

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Material komposit merupakan salah satu inovasi penting dalam rekayasa material modern, di mana dua atau lebih bahan dengan sifat fisik dan mekanik berbeda digabungkan untuk menghasilkan material baru dengan karakteristik yang lebih unggul. Dalam konteks global maupun nasional, penggunaan material komposit semakin meluas seiring meningkatnya kebutuhan akan bahan yang ringan, kuat, tahan korosi, serta memiliki fleksibilitas tinggi dalam desain dan manufaktur. Di Indonesia, fenomena perkembangan komposit cukup pesat, baik dalam bidang akademik maupun industri, karena material ini menawarkan alternatif yang efisien untuk menggantikan bahan konvensional seperti baja dan aluminium yang memiliki massa jenis tinggi dan rentan terhadap oksidasi.[1]

Penelitian-penelitian dalam negeri menunjukkan bahwa dengan pengaturan jenis matriks dan fraksi serat yang tepat, komposit mampu mencapai peningkatan signifikan pada kekuatan bending, kekakuan, serta ketahanan aus, sehingga sangat potensial untuk diaplikasikan pada produk-produk manufaktur berskala kecil hingga menengah seperti panel bangunan, bodi kendaraan, dan peralatan rumah tangga. Perkembangan ilmu rekayasa material saat ini berfokus pada penciptaan material baru yang memiliki kekuatan tinggi, bobot ringan, dan ramah lingkungan. Salah satu material yang berkembang pesat dalam bidang teknik mesin dan manufaktur adalah material komposit, yaitu material yang tersusun dari dua atau lebih komponen dengan sifat berbeda untuk membentuk material baru yang lebih unggul. Material komposit banyak digunakan pada struktur otomotif, pesawat, kapal, dan konstruksi bangunan ringan, karena memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang lebih baik dibandingkan logam[2]. Namun, sebagian besar komposit yang digunakan saat ini masih berbasis serat sintetis, seperti serat kaca dan karbon, yang memiliki dampak lingkungan cukup besar akibat sulit terurai serta memerlukan energi tinggi dalam proses pembuatannya. Oleh karena itu, arah penelitian global kini bergerak ke pengembangan komposit berbasis serat alami,

yang tidak hanya kuat tetapi juga berkelanjutan. Indonesia merupakan negara tropis yang kaya akan sumber daya biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan penguat komposit alami. Menurut data *Badan Pusat Statistik (BPS, 2023)*, potensi serat yang dihasilkan pertanian seperti serat agave dan serbuk kayu nangka sangat berlimpah, namun sebagian besar belum dimanfaatkan secara optimal. Salah satu potensi yang menjanjikan adalah pohon agave dan serbuk kayu nangka sehingga dapat memperkuat matriks polimer seperti resin poliester.[3]

Uji bending adalah pengujian untuk mengukur kekuatan bahan saat mengalami gaya lentur hingga mencapai titik patah atau deformasi maksimum. Pada pengujian ini, spesimen bahan biasanya berbentuk standar sesuai standar ASTM D790 dan diberi gaya secara perlahan hingga mengalami kegagalan. Hasil dari uji bending meliputi nilai kekuatan bending maksimum, modulus elastisitas, dan strain patah, yang digunakan untuk menilai kekuatan mekanik bahan komposit seperti resin poliester yang diperkuat serat rami. Pengujian ini penting untuk mengetahui sejauh mana bahan mampu menahan beban lentur dan menentukan kualitas bahan untuk aplikasi tertentu. Sebagian besar penelitian tersebut hanya berfokus pada satu jenis serat alami, seperti serat aren, resam, kelapa, atau bambu, tanpa meneliti kombinasi dua jenis serat berbeda yang berpotensi menciptakan efek sinergis terhadap kekuatan bending material. Selain itu, penelitian yang menggunakan bahan alami lokal seperti serbuk kayu nangka dan serat agave masih sangat terbatas dan umumnya hanya sampai pada tahap karakterisasi serat, belum diterapkan dalam uji bending komposit resin poliester.[4]

Komposit poliester merupakan material yang terdiri dari matriks poliester yang diperkuat dengan serat, seperti serat daun nanas atau serat sintetis. Material ini memiliki sifat kuat, ringan, dan tahan terhadap korosi, sehingga banyak digunakan sebagai bahan pengganti logam dalam berbagai aplikasi teknik dan industri. Komposit poliester juga dapat dibuat dalam berbagai pola anyaman, seperti plain dan twill, yang mempengaruhi kekuatan dan sifat mekaniknya. Selain itu, proses manufaktur seperti vacuum infusion membantu menghasilkan komposit berkualitas tinggi dengan sebaran matriks yang efektif struktur komposit

poliester[5]. Serat alam yang dipadukan dengan resin poliester memiliki manfaat besar dalam pembuatan komposit yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Resin poliester, sebagai matriks termoset, mampu berikatan dengan serat alam tanpa menimbulkan reaksi dangkal, sehingga cocok digunakan dalam pengembangