurangan Massa (g/jam)
1	76.22	75.50	3.60	198	365.40	28	39	0.72
2	75.98	75.30	3.60	198	365.40	28	39	0.68
Rata-Rata	76.10	75.40	3.60	198	365.40	26	39	0.70

Tabel 5. Hasil Uji Gesek Basah (Air) Kampas Rem Indopart dengan Pembebanan 15 Kg

No.	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Putaran Disk (RPM)	Suhu Awal (°C)	Suhu Akhir (°C)	Pengurangan Massa (g/jam)
1	75.50	74.80	3.60	203	368.40	26	40	0.72
2	75.30	74.65	3.60	203	368.40	26	39	0.65
Rata-Rata	75.40	74.73	3.60	203	368.40	26	39.50	0.69

Hasil Pengujian Gesek pada Tingkat Keausan

Dari Gambar 22 hasil data didapatkan nilai keausan terendah pada jenis kampas rem serbuk tempurung kelapa variasi temperatur penekanan 150°C selama 5 menit senilai 0.17 gram/jam pada kondisi pengujian kering, sedangkan pada kondisi pengujian basah air memiliki nilai keausan yang paling tinggi sebesar 1.93 gram/jam. Sementara itu kampas rem Indopart memiliki perbedaan sedikit saja sekitar 0.02 gram/jam dari kedua kondisi pengujian tersebut, dikarenakan struktur kampas Indopart mempunyai struktur yang keras dan padat sehingga air tidak mudah mengikis ke dalam material kampas rem.



Gambar 22. Histogram Perbandingan Keausan pada Semua Kondisi

3.2 Berikut beberapa tabel merupakan hasil pengujian kekerasan yang telah dilakukan mengacu pada Standar ASTM D2240.

Tabel 6. Uji Kekerasan Shore D Variasi 150°C Selama 5 Menit

No.	Titik 1 (HD)	Titik 2 (HD)	Titik 3 (HD)	Rata- Rata
1	89.00	88.50	88.50	88.67
2	85.00	84.00	88.00	85.67
3	89.50	86.50	89.50	88.50
4	83.50	86.00	87.50	85.67
5	85.00	87.00	86.00	86.00
6	85.00	86.00	86.00	85.67
7	84.00	85.00	87.00	85.33
8	87.00	88.00	85.50	86.83
Rata-Rata	86.00	86.38	87.25	86.54

Tabel 7. Uji Kekerasan Shore D Variasi 130°C Selama 8 Menit

No.	Titik 1 (HD)	Titik 2 (HD)	Titik 3 (HD)	Rata- Rata
1	86.00	87.00	86.00	86.33
2	87.00	86.00	89.00	87.33
3	86.00	88.00	87.00	87.00
4	86.50	85.50	86.00	86.00
5	86.00	87.00	86.50	86.50
6	86.00	85.50	85.00	85.50
7	87.00	88.00	85.50	86.83
8	88.00	87.00	86.00	87.00
Rata-Rata	86.56	86.75	86.38	86.56

