

Pengaruh Variasi Densitas Resin PVC terhadap Koefisien Gesek dan Mikrostruktur Komposit Kampas Rem Berbasis Serat Sabut Kelapa dan Serbuk Arang

Aap Pandriana^{12*}, Sagir Alva¹, Alfian Noviyanto¹, Kurniawan¹³

¹Magister Teknik Mesin, Universitas Mercu Buana

Jl. Meruya Selatan No. 1, Kembangan, Jakarta Barat. Daerah Khusus Ibukota Jakarta 11650

²Teknik Sepeda Motor, SMKN 7 Kabupaten Tangerang

Jl. Raya Legok-Karawaci Perum. Dasana Indah, Bojong Nangka, Kelapa Dua, Kab. Tangerang, Banten

³Indonesia Fuel Cell and Hydrogen Energy

Gd.224 Kawasan PUSPIPTEK, Tangerang Selatan, Banten 15311

*e-mail : aappandriana@gmail.com

Received 13 Mei 2025 | Revised 29 Mei 2025 | Accepted 1 Juni 2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengembangkan kampas rem ramah lingkungan berbahan komposit dengan menggunakan serat sabut kelapa sebagai penguat, serbuk arang batok kelapa sebagai pengisi, dan resin polivinil klorida (PVC) sebagai matriks. Proses pembuatan komposit dilakukan melalui metode hot press pada suhu 180 °C dan tekanan 7 MPa. Variasi resin PVC diperoleh dari perbedaan rasio pelarut cyclohexanone terhadap serbuk PVC, yaitu G01 (1,036 g/ml), G02 (1,069 g/ml), dan G03 (1,136 g/ml). Pengujian yang dilakukan meliputi pengukuran massa jenis, koefisien gesek, serta pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik. Hasil menunjukkan bahwa meningkatnya densitas resin sebanding dengan peningkatan massa jenis dan nilai koefisien gesek komposit. Spesimen G03 dengan densitas resin tertinggi menghasilkan nilai koefisien gesek tertinggi, yaitu 1,75. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan ikatan antar material semakin baik seiring peningkatan kandungan resin. Pengamatan struktur mikro memperlihatkan bahwa resin PVC lebih merata dan menyelimuti serat dengan lebih baik pada spesimen G03, yang mengindikasikan distribusi material yang lebih homogen dan ikatan antar fase yang lebih kuat. Meskipun nilai koefisien gesek yang diperoleh melampaui standar SAE J661-1997 (0,14–0,27), kondisi ini diduga disebabkan oleh pengujian yang dilakukan pada temperatur rendah. Secara keseluruhan, komposit ini memiliki potensi untuk digunakan sebagai kampas rem non-asbes yang aman, ringan, dan memiliki sifat mekanik serta mikrostruktur yang mendukung performa pengereman yang baik.

Kata kunci: komposit, sabut kelapa, resin PVC, kampas rem, sifat mekanik.

ABSTRACT

This study aims to develop an environmentally friendly brake pad material using composite made from coconut coir fiber as reinforcement, coconut shell charcoal powder as filler, and polyvinyl chloride (PVC) resin as the matrix. The composite was fabricated using the hot press method at a temperature of 180 °C and a pressure of 7 MPa. Variations in PVC resin density were achieved by adjusting the cyclohexanone-to-PVC powder ratio, resulting in three formulations: G01 (1.036 g/ml), G02 (1.069 g/ml), and G03 (1.136 g/ml). The composite specimens were tested for density, friction coefficient, and microstructure using an optical microscope. The results showed that increasing the resin density led to higher composite density and friction coefficient values. The highest friction coefficient, 1.75, was observed in specimen G03 with the highest resin density. This indicates that better resin distribution and stronger interfacial bonding were achieved with increased resin content. Microstructural observations revealed that in specimen G03, the

resin more uniformly coated the fiber surface, indicating a more homogeneous distribution and stronger adhesion between phases. Although the measured friction coefficient exceeded the SAE J661-1997 standard range (0.14–0.27), this is likely due to the testing being conducted at lower temperatures. Overall, the composite shows strong potential as a non-asbestos brake pad alternative, offering favorable mechanical and microstructural properties, along with environmental sustainability and reduced health risks.

Key words: composite, coconut fiber, PVC resin, brake pad, mechanical properties

1. Pendahuluan

Sistem rem merupakan salah satu komponen kritis dalam kendaraan bermotor yang bertanggung jawab langsung terhadap keselamatan pengendara [1]. Sistem ini bekerja berdasarkan prinsip gaya gesek antara kampas rem dan piringan (*disk*) atau tromol (*drum*) untuk mengurangi kecepatan atau menghentikan kendaraan [2]. Oleh karena itu, kampas rem harus memiliki stabilitas termal, ketahanan aus tinggi, dan koefisien gesek yang konsisten pada berbagai kondisi kerja [3].

