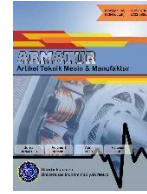


Contents list available at [Sinta](#)



A R M A T U R
: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage:
<https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>



Evaluasi Sifat Kekerasan Kampas Rem Biokomposit Sebagai Alternatif Non-Asbestos

Bima Segara Dani¹, Chandra Gunawan^{2*}

¹ Prodi Teknologi Rekayasa Otomotif, Fakultas Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65141

² Prodi Teknologi Rekayasa Otomotif, Fakultas Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65141

ARTICLE INFO

Keywords:
Biocomposite, Brake Pad,
Banana Peel, Rice Husk,
Hardness.

ABSTRACT

Brake pads play a crucial role in the safety system of motor vehicles due to their function in slowing down or stopping the vehicle. The use of asbestos as the primary material in brake pads has been associated with negative impacts on health and the environment, necessitating the development of safer and more sustainable alternatives. This study investigates the mechanical properties of biocomposite-based brake pads made from banana peel and rice husk waste, with polyester resin as the binding matrix. The filler materials were processed into fine charcoal with a particle size of 100 mesh and mixed using the hand lay-up method with specific volume fraction variations. Hardness testing was conducted using a Shore D durometer in accordance with ASTM D2240 standards. The obtained data were analyzed quantitatively using the ANOVA method through Minitab Statistical software. The test results indicated that variations in the composition of filler materials had a significant effect on the hardness value of the brake pads. These findings suggest that biocomposites made from organic waste have potential as environmentally friendly alternatives to non-asbestos brake pads.

*Corresponding author: 2141270013@student.polinema.ac.id

DOI: <https://10.24127/armatur.v6i2.9299>

Received 26 Juni 2025; Received in revised form 10 Agustus 2025; Accepted 28 September 2025

Available online 30 September 2025

Pendahuluan

Kampas rem merupakan salah satu komponen krusial dalam sistem pengereman kendaraan bermotor. Fungsinya adalah memberikan gesekan terhadap cakram atau tromol untuk memperlambat atau menghentikan putaran roda ketika pengemudi menginjak pedal atau menarik tuas rem [1]. Oleh karena itu, kinerja kampas rem sangat berpengaruh terhadap keselamatan pengendara.

Selama beberapa dekade, bahan asbestos telah banyak digunakan dalam pembuatan kampas rem karena sifatnya yang tahan panas dan kuat. Namun, berdasarkan penelitian [2] asbestos terbukti berbahaya bagi kesehatan, terutama jika partikel debunya terhirup dalam jangka panjang. Selain itu, performa kampas rem berbahan asbestos menurun saat kondisi basah, sehingga mengurangi efektivitas pengereman.

Dalam material komposit, matriks merupakan komponen dengan proporsi volume terbesar. Peran utamanya adalah menyalurkan tegangan ke serat, membentuk ikatan yang solid di permukaan serat, melindungi serat dari kerusakan, serta mempertahankan kestabilan struktur setelah proses manufaktur [3]. Untuk aplikasi kampas rem, karakteristik matriks harus memiliki sifat ketahanan terhadap tekanan, air, dan suhu tinggi. Resin *polyester* menjadi pilihan karena mampu memenuhi persyaratan tersebut, terutama karena dapat mengeras pada suhu ruang hanya dengan bantuan katalis, tanpa memerlukan tekanan saat proses pencetakan [4]. Kombinasi resin *polyester* dengan bahan pengisi berupa partikel arang dari kulit pisang dan sekam padi diharapkan dapat menghasilkan bahan komposit alternatif yang ramah lingkungan sebagai pengganti kampas rem berbasis asbestos.

Beberapa penelitian telah dilakukan di bidang pengembangan kampas rem bebas asbes. Penggunaan serat rami dicampur dengan tempurung kelapa [5], serbuk kayu dicampur dengan sekam padi [6], serat durian [7] dll telah diselidiki. Penelitian di

seluruh dunia berfokus pada memanfaatkan limbah pertanian sebagai sumber bahan baku kampas rem non asbestos. Menurut [8] kulit pisang bisa mengganti bahan asbestos kampas rem, dan [9] menunjukkan bahwa sekam padi memiliki kandungan silika yang tinggi dan cocok untuk sebagai bahan baku kampas rem.

