

PENGARUH VARIASI JENIS KAYU, JENIS RESIN DAN FRAKSI VOLUME MATRIK TERHADAP KEAUSAN KAMPAS REM

Sholahudin Wachid^{1*}, Ira Kusumaningrum¹, Kadaryono¹

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Darul Ulum Jombang,
Jl. Gus Dur No.29A, Mojongapit indah, Mojongapit, Kec Jombang, Kab Jombang, Jawa Timur 61491.

*Email: sholawachid@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik keausan kampas rem komposit non-asbestos berbahan serbuk kayu mahoni dan serbuk kayu jati dengan variasi resin polyester dan resin epoxy. Variasi fraksi volume matrik yang digunakan adalah 50%, 55%, dan 60%, sedangkan komposisi filler terdiri atas 70% serbuk kayu, 20% serbuk kuningan, dan 10% kalsium karbonat. Spesimen dibuat menggunakan metode cetak tekan dan diuji menggunakan alat uji keausan pada putaran 2800 rpm selama 5 menit dengan tiga kali pengulangan pada setiap spesimen. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai keausan berbeda pada setiap variasi perlakuan. Nilai keausan terendah diperoleh pada spesimen dengan serbuk kayu mahoni dan resin epoxy 60% sebesar 0,013 gram, sedangkan nilai keausan tertinggi diperoleh pada spesimen dengan serbuk kayu jati dan resin polyester 50% sebesar 0,092 gram. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan resin epoxy dan peningkatan fraksi volume matrik hingga 60% mampu meningkatkan ketahanan aus kampas rem komposit. Analisis varians (ANOVA) faktorial $2 \times 2 \times 3$ pada taraf signifikansi 5% menunjukkan bahwa faktor tunggal jenis kayu, jenis resin, dan fraksi volume matrik tidak berpengaruh signifikan terhadap keausan. Namun, interaksi ketiga faktor tersebut memberikan pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik keausan kampas rem komposit. Komposisi terbaik diperoleh pada kombinasi serbuk kayu mahoni dan resin epoxy 60% yang menghasilkan nilai keausan paling rendah.

Kata kunci: fraksi volume matrik, kampas rem komposit, keausan, non-asbestos, resin epoxy, resin polyester, serbuk kayu mahoni, serbuk kayu jati

PENDAHULUAN

Menurut F. Yudhanto, kampas rem merupakan salah satu komponen utama dalam sistem pengereman kendaraan bermotor yang berfungsi untuk memperlambat dan menghentikan laju kendaraan melalui proses gesekan antara kampas rem dengan piringan atau tromol. Kinerja kampas rem sangat menentukan tingkat keselamatan berkendara karena komponen ini menerima beban kerja yang tinggi selama proses pengereman. Selain menghasilkan gaya gesek yang diperlukan untuk menghentikan kendaraan, kampas rem juga harus mampu menahan panas akibat konversi energi kinetik menjadi energi termal. Oleh karena itu, material kampas rem dituntut memiliki karakteristik yang baik, seperti kekerasan yang memadai, ketahanan aus yang tinggi, stabilitas termal yang baik, serta koefisien gesek yang stabil. Apabila salah satu karakteristik tersebut menurun, maka performa pengereman dapat berkurang dan berpotensi meningkatkan risiko kecelakaan. Dengan demikian, pengembangan material kampas rem yang memiliki performa tinggi dan umur pakai yang panjang masih menjadi topik penelitian yang penting dalam bidang teknik material dan otomotif (Yudhanto, Dhewanto and Yakti, 2019).

Menurut Yudhanto, kampas rem konvensional pada umumnya dibuat menggunakan bahan asbestos yang dipadukan dengan beberapa material tambahan seperti silikon karbida, mangan, maupun kobalt untuk meningkatkan sifat gesek dan ketahanan aus. Namun penggunaan asbestos semakin dibatasi karena berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Kondisi tersebut mendorong berkembangnya penelitian mengenai material alternatif yang lebih ramah lingkungan tanpa mengurangi kualitas pengereman. Salah satu material yang banyak dikembangkan adalah komposit berbasis bahan alam karena memiliki ketersediaan yang melimpah, biaya produksi relatif rendah, dan lebih aman bagi lingkungan. Penggunaan bahan alam sebagai penguat komposit juga sejalan dengan upaya pemanfaatan limbah biomassa yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal. Oleh sebab itu, pengembangan kampas rem non-asbestos berbasis material komposit menjadi salah satu solusi yang banyak diteliti dalam beberapa tahun terakhir (Yudhanto, Dhewanto and Yakti, 2019).