Selama bertahun-tahun, material berbasis asbes banyak digunakan sebagai bahan utama kampas rem karena sifat mekaniknya yang baik. Namun, paparan debu asbes terbukti bersifat karsinogenik dan dapat menyebabkan penyakit serius seperti asbestosis dan kanker paru-paru [4][5]. Hal ini mendorong pencarian material alternatif yang ramah lingkungan namun tetap memiliki performa tribologis yang memadai. Salah satu pendekatan yang kini berkembang adalah penggunaan material komposit berbasis serat alam yang *biodegradable* dan tersedia melimpah, seperti serat sabut kelapa dan serbuk arang batok kelapa [4].

Serat sabut kelapa memiliki keunggulan berupa kekuatan tarik tinggi dan ketahanan terhadap pembusukan, sedangkan serbuk arang batok kelapa memiliki densitas rendah dan kandungan karbon tinggi yang dapat meningkatkan ketahanan panas serta sifat impak material [6]. Kedua bahan ini dipadukan dengan resin polivinil klorida (PVC) sebagai matriks, karena PVC memiliki ketahanan kimia dan mekanik yang baik serta aman digunakan dalam lingkungan industri [7].

Untuk memastikan material komposit yang dihasilkan layak diaplikasikan sebagai kampas rem, perlu dilakukan pengujian sifat mekanik dan mikrostrukturalnya. Salah satu parameter penting adalah koefisien gesek (μ), karena langsung berkaitan dengan kemampuan pengereman. Nilai μ ideal untuk kampas rem menurut standar SAE J661 berkisar antara 0,14 hingga 0,27 [8]. Nilai ini menunjukkan kestabilan gaya gesek pada kondisi normal maupun ekstrem. Selain itu, analisis struktur mikro menggunakan mikroskop optik penting untuk mengevaluasi kualitas dispersi serat dan filler, ikatan antar fase, serta mendeteksi adanya porositas atau cacat internal yang dapat mempengaruhi performa komposit [9]. Selain itu Analisis mikrostruktur bertujuan untuk mengamati perubahan bentuk dan susunan mikro material yang terjadi akibat perlakuan proses atau pengaruh dari kondisi lingkungan tertentu [10].

Melalui pendekatan tersebut, diharapkan tercipta material kampas rem yang tidak hanya ramah lingkungan dan berbasis limbah lokal, tetapi juga memiliki karakteristik fungsional sesuai standar industri otomotif.

2. Metodologi

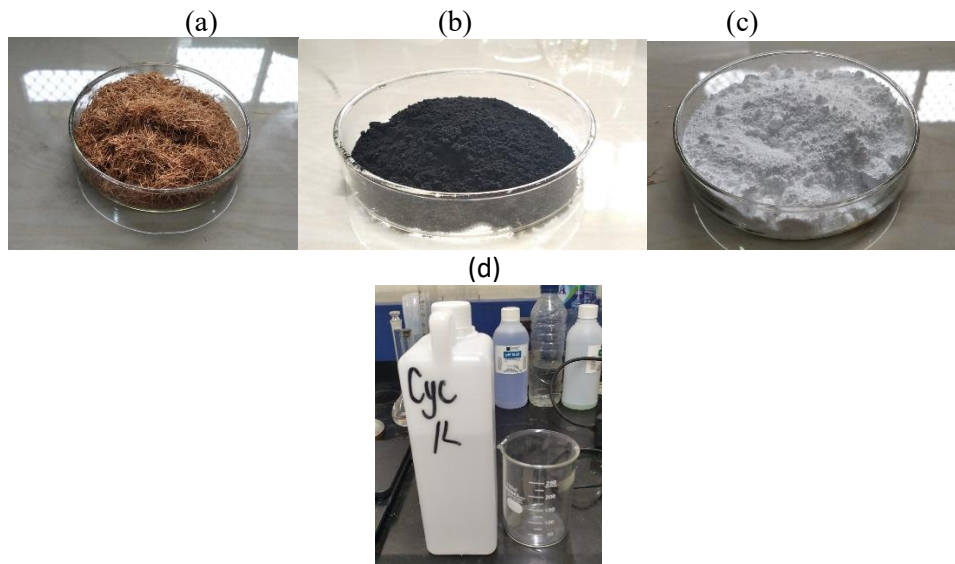
Secara keseluruhan metode yang digunakan adalah metode penelitian eksperimen dengan membuat spesimen uji dan melakukan pengujian dengan alat uji. Berikut adalah diagram alir proses penelitian:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1. Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari serat sabut kelapa dipotong kecil dengan ukuran 5 mm, serbuk arang batok kelapa diayak dengan saringan ukuran mesh 200, dan serbuk resin PVC yang dilarutkan dalam cyclohexanone.



Gambar 2. (a) Serat sabut kelapa (b) Serbuk arang (c) Serbuk PVC (d) Pelarut *cyclohexanone*

Cyclohexanone sebagai pelarut serbuk PVC, dengan perbandingan pelarut terhadap serbuk PVC bervariasi antara 1:10, 1:7,5, dan 1:5 guna mengevaluasi efek konsentrasi resin terhadap sifat komposit. Serbuk PVC dilarutkan dalam cairan *cyclohexanone* pada temperatur 40°C [11] menggunakan *hot plate steerer*.

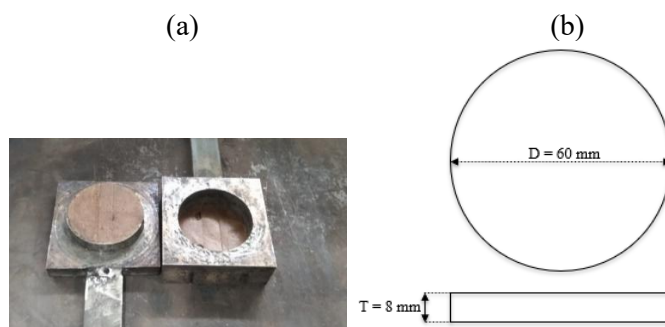
Tabel 1. Variasi Campuran Resin PVC

Resin PVC	Serbuk PVC (g)	Pelarut <i>Cyclohexanone</i> (ml)	Massa <i>Cyclohexanone</i> (Densitas 0.936 g/ml) (g)	Total Massa Campuran (g)	Densitas Resin PVC (g/ml)
Resin PVC ₁	20	200	187,2	207,2	1,036
Resin PVC ₂	20	150	140,4	160,4	1,069
Resin PVC ₃	20	100	93,6	113,6	1,136

**Gambar 3.** (a) *Hot plate steerer* (b) Resin PVC dengan 3 Variasi Campuran

2.2. Alat

Alat yang digunakan untuk membuat spesimen komposit adalah cetakan. Cetakan menggunakan bahan VCN dengan ukuran diameter 60 mm dan tinggi 8 mm.

**Gambar 4.** (a) Cetakan spesimen komposit (b) Dimensi spesimen komposit

Alat untuk proses cetak spesimen komposit menggunakan mesin kompaksi panas (*hot press machine*) dengan spesifikasi tekanan 7 Mpa dan temperatur pemanasan 180°C dengan waktu pencetakan yaitu selama 60 menit.

**Gambar 5.** Mesin *hot press*

Komposisi yang digunakan dalam pencetakan spesimen terdiri dari 70% serat sabut kelapa, 5% serbuk arang batok kelapa, dan 25% resin PVC dengan perhitungan fraksi volume dan densitas dari masing masing material. Semua bahan dicampur lalu di masukan dalam cetakan dan diproses pada mesin *hot press*. Hasil cetak spesimen komposit dapat dilihat pada **gambar 6**.



Gambar 6. Spesimen komposit

Selanjutnya alat untuk uji koefisien gesek digunakan untuk mengetahui seberapa besar daya pengereman pada spesimen komposit. Alat ini menggunakan jenis *pin on flat* dengan cara plat penggesek dengan bahan baja s50c ditarik dan spesimen diberikan beban serta disambungkan ke neraca pegas untuk mengetahui gaya pada saat terjadi gesekan. Spesifikasi alat ini menggunakan motor Listrik dengan putaran rendah yaitu 14 RPM dan penambahan beban 0,2 kg dan 0,35 kg pada temperature ruang yaitu 23°C.



Gambar 7. Mesin uji gesek

Alat yang terakhir adalah mikroskop optik tujuannya untuk melihat struktur mikro pada spesimen komposit. Spesifikasi dari alat ini adalah Mikroskop Optik Merk MEIJI : 100x Zoom, 0.5X C-Mount dengan *software capture v2.0*.



Gambar 8. Mikroskop optik

2.3. Proses pengujian

Spesimen komposit disiapkan untuk pengujian massa jenis, koefisien gesek, dan struktur mikro. Pada pengujian massa jenis, spesimen komposit yang sudah siap diuji ditimbang menggunakan timbangan digital untuk mengetahui massa kompositnya.



