

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang material telah menghasilkan berbagai inovasi untuk menciptakan bahan dengan karakteristik unggul, seperti ringan, kuat, dan ramah lingkungan. Salah satu jenis material yang banyak dikembangkan saat ini adalah komposit, yaitu perpaduan dua atau lebih material berbeda yang membentuk sifat mekanik baru yang lebih baik dibandingkan masing-masing komponennya [1]. Dalam struktur komposit, matriks berfungsi sebagai pengikat yang menyatukan elemen penguat, sedangkan serat penguat bertugas menahan beban dan meningkatkan kekakuan serta ketahanan deformasi material.

Selaras dengan meningkatnya kesadaran terhadap lingkungan, penggunaan serat alami sebagai bahan penguat komposit semakin digemari untuk menggantikan serat sintetis. Serat alami memiliki beberapa keunggulan, antara lain berat jenis yang rendah ($1,2\text{--}1,5\text{ g/cm}^3$), mudah terurai secara alami (*biodegradable*), dan memiliki biaya produksi yang jauh lebih ekonomis [2]. Indonesia sebagai negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia menghasilkan limbah biomassa yang melimpah, terutama pelepah kelapa sawit dengan jumlah mencapai 10–15 ton per hektar per tahun [3]. Limbah ini sebagian besar belum dimanfaatkan, padahal hasil penelitian oleh *Shahar et al.* (2020) menunjukkan bahwa serat pelepah kelapa sawit mengandung selulosa 41,3%, hemiselulosa 27,6%, dan lignin 23,8%, serta memiliki kekuatan tarik 180–230 MPa dan modulus elastisitas 5–8 GPa [4]. Dengan karakteristik tersebut, serat pelepah kelapa sawit memiliki potensi besar sebagai bahan penguat alami untuk meningkatkan performa mekanik komposit.

Sebagai bahan matriks, resin epoxy dipilih karena memiliki kekuatan mekanik dan kemampuan adhesi yang lebih baik dibandingkan dengan resin polyester. Selain itu, epoxy memiliki stabilitas termal tinggi dan ketahanan yang baik terhadap bahan kimia. Kemampuannya membentuk ikatan antarmuka yang kuat dengan serat alami menjadikannya sangat cocok untuk diaplikasikan pada pembuatan komposit [5]. Kombinasi antara resin epoxy dan serat pelepah kelapa

sawit diharapkan mampu menghasilkan material komposit yang kuat, ringan, serta ramah lingkungan.

Kinerja mekanik komposit tidak hanya dipengaruhi oleh jenis matriks dan serat, tetapi juga oleh dimensi serat, terutama panjang serat dan jumlah serat yang digunakan. Serat dengan panjang terlalu pendek tidak dapat menyalurkan beban secara optimal dari matriks, sedangkan serat yang terlalu panjang dapat menimbulkan penumpukan (*agglomeration*) yang mengurangi homogenitas campuran [6]. Berdasarkan teori yang dikemukakan oleh Mohanty et al. (2000), terdapat panjang serat kritis (*critical fiber length*) yang menentukan sejauh mana tegangan dari matriks dapat ditransfer ke serat dengan sempurna. Serat dengan panjang yang melebihi nilai kritis ini akan meningkatkan kekuatan komposit, sedangkan panjang berlebihan dapat menyebabkan distribusi serat tidak merata sehingga kekuatan komposit menurun.

Penelitian yang dilakukan oleh Sukudom et al. (2018) melaporkan bahwa peningkatan panjang serat kenaf dari 10 mm hingga 30 mm dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit hingga 45%, namun jika panjang serat melebihi 40 mm, kekuatannya justru menurun akibat distribusi serat yang tidak seragam [7]. Selain panjang, persentase serat dalam komposit juga menjadi faktor penting yang memengaruhi kekuatan material. Jika kandungan serat terlalu sedikit, proses transfer beban tidak optimal, sedangkan kandungan serat yang terlalu banyak dapat menyebabkan kekurangan resin dan munculnya *void* pada struktur komposit [8]. Oleh karena itu, diperlukan penentuan kombinasi panjang dan persentase serat yang paling sesuai agar diperoleh kekuatan komposit yang maksimal.

