

EVALUASI EKSPERIMENTAL PERFORMA MATERIAL KOMPOSIT BRAKE PAD BERBASIS LIMBAH COCOPEAT

Dimas Efri Nur Pratama ¹⁾, Farid Hendro Wibowo ²⁾, Budi Santosa ³⁾

^{1),2)} Politeknik Angkatan Darat, Batu Malang Jatim

³⁾ Universitas Pasundan, Bandung Indonesia

E - mail : dimasefri22@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu bagian sistem pengereman yang sangat penting untuk keselamatan kendaraan adalah kampas rem. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa baiknya bio-komposit cocopeat berfungsi sebagai pengereman kampas rem pada sistem rem cakram Nissan Navara TNI-AD. Cocopeat dipilih sebagai bahan alternatif karena sangat ramah lingkungan dan merupakan limbah pertanian yang umum. Terdapat tiga variasi komposisi cocopeat (20%, 30% dan 40%) yang dicampur dengan resin epoxy dan diuji dengan dynamometer rem. Hasil menunjukkan bahwa kampas rem dengan komposisi 40% memiliki koefisien gesek dan keausan yang lebih rendah, tetapi tetap memenuhi persyaratan, sementara kampas rem dengan komposisi 30% memiliki koefisien gesek terbaik 0,3 N/mm³ dan tingkat keausan 0,43 mm²/Kg setelah 1000 siklus pengereman. Secara keseluruhan, kampas rem yang terbuat dari cocopeat terbukti lebih efisien, ramah lingkungan dan hemat biaya daripada kampas rem yang terbuat dari sintesis biasa.

Keyword : *Material, Brake Pad, Komposit, Cocopeat, Sistem Rem Cakram.*

1. PENDAHULUAN

Pada kendaraan bermotor, sistem pengereman adalah komponen yang sangat penting untuk menjaga keselamatan pengendara. Kampas rem adalah komponen utama sistem ini, yang berfungsi untuk mengubah energi panas dari energi kinetik kendaraan melalui gaya gesek pada rotor (Hidayat et al., 2023). Material yang digunakan dalam pembuatan kampas rem mempengaruhi performa pengereman dan keawetan komponen tersebut. Beberapa bahan yang umum digunakan dalam pembuatan kampas rem adalah asbes, resin sintesis, dan logam, namun bahan-bahan ini memiliki dampak lingkungan yang tidak kecil.

Seiring dengan perkembangan teknologi ramah lingkungan, kampas rem berbahan bio-komposit mulai menjadi perhatian. Bio-komposit berbahan dasar serat alami atau limbah pertanian seperti cocopeat dipandang sebagai solusi untuk menggantikan bahan konvensional yang lebih berbahaya bagi lingkungan (Lubis et al., 2024) et al., 2022). Cocopeat, produk sampingan dari pengolahan kelapa, memiliki banyak manfaat, termasuk daya serap tinggi dan ketahanan terhadap suhu tinggi. Karena itu cocopeat dapat digunakan dalam industri otomotif terutama pada kampas rem.

Sebuah penelitian sebelumnya (Zain, 2023) menunjukkan bahwa kampas rem yang terbuat dari serbuk arang lidi aren dapat mengurangi keausan secara signifikan pada berbagai beban pengereman. Selain itu penelitian tentang penggunaan serat alam dalam kampas rem (Marentiko et al., 2025) juga menunjukkan material komposit dapat meningkatkan efisiensi pengereman dan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu tidak banyak penelitian

yang menyelidiki penggunaan cocopeat dalam kampas rem, terutama yang berkaitan dengan penggunaan pada kendaraan dinas seperti Nissan Navara yang digunakan oleh TNI-AD.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menawarkan alternatif material yang ramah lingkungan tanpa mengorbankan kualitas pengereman, salah satu tantangan dalam penggunaan dalam bio komposit adalah memastikan bahwa mereka dapat memenuhi standar pengereman yang diperlukan, terutama dalam kondisi ekstrem pada suhu tinggi.