Gambar 9. Proses penimbangan spesimen komposit

Setelah ditimbang lalu dilakukan perhitungan massa jenis komposit. Massa jenis suatu benda dapat ditulis secara matematis seperti berikut ini [12]:

$$\rho = m / v \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

ρ : Massa jenis zat (g/cm³)

m : Massa zat (g)

v = Volume zat (cm³)

Selanjutnya, proses pengujian koefisien gesek spesimen yang siap diuji diikat pada neraca pegas lalu di letakan pada lintasan gesek. Kemudian diberikan pembebanan 0,25 kg, 0,5 kg, 0,75 kg, dan 1 kg. Hasil pembacaan gaya gesek saat proses pengujian dibaca dan dianalisis dengan menggunakan persamaan koefisien gesek. Koefisien gesek (μ) didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya gesek (F) dengan gaya normal (N) yang bekerja pada permukaan benda [13]. Secara matematis, rumusnya adalah:

$$\mu = F/N \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

μ = Koefisien gesek (tanpa satuan)

F = Gaya gesek (dalam satuan Newton, N)

N = Gaya normal (dalam satuan Newton, N)

Dalam persamaan di atas, gaya normal biasanya sama dengan berat benda jika bidang datar (horizontal), yaitu:

$$N = m \cdot g \dots\dots\dots(3)$$

Jadi, rumus koefisien gesek menjadi:

$$\mu = F/m \cdot g \dots\dots\dots(4)$$

Pada uji struktur mikro dilakukan dengan menggunakan perbesaran 5x, 10x, 20x, dan 50x menggunakan mikroskop optik. Spesimen diletakan pada penjepit spesimen lalu dilihat menggunakan bantuan kamera dengan *software capture v2.0*.

3. Hasil dan Pembahasan

Berikut hasil dari perhitungan massa jenis dari komposit yang sudah di buat atau diproses menjadi spesimen dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Massa Jenis Komposit

Spesimen	Volume Cetakan (cm ³)	Massa Komposisi Komposit (g)	Hasil Timbang Massa Komposit (g)	Rata-Rata (g)	Massa jenis Komposit (g/cm ³)
G01		24,62	17,43	17,94	0,77
			18,13		
			18,33		
G02	22,61	24,81	18,43	19,17	0,84
			19,18		
			19,90		
G03		25,19	21,16	20,15	0,89
			19,18		
			20,10		

Dilihat pada tabel, semakin tinggi massa jenis dari resin PVC semakin besar juga massa jenis kompositnya. Jika dibandingkan dengan standar massa jenis kampas rem berdasarkan SAE J661 – 1997 yaitu 1.5 – 2.4 g/cm³ [8], maka spesimen komposit masih di bawah standar massa jenis. Hal ini sesuai dengan keunggulan dari komposit salah satunya yaitu memiliki massa benda yang ringan namun kuat [14].

Selanjutnya pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan gesek pada spesimen komposit. Berikut hasil dari pengujian koefisien gesek dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Koefisien Gesek

Kode Spesimen	Densitas Resin PVC (g/ml)	Massa Komposit (kg)	Beban Tambahan (kg)	Massa Total (kg)	Gaya (N)	Koefisien Gesek (μ)
G01	1,036	0,01794	0,20	0,2179	0,25	0,12
			0,35	0,3679	1,16	0,32
G02	1,069	0,01917	0,20	0,2192	0,33	0,15
			0,35	0,3692	1,50	0,41
G03	1,136	0,02015	0,20	0,2202	0,41	0,19
			0,35	0,3702	1,25	0,34