Salah satu metode yang umum digunakan untuk mengukur kekerasan bahan polimer dan komposit adalah pengujian Shore D hardness. Metode ini mengacu pada standar ASTM D2240, dan menggunakan durometer Shore D, yang didesain untuk mengukur bahan dengan tingkat kekerasan menengah hingga tinggi seperti resin *polyester*, *epoxy*, dan biokomposit [10]. Pengujian ini dilakukan dengan menekan indenter logam ke permukaan spesimen dan mencatat resistensi terhadap penetrasi.

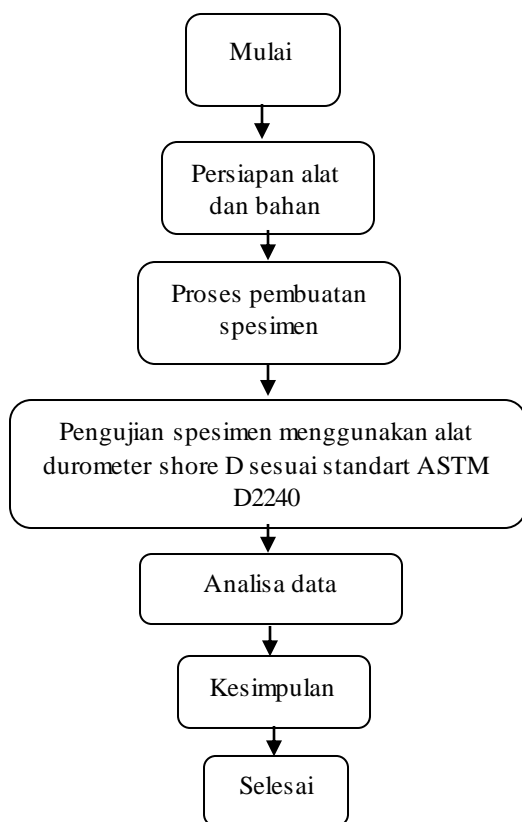
Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sifat kekerasan kampas rem komposit dengan menggunakan durometer Shore D sesuai dengan standar ASTM D2240, serta mengevaluasi pengaruh variasi komposisi material terhadap tingkat kekerasan yang dihasilkan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan kampas rem non-asbestos yang ramah lingkungan dan aman digunakan.

Metode Penelitian

Penelitian diawali dengan studi lapangan untuk mengidentifikasi permasalahan yang berkaitan dengan performa kampas rem, khususnya pada aspek kekerasan material. Tahap selanjutnya adalah kajian literatur guna memperoleh landasan teoritis dari penelitian terdahulu. Berdasarkan informasi tersebut, dirumuskan masalah serta ditetapkan tujuan penelitian yang difokuskan pada pengujian kekerasan. Setelah itu dilakukan persiapan alat dan bahan, diikuti dengan proses pencampuran dan pencetakan spesimen kampas rem berbahan arang kulit pisang dan sekam padi. Spesimen yang dihasilkan diperiksa ketebalannya untuk memastikan kesesuaian

dengan standar; apabila belum memenuhi, maka dilakukan penggabungan dengan plat kanvas rem.

Tahap utama penelitian adalah pengujian kekerasan menggunakan durometer. Hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan sampel pembanding sebagai validasi, dan data dianalisis untuk mengetahui karakteristik kekerasan material. Analisis ini menjadi dasar dalam penyusunan pembahasan, kesimpulan, serta saran penelitian lanjutan yang diarahkan pada peningkatan kualitas biomaterial kanvas rem.



Material

Bahan yang digunakan selama pekerjaan ini adalah resin *polyester*, serbuk arang kulit pisan, dan serbuk arang sekam padi. Proses pembuatan dimulai dengan pengumpulan kulit pisang dan sekam padi sebagai bahan baku. Bahan tersebut kemudian dikeringkan untuk mengurangi kadar air sebelum dilakukan pembakaran tidak sempurna (pirolisis) pada suhu tertentu hingga berubah menjadi arang. Arang yang

dihasilkan didinginkan, lalu dihaluskan menggunakan grinder atau ball mill hingga berbentuk serbuk. Selanjutnya, serbuk diayak dengan saringan berukuran 100 mesh untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam dan siap digunakan sebagai bahan campuran pembuatan kanvas rem biomaterial.