Studi ini menguji 3 variasi komposisi cocopeat dalam campuran resin epoxy, yaitu 20%, 30% dan 40%. Variasi ini diuji pada sistem rem cakram Nissan Navara dengan menggunakan dynamometer rem untuk mengukur gaya gesek, keausan dan kinerja pengereman. Selain itu, penelitian ini juga membandingkan hasil yang diperoleh dari kampas rem bio-komposit cocopeat dengan kampas rem konvensional berbahan asbes.

Menurut penelitian sebelumnya, penggunaan bio-komposit dalam pembuatan kampas rem dapat mengurangi dampak lingkungan dengan mengurangi penggunaan bahan sintesis yang berbahaya (Akbar, 2023). Penggunaan cocopeat sebagai bahan baku alternatif dalam kampas rem diharapkan tidak hanya dapat meningkatkan keberlanjutan lingkungan, tetapi juga dapat memberikan performa pengereman yang optimal, bahkan dalam penggunaan jangka panjang.

Penelitian ini akan melihat daya cengkram, ketahanan terhadap suhu tinggi dan keausan material untuk menentukan apakah kampas rem berbahan cocopeat dapat digunakan pada kendaraan dinas seperti Nissan Navara.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Apabila terdapat lebih dari satu tingkatan heading, maka dapat digunakan heading level kedua seperti contoh berikut. Penulisan heading menggunakan huruf tebal (**bold**) dan huruf kapital. Proses sitasi dilakukan menggunakan aplikasi Mendeley dengan format IEEE Style, yaitu mencantumkan nomor referensi sesuai urutan pustaka, misalnya [1]. Penulis tidak diperkenankan melakukan salin-tempel langsung dari internet, buku, maupun sumber referensi lainnya tanpa penyesuaian ilmiah. Selain itu, seluruh gambar (grafik, foto, peta), tabel, persamaan matematika, serta reaksi kimia dan fisika wajib diberi nomor urut sesuai dengan kemunculannya dalam naskah..

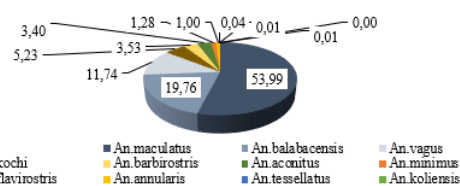
2.1. Second-Level Heading

Heading level kedua dituliskan menggunakan huruf tebal (**bold**) dengan kombinasi huruf kapital dan huruf kecil, serta ditempatkan rata kiri. Setiap gambar wajib dilengkapi dengan keterangan yang diletakkan di bawah gambar, sedangkan keterangan tabel ditempatkan di atas tabel. Penulisan keterangan menggunakan huruf kecil, kecuali pada huruf pertama di awal kalimat. Seluruh gambar harus diberi nomor secara berurutan sesuai dengan urutan kemunculannya dalam naskah. Gambar ditempatkan di tengah halaman (*center alignment*) dengan judul berada di tengah, baik pada kolom pertama maupun kolom kedua, sedangkan nama atau keterangan gambar ditulis rata kiri-kanan (*justify*). Hal yang sama berlaku untuk tabel, yaitu ditempatkan di tengah halaman. Apabila ukuran tabel terlalu besar dan memiliki banyak kolom sehingga tidak memungkinkan ditampilkan dalam format dua kolom, maka halaman dapat diubah sementara menjadi satu kolom agar tabel dapat ditampilkan secara optimal.

Gambar 1. Gunakan huruf besar hanya di awal nama gambar saja tanpa diakhiri titik

Gambar 1. Keterangan gambar harus ditempatkan di bagian bawah gambar agar mudah dibaca dan dipahami. Setiap acuan yang merujuk pada gambar, tabel, teorema, maupun lemma diawali dengan huruf kapital dan diikuti tanda titik, misalnya Gambar 1. dan Tabel 1. sebagai ilustrasi dari Teorema 1. Seluruh keterangan pendukung ditulis menggunakan huruf kapital hanya pada awal kalimat. Tabel dan gambar harus ditempatkan di dalam *body text* serta memiliki kualitas yang memenuhi standar pencetakan. Gambar tidak perlu diberi bingkai.