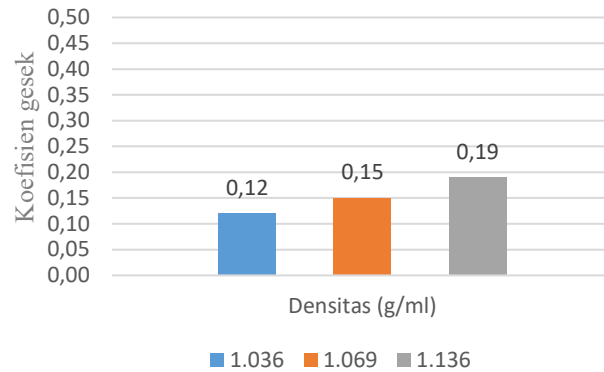


Gambar 10. Proses uji koefisien gesek

Berdasarkan hasil pengujian terhadap tiga spesimen komposit kampas rem berbahan serat sabut kelapa, serbuk arang, dan resin PVC, diperoleh bahwa spesimen G03, yang memiliki densitas resin paling tinggi, menunjukkan nilai koefisien gesek tertinggi yaitu 0,19 pada beban 0,20 kg. Spesimen G02 menghasilkan nilai 0,15, sedangkan spesimen G01 dengan kandungan resin PVC yang lebih rendah nilai koefisien gesek sebesar 0,12. Jika dibandingkan dengan standar SAE J661-1997, yang menetapkan rentang nilai koefisien gesek sebesar 0,14 hingga 0,27 [8], maka spesimen G03 masuk dalam rentang standar koefisien gesek. Adapun spesimen G02 masuk dalam standar namun masih berada batas bawah standar. Hasil pengujian menunjukkan adanya korelasi antara densitas resin dengan nilai koefisien gesek, di mana peningkatan densitas berbanding lurus dengan peningkatan nilai gesekan.

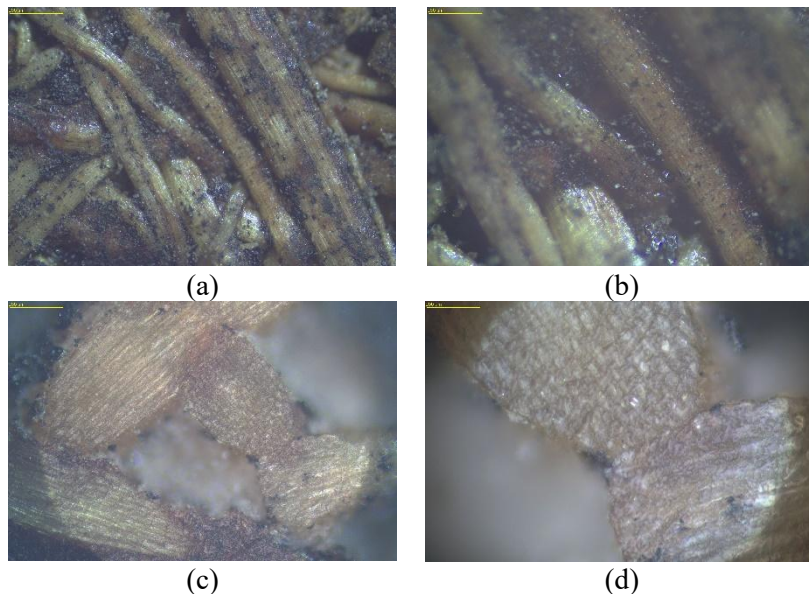
Hal ini disebabkan oleh kondisi pengujian yang dilakukan pada temperatur rendah. Pada temperatur rendah, nilai koefisien gesek cenderung meningkat, sedangkan pada temperatur tinggi, nilai tersebut menurun karena penurunan daya pengereman akibat pelemahan ikatan antar material [2]. Dalam sistem pengereman, nilai koefisien gesek yang tinggi sangat penting untuk memastikan efektivitas pengereman [15]. Selain itu, koefisien gesek yang tinggi juga dapat membantu mengurangi beban kerja komponen rem lainnya, sehingga memperpanjang usia pakainya [16].

Adapun pengaruh densitas terhadap koefisien gesek pada komposit ditunjukkan pada gambar 11.



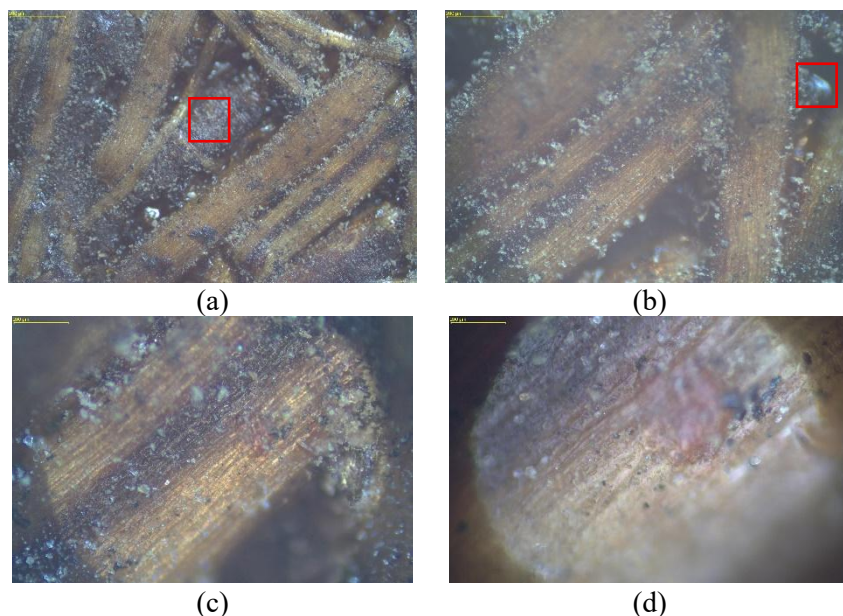
Gambar 11. Grafik pengaruh variasi densitas terhadap koefisien gesek