Gambar 1. Serbuk arang kulit pisang



Gambar 2. Serbuk arang sekam padi

Metode Pembuatan Spesimen

Bahan yang telah disiapkan dicampur dalam wadah dan di campur dengan benar hingga mencapai keadaan homogen dan kemudian dipindahkan ke dalam cetakan. Campuran ditambahkan sesuai dengan komposisi masing masing seperti ditunjukkan pada Tabel 1 ditinjau dari berat spesimen.

Tabel 1. Komposisi Campuran Material

Kode Spesimen	Fraksi Volume Komposisi (%)		
	Arang Kulit Pisang	Sekam Padi	Resin Polyester
A	25	25	50
B	40	10	50
C	30	20	50
D	10	40	50
SP	Sampel Pembanding		

Proses pembuatan komposit meliputi pencampuran bahan, pencetakan, dan sintering. Bahan berupa arang kulit pisang, abu sekam padi, dan resin polyester diayak dan ditimbang sesuai komposisi, lalu dicampur dalam wadah khusus dengan resin ditambahkan pada tahap akhir. Pencetakan dilakukan dengan mencampur resin polyester tak jenuh bersama katalis dan akselerator, kemudian dituangkan ke cetakan yang telah dilapisi *grease* supaya tidak melekat pada cetakan. Material penguat ditempatkan dalam cetakan, dan resin diaplikasikan menggunakan metode seperti hand lay-up agar meresap merata.



Gambar 3. Spesimen arang kulit pisang dan sekam padi

Setelah pencetakan, spesimen disintering pada suhu 150°C selama 5 menit untuk memperkuat struktur komposit tanpa melelehkannya.

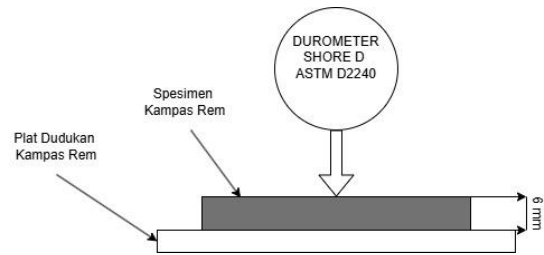


Gambar 4. Proses sintering spesimen

Pengujian Spesimen

Nilai kekerasan spesimen diperoleh dengan menggunakan alat uji kekerasan durometer berjenis shore D dengan standart uji sesuai ASTM D2240. Sampel bertinggi 6 mm digunakan untuk melakukan pengujian

pada berbagai variasi komposisi bahan yang berbeda.



Gambar 5. Pengujian kekerasan

Pengukuran kekerasan diawali dengan persiapan untuk meminimalkan paparan instrumen terhadap kondisi lingkungan yang dapat memengaruhi kinerjanya agar hasil tetap akurat. Spesimen diletakkan pada permukaan datar, keras, dan horizontal, sementara durometer dipegang secara vertikal. Identor ditekan ke spesimen dengan posisi vertikal dan sejajar dengan permukaan, dilakukan secara kuat namun halus untuk menghindari guncangan, penggulingan, atau gaya lateral, serta memastikan sepatu penindas sepenuhnya kontak dengan spesimen. Setelah sepatu penindas menyentuh permukaan, pembacaan dilakukan dalam waktu $1 \pm 0,1$ detik karena nilai kekerasan dapat berubah seiring waktu. Pengukuran dilakukan lima kali pada posisi berbeda dari spesimen yang terpisah, lalu hasilnya dihitung sebagai rata-rata aritmatika atau median.

Hasil dan Pembahasan

Berikut data hasil pengujian kekerasan kampas rem yang menggunakan alat uji durometer yang berstandart ASTM D2240, ditampilkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Uji Nilai Kekerasan Spesimen

Kode Spesimen	Tingkat kekerasan (HD)					Rata-rata
	Uji ke-1	Uji ke-2	Uji ke-3	Uji ke-4	Uji ke-5	
A	71	70	72	71	71	71
B	74	74	75	74	73	74
C	72	72	73	72	73	72,4
D	80	79	80	81	80	80
SP	74	76	75	75	76	75,2

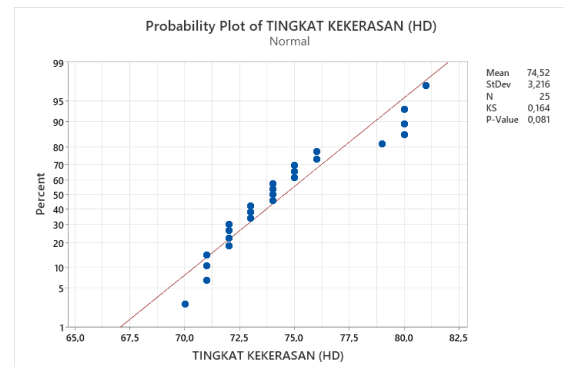
Nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada spesimen D, yaitu sebesar 80,0 HD, yang tersusun dari 40% sekam padi dan 10% arang kulit pisang. Sebaliknya, nilai kekerasan terendah terdapat pada spesimen A, yaitu 71,0 HD, yang memiliki fraksi volume seimbang antara kedua jenis filler (masing-masing 25%). Pola ini menunjukkan bahwa peningkatan kandungan sekam padi berbanding lurus dengan peningkatan nilai kekerasan biokomposit.

Kecenderungan tersebut dapat dijelaskan melalui sifat fisis dan kimia sekam padi, yang dikenal mengandung kadar silika (SiO_2) tinggi, yaitu antara 15–20%. Kandungan silika tersebut bersifat abrasif dan mampu meningkatkan kekakuan serta kekerasan struktur material secara keseluruhan. Sementara itu, arang kulit pisang cenderung memiliki struktur berpori dan komposisi organik dominan, yang menyebabkan penurunan kekerasan ketika digunakan dalam fraksi yang lebih tinggi, diduga karena sifatnya yang relatif lunak dan elastis.

Sebagai pembandingan, spesimen SP yang diasumsikan sebagai kampas rem standar industri menunjukkan nilai kekerasan sebesar 75,2 HD. Fakta bahwa spesimen D melampaui kekerasan spesimen pembandingan mengindikasikan bahwa penggunaan sekam padi dalam kadar tinggi berpotensi menghasilkan biokomposit dengan kinerja mekanik yang kompetitif, khususnya dalam aplikasi yang membutuhkan kekerasan tinggi seperti pada kampas rem. Dengan demikian, sekam padi terbukti efektif sebagai bahan pengisi alternatif berbasis limbah pertanian dalam pengembangan material ramah lingkungan. Selanjutnya, pengujian lanjutan seperti uji aus dan ketahanan panas diperlukan untuk memastikan kelayakan penggunaan secara praktis.

Analysis of Variance (Anova) digunakan untuk menyelidiki hubungan

antara variabel terikat (respon) dengan satu atau beberapa faktor. Dalam hal ini metode yang digunakan adalah uji *normal probability plot*, dan *anova one way*.



Gambar 6. Grafik Uji Normal Probability Plot

Uji *normal probability plot* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antar kelompok spesimen dengan nilai F hitung = 119,12 dan P-Value = 0,000 ($< 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa jenis spesimen berpengaruh nyata terhadap karakteristik yang diamati.

Sebelum analisis lanjut, dilakukan uji normalitas terhadap data Tingkat Kekerasan (HD) menggunakan Probability Plot dan Kolmogorov-Smirnov pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Hasil menunjukkan P-Value = 0,081 ($> 0,05$), sehingga data dinyatakan berdistribusi normal.