Menurut Hasbi teknologi biokomposit berbasis serat dan partikel alam semakin berkembang karena mampu menghasilkan material yang ringan, ekonomis, dan memiliki sifat mekanik yang baik. Berbagai limbah biomassa telah dimanfaatkan sebagai bahan penguat kampas rem, seperti serat kulit buah pinang, sekam padi, tempurung kelapa, dan berbagai jenis limbah kayu. Selain ramah lingkungan, bahan-bahan tersebut juga memiliki kandungan selulosa dan lignin yang berperan dalam meningkatkan kekuatan material komposit. Dalam penelitian ini, limbah serbuk kayu mahoni dan serbuk kayu jati dipilih sebagai bahan penguat karena ketersediaannya yang cukup melimpah dari industri pengolahan kayu. Kayu mahoni diketahui memiliki kandungan selulosa sebesar 46,8% dan lignin sebesar 26,9%, sedangkan kayu jati memiliki sifat kuat, awet, dan tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan. Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa kedua jenis serbuk kayu memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai bahan alternatif kampas rem komposit non-asbestos (Hasbi and Gunawan, 1846).

Berbagai penelitian sebelumnya telah membuktikan potensi material alami sebagai bahan kampas rem komposit. Hasbi melaporkan bahwa penggunaan serat kulit buah pinang yang dipadukan dengan resin polyester dan penambahan serbuk alumina mampu menghasilkan kampas rem dengan karakteristik mekanik yang baik (Hasbi and Gunawan, 1846).

H. T. Prabowo menemukan bahwa komposisi dengan penambahan 5% serbuk alumina menghasilkan nilai kekerasan tertinggi sebesar 23,26 kg/mm² dan laju keausan terendah sebesar $2,506 \times 10^{-6}$ g/mm²·detik. Penelitian lain mengenai kampas rem berbahan arang kulit buah mahoni dan serbuk kayu jati menunjukkan bahwa material komposit mampu menghasilkan performa pengereman yang mendekati kampas rem pabrikan (Prabowo, Aji and Darsono, 2017).

Selain itu, Pramono dan Suprihanto menjelaskan bahwa penambahan serbuk logam pada material kampas rem dapat meningkatkan karakteristik gesek dan ketahanan material terhadap temperatur tinggi. Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kombinasi bahan alam dan bahan pengisi tertentu berpotensi menghasilkan kampas rem alternatif yang layak digunakan pada kendaraan bermotor (Pramono and Suprihanto, 2023).

Meskipun berbagai penelitian mengenai kampas rem komposit telah dilakukan, sebagian besar penelitian masih berfokus pada penggunaan satu jenis bahan penguat atau hanya meninjau pengaruh satu parameter tertentu terhadap karakteristik kampas rem. Penelitian yang dilakukan Hasbi (Hasbi and Gunawan, 1846), Prabowo (Prabowo, Aji and Darsono, 2017), maupun penelitian kampas rem berbasis kayu jati (Pramono and Suprihanto, 2023) lebih banyak menitikberatkan pada variasi bahan pengisi dan pengaruhnya terhadap sifat mekanik material. Sementara itu, kajian yang membandingkan pengaruh jenis serbuk kayu, jenis resin, dan fraksi volume matriks secara simultan terhadap laju keausan kampas rem masih sangat terbatas. Padahal ketiga faktor tersebut memiliki peranan penting dalam menentukan kualitas ikatan antar material komposit serta ketahanan aus yang dihasilkan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh penggunaan serbuk kayu mahoni dan serbuk kayu jati, resin polyester dan resin epoxy, serta variasi fraksi volume matriks 50%, 55%, dan 60% terhadap laju keausan kampas rem komposit. Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan desain faktorial yang memungkinkan analisis pengaruh masing-masing faktor maupun interaksi antar faktor secara bersamaan terhadap karakteristik keausan kampas rem.