Untuk mengamati struktur mikro komposit, digunakan mikroskop optik dengan tingkat perbesaran 5x, 10x, 20x, dan 50x. Pengamatan dilakukan pada spesimen untuk menilai kualitas ikatan antara material pengikat resin PVC dan material penguat serat sabut kelapa dan serbuk arang batok kelapa, guna mengetahui keseragaman distribusi serta kemungkinan adanya cacat seperti rongga, retakan, atau pelepasan serat.



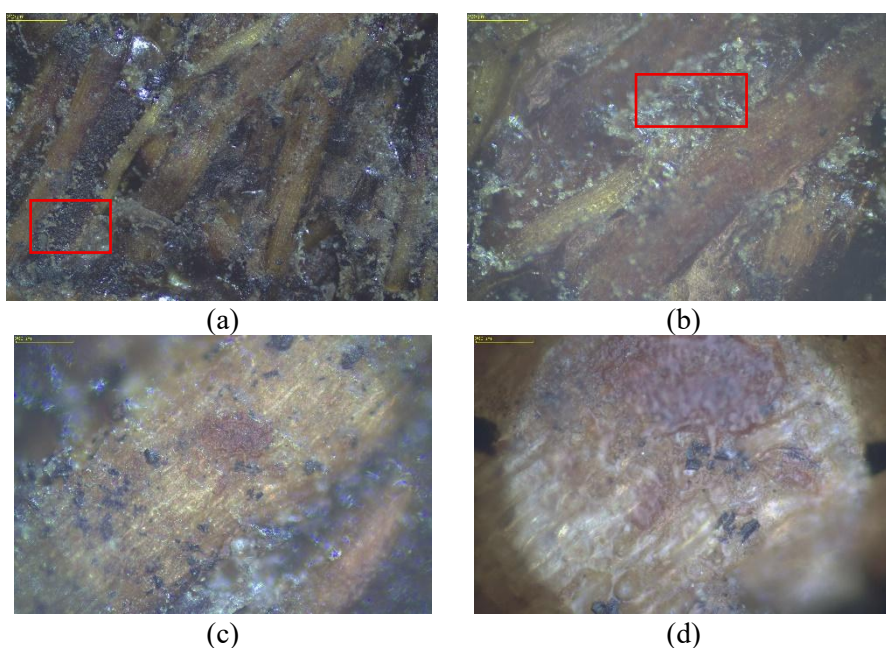
Gambar 12. Gambar Struktur Mikro pada Spesimen Komposit G01 (a) Perbesaran 5x (b) Perbersaran 10x (c) Perbesaran 20x (d) Perbesaran 50x

Hasil analisis pada komposit G01 menunjukkan bahwa lapisan resin PVC tampak sangat tipis, ditandai dengan serat yang terlihat jelas dan adanya rongga di sekitar serat. Selain itu, kilap permukaan yang biasanya menunjukkan keberadaan resin juga tidak tampak menonjol. Kondisi ini mengindikasikan bahwa ikatan antar serat kurang optimal akibat kandungan resin PVC yang rendah, yang disebabkan oleh tingginya jumlah pelarut. Akibatnya, kekuatan komposit G01 menjadi berkurang.



Gambar 13. Gambar Struktur Mikro pada Spesimen Komposit G02 (a) Perbesaran 5x (b) Perbersaran 10x (c) Perbesaran 20x (d) Perbesaran 50x

Analisis pada komposit G02 menunjukkan bahwa lapisan resin PVC tampak lebih dominan, ditandai dengan rongga antar serat yang lebih tertutup oleh resin dan kilap permukaan resin PVC yang terlihat lebih jelas. Kondisi ini menunjukkan peningkatan kandungan PVC akibat berkurangnya pelarut, sehingga ikatan antar serat menjadi lebih kuat. Hal ini turut berkontribusi pada peningkatan kekuatan komposit G02 dibandingkan dengan G01.



