



## Karakteristik Bahan Alternatif Kampas Rem dari Komposit Berpenguat Serbuk Serbuk Kayu Jati, Serbuk Tempurung Kelapa, dan Serbuk Kuningan dengan Variasi Suhu *Post Curing*

Catur Pramono<sup>1,4,\*</sup>, Widayat<sup>1,2</sup>, Agus Suprihanto<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Program Insinyur, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro,

<sup>2</sup>Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,

<sup>3</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,

<sup>4</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

<sup>1,2,3</sup>Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Indonesia 50275

<sup>4</sup>Jl. Kapten Suparman 39 Magelang, Jawa Tengah, Indonesia 56116

\*Corresponding author: caturpramono@untidar.ac.id

(Received: August 7, 2023; Accepted: September 29, 2023)

### Abstract

**Characteristics of Alternative Brake Pad Materials from Composites Reinforced by Teak Wood Powder, Coconut Shell Powder, and Brass Powder Variations Post Curing Temperature.** In the manufacturing industry, the used of metal and composite materials continues to grow rapidly. Along with these developments, there is a need to research new materials as composite materials. The aims of study to identify the characteristics of the hardness and wear of the composite by teak wood powder, coconut shell powder, and brass powder after post curing. The benefit of this research is to develop the new material composition innovations from teak wood powder and coconut shell powder mixed brass metal. The composition of the material in this study was 20 percent teak wood powder, 20 percent coconut shell powder and 20 percent brass metal mixed 40 percent epoxy resin. The method to produce composites by press mold. Post curing temperature composite i.e. 130 °C, 180 °C and 230 °C. K3L of the research used hand shirts, apron, wear pack, masks, safety glasses, and safety shoes. The results showed that for brake pad material applications, it is better to use a composite with a composition of 20% teak wood powder, 20% coconut shell powder, 20% brass powder and 40% epoxy resin with post curing  $\leq 180^{\circ}\text{C}$ .

**Keywords:** hardness, wear, post curing, composite

### Abstrak

Di industri manufaktur, penggunaan bahan logam dan komposit ini terus berkembang pesat. Seiring dengan perkembangan tersebut, maka perlu dilakukan riset material baru sebagai bahan komposit. Tujuan penelitian ini mengetahui karakteristik kekerasan dan keausan komposit berpenguat serbuk kayu jati, serbuk tempurung kelapa, dan serbuk kuningan setelah di-*post curing*. Manfaat dari penelitian ini adalah mengembangkan inovasi komposisi bahan terbaru dari serbuk kayu jati dan serbuk tempurung kelapa dengan logam kuningan sebagai bahan kampas rem. Komposisi bahan di penelitian ini berupa 20% serbuk kayu jati, 20% serbuk tempurung kelapa, 20% serbuk kuningan dan 40% resin *epoxy*. Metode pembuatan komposit dengan *press mold*. Suhu *post curing* setelah pencetakan komposit yaitu 130°C, 180°C dan 230°C. Pengujian yang dilakukan yaitu uji kekerasan, uji keausan, dan uji struktur mikro. K3L yang dipakai selama penelitian yaitu menggunakan kaos tangan, apron, jas laboratorium, masker, kacamata, dan *safety shoes*. Hasil penelitian menunjukkan untuk aplikasi material kampas rem sebaiknya menggunakan komposit

dengan komposisi 20% serbuk kayu jati, 20% serbuk tempurung kelapa, 20% serbuk kuningan dan 40% resin *epoxy* dengan *post curing*  $\leq 180^{\circ}\text{C}$ .

**Kata kunci:** *kekerasan, keausan, post curing, komposit*

**How to Cite This Article:** Pramono, C., Widayat, W., Suprihanto, A. (2023). Karakteristik Bahan Alternatif Kampas Rem dari Komposit Berpenguat Serbuk Serbuk Kayu Jati, Serbuk Tempurung Kelapa, dan Serbuk Kuningan dengan Variasi Suhu Post Curing. *JPII*, 1(7), 235-241 DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2023.20817>

## PENDAHULUAN

Material komposit di dunia industri otomotif dan konstruksi berkembang sangat pesat. Penggunaan material ini bertujuan sebagai alternatif material pengganti baja. Sifat komposit yang ringan, kuat, dan tahan korosi menjadi salah satu faktor para ilmuwan untuk mengembangkan material tersebut (Arif, 2019). Komposit merupakan material yang terdiri dari 2 bagian, matrik merupakan bagian pengikat sedangkan *filler* merupakan penguat. Komposit merupakan material baru yang tersusun dari dua bahan atau lebih dimana setiap bahan memiliki karakteristik yang berbeda baik sifat fisik maupun sifat kimianya (Cholic, 2021). Komposit dibedakan menjadi dua yaitu komposit serat buatan dan serat alam (Bagaskara, 2019). Beberapa industri di Indonesia masih menggunakan serat buatan berupa serat gelas (*fiber glass*) sebagai penguat komposit. Dalam perkembangannya, komposit dengan penguat serat gelas (*fiber glass*) merupakan polutan, sehingga banyak peneliti beralih menggunakan serat alam. Komposit serat alam kebanyakan menggunakan pengikat berjenis polimer, dimana kelebihan dari komposit ini adalah *renewable* dan ramah lingkungan (Iman, 2020).

Salah satu aplikasi komposit yaitu untuk bahan kampas rem. Kampas rem umumnya terbuat dari bahan asbestos yang ditambahkan unsur lain seperti SiC dan Mn, atau Co. Proses pembuatannya melalui penekanan dan pemanasan yang akan menghasilkan kekuatan, kekerasan, serta meningkatkan gaya gesek. Pemanasan berkisar pada temperatur  $130^{\circ}\text{C}$ - $150^{\circ}\text{C}$  yang menyebabkan perubahan struktur yang membuat partikelnya saling melekat dan membuat bentuk *solid* yang baik serta matriks pengikat yang kuat (Yudhanto, 2019). Komponen kampas rem yang bergesekan harus keras dan tahan aus sesuai standar. Beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas kampas rem yaitu komposisi bahan, jenis bahan dan kekerasan. Bahan komposit merupakan bahan alternatif dalam pembuatan kampas rem. Pemilihan bahan yang tepat dapat memperpanjang umur kampas rem dan mendapatkan daya pengereman yang baik dan efisien (Suhardiman, 2017). Berdasarkan bahan penyusun kampas rem, kampas rem dibagi menjadi tiga yaitu kampas rem asbestos, kampas rem semi logam dan kampas rem non-asbestos. Kampas rem non-asbestos menggunakan bahan organik sebagai unsur penyusunnya. Kampas rem non-asbestos memiliki performa yang tidak

kalah dengan jenis lainnya dan memiliki sifat ramah lingkungan dibanding bahan lainnya (Haroen, 2017). Serbuk tempurung kelapa merupakan salah satu bahan organik yang memiliki sifat kekerasan  $50\text{-}80\text{ kgf/mm}^2$ , keausan  $5 \times 10^{-4}\text{-}5 \times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{kg}$  (Kiswiranti, 2009). Tempurung kelapa dapat dijadikan sebagai pengganti grafit pada pembuatan bahan gesek (kampas rem). Industri pengolahan kelapa menghasilkan berton-ton limbah tempurung kelapa. Pemanfaatan tempurung kelapa masih terbatas sebagai bahan bakar arang aktif dan bahan baku pembuatan obat nyamuk. Pohon jati (*Tectona grandis* L. F.) merupakan salah satu pohon yang sering digunakan sebagai konstruksi bangunan maupun sebagai mebel dikarenakan sifatnya yang kuat, awet, dan mudah dikerjakan (Sumarna, 2011). Bahan penguat serbuk kayu jati dan serbuk kuningan dengan matriks resin *epoxy* dapat dijadikan sebagai bahan kampas rem non-asbestos (Wahyuni, 2016). Hal tersebut dikarenakan serbuk kayu jati memiliki karakteristik yang dapat dijadikan pengganti serat dengan massa jenis  $1,3\text{-}1,4\text{ gr/cm}^3$  dan serbuk kuningan yang memiliki sifat penghantar panas yang baik, memiliki keuletan, mudah dibentuk dan tahan korosi (Sunardi, 2015). Pemanasan dengan cara *post curing* merupakan upaya agar serbuk saling mengikat dengan sempurna. Pemilihan suhu *post curing* yang tepat dapat menghasilkan produk yang optimal dan berkualitas (Wahyudi, 2018). Penelitian pengaruh serbuk kulit biji mangga sebagai penguat komposit kampas rem dengan komposisi serbuk kulit biji mangga, serbuk kuningan, magnesium oksida (MgO) dan resin *epoxy* didapatkan hasil terbaik dengan campuran 35%:35:20%:10% dengan nilai keausan  $3,1 \times 10^{-7}\text{ mm}^2/\text{kg}$  dan kekerasan sebesar  $214,38\text{ kg/mm}^2$  (Bagaskara, 2019).

*Epoxy* resin merupakan jenis resin *thermoset*. Spesifikasi *epoxy* resin ditunjukkan pada tabel 1.

**Tabel 1.** Spesifikasi *Epoxy Resin* (Suyitno, 2021)

Sifat	Satuan	Nilai
Gravitasi spesifik	-	1,2 – 1,3
Penyerapan air tebal 1/8 in. Selama 24 jam	%	1,4 – 1,6
Kekuatan impak, izod	J.m <sup>-1</sup>	10 – 50
Kekerasan	Shore	D65 – 89
Ketangguhan retak	J.cm <sup>-1</sup> .m <sup>1/2</sup>	0,6
Tensile modulus	MPa	3000 – 5000
Modulus tekan	MPa	7 – 2400
Tegangan patah	MPa	30 – 90
Elongasi patah	%	1 – 2
Kekuatan lentur	MPa	340 – 660
Modulus lentur	MPa	14000 – 34000
Kekuatan tekan	MPa	100 – 170
Resistivitas volume	Ohm.cm	10 <sup>16</sup>
Kekuatan dielektrik	V.mil <sup>-1</sup>	360
Konstanta dielektrik pada 1 MHz		4,6
Konduktivitas thermal	W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>	0,19

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu penelitian yang mendukung penggunaan material lokal sebagai komponen kendaraan khususnya kampas rem. Oleh karena itu, peneliti membuat rekayasa bahan kampas rem dengan memanfaatkan serbuk kayu jati, serbuk tempurung kelapa, dan serbuk kuningan sebagai penguat komposit.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Metode Pengujian

Bahan serbuk kayu jati dari wilayah Purwodadi, sedangkan serbuk tempurung kelapa diperoleh dari Kebumen. Bahan serbuk kuningan menggunakan kuningan komersial yang ada di pasaran.

Metode manufaktur komposit diawali dengan penyiapan bahan. Preparasi serbuk serbuk kayu jati, serbuk tempurung kelapa, serbuk kuningan diayak menggunakan mesh 50 agar ukurannya seragam. Ketiga serbuk tersebut kemudian di-*mixer* selama 1 menit agar seragam. Setelah tercampur kemudian dicampur menggunakan *mixer* berkecepatan 1400 rpm dengan *epoxy* yang telah diberi *hardener* kemudian dilakukan pencetakan dengan metode *press mold*. Pengepresan dilakukan dengan memberikan beban 10 MPa selama 10 menit, kemudian spesimen dilepas dan dilakukan *post curing* dengan variasi suhu 130°C, 180°C, dan 230°C. Pencetakan ini dilakukan secara berulang-ulang hingga semua spesimen untuk pengujian terpenuhi. Komposisi bahan spesimen pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Komposisi bahan penelitian

Nama Spesimen	Komposisi Bahan	Waktu Sintering	Suhu Sintering
Sampel A1	20%J, 20%T, 20%K, 40%R	10 menit	130°C
Sampel A2	20%J, 20%T, 20%K, 40%R	10 menit	130°C
Sampel A3	20%J, 20%T, 20%K, 40%R	10 menit	130°C
Sampel B1	20%J, 20%T, 20%K, 40%R	10 menit	180°C
Sampel B2	20%J, 20%T, 20%K, 40%R	10 menit	180°C
Sampel B3	20%J, 20%T, 20%K, 40%R	10 menit	180°C
Sampel C1	20%J, 20%T, 20%K, 40%R	10 menit	230°C
Sampel C2	20%J, 20%T, 20%K, 40%R	10 menit	230°C
Sampel C3	20%J, 20%T, 20%K, 40%R	10 menit	230°C

Keterangan: J : Serbuk Kayu Jati, T : Serbuk Tempurung Kelapa, K : Serbuk Kuningan, R : Resin *Epoxy*

Pengujian keausan menggunakan alat Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine (type OAT-U) sesuai standard ASTM G99–95a dilakukan di Laboratorium Bahan UGM. Pengujian kekerasan metode *vickers* menggunakan alat Universal Hardness Tester berdasarkan standard ASTM E384 dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Universitas Tidar.

### K3L Dalam Penelitian

Selama proses penelitian, K3L yang dipakai yaitu menggunakan kaos tangan, masker, jas laboratorium, kacamata *safety*, dan *safety shoes*. Fungsi kaos tangan yaitu melindungi tangan dari zat kimia yang mungkin timbul dari reaksi kimia selama proses penelitian dan manufaktur. Fungsi masker yaitu melindungi pernafasan dari serbuk yang mungkin terbawa oleh udara bebas. Fungsi jas laboratorium yaitu sebagai keamanan tubuh dan kulit. Fungsi kacamata yaitu untuk melindungi mata dari partikel serbuk. Fungsi sepatu yaitu sebagai keamanan dari benturan baik selama manufaktur maupun saat pengujian bahan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesimen yang telah direkayasa dengan komposisi 20% serbuk kayu jati, 20% serbuk tempurung kelapa, 20% serbuk kuningan dan 40% resin+katalis diberikan perlakuan *post curing* dengan variasi suhu *post curing* 130°C, 180°C dan 230°C. Pengujian ini menggunakan Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine (Type OATU). Sebelum dilakukan pengujian, spesimen dilakukan preparasi dengan tahapan penghalusan permukaan lalu diberi cairan *tip-x* sehingga bekas pijakan pasca pengujian terlihat di mikroskop. Hasil perhitungan uji keausan ditunjukkan pada Tabel 3.

Nilai keausan spesifik sesuai pada Tabel 3 pada sampel setelah *post curing* dengan suhu 130°C selama 10 menit sebesar  $3,411 \times 10^{-5}$  mm<sup>2</sup>/kg. Nilai keausan terendah terdapat pada sampel pasca *post curing* dengan suhu 180°C dengan keausan spesifik rata-rata  $0,7444 \times 10^{-5}$  mm<sup>2</sup>/kg. Sampel setelah di-*sintering* pada suhu 230°C rata-rata keausan spesifiknya  $2,132 \times 10^{-5}$

mm<sup>2</sup>/kg. Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan *post curing* dengan suhu mulai 130°C yang ditingkatkan ke suhu 180°C terjadi penurunan laju keausan, namun setelah mencapai suhu 230°C terjadi kenaikan laju keausan. Laju keausan dari kampas rem KVB-TO1 adalah  $6.105 \times 10^{-6}$  mm<sup>2</sup>/kg atau setara dengan  $0,6105 \times 10^{-5}$  mm<sup>2</sup>/kg. Spesimen yang mendekati dengan kampas standar yaitu spesimen dengan perlakuan suhu *post curing* 180°C.

**Tabel 3.** Hasil Perhitungan Uji Keausan

Kode spesimen	Keausan spesifik (Ws) (mm <sup>2</sup> /Kg)	Rata-rata Ws (mm <sup>2</sup> /Kg)
A1 (130°C)	$3.862 \times 10^{-5}$	$3,411 \times 10^{-5}$
A2 (130°C)	$3.476 \times 10^{-5}$	
A3 (130°C)	$2.894 \times 10^{-5}$	
B1 (180°C)	$8.667 \times 10^{-6}$	$0,7444 \times 10^{-5}$
B2 (180°C)	$7.220 \times 10^{-6}$	
B3 (180°C)	$6.445 \times 10^{-6}$	
C1 (230°C)	$2.472 \times 10^{-5}$	$2,132 \times 10^{-5}$
C2 (230°C)	$1.791 \times 10^{-5}$	
C3 (230°C)	$2.135 \times 10^{-5}$	
KVB - TO1	$6.105 \times 10^{-6}$	$0,6105 \times 10^{-5}$

Komposit pasca *post curing* dengan suhu 130°C memiliki nilai keausan tertinggi karena resin mengalami perubahan struktur dan permukaan antar partikel saling mengikat. Pada suhu 180°C resin mengalami penurunan nilai keausan. Menurut Okariawan (2014) peningkatan suhu *post curing* akan berpengaruh pada laju keausan dan mengakibatkan penurunan laju keausan, hal ini disebabkan kekuatan ikatan antar partikel pada material semakin tinggi sehingga keausan kecil. Suhu 230°C bahan komposit mengalami deformasi pada ikatan partikel dikarenakan sampel mengalami ketahanan panas yang berlebih membuat nilai keausan meningkat dari nilai keausan 180°C dan terlihat pada pengamatan makro terjadi perubahan fisik pada spesimen yang berwarna hitam (gosong).

Subagia (2018) mengemukakan bahwa serbuk tempurung kelapa hanya dapat menahan suhu di bawah 200°C, dengan ini serbuk tempurung kelapa tidak mampu menahan suhu 230°C sehingga tempurung kelapa terbakar. Oleh sebab itu, terjadi ikatan antar partikel semakin kuat namun porositas di permukaan semakin besar yang terlihat layaknya keretakan. Berdasarkan penelitian ini dapat diartikan bahwa pemberian perlakuan suhu *post curing* berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan nilai laju keausan dari komposit yang telah direkayasa sebagai kampas rem. Hasil foto makro spesimen uji keausan sebagai berikut.

1. Spesimen dengan suhu *post curing* 130°C



**Gambar 1.** Sampel A1 dengan suhu 130°C sebelum uji keausan

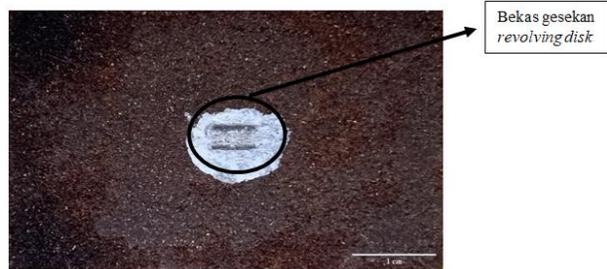


**Gambar 2.** Sampel A1 dengan suhu 130°C setelah uji keausan

2. Spesimen dengan suhu *post curing* 180°C



**Gambar 3.** Spesimen B1 dengan suhu 180°C sebelum uji Keausan

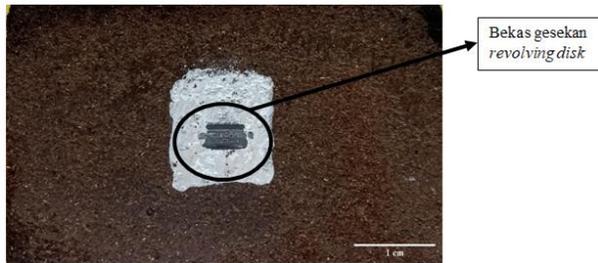


**Gambar 4.** Spesimen B1 dengan suhu 180°C setelah uji keausan

3. Spesimen dengan suhu *post curing* 230°C

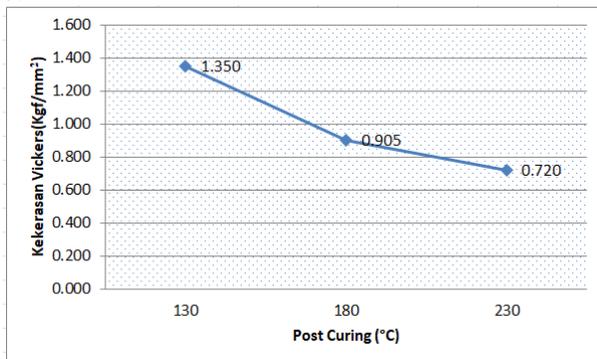


**Gambar 5.** Spesimen C1 dengan suhu 230°C sebelum uji keausan



**Gambar 6.** Spesimen C1 dengan suhu 230°C setelah Uji keausan

Pengujian kekerasan menggunakan metode *Vickers* dengan piramida intan sebagai indentornya. Uji kekerasan bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dari bahan komposit kanvas rem yang telah direkayasa pada penelitian ini dengan komposisi 20% serbuk kayu jati, 20% serbuk tempurung kelapa, 20% serbuk kuningan dan 40% resin+katalis diberikan perlakuan *post curing* dengan variasi suhu *post curing* 130°C, 180°C dan 230°C. Pengujian dilakukan menggunakan alat uji *Universal Hardness Tester*. Nilai hubungan suhu *post curing* terhadap nilai kekerasan ditunjukkan pada gambar 7.



**Gambar 7.** Hubungan antara suhu *post curing* terhadap nilai kekerasan

Grafik gambar 7 menunjukkan nilai kekerasan rata-rata pada setiap variasi suhu *post curing* komposit kanvas rem. Nilai kekerasan tertinggi dimiliki oleh suhu *post curing* 130°C (sampel A) yaitu sebesar 1.350 kgf/mm<sup>2</sup>, kemudian mengalami penurunan nilai kekerasan pada saat terjadi peningkatan suhu *post curing* yaitu suhu 180°C (sampel B) dengan nilai kekerasan sebesar 0.905 Kgf/mm<sup>2</sup>. Terjadi penurunan nilai kekerasan kembali pada suhu 230°C (sampel C) dengan nilai kekerasan sebesar 0.720 Kgf/mm<sup>2</sup>. Nilai kekerasan pembandingan dari kanvas rem KVB-TO1 memiliki nilai sebesar 4.389 Kgf/mm<sup>2</sup>. Berdasarkan nilai tersebut maka nilai kekerasan yang mendekati kanvas rem standar adalah kanvas rem komposit yang diberi perlakuan suhu *post curing* sebesar 130°C.

Dalam penelitian ini, nilai kekerasan komposit kanvas rem menurun seiring dengan peningkatan suhu *post curing*. Semakin tinggi suhu *post curing* menyebabkan semakin mendekati temperatur deformasi

panas resin epoksi yang berkisar 150°C-175°C (Surdia, 1999). Spesimen pasca *post curing* 130°C memiliki nilai kekerasan paling tinggi karena resin *epoxy* mengikat bahan pada sisi permukaan bahan secara baik. Spesimen pasca *post curing* 180°C mengalami deformasi dalam pengikatan. Hal tersebut karena terjadi perubahan struktur spesimen sehingga nilai kekerasannya menurun. Pada suhu *post curing* 230°C terjadi deformasi resin yang menyebabkan porositas terbuka, sehingga saat pendinginan porositas akan mengecil namun udara dalam porositas tidak bisa keluar yang menyebabkan *void*.

Menurut Wahyudi (2018) peningkatan suhu *post curing* berpengaruh terhadap resin yang digunakan, suhu meningkat membuat resin cepat mengeras dengan sifat termoset dan porositas tidak berkurang karena pergerakan bahan yang tidak terjadi secara merata sehingga mengakibatkan nilai kekerasan menurun. Oleh karena itu, meningkatnya suhu *post curing* membuat nilai kekerasan semakin menurun. Berikut ini adalah gambar hasil foto makro yang telah dilakukan sebelum dan sesudah pengujian kekerasan:

1. Spesimen dengan suhu *post curing* 130°C:



**Gambar 8.** Spesimen A1 dengan suhu 130°C sebelum uji kekerasan



**Gambar 9.** Spesimen A1 dengan suhu 130°C setelah uji kekerasan

2. Spesimen dengan suhu *post curing* 180°C

**Gambar 10.** Spesimen B1 dengan suhu 180°C sebelum uji kekerasan



**Gambar 11.** Spesimen B1 dengan suhu 180°C setelah uji kekerasan

3. Spesimen dengan suhu *post curing* 230°C

**Gambar 12.** Spesimen C1 dengan suhu 230°C sebelum uji kekerasan



**Gambar 13.** Spesimen C1 dengan suhu 230°C setelah uji kekerasan

Foto makro spesimen keausan dan kekerasan menunjukkan bahwa persebaran bahan merata dan sulit untuk dibedakan. Bahan serbuk kayu jati yang sebenarnya berwarna coklat terang dan warna serbuk tempurung kelapa berwarna coklat gelap tetapi setelah dilakukan *post curing* warnanya menjadi hampir sama. Warna serbuk kuning terlihat lebih terang sehingga lebih mudah untuk dilihat.

Foto makro hasil uji keausan dan kekerasan menunjukkan bekas gesekan dari *revolving disk* berupa warna hitam dan bintik-bintik pijakan indentor piramida intan pada spesimen. Warna putih yang terlihat pada spesimen merupakan cairan *tip-x* digunakan untuk memudahkan peneliti dalam membedakan bekas injakan setelah dilakukan pengujian spesimen.

Analisis bentuk fisik pada spesimen setelah *post curing* 130°C dominan berwarna coklat terang. Spesimen setelah *post curing* 180°C berwarna dominan coklat gelap dan beberapa titik terdapat keretakan kecil pada spesimen karena terjadi deformasi pada komposit. Spesimen setelah *post curing* suhu 230°C dominan berwarna hitam karena bahan penguat seperti serbuk kayu jati dan serbuk tempurung kelapa tidak mampu menahan panas sehingga terlihat seperti arang (*gosong*) sehingga lebih rapuh.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai keausan yang mendekati kampas rem standar adalah komposit pasca *post curing* 180°C dengan nilai keausan  $0,7444 \times 10^{-5} \text{ mm}^2/\text{kg}$ .
2. Nilai kekerasan yang mendekati kampas rem standar adalah komposit pasca *post curing* 130°C dengan nilai kekerasan  $1.350 \text{ Kgf/mm}^2$ .
3. Hasil pengujian foto makro untuk uji keausan dan kekerasan menampakkkan bahwa persebaran bahan merata. Bahan serbuk kayu jati, serbuk tempurung kelapa memiliki warna coklat yang hampir sama, sedangkan, warna serbuk kuning terlihat lebih terang.
4. Aplikasi material kampas rem sebaiknya menggunakan komposit dengan komposisi 20% serbuk kayu jati, 20% serbuk tempurung kelapa, 20% serbuk kuningandan 40% resin *epoxy* dengan *post curing*  $\leq 180^\circ\text{C}$  untuk kelas 1B sesuai SNI 09-0143-1947.

K3L yang dipakai selama proses penelitian yaitu menggunakan kaos tangan, masker, dan *safety shoes*.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya tujukan kepada PSPPI UNDIP yang telah berkenan menerima kami menjadi mahasiswa angkatan 2023, FT UNTIDAR yang telah membiayai perkuliahan PSPPI, dan LPPM UNTIDAR yang memfasilitasi program riset ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Cholic, N. R. (2021). *Metalurgi Fisik*. Banten: Lembaga Penerbit dan Publikasi Universitas Pamulang.
- Alamsyah, M. H. (2020). Analisis Sifat Mekanik Komposit Bahan Kampas Rem dengan Penguat Serbuk Kayu Jati dan Serbuk Kuningan. *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur)*, 5. (1), 9-13.
- Arif, S. (2019). Analisis Sifat Mekanis Perbandingan Campuran Komposit Serbuk Gergaji Kayu dengan Matrik Epoxy untuk Material Kampas Rem. *JTech* 7(2) Politeknik Kediri, 58 - 63.
- Bagaskara, A. (2019). Pengaruh Serbuk Kulit Biji Mangga Sebagai Penguat Komposit Kampas Rem Terhadap Sifat Mekanis. *Jurnal Teknik Mesin MERC* Vol 2, No 2, 2.
- Ferriawan Yudhanto, S. A. (2019). Karakterisasi Bahan Kampas Rem Sepeda Motor dari Komposit Serbuk Kayu Jati. *Jurnal Quantum Teknika* Vol.1, No.1, 19-27.
- Iman, N. (2020). Karakteristik Komposit Partikel Arang Kayu Akasia Bermatrik Epoxy Sebagai Salah Satu Alternatif Kampas Rem Non-Asbestos. *ROTASI*, Vol.22 No.1, 7-13.
- Kiswiranti, D. S. (2009). Pemanfaatan Serbuk Tempurung Kelapa Sebagai Alternatif Serat Penguat Bahan Friksi Non-Asbes Pada Kampas Rem Sepeda Motor. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia* 5 ISSN: 1693-1246, 62- 66.
- Okariawan, I. D. (2014). *Pengaruh Variasi Temperatur Sinter Dan Holding Time Pada Pembuatan Spesimen Rem Sepeda Motor Dari Komposit Abu Sekam Padi, Fiberglass, Aluminium, Lempung Dengan Matrik Phenolic Resin Terhadap Keausan Dan Jarak Pengereman*.
- Wahyuni (2016). Studi Kekuatan Tarik dan Koefisien Gesek Bahan Komposit Arang Limbah Serbuk Gergaji Kayu Jati dengan Matrik Epoxy. *MEKANIKA* Vol. 9 No.2, 320-323.
- Suhardiman, M. S. (2017). Analisa Keausan Kampas Rem Non Asbes Terbuat dari Komposit Polimer Serbuk Padi dan Tempurung Kelapa. *INOVTEK POLBENG*, VOL. 07, NO. 2.
- Sumarna, Y. (2011). *Kayu Jati (Panduan Budi Daya dan Prospek Bisnis)*. Jakarta: Penerbar Swadaya.
- Sunardi, D. (2015). Variasi Campuran Fly Ash Batubara Untuk Material Komposit. *Flywheel Jurnal Teknik Mesin Untirta* Volume I Nomor 1, 90-102.
- Surdia, T. (1999). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- Suyitno. (2021). *Bahan Teknik untuk Rekayasawan (Polimer, Keramik, Kayu dan Komposit)*. Yogyakarta: Penerbit Pustaka Pranala.