METODE

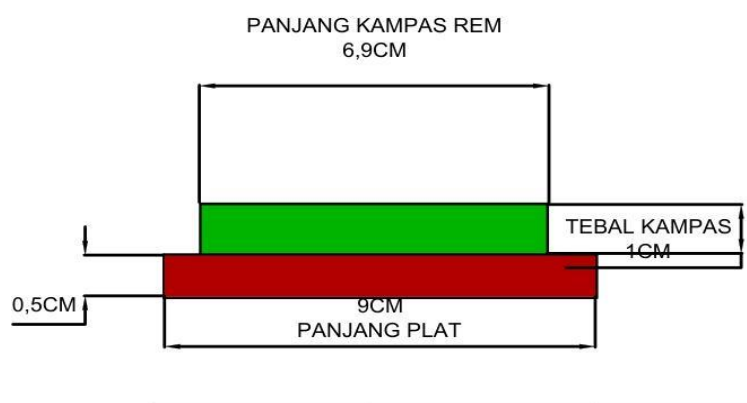
Metode Pembuatan dan Bahan Material

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh jenis kayu, jenis resin, dan fraksi volume matriks terhadap karakteristik keausan kampas rem komposit non-asbestos. Penelitian menggunakan rancangan faktorial $2 \times 2 \times 3$ yang melibatkan dua jenis kayu sebagai bahan penguat, yaitu serbuk kayu mahoni dan serbuk kayu jati, dua jenis resin sebagai matriks, yaitu resin polyester dan resin epoxy, serta tiga variasi fraksi volume matriks sebesar 50%, 55%, dan 60%. Material penyusun kampas rem komposit terdiri atas serbuk kayu, serbuk kuningan, kalsium karbonat (CaCO_3), resin polyester, dan resin epoxy. Komposisi filler yang digunakan pada setiap spesimen dibuat tetap, yaitu 70% serbuk kayu, 20% serbuk kuningan, dan

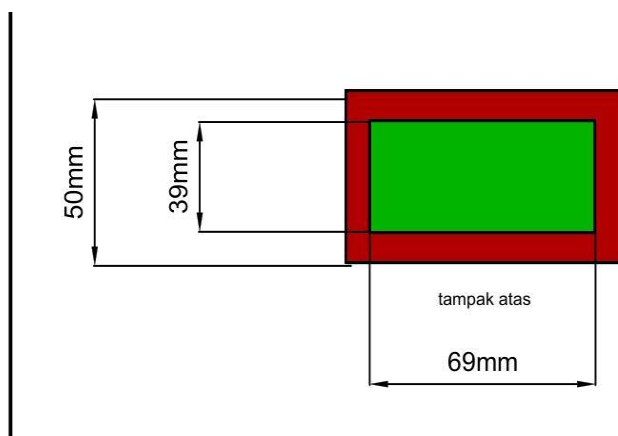
10% kalsium karbonat, sedangkan variasi penelitian dilakukan pada jenis kayu, jenis resin, dan fraksi volume matriks. Penggunaan serbuk kuningan berfungsi untuk meningkatkan sifat mekanik dan kemampuan penghantaran panas, sedangkan kalsium karbonat digunakan sebagai bahan pengisi untuk memperbaiki karakteristik material komposit. Melalui kombinasi faktor-faktor tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memperoleh komposisi kampas rem non-asbestos yang memiliki ketahanan aus yang lebih baik serta berpotensi digunakan sebagai material alternatif yang ramah lingkungan dan aman bagi kesehatan, komposisi pembuatan kampas rem ini sejalan dengan penelitian dari (Pramono and Suprihanto, 2023) dan (Zainuri, 2021) tetapi ada tambahan variasi dari saya sebagai peneliti.

Pembuatan Spesimen

Spesimen kampas rem dibuat menggunakan metode cetak tekan (compression molding). Material ditimbang sesuai komposisi yang telah ditentukan, kemudian dicampur hingga homogen. Campuran selanjutnya dimasukkan ke dalam cetakan berukuran 6,9 cm × 3,9 cm × 1 cm dan dilakukan proses pengepresan hingga terbentuk spesimen kampas rem komposit. Setelah proses pencetakan selesai, spesimen dibiarkan hingga mengeras sebelum dilakukan pengujian untuk lebih detail bisa di lihat pada Gambar 1 dan Gambar 2, jurnal dari (Pandriana *et al.*, 2025) sebagai referensi tetapi dengan perubahan variasi yang berbeda pada bentuk dimensi dan ukuran cetakan.



Gambar 1. Kampas rem



Gambar 2. Kampas rem

Pengujian Keausan

Pengujian keausan dilakukan untuk mengetahui ketahanan aus kampas rem komposit non-asbestos terhadap gaya gesek yang terjadi selama proses pengereman. Pengujian menggunakan alat uji keausan dengan putaran sebesar 2800 rpm selama 5 menit. Setiap spesimen diuji sebanyak tiga

kali pengulangan untuk memperoleh data yang lebih akurat dan mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan pengukuran. (Sabil, Pratama and Budiprasojo, 2024)



Gambar 3. Alat uji keausan

Sebelum pengujian dilakukan, spesimen dibersihkan dan ditimbang menggunakan timbangan digital untuk memperoleh massa awal (m_0). Setelah proses pengujian selesai, spesimen kembali dibersihkan dari sisa partikel hasil gesekan dan ditimbang untuk memperoleh massa akhir (m_1). Selisih antara massa awal dan massa akhir menunjukkan jumlah material yang hilang akibat proses keausan selama pengujian berlangsung dan cara kerja alat yang saya gunakan seperti pada jurnal . Laju keausan dihitung berdasarkan kehilangan massa spesimen selama waktu pengujian menggunakan persamaan berikut: (Ihsan, Wicaksono and Yogyakarta, no date) dan (Sabil, Pratama and Budiprasojo, 2024)

$$W = \frac{m_0 - m_1}{t} \quad (1)$$

Keterangan:

W = Laju keausan (g/menit)

m_0 = Massa awal spesimen (g)

m_1 = Massa akhir spesimen (g)

t = Waktu pengujian (menit)

Analisa data

Data hasil pengujian keausan pada setiap perlakuan terlebih dahulu dihitung nilai rata-ratanya untuk memperoleh gambaran karakteristik keausan kampas rem komposit non-asbestos pada masing-masing kombinasi faktor. Selanjutnya, data dianalisis menggunakan Analysis of Variance (ANOVA) pada taraf signifikansi 5% untuk mengetahui pengaruh faktor jenis kayu (A), jenis resin (B), fraksi volume matriks (C), serta interaksi antar faktor terhadap karakteristik keausan yang dihasilkan. Analisis varians dipilih karena penelitian ini menggunakan rancangan eksperimen faktorial yang bertujuan membandingkan rata-rata antar kelompok perlakuan dan mengevaluasi pengaruh faktor secara simultan. Prosedur analisis mengacu pada metode yang dijelaskan dalam Buku *Desain dan Analisis Eksperimen Edisi IV* oleh Sudjana (2012), yang menyatakan bahwa ANOVA digunakan untuk menguji perbedaan rata-rata beberapa kelompok perlakuan serta mengidentifikasi pengaruh faktor utama maupun interaksi antar faktor dalam suatu penelitian eksperimen. Dengan demikian, analisis yang dilakukan tidak hanya membandingkan masing-masing variabel penelitian secara terpisah, tetapi juga mengevaluasi pengaruh kombinasi antar variabel terhadap karakteristik keausan kampas rem komposit non-asbestos.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian keausan kampas rem komposit non-asbestos pada berbagai kombinasi perlakuan disajikan pada Tabel 1. Data yang ditampilkan merupakan nilai keausan hasil pengujian dari setiap spesimen yang telah dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan pada masing-masing perlakuan. Nilai rata-rata keausan digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi pengaruh jenis kayu, jenis resin, dan fraksi volume matriks terhadap karakteristik keausan kampas rem komposit non-asbestos.

Tabel 1. Tabel hasil uji keausan

Jenis Kayu	Jenis resin	Variasi komposisi		
		50%	55%	60%
Kayu Mahoni	Resin polyester	0,049 gram	0,051 gram	0,049 gram
		0,046 gram	0,053 gram	0,046 gram
		0,048 gram	0,050 gram	0,048 gram
	Jumlah	0,143gram	0,154 gram	0,138 gram
	Rata-rata	0,047gram	0,051 gram	0,046gram
	Resin epoxy	0,047 gram	0,087 gram	0,012gram
		0,049 gram	0,089gram	0,015 gram
		0,048 gram	0,085 gram	0,013gram
	Jumlah	0,144gram	0,261gram	0,04 gram
	Rata-rata	0,048 gram	0,087 gram	0,013gram
Kayu jati	Resin polyester	0,095 gram	0,085 gram	0,055 gram
		0,090gram	0,088 gram	0,053 gram
		0,092gram	0,087 gram	0,052 gram
	Jumlah	0,277 gram	0,26 gram	0,16 gram
	Rata-rata	0,092 gram	0,086 gram	0,053 gram
	Resin epoxy	0,052gram	0,055 gram	0,021 gram
		0,054 gram	0,059 gram	0,020 gram
		0,056 gram	0,057 gram	0,023 gram
	Jumlah	0,165 gram	0,171 gram	0,064gram

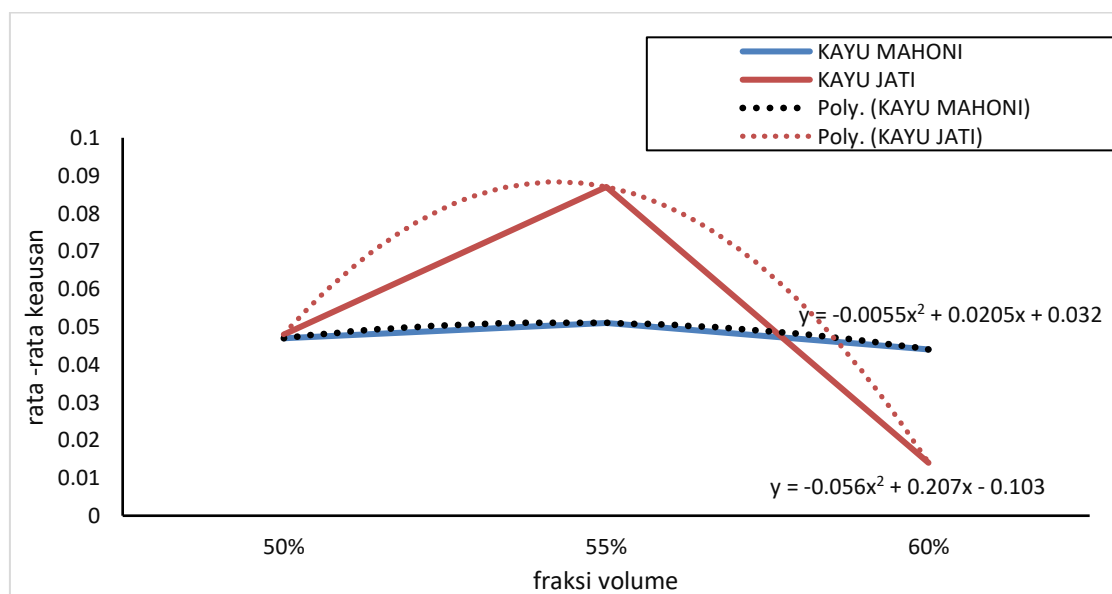
Rata-rata	0,054 gram	0,057 gram	0,021 gram
-----------	------------	------------	------------

Hasil pengaruh resin polyester dan epoxy terhadap keausan

Berdasarkan data pada Tabel 1, diperoleh nilai rata-rata keausan yang berbeda pada setiap kombinasi jenis kayu, jenis resin, dan fraksi volume matriks yang digunakan. Pada spesimen berbahan serbuk kayu mahoni dengan resin polyester, nilai keausan berturut-turut sebesar 0,047 gram, 0,051 gram, dan 0,046 gram pada fraksi volume matriks 50%, 55%, dan 60%. Sementara itu, spesimen berbahan serbuk kayu mahoni dengan resin epoxy menghasilkan nilai keausan sebesar 0,048 gram, 0,087 gram, dan 0,013 gram. Pada spesimen berbahan serbuk kayu jati dengan resin polyester diperoleh nilai keausan sebesar 0,092 gram, 0,086 gram, dan 0,053 gram, sedangkan spesimen berbahan serbuk kayu jati dengan resin epoxy menghasilkan nilai keausan sebesar 0,054 gram, 0,057 gram, dan 0,021 gram untuk masing-masing fraksi volume matriks 50%, 55%, dan 60%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi bahan penyusun dan fraksi volume matriks memberikan pengaruh yang berbeda terhadap tingkat keausan kampas rem komposit non-asbestos. Secara umum, nilai keausan terendah diperoleh pada spesimen berbahan serbuk kayu mahoni dengan resin epoxy dan fraksi volume matriks 60%, yaitu sebesar 0,013 gram, sedangkan nilai keausan tertinggi diperoleh pada spesimen berbahan serbuk kayu jati dengan resin polyester dan fraksi volume matriks 50%, yaitu sebesar 0,092 gram.

Pengaruh Resin Polyester Terhadap Keausan

Untuk mempermudah analisis pengaruh resin polyester terhadap karakteristik keausan kampas rem komposit non-asbestos, data hasil pengujian disajikan dalam bentuk grafik seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Sumbu X merepresentasikan nilai rata-rata keausan per menit, sedangkan sumbu Y menunjukkan variasi fraksi volume matriks. Penyajian grafik ini bertujuan untuk memperlihatkan perbedaan nilai keausan pada setiap variasi fraksi volume matriks sehingga kecenderungan pengaruh resin polyester terhadap ketahanan aus material dapat diamati dengan lebih jelas.



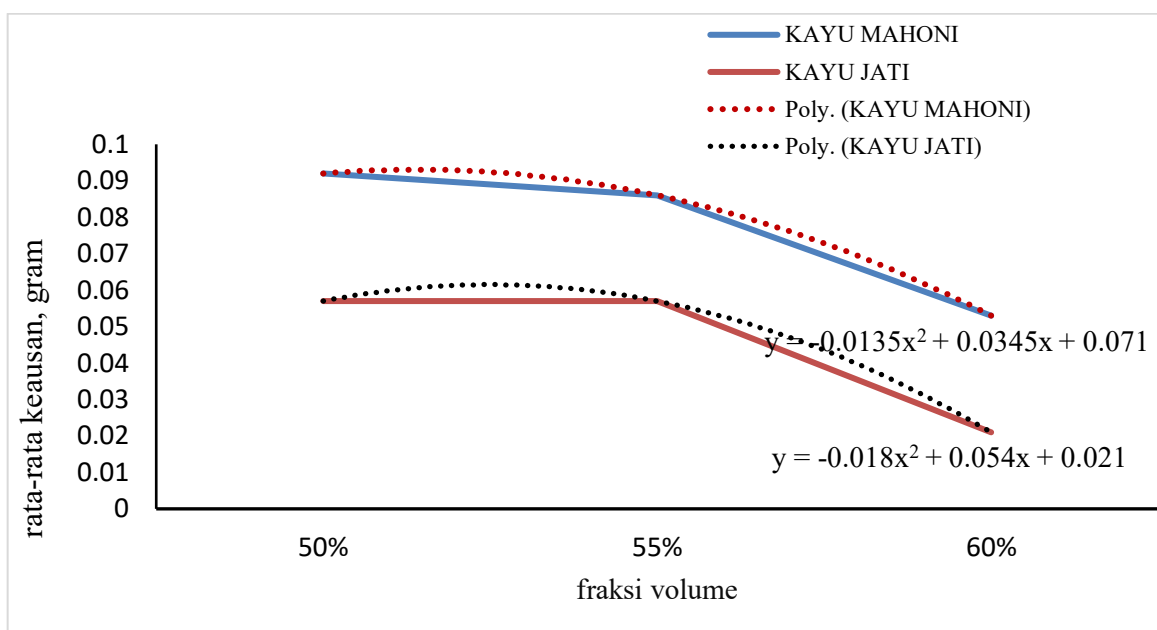
Gambar 4. Grafik pengaruh resin polyester

Berdasarkan grafik nomer 4 dibaca bahwa terdapat kenaikan dan penurunan rata – rata hasil pengujian keausan pada fraksi volume 50%, 55% dan 60% tetapi tetap ada perbedaan pada setiap interaksi antara fraksi volume , variasi jenis kayu dan jenis resin polyeseter. Pada spesimen A dengan menggunakan kayu mahoni 50% dan resin polyester 50% mendapatkan hasil nilai rata – rata 0,047gram, Pada spesimen B dengan menggunakan kayu mahoni 45% dan resin polyester 55% mendapatkan hasil nilai rata – rata 0,051gram, Pada spesimen C dengan menggunakan kayu mahoni

40% dan resin polyester 60% mendapatkan hasil nilai rata – rata 0,046 gram, Pada spesimen D dengan menggunakan kayu jati 50% dan resin polyester 50% mendapatkan hasil nilai rata – rata 0,092gram. Pada spesimen E dengan menggunakan kayu jati 45% dan resin polyester 55% mendapatkan hasil nilai rata – rata 0,086 gram. Pada spesimen F dengan menggunakan kayu jati 40% dan resin polyester 60% mendapatkan hasil nilai rata – rata 0,053 gram. Kesimpulan dan penyajian grafik ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa kualitas ikatan matriks berpengaruh terhadap ketahanan aus kampas rem komposit menurut (Adi *et al.*, 2025)

Pengaruh Resin Epoxy Terhadap Keausan

Untuk mempermudah analisis pengaruh resin Epoxy terhadap karakteristik keausan kampas rem komposit non-asbestos, data hasil pengujian disajikan dalam bentuk grafik seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Sumbu X merepresentasikan nilai rata-rata keausan per menit, sedangkan sumbu Y menunjukkan variasi fraksi volume matriks. Penyajian grafik ini bertujuan untuk memperlihatkan perbedaan nilai keausan pada setiap variasi fraksi volume matriks sehingga kecenderungan pengaruh resin Epoxy terhadap ketahanan aus material dapat diamati dengan lebih jelas.



Gambar 5. Grafik pengaruh resin epoxy

Berdasarkan grafik nomer 5 bisa dibaca bahwa terdapat kenaikan dan penurunan rata – rata hasil pengujian keausan pada fraksi volume 50%, 55% dan 60% tetapi tetap ada perbedaan pada setiap interaksi antara fraksi volume , variasi jenis kayu dan jenis resin epoxy. Pada spesimen G dengan menggunakan kayu mahoni 50% dan resin epoxy 50% mendapatkan hasil nilai rata – rata 0,048 gram, Pada spesimen H dengan menggunakan kayu mahoni 45% dan resin epoxy 55% mendapatkan hasil nilai rata – rata 0,087 gram, Pada spesimen I dengan menggunakan kayu mahoni 40% dan resin epoxy 60% mendapatkan hasil nilai rata – rata 0,013gram , Pada spesimen J dengan menggunakan kayu jati 50% dan resin epoxy 50% mendapatkan hasil nilai rata – rata 0,054 gram. Pada spesimen K dengan menggunakan kayu jati 45% dan resin epoxy 55% mendapatkan hasil nilai rata – rata 0,057 gram. Pada spesimen L dengan menggunakan kayu jati 40% dan resin epoxy 60% mendapatkan hasil nilai rata – rata 0,021 gram. Kesimpulan ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa kualitas ikatan matriks berpengaruh terhadap ketahanan aus kampas rem komposit menurut(Adi *et al.*, 2025)

Hasil Uji Anava

Analisis Varians (ANAVA) digunakan dalam penelitian ini karena rancangan penelitian yang diterapkan merupakan eksperimen faktorial $2 \times 2 \times 3$ yang melibatkan lebih dari satu faktor

perlakuan, yaitu jenis kayu, jenis resin, dan fraksi volume matriks. Menurut Sudjana (2012), ANAVA merupakan metode statistik yang digunakan untuk menguji perbedaan rata-rata antar beberapa kelompok perlakuan secara simultan serta menentukan pengaruh faktor utama dan interaksi antar faktor terhadap variabel yang diamati. Penggunaan ANAVA pada penelitian ini memungkinkan pengujian pengaruh masing-masing faktor secara individual maupun pengaruh interaksi antara jenis kayu, jenis resin, dan fraksi volume matriks terhadap karakteristik keausan kampas rem komposit non-asbestos. Selain itu, ANAVA dinilai lebih efektif dibandingkan pengujian secara terpisah karena mampu mengendalikan tingkat kesalahan (error) dan memberikan informasi yang lebih komprehensif mengenai faktor-faktor yang memengaruhi hasil penelitian. Oleh karena itu, metode ANAVA dipilih untuk menganalisis data keausan sehingga dapat diketahui faktor yang memberikan pengaruh signifikan terhadap karakteristik kampas rem komposit non-asbestos, dapat dilihat dari tabel 2 untuk lebih jelas.

Tabel 2 . Hasil uji anova

Sumber Variasi	dk	JK	KT	F_{Hitung}	$F_{Tabel}_{0,05}$
Rata – rata Perlakuan :	1	0,098037418	0,024723148		
A	1	0,00127211	0,00127211	0,023	4,26
B	1	0,002336	0,002336	0,093	4,26
C	2	0,008792	0,004396	0,037	3,4
AB	2	0,0241373	0,0241373	0,453	4,26
AC	2	0,234917	0,055049966	2,206	3,4
BC	2	0,110099933	0,0532395	1,034	3,4
ABC	2	0,106479	0,0532395	13,445	3,4
kekeliruan	24	0,296266	0,004114805		
Jumlah	35	0,784299343	0,234917		

Berdasarkan hasil analisis varians (ANAVA) yang disajikan pada Tabel 2, diketahui bahwa faktor jenis kayu (A), jenis resin (B), dan fraksi volume matriks (C) secara individual tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap keausan kampas rem komposit non-asbestos. Hal ini ditunjukkan oleh nilai F_{hitung} masing-masing faktor yang lebih kecil daripada nilai F_{tabel} pada taraf signifikansi 5%, yaitu faktor jenis kayu sebesar $0,023 < 4,26$, faktor jenis resin sebesar $0,093 < 4,26$, dan faktor fraksi volume matriks sebesar $0,037 < 3,40$. Selain itu, interaksi dua faktor yang meliputi interaksi jenis kayu dan jenis resin (AB), jenis kayu dan fraksi volume matriks (AC), serta jenis resin dan fraksi volume matriks (BC) juga tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap keausan kampas rem komposit. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai F_{hitung} interaksi AB sebesar 0,453, interaksi AC sebesar 2,206, dan interaksi BC sebesar 1,034 yang seluruhnya lebih kecil daripada nilai F_{tabel} pada taraf signifikansi 5%. Menurut Sudjana (2012), apabila nilai F_{hitung} lebih kecil daripada F_{tabel} maka hipotesis nol (H_0) diterima, yang menunjukkan bahwa faktor atau interaksi yang diuji tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap variabel respon.

Namun demikian, hasil ANAVA menunjukkan bahwa interaksi tiga faktor antara jenis kayu, jenis resin, dan fraksi volume matriks (ABC) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap keausan kampas rem komposit non-asbestos. Hal ini ditunjukkan oleh nilai F_{hitung} sebesar 13,445 yang lebih besar daripada F_{tabel} sebesar 3,40 ($F_{hitung} > F_{tabel}$). Berdasarkan kriteria pengujian menurut Sudjana (2012), kondisi tersebut menunjukkan bahwa hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_1) diterima. Dengan demikian, keausan kampas rem komposit tidak dipengaruhi oleh masing-masing faktor secara terpisah, tetapi dipengaruhi oleh kombinasi ketiga faktor secara bersamaan. Hasil ini mengindikasikan bahwa pengaruh jenis kayu terhadap keausan bergantung pada jenis resin dan fraksi volume matriks yang digunakan, demikian pula sebaliknya. Oleh karena itu, optimasi karakteristik keausan kampas rem komposit non-asbestos perlu mempertimbangkan kombinasi ketiga faktor tersebut secara simultan. sesuai dengan metode analisis varians pada rancangan faktorial yang dijelaskan oleh Sudjana (2012).

KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil analisis varians (ANAVA), faktor jenis kayu tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap keausan kampas rem komposit non-asbestos. Hal ini ditunjukkan oleh nilai F_{hitung} faktor jenis kayu sebesar 0,023 yang lebih kecil dari F_{tabel} sebesar 4,26 pada taraf signifikansi 5%.
2. Faktor jenis resin juga tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap keausan kampas rem komposit non-asbestos. Meskipun demikian, berdasarkan hasil pengujian keausan dan analisis grafik, spesimen yang menggunakan resin epoxy cenderung menghasilkan nilai keausan yang lebih rendah dibandingkan resin polyester, sehingga menunjukkan ketahanan aus yang lebih baik.
3. Faktor fraksi volume matriks tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap keausan kampas rem komposit non-asbestos, yang ditunjukkan oleh nilai F_{hitung} sebesar 0,037 lebih kecil dari F_{tabel} sebesar 3,40. Namun demikian, peningkatan fraksi volume matriks hingga 60% cenderung menghasilkan nilai keausan yang lebih rendah pada beberapa kombinasi spesimen.
4. Interaksi dua faktor, yaitu jenis kayu dan jenis resin (AB), jenis kayu dan fraksi volume matriks (AC), serta jenis resin dan fraksi volume matriks (BC), tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap keausan kampas rem komposit non-asbestos. Sebaliknya, interaksi tiga faktor (ABC) antara jenis kayu, jenis resin, dan fraksi volume matriks memberikan pengaruh yang signifikan terhadap keausan kampas rem komposit non-asbestos, yang ditunjukkan oleh nilai F_{hitung} sebesar 13,445 lebih besar dari F_{tabel} sebesar 3,40. Hasil ini menunjukkan bahwa karakteristik keausan lebih dipengaruhi oleh kombinasi ketiga faktor secara simultan dibandingkan oleh masing-masing faktor secara terpisah.
5. Kombinasi perlakuan terbaik diperoleh pada penggunaan serbuk kayu mahoni, resin epoxy, dan fraksi volume matriks 60%, dengan nilai keausan sebesar 0,013 gram. Kombinasi tersebut menghasilkan ketahanan aus terbaik di antara seluruh spesimen yang diuji sehingga berpotensi digunakan sebagai material kampas rem komposit non-asbestos yang lebih tahan terhadap keausan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, V.N. *et al.* (2025) "Analisis Pengaruh Komposisi Terhadap Nilai Uji Impak Pada Material Komposit Hybrid Serat Pinang Dan Serat Kelapa," 6(2), pp. 33–40.
- Hasbi, M. and Gunawan, Y. (1846) "Proses Pembuatan Biokomposit Polimer Serat Untuk Aplikasi Kampas Rem," (November 2015), pp. 1–7.
- Ihsan, M.N., Wicaksono, D. and Yogyakarta, S.8(1), pp. 92–96.
- Pandriana, A. *et al.* (2025) "Pengaruh Variasi Densitas Resin PVC terhadap Koefisien Gesek dan Mikrostruktur Komposit Kampas Rem Berbasis Serat Sabut Kelapa dan Serbuk Arang Teknik Sepeda Motor , SMKN 7 Kabupaten Tangerang Indonesia Fuel Cell and Hydrogen Energy," 05(01), pp. 50–61.
- Prabowo, H.T., Aji, M.P. and Darsono, T. (2017) "Buah Mahoni," 2, pp. 127–132.
- Pramono, C. and Suprihanto, A. (2023) "Karakteristik Bahan Alternatif Kampas Rem dari Komposit dan Serbuk Kuningan dengan Variasi Suhu Post Curing," 1(7), pp. 235–241.
- Sabil, L.G., Pratama, A.W. and Budiprasojo, A. (2024) "J-TETA : Jurnal Teknik Terapan Pengujian

- Jarak Dan Waktu Pengereman Serta Laju Keausan Kampas Rem Berbahan Komposit Kulit Buah Mahoni Dan,” 3(2), pp. 42–47.
- Sudjana, 2012, Buku Desain dan Analisis Eksperimen edisi IV
- Yudhanto, F., Dhewanto, S.A. and Yakti, S.W. (2019) “Karakterisasi Bahan Kampas Rem Sepeda Motor Dari Komposit Serbuk Kayu Jati,” 1(1), pp. 19–27. Available at: <https://doi.org/10.18196/jqt.010104>.
- Zainuri, A. (2021) “Jurnal Mekanik Terapan Karakteristik Kekuatan Tarik dan Morfologi Material Komposit Berpenguat Serat Pohon Pisang Saba Dengan Perlakuan Kimia,” 02(01), pp. 16–25.