

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem pengereman merupakan elemen penting dalam kendaraan bermotor, berfungsi untuk mengurangi kecepatan atau menghentikan kendaraan secara aman. Kampas rem, sebagai komponen utama, bekerja dengan menciptakan gesekan terhadap piringan atau drum. Oleh karena itu, kampas rem harus memiliki sifat mekanik dan termal yang baik, seperti kestabilan koefisien gesek, ketahanan terhadap aus, dan kemampuan beroperasi pada suhu tinggi (Noor Fajri, 2019).

Saat ini, serat asbestos adalah bahan yang paling banyak digunakan untuk kampas rem karena sifat tahan panas dan stabilitasnya. Namun, asbestos adalah bahan karsinogenik yang berbahaya bagi kesehatan, terutama jika terhirup dalam jangka waktu lama, yang dapat menyebabkan penyakit paru-paru seperti asbestosis dan kanker paru-paru. Akibatnya, banyak negara, termasuk Jepang, Kanada, dan negara-negara Uni Eropa, telah melarang penggunaannya (Ali et al., 2022). Larangan ini mendorong pencarian bahan alternatif yang lebih aman dan ramah lingkungan namun tetap memiliki performa yang baik.

Salah satu bahan alternatif yang menjanjikan adalah serabut kelapa, yang merupakan limbah pertanian yang melimpah di Indonesia. Serabut kelapa adalah serat alami dengan kekuatan tarik yang cukup tinggi dan dapat terdegradasi secara hayati, sehingga ramah lingkungan. Penelitian menunjukkan bahwa serabut kelapa sebagai penguat dalam material komposit dapat meningkatkan sifat mekanik seperti kekuatan tarik dan kekakuan lentur. Selain itu, serabut kelapa memiliki sifat termal yang stabil dan nilai ekonomis yang tinggi (Kholil et al., 2022).

Untuk menghasilkan komposit yang dapat mengikat serabut kelapa secara efektif, resin *epoxy* digunakan sebagai matriks. Resin *epoxy* dikenal memiliki kekuatan tarik yang tinggi dan ketahanan terhadap suhu tinggi, menjadikannya pilihan yang baik untuk aplikasi dalam sistem pengereman. Kombinasi serabut kelapa dan resin *epoxy* diharapkan dapat menghasilkan kampas rem yang ramah lingkungan dengan kinerja yang memadai (Kesava & Dinakaran, 2016).

Hingga kini, belum ada penelitian yang secara khusus mengeksplorasi komposisi optimal antara serabut kelapa murni dan resin *epoxy* tanpa tambahan

bahan pengisi untuk aplikasi kampas rem sepeda motor. Sebagian besar penelitian sebelumnya memang telah mempelajari serabut kelapa dalam sistem komposit, tetapi selalu dipadukan dengan *filler* seperti serbuk kayu, cangkang tiram, atau bahan mineral lainnya (Wang et al., 2024).

Sebagai contoh, penelitian oleh (Alotaibi et al., 2020) menyelidiki pengaruh variasi kandungan serabut kelapa terhadap sifat mekanik komposit, seperti kekuatan lentur dan tekan. Namun, analisis hanya dilakukan dalam rentang 10–30% volume serat tanpa mengaitkannya dengan aplikasi kampas rem atau variasi resin *epoxy*, serta tidak mengisolasi efek serat kelapa secara spesifik.

Demikian juga, (Pangestu, 2025) melakukan pengujian torsi pada komposit serabut kelapa yang menggunakan matriks *epoxy/polyester*, dengan fraksi serat antara 25% hingga 60%. Penelitian ini menemukan bahwa fraksi sekitar 30% volume memberikan tegangan maksimum, tetapi tidak membahas aplikasinya pada kampas rem dan tidak menguji fraksi yang lebih tinggi atau membandingkan performa struktur mikro, ketahanan panas, serta koefisien gesek secara menyeluruh.

(Siva Sankar & Singh, 2024)(Siva Sankar & Singh, 2024)Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik komposit serabut kelapa dan resin *epoxy* dalam tiga variasi komposisi: 40% serabut kelapa dan 60% resin *epoxy*, 50% serabut kelapa dan 50% resin *epoxy*, serta 60% serabut kelapa dan 40% resin *epoxy*. Pemilihan komposisi ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh peningkatan fraksi serat terhadap performa mekanik dan termal, mengingat bahwa peningkatan fraksi serat dapat meningkatkan kekuatan gesek tetapi juga dapat meningkatkan porositas jika tidak dikelola dengan baik (Siva Sankar & Singh, 2024).

(Arum & Nisa Ismulia, 2022)(Arum & Nisa Ismulia, 2022)Tiga jenis pengujian dilakukan untuk menilai kinerja komposit secara menyeluruh. Pertama, uji struktur mikro menggunakan mikroskop optik untuk memeriksa distribusi serat dalam matriks dan kemungkinan cacat seperti rongga atau retakan. Distribusi serat yang merata menandakan adanya interaksi yang baik antara serat dan resin, yang penting untuk kekuatan dan ketahanan material (Arum & Nisa Ismulia, 2022).

Kedua, pengujian ketahanan termal dilakukan menggunakan *Thermogravimetric Analysis* (TGA) untuk menilai kemampuan material bertahan pada suhu tinggi sebelum mengalami degradasi. Suhu *onset* degradasi menjadi

indikator penting untuk aplikasi kampas rem di suhu ekstrem (Yudhanto et al., 2019).

Ketiga, dilakukan uji koefisien gesek menggunakan alat tribometer untuk mengukur performa gesek dari kampas rem komposit. Nilai koefisien gesek yang baik berada dalam kisaran 0,35 hingga 0,45 sesuai dengan standar SAE J661. Nilai yang terlalu rendah dapat mengakibatkan pengereman yang tidak efektif, sedangkan nilai yang terlalu tinggi dapat mempercepat keausan (Yudhanto et al., 2019).

Penelitian sebelumnya oleh Khalifa et al. (2024) menemukan bahwa kampas rem berbahan campuran serabut kelapa dan serbuk kayu jati mampu mencapai suhu ketahanan termal hingga 228,48 °C dan kekerasan mendekati standar SAE J661, menunjukkan potensi kuat bahan alami ini sebagai pengganti asbestos. Selain itu, penelitian oleh Fikri Digdoyo (2024) menunjukkan bahwa penambahan serabut kelapa dalam komposit berbasis *epoxy* dapat menghasilkan struktur mikro yang padat dan distribusi serat yang baik, yang berkontribusi terhadap kestabilan termal dan sifat mekanik kampas rem.

Dengan melakukan ketiga pengujian ini, penelitian ini diharapkan dapat menunjukkan bahwa kombinasi serabut kelapa dan resin *epoxy* memiliki potensi sebagai bahan alternatif kampas rem yang aman, ramah lingkungan, dan mampu mendekati atau bahkan melampaui performa kampas rem berbasis asbestos.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah dalam penelitian, yaitu:

1. Penggunaan asbestos pada kampas rem menimbulkan risiko kesehatan, sehingga diperlukan material alternatif yang lebih aman.
2. Serabut kelapa memiliki potensi besar sebagai bahan penguat komposit karena sifat mekanik dan termalnya yang baik, serta ketersediaannya yang melimpah di Indonesia.
3. Resin *epoxy* dipilih sebagai matriks karena mampu membentuk ikatan kuat dengan serat dan tahan terhadap suhu tinggi, cocok untuk aplikasi pengereman.

4. Diperlukan evaluasi terhadap pengaruh variasi komposisi serabut kelapa dan resin *epoxy* terhadap karakteristik kampas rem, terutama pada struktur mikro, ketahanan termal, dan koefisien gesek.
5. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan komposisi komposit yang optimal dan layak digunakan sebagai kampas rem ramah lingkungan pengganti asbestos, sesuai standar industri.

1.3 Batasan Masalah

Untuk mempermudah penelitian ini, diperlukan batasan masalah penelitian. Berikut adalah batasan masalah dari penelitian ini:

1. Komposit yang digunakan berbahan dasar serabut kelapa dipadukan dengan resin *epoxy*.
2. Pengujian struktur mikro menggunakan mikroskop optik sesuai standar ASTM E407.
3. Pengujian ketahanan termal menggunakan *Thermogravimetric Analysis* (TGA) sesuai standar ASTM E1131-20.
4. Pengujian koefisien gesek menggunakan tribometer sesuai standar ASTM D1894.

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi serabut kelapa dan resin *epoxy* terhadap struktur mikro kampas rem komposit?
2. Bagaimana ketahanan termal kampas rem komposit berbahan dasar serabut kelapa dan resin *epoxy* pada masing-masing variasi komposisi?
3. Bagaimana nilai koefisien gesek yang dihasilkan dari komposit berbahan dasar serabut kelapa dan resin *epoxy*, serta apakah nilainya memenuhi standar performa kampas rem?
4. Komposisi manakah yang memberikan karakteristik paling optimal untuk dijadikan bahan alternatif kampas rem pengganti asbestos?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh variasi komposisi serabut kelapa dan resin *epoxy* terhadap struktur mikro kampas rem komposit.
2. Mengetahui ketahanan termal kampas rem komposit dengan variasi komposisi serabut kelapa dan resin *epoxy* menggunakan uji *Thermogravimetric Analysis* (TGA).
3. Mengukur dan mengevaluasi nilai koefisien gesek kampas rem komposit dari masing-masing komposisi dengan alat tribometer, serta membandingkannya dengan standar performa kampas rem.
4. Menentukan komposisi terbaik yang menghasilkan karakteristik kampas rem paling optimal sebagai bahan alternatif pengganti asbestos yang ramah lingkungan.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1.6.1 Dalam Pendidikan

1. Menjadi referensi bagi mahasiswa dalam memahami dan mengembangkan material komposit berbasis serat alami.
2. Mendukung pembelajaran berbasis riset di bidang teknik mesin.
3. Memberikan contoh penerapan prinsip *green technology* dalam karya ilmiah dan tugas akhir.
4. Mendorong riset lanjutan terkait bahan alternatif ramah lingkungan.

1.6.2 Dalam Industri

1. Menawarkan alternatif bahan kampas rem non-asbestos yang lebih aman bagi kesehatan.
2. Mendukung inovasi produk ramah lingkungan dan sesuai dengan regulasi global.
3. Memanfaatkan limbah perkebunan (serabut kelapa) sebagai bahan baku lokal yang berkelanjutan.
4. Berpotensi menekan biaya produksi dan meningkatkan nilai tambah produk dalam negeri.