Tabel 3. *Analysis of Variance*

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
SPESEI	4	238,24	59,560	119,1	0,000
MEN			0	2	
Error	20	10,00	0,5000		
Total	24	248,24			

Berdasarkan Tabel 3, nilai F hitung sebesar 119,12 dan nilai P-Value sebesar 0,000. Karena nilai P-Value $< 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok spesimen terhadap nilai respon yang diukur. Dengan demikian, jenis spesimen memberikan

pengaruh nyata terhadap karakteristik yang diamati.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa biokomposit kanvas rem berbahan dasar limbah serbuk kulit pisang dan sekam padi dengan matriks resin polyester memiliki potensi sebagai alternatif material kanvas rem non-asbestos yang ramah lingkungan. Variasi fraksi volume bahan pengisi memberikan pengaruh signifikan terhadap tingkat kekerasan material. Spesimen dengan komposisi 40% sekam padi dan 10% arang kulit pisang (kode D) menunjukkan tingkat kekerasan tertinggi (80 HD), bahkan melebihi kekerasan kanvas rem pembanding standar industri (75,2 HD). Hal ini disebabkan oleh kandungan silika tinggi dalam sekam padi yang memberikan kontribusi pada peningkatan kekakuan dan kekerasan. Hasil analisis statistik ANOVA juga mendukung temuan ini dengan menunjukkan perbedaan yang signifikan antar kelompok spesimen ($P\text{-Value} < 0,05$). Dengan demikian, sekam padi terbukti efektif sebagai bahan pengisi dalam biokomposit kanvas rem. Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk menguji sifat aus dan ketahanan panas guna memastikan kelayakan material secara praktis.

Daftar Pustaka

- [1] K. : Jurnal, M. Saintek, S. F. Syarif¹, and D. Supriyatna, 'PRINSIP KERJA SISTEM Pengereman Hidrolik Pada Sepeda Motor', vol. 3, no. 2, pp. 1–10, 2024, [Online]. Available: <https://ejournal.warunayama.org/kohesi>
- [2] I. Buana and D. Agustian Harahap, 'ASBESTOS, RADON DAN POLUSI UDARA SEBAGAI FAKTOR RESIKO KANKER PARU PADA PEREMPUAN BUKAN PEROKOK', 2022.
- [3] Gugun Gundara, Agung Setia Nurzein, Acep Wagiman, and Asep Romi Ramadhan, 'Effect of Alkalized Pineapple Leaf Fiber Direction Variations on Tensile Strength and Bending of Polyester Matrix Composites', *Formosa Journal of Sustainable Research*, vol. 2, no. 1, pp. 87–96, Jan. 2023, doi: 10.55927/fjsr.v2i1.2703.
- [4] T. Manurung, 'Analisis Perbandingan Kekuatan Bahan Komposit Dengan Variasi Susunan Acak Dan Lurus Memanjang Berbasis Serat Bambu Dan Resin Polyester', *Jurnal Kolaborasi Sains dan Ilmu Terapan*, vol. 1, no. 1, pp. 19–23, 2022.
- [5] B. Sudia, 'Biokomposit Polimer Berpenguat Serat Rami dan Partikel Tempurung Kelapa Sebagai Material Kanvas Rem Sepeda Motor', 2019.
- [6] Moch. A. Kurniawan, Y. Prasetyo, S. Srianto, A. E. Fahmadi, and R. Rifano, 'Characterization of Brake Pads by Variation in Composition of Teak Wood Powder and Rice Husk Ash', *RSF Conference Series: Engineering and Technology*, vol. 2, no. 2, pp. 190–197, Nov. 2022, doi: 10.31098/cset.v2i2.572.
- [7] B. Maryanti, M. Anggun, T. Anggono, J. Pupuk, R. Gunung, and B. Balikpapan, 'Studi Ekperimental Keausan Kanvas Rem Komposit Serat Kulit Durian dan Serbuk Aluminium dengan Resin Vinylester', *Jurnal Penelitian Enjiniring (JPE)*, vol. 24, no. 2, 2020, doi: 10.25042/jpe.112020.06.
- [8] J. O. Dirisu, O. S. I. Fayomi, S. O. Oyedepo, and N. E. Udoye, 'Asbestos-free aluminium dross brake pad: a mini review', in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Publishing, 2021, p. 012034.
- [9] B. Sudia, 'Biokomposit Polimer Berpenguat Serat Rami dan Partikel Tempurung Kelapa Sebagai Material Kanvas Rem Sepeda Motor', 2019.
- [10] P. A. Palacios, A. Velazquez, R. Zelaya, and A. E. Patterson, 'Shore

hardness of as-printed and
dehydrated thermoplastic materials
made using fused filament fabrication

(FFF)', *Mater Today Commun*, vol.
35, p. 105971, 2023.