Gambar 14. Gambar Struktur Mikro pada Spesimen Komposit G03 (a) Perbesaran 5x (b) Perbersaran 10x (c) Perbesaran 20x (d) Perbesaran 50x

Hasil analisis pada komposit G03 memperlihatkan bahwa lapisan resin PVC tampak lebih dominan dan membungkus hampir seluruh permukaan serat, dengan kilap resin yang terlihat lebih jelas. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan resin PVC dalam komposit meningkat akibat jumlah pelarut yang lebih sedikit. Peningkatan kandungan resin tersebut menghasilkan ikatan

antar serat yang lebih kuat, sehingga kekuatan komposit G03 lebih baik dibandingkan dengan G02.

Pada hasil pengujian koefisien gesek semakin tinggi densitas resin semakin tinggi juga koefisien geseknya. Densitas resin yang rendah penyebaran arang tidak merata di permukaan dikarenakan resin terlalu encer, sehingga penetrasi cairan resin lebih mudah masuk kedalam rongga serat. Sedangkan densitas resin tinggi penetrasi cairan resin lebih sulit sehingga arang tersebar banyak di permukaan. Hal ini terjadi karena pengaruh variasi konsentrasi densitas terhadap karakteristik aliran fluida dua fase. Peningkatan densitas menyebabkan aliran menjadi lebih padat dan viskositas meningkat. Kondisi ini berpengaruh terhadap kecepatan aliran, pola distribusi partikel dalam fluida, serta interaksi antara partikel dengan permukaan sekitarnya [17] [18]. Selain itu jika terlalu banyak arang pada permukaan akan meningkatkan gaya gesek pada permukaan, hal ini sejalan dengan penelitian lain dengan penambahan komposisi serbuk arang kelapa meningkatkan keausan pada spesimen dari 50% dengan nilai keausan 0.0005 mm/menit menjadi 70% dengan nilai keausan 0.0028 mm/menit [19].

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan komposit kampas rem berbasis serat sabut kelapa, serbuk arang batok kelapa, dan resin PVC dengan karakteristik fisis dan mekanik yang baik. Spesimen dengan densitas resin tertinggi (G03) menunjukkan massa jenis dan koefisien gesek tertinggi, serta ikatan mikrostruktur yang paling kuat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa koefisien gesek meningkat seiring dengan peningkatan kandungan resin dan spesimen komposit G03 masuk dalam standar SAE J661-1997. Komposit ini berpotensi menjadi material alternatif ramah lingkungan pengganti kampas rem berbasis asbes.

4.2. Saran

Diperlukan penelitian lanjutan untuk menguji performa kampas rem komposit ini dalam kondisi kerja nyata, khususnya pada variasi suhu tinggi dan kecepatan rotasi lebih tinggi. Selain itu, perlu dilakukan pengujian keausan jangka panjang dan analisis termal lanjutan guna memastikan kestabilan material selama penggunaan berulang.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Mercu Buana dan SMKN 7 Kabupaten Tangerang atas dukungan fasilitas dan bimbingan selama proses penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam penyusunan karya ilmiah ini.

6. Daftar Pustaka

- [1] A. Aminur, "Bimbingan Teknis Pembuatan Kampas Rem Cakram Berbahan Komposit Polimer Untuk Sepeda Motor," *Din. J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 5, no. 4, pp. 1002–1008, 2021, doi: 10.31849/dinamisia.v5i4.5892.
- [2] M. F. Ramadhany and G. D. Haryadi, "Pengaruh Variasi Putaran Mesin Dan Waktu Pengereman Terhadap Temperatur Dan Koefisien Gesek Pada Brake Pads Dan Brake Shoedengan Alat Uji Berbasis Remote Monitoring System," *J. Tek. Mesin S-I*, vol. 4, no. 1, pp. 17–24, 2016.
- [3] W. Zhou, X. Wang, Y. Glaser, X. Wu, and X. Xu, "Developing an improved automatic preventive braking system based on safety-critical car-following events from naturalistic driving study data," *Accid. Anal. Prev.*, vol. 178, p. 106834, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106834>.
- [4] D. F. Fitriyana *et al.*, "Pengaruh Fraksi Volume Sekam Padi, Aluminium Oksida dan Besi Oksida Terhadap Sifat Mekanik Kampas Rem dengan Matriks Epoxy," *J. Ilm. Momentum*, vol. 19, no. 2, p. 99, 2023, doi: 10.36499/jim.v19i2.8752.