Keterangan tabel dapat diletakkan di bagian atas maupun bawah tabel, namun setiap tabel wajib disertai penjelasan yang jelas. Tabel tidak diperbolehkan dalam bentuk gambar (*image*),



melainkan harus dibuat dalam format teks. Ukuran huruf pada isi tabel menggunakan font 9 pt.

Tabel 1. Keterangan pada tabel juga ditulis dengan huruf besar di awal saja demikian juga dengan judul-judul dalam tabel

Keterangan	Judul pertama	Judul kedua	Nama pertama	Nama kedua
Nama depan				
Nama tengah				

2.1.1. Third-Level Heading

Penggunaan *heading* level ketiga sebaiknya dihindari dan diupayakan cukup menggunakan heading level kedua. Namun, apabila diperlukan, heading level ketiga masih diperbolehkan dengan ketentuan tidak menggunakan *heading* lebih dari tiga tingkatan.

Setiap persamaan matematika harus diberi nomor secara berurutan mulai dari (1) hingga akhir naskah, termasuk pada bagian lampiran (*appendix*). Nomor persamaan ditulis menggunakan tanda kurung buka dan tutup serta ditempatkan rata kanan. Selain itu, perlu diberikan satu baris kosong di bagian atas dan bawah persamaan untuk memperjelas tampilan. Penulisan persamaan menggunakan format *equation style* dengan ukuran font Full 11 pt, subscript/superscript 8 pt, sub-subscript/superscript 6 pt, symbol 12 pt, dan *sup-symbol* 10 pt. Penulisan persamaan matematika dianjurkan menggunakan fitur *Insert Equation* pada Microsoft Word agar format matematis tetap konsisten dan rapi.

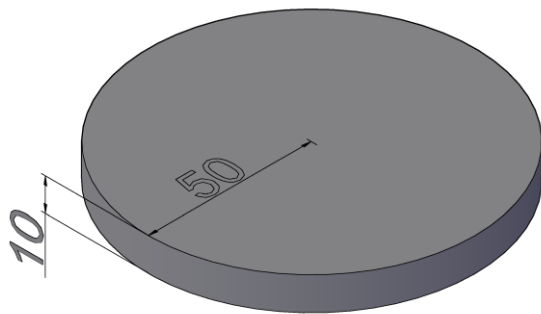
$$f(t) = \int_0^t F(u)du + \frac{dg(t)}{dt} \quad (1)$$

Seluruh variabel ditulis menggunakan huruf miring (*italic*), sedangkan indeks angka menggunakan font Times New Roman, misalnya (X_1, \dots, X_n) dan ($Y_i, i = 1, \dots, n$). Tanda titik dua “:” digunakan untuk menjelaskan arti suatu variabel, sedangkan tanda sama dengan “=” digunakan apabila variabel memiliki nilai berupa angka atau persamaan, contohnya ($N :$) jumlah data dan ($X = 1$).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen murni untuk mengevaluasi performa tribologi material komposit brake pad berbasis limbah cocopeat. Metode ini dipilih karena mampu mengendalikan variabel secara sistematis sehingga hubungan sebab-akibat dapat dianalisis secara objektif. Pengujian dilakukan menggunakan metode pin on disc untuk memperoleh data koefisien gesek dan laju keausan. Desain penelitian menggunakan satu faktor dengan tiga variasi komposisi cocopeat, yaitu 5%, 10%, dan 15%, serta satu pembanding berupa brake pad komersial. Variabel bebas adalah persentase cocopeat, sedangkan variabel terikat meliputi koefisien gesek dan laju keausan. Variabel terkontrol mencakup beban, kecepatan putar, jarak geser, komposisi bahan lain, dimensi spesimen, dan kondisi lingkungan pengujian.