Sebagian besar penelitian terdahulu masih menggunakan matriks polyester sebagai bahan dasar komposit, sedangkan penelitian yang menggunakan resin epoxy dengan serat pelepah kelapa sawit berukuran pendek dan acak (*short random fiber*) masih sangat terbatas [9]. Padahal konfigurasi serat acak pendek memiliki keunggulan dalam proses pembuatan yang lebih mudah, tidak memerlukan orientasi khusus, dan menghasilkan struktur material dengan sifat mekanik yang relatif merata (*isotropik*). Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh panjang dan persentase serat pelepah kelapa sawit terhadap

sifat mekanik komposit berbasis resin epoxy, meliputi kekuatan tarik, *elongation at break*, dan modulus elastisitas, guna memperoleh kombinasi terbaik yang mampu menghasilkan kekuatan komposit optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan utama persentase serat pelepah kelapa sawit yang dapat menghasilkan kekuatan komposit epoxy paling optimal. Pemilihan dimensi dan jumlah serat yang tidak tepat dapat menyebabkan transfer beban antara matriks dan serat menjadi tidak efisien, serta menimbulkan *void* yang menurunkan kekuatan material.

Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk menjawab bagaimana variasi panjang dan persentase serat memengaruhi kekuatan tarik, *elongation at break*, dan modulus elastisitas, serta untuk mengetahui kombinasi terbaik yang mampu memberikan hasil mekanik tertinggi pada komposit epoxy berpenguat serat pelepah kelapa sawit.

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kombinasi panjang dan persentase serat pelepah kelapa sawit yang menghasilkan kekuatan mekanik komposit epoxy paling optimal. Secara khusus, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi panjang serat dan persentase serat terhadap kekuatan tarik, *elongation at break*, dan modulus elastisitas komposit, sehingga diperoleh konfigurasi serat dan matriks yang mampu meningkatkan performa mekanik material secara maksimal.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dan praktis dalam pengembangan material komposit berbasis serat alami. Secara akademis, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi tambahan mengenai pengaruh panjang dan persentase serat pelepah kelapa sawit terhadap sifat mekanik komposit epoxy, khususnya dalam menentukan kombinasi serat–matriks yang paling optimal. Sementara secara praktis, penelitian ini dapat menjadi acuan bagi industri dan penelitian lanjutan dalam pemanfaatan limbah pelepah kelapa sawit sebagai bahan

penguat alami yang berpotensi menggantikan serat sintetis dalam aplikasi material teknik.

1.5 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus penelitian dan memperoleh hasil yang terukur, penelitian ini dibatasi pada pembuatan dan pengujian komposit berbasis resin epoxy dengan penguat serat pelepah kelapa sawit. Serat yang digunakan adalah serat acak (random) yang telah melalui proses pembersihan dan pengeringan sebelum dicampur dengan resin. Variasi panjang serat yang digunakan adalah 10 mm, 20 mm, dan 30 mm, sedangkan variasi persentase serat terhadap berat komposit ditetapkan sebesar 10% dan 20%. Penelitian ini hanya berfokus pada pengujian sifat mekanik tarik (tensile test) untuk memperoleh data kekuatan tarik, *elongation at break*, dan modulus elastisitas sesuai standar ASTM D638-14. Pengujian lain seperti uji impak, kekerasan, dan ketahanan panas tidak dibahas dalam penelitian ini. Selain itu, faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan arah orientasi serat dianggap seragam serta tidak menjadi variabel penelitian.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini disusun secara sistematis agar memudahkan pembahasan dan pemahaman terhadap penelitian yang dilakukan. Bab I berisi pendahuluan yang mencakup latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan. Bab II membahas tinjauan pustaka yang memuat teori dasar mengenai material komposit, sifat mekanik bahan, karakteristik serat alami pelepah kelapa sawit, serta penelitian terdahulu yang relevan. Bab III menjelaskan metodologi penelitian yang meliputi tahapan persiapan bahan, proses pembuatan spesimen, variasi yang digunakan, serta prosedur pengujian mekanik. Bab IV menyajikan hasil pengujian dan analisis data mengenai pengaruh panjang dan persentase serat terhadap sifat mekanik komposit epoxy. Sementara itu, Bab V berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian beserta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.