Tabel 8. Uji Kekerasan Shore D Variasi 120°C Selama 10 Menit

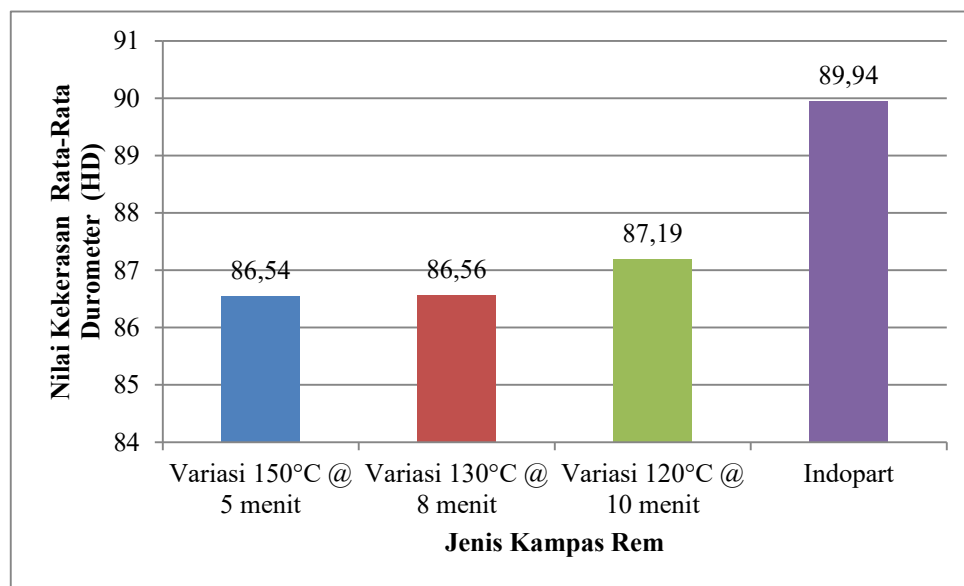
No.	Titik 1 (HD)	Titik 2 (HD)	Titik 3 (HD)	Rata- Rata
1	89.00	90.00	88.00	89.00
2	85.00	90.00	85.00	86.67
3	85.00	87.50	86.00	86.17
4	88.00	87.00	86.00	87.00
5	88.00	88.00	85.00	87.00
6	86.00	88.00	87.00	87.00
7	87.00	86.00	87.00	86.67
8	88.50	87.00	88.50	88.00
Rata-Rata	87.06	87.94	86.56	87.19

Tabel 9. Uji Kekerasan Shore D (HD) Merk Indopart

No.	Titik 1 (HD)	Titik 2 (HD)	Titik 3 (HD)	Rata- Rata
1	89.00	90.00	92.00	90.33
2	88.00	91.00	85.00	92.00
3	88.00	87.50	87.00	87.50
Rata-Rata	88.33	89.50	88.00	89.94

Hasil Pengujian Kekerasan dengan Durometer

Hasil pengujian kekerasan didapatkan dari Gambar 23 bahwa nilai tertinggi pada jenis kampas rem merk indopart sebesar 89.94, sedangkan yang mendekati yaitu Variasi 120°C @ 10 menit dikarekan panasnya temperatur dan waktu penekanan dapat mempengaruhi ukuran serta ikatan antara butir material kampas rem.



Gambar 23. Histogram Hasil Kekerasan Kampas Rem Sesudah di Oven.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis data penelitian ekperimental dalam pembuatan rekayasa kampas rem berbahan dasar serbuk tempurung kelapa dan pengikat resin epoksi dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Tingginya nilai keausan sangat dipengaruhi oleh ikatan antar butir material penyusun kampas rem dan resin epoksi sebagai pengikat, sehingga perlunya komposisi material, waktu penekanan dan temperature penahanan yang sesuai untuk mendapatkan nilai komposisi yang pas dan kekerasan material yang tinggi.
2. Ditinjau dari nilai kekerasan dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai kekcrasan sangat dipengaruhi oleh nilai temperatur dan waktu penahanan yang sesuai.

DAFTAR PUSTAKA

- German. R.M., (1984). *Powder Metallurgi Science. Metal Power Federation*. New Jersey: Pricenton.
- Shore D Durometer, *Definisi dan Jenis Durometer*. Diakses 18 Juli 2018 jam 14.15 dari (https://en.wikipedia.org/wiki/Shore_durometer)
- Stolk, Jac. (1994). *Elemen Mesin : Elemen Konstruksi Bangunan Mesin*. Jakarta: Erlanga
- Sunardi, dkk. (2003). *Pengaruh Suhu Sintering Pada Proses Metalurgi Serbuk Zn – Al Terhadap Sifat Mekanik.*, Universitas Atma jaya, Jakarta.
- Sutrisno. (1997). *Fisika Dasar Mekanika*. Bandung: Erlangga.