Perencanaan penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan yang terstruktur. Tahap awal berupa studi literatur untuk mengumpulkan referensi dari buku dan jurnal ilmiah. Selanjutnya dilakukan perancangan dan pembuatan spesimen melalui proses pencampuran, pencetakan, dan curing. Desain material dan sampel uji disusun dalam bentuk dua dimensi dan tiga dimensi. Komposisi material terdiri atas resin epoxy, fiberglass, cocopeat, CaCO_3 , silika, graphite, MoS_2 , dan serbuk besi yang dijaga konstan selain variasi cocopeat.



Gambar 1. Sampel Uji

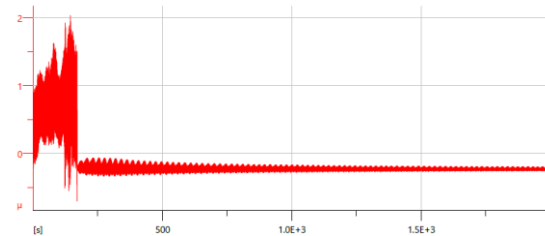
Pengambilan data dilakukan melalui pengujian tribologi menggunakan mesin pin on disc dengan parameter yang dijaga konstan. Pengujian bertujuan memperoleh nilai koefisien gesek rata-rata dan laju keausan berdasarkan kehilangan massa atau volume. Setiap sampel diuji dalam kondisi yang sama untuk memastikan hasil yang dapat dibandingkan. Data yang diperoleh dicatat dan dianalisis secara sistematis untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi cocopeat terhadap performa material.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

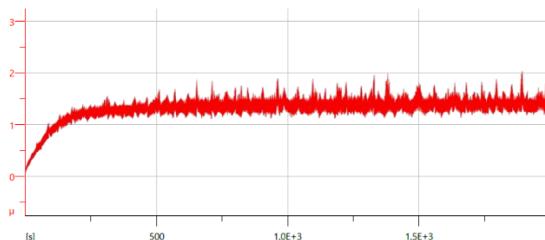
Hasil pengujian tribologi material komposit brake pad berbasis limbah cocopeat yang meliputi nilai koefisien gesek dan laju keausan. Pengujian dilakukan menggunakan metode pin on disc dengan

kondisi parameter yang telah dikontrol. Data hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah analisis. Setiap sampel menunjukkan karakteristik performa yang berbeda sesuai dengan variasi komposisi cocopeat. Hasil ini memberikan gambaran awal mengenai pengaruh komposisi material terhadap performa tribologi.

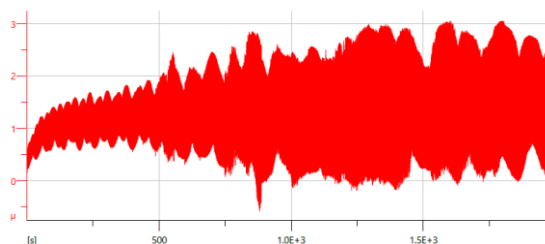
Hasil pengujian koefisien gesek menunjukkan bahwa variasi komposisi cocopeat mempengaruhi nilai dan kestabilan gesekan material. Sampel dengan komposisi tertentu menghasilkan nilai koefisien gesek yang berada dalam rentang standar brake pad. Nilai koefisien gesek yang stabil menunjukkan kemampuan material dalam mempertahankan gaya gesek selama proses pengereman. Sebaliknya, variasi komposisi yang kurang optimal dapat menyebabkan fluktuasi nilai gesek. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi material berperan penting dalam menentukan performa pengereman.



Gambar 2. Hasil Uji Sampel A



Gambar 3. Hasil Uji Sampel B

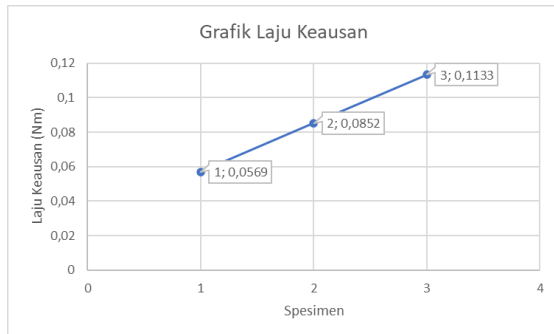


Gambar 4. Hasil Uji Sampel C

Sampel	Start	Min	Max	Mean
A	-0.298	-0.705	2.032	-0.151
B	-0.118	-0.052	1.624	1.018
C	-0.062	-0.590	3.050	1.271

Hasil pengujian laju keausan menunjukkan adanya perbedaan tingkat ketahanan aus pada setiap sampel. Laju keausan dihitung berdasarkan

kehilangan massa atau volume setelah proses pengujian. Sampel dengan komposisi tertentu menunjukkan tingkat keausan yang lebih rendah, sehingga memiliki ketahanan yang lebih baik. Sebaliknya, peningkatan kandungan cocopeat yang berlebihan cenderung meningkatkan laju keausan. Hal ini dipengaruhi oleh struktur material dan tingkat porositas yang terbentuk pada komposit.



Gambar 5. Grafik Laju Keausan

No	Sampel	ΔV (mm^3)	<i>Wear Rate</i> (mm^3/Nm)
1	A	181,363	0,0569
2	B	271,125	0,0852
3	C	360,886	0,1133

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi komposisi cocopeat memberikan pengaruh signifikan terhadap performa tribologi material brake pad. Kombinasi komposisi yang tepat mampu menghasilkan keseimbangan antara nilai koefisien gesek yang stabil dan laju keausan yang rendah. Hasil ini juga dibandingkan dengan brake pad komersial sebagai acuan performa. Dengan demikian, material komposit berbasis cocopeat memiliki potensi sebagai alternatif brake pad yang lebih ramah lingkungan. Temuan ini diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan material komposit pada penelitian selanjutnya.

Pembahasan hasil penelitian difokuskan pada analisis pengaruh variasi komposisi limbah cocopeat terhadap performa tribologi material komposit brake pad. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perubahan komposisi cocopeat berpengaruh terhadap nilai koefisien gesek dan laju keausan. Variasi ini memengaruhi struktur mikro material, distribusi partikel, serta interaksi pada permukaan kontak. Semakin tepat komposisi yang digunakan, semakin baik kestabilan gesekan yang dihasilkan. Oleh karena itu, komposisi material menjadi faktor penting dalam menentukan kinerja brake pad.

Nilai koefisien gesek yang diperoleh menunjukkan adanya perbedaan karakteristik pada setiap sampel dengan menggunakan rumus:

$$\mu = \frac{F}{N}$$

Sampel dengan komposisi optimum cenderung menghasilkan nilai koefisien gesek yang stabil dalam rentang standar. Kestabilan ini dipengaruhi oleh pembentukan lapisan gesek yang merata pada permukaan kontak. Sebaliknya, komposisi yang tidak seimbang dapat menyebabkan fluktuasi nilai gesek. Hal ini menunjukkan bahwa interaksi antara filler alami dan komponen lain sangat berpengaruh terhadap performa gesek material.

Pembahasan laju keausan menunjukkan bahwa ketahanan material sangat dipengaruhi oleh kandungan cocopeat dengan menggunakan rumus:

$$k = \frac{V}{F \cdot L}$$

Peningkatan kandungan cocopeat dalam jumlah tertentu dapat meningkatkan performa, tetapi jika berlebihan dapat mempercepat keausan. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya porositas dan berkurangnya kekuatan ikatan antar komponen material. Selain itu, distribusi partikel yang tidak homogen juga dapat mempercepat proses keausan. Dengan demikian, diperlukan keseimbangan komposisi untuk mendapatkan ketahanan material yang optimal.