- [5] I. Buana and D. A. Harahap, “Asbestos, Radon Dan Polusi Udara Sebagai Faktor Resiko Kanker Paru Pada Perempuan Bukan Perokok,” *AVERROUS J. Kedokt. dan Kesehat. Malikussaleh*, vol. 8, no. 1, p. 1, 2022, doi: 10.29103/averrous.v8i1.7088.
- [6] T. P. W. Hidayat, R. D. Anjani, D. T. Santoso, and Irvan, “Analisis Sifat Mekanik Komposit Serat Sabut Kelapa dengan Perlakuan Alkalisasi Etanol dan Filler Arang Tempurung Kelapa,” *J. Serambi Eng.*, vol. 9, no. 1, pp. 7880–7889, 2023, doi: 10.32672/jse.v9i1.789.
- [7] N. A. Al-Ghazali, F. N. A. A. Aziz, K. Abdan, and N. A. M. Nasir, “Mechanical Properties of Natural Fibre Reinforced Geopolymer Composites: A Review,” *Pertanika J. Sci. Technol.*, vol. 30, no. 3, pp. 2053–2069, 2009, doi: 10.47836/pjst.30.3.16.
- [8] N. Upara and T. B. Laksono, “ANALISIS KOMPARASI KUALITAS PRODUK KAMPAS REM CAKRAM ANTARA ORIGINAL DENGAN AFTER MARKET Comparative Analysis of Product Quality Between Original and After Market Brake Disc Pad,” *J. Ilm. Rekayasa Inov.*, vol. 1.1, no. C, pp. 26–33, 2019.
- [9] P. A. Pramana, M. Fitri, A. Hamid, and D. Romahadi, “Effect of Water Hyacinth Fiber Length and Content on the Torsional Strength of Epoxy Resin Composites,” vol. 6, no. 3, pp. 144–151, 2024, doi: 10.22441/ijimeam.v6i3.19701.
- [10] A. N. Octaviani *et al.*, “Studi Eksperimen Pengaruh Asam Fosfat terhadap Karakteristik Material dari Natural dan EPDM Rubber Magister Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Indonesia Fuel Cell and Hydrogen Energy PT Astra Komponen Indonesia,” vol. 04, no. 02, pp. 146–159, 2025.
- [11] G. Grause, S. Hirahashi, H. Toyoda, T. Kameda, and T. Yoshioka, “Solubility parameters for determining optimal solvents for separating PVC from PVC-coated PET fibers,” *Springer*, 2015, doi: DOI 10.1007/s10163-015-0457-9.
- [12] S. H. I. Muhala, “Pengaruh Adsorpsi Arang Aktif Tempurung Kelapa Terhadap Nilai Massa Jenis Dan Indeks Bias Minyak Goreng,” *Digit. Repos. Univ. Jember*, vol. 3, no. 3, pp. 69–70, 2022.
- [13] F. Kurnianto, “Analisa Pengujian Koefisien Gesek Material Vcn Terhadap Material Bronze,” *PhD diss., Politek. NEGERI Sriwij.*, vol. 11, no. 1, pp. 6–10, 2019.
- [14] P. H. Tjahjanti, “Buku Ajar Teori Dan Aplikasi Material Komposit Dan Polimer,” *Buku Ajar Teor. Dan Apl. Mater. Komposit Dan Polim.*, 2018, doi: 10.21070/2019/978-602-5914-27-0.
- [15] H. Sugiarto, “Pengaruh Jenis Logam Terhadap Koefisien Gesek Permukaan Cakram Rem,” *ADLN Perpust. Univ. Airlangga*, no. 129, pp. 5–19, 2013.
- [16] I. G. K. Puja, “Studi Kekuatan Tarik Dan Koefisien Gesek Bahan Komposit Arang Limbah Serbuk Gergaji Kayu Jati Dengan Matrik Epoxy,” *Mekanika*, vol. 9, no. 2, pp. 320–323, 2011.
- [17] S. M. D. Ridwan, S. Arif, Sustono, I. Setiawan, and N. Ulum, “Studi Eksperimental Karakteristik Aliran Dan Perubahan Konsentrasi Densitas Dalam Sistem Fluida Dua Fase (Cair-Padat),” *STRENGTH | J. Penelit. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 3, pp. 297–307, 2024.
- [18] N. Masruchin and S. S. Munawar, “Mechanical and Thermal Properties of Poly(lactid acid) Bamboo Fiber Composites,” *J. Trop. wood Sci. Technol.*, vol. 9, 2010, [Online]. Available: <http://ejournalmapeki.org/index.php/JITKT/article/view/141>
- [19] R. W. Asmoro, “Pengaruh Prosentase Serbuk Arang Batok Kelapa Bermatrik Polyester Pada Komposit Bahan Kampas Rem Sepeda Motor,” 2012.