Secara keseluruhan, pembahasan menunjukkan bahwa performa tribologi material komposit brake pad dipengaruhi oleh kombinasi komposisi bahan penyusunnya. Hasil penelitian juga menunjukkan kesesuaian dengan teori dan penelitian terdahulu mengenai material komposit berbasis filler alami. Perbandingan dengan brake pad komersial menunjukkan bahwa material yang dikembangkan memiliki potensi yang kompetitif. Hal ini menegaskan bahwa limbah cocopeat dapat dimanfaatkan sebagai alternatif material yang ramah lingkungan. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan material brake pad berbasis komposit alami.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa material komposit brake pad berbasis limbah cocopeat memiliki potensi sebagai alternatif material ramah lingkungan. Variasi komposisi cocopeat terbukti berpengaruh terhadap nilai koefisien gesek dan laju keausan. Komposisi tertentu mampu menghasilkan nilai koefisien gesek yang stabil dalam rentang standar serta laju keausan yang relatif rendah. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan komposisi material yang tepat sangat menentukan performa tribologi brake pad. Dengan demikian, limbah cocopeat dapat dimanfaatkan

sebagai filler dalam pengembangan material komposit brake pad.

Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kandungan cocopeat tidak selalu memberikan hasil yang optimal. Kandungan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan peningkatan porositas dan menurunkan kekuatan material. Hal ini berdampak pada meningkatnya laju keausan dan ketidakstabilan nilai koefisien gesek. Oleh karena itu, diperlukan keseimbangan komposisi antara cocopeat dan bahan lainnya. Kombinasi material yang tepat akan menghasilkan performa tribologi yang lebih baik dan stabil.

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan pengembangan komposisi material dengan variasi yang lebih luas. Penelitian lanjutan juga disarankan untuk mengkaji sifat mekanik dan termal secara lebih mendalam. Selain itu, pengujian pada kondisi operasional nyata perlu dilakukan untuk mengetahui performa material secara langsung pada kendaraan. Penggunaan metode pengujian lain juga dapat dipertimbangkan untuk memperkuat hasil penelitian. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan validitas dan aplikasi praktis dari material yang dikembangkan.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan material komposit brake pad berbasis limbah pertanian. Pemanfaatan cocopeat tidak hanya mendukung aspek keberlanjutan lingkungan, tetapi juga memiliki potensi dalam meningkatkan performa material. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan material brake pad di masa depan. Dengan pengembangan lebih lanjut,

material ini berpeluang digunakan secara luas pada aplikasi otomotif. Oleh karena itu, penelitian ini menjadi langkah awal dalam inovasi material ramah lingkungan di bidang teknik otomotif.

DAFTAR PUSTAKA

- Ammar, Z., Ibrahim, H., Adly, M., Sarris, I., & Mehanny, S. (2023). (2023). Influence of Natural Fiber Content on the Frictional Material of *Brake Pads*—A Review. *Journal of Composites Science*, 7(2).
<https://doi.org/10.3390/jcs7020072>
- Ammar, Z., Adly, M., Yassin, S., Abdalokrim, H., & Mehanny, S. (2024). *Incorporating date palm fibers for sustainable friction composites in vehicle brakes*. 928, 1–18. *Engineering2z*. (n.d.). *Motor Braking Types, Advantages and Applications*.
<https://www.engineering2z.com/motor-braking-types-advantages-application/>
- I. M. Hutchings and P. Shipway. (2017). Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials. *Engineering Materials*, 2nd.
- Nwankwo, E. I., Onyenanu, I. U., & Nwobi-Okoye, C. C. (2025). Bio-Based *Brake Pads*: A Review of Natural *Fillers* and Their Performance Characteristics. *International Journal of Applied and Natural Sciences*, 3(2), 81–97.
<https://doi.org/10.61424/ijans.v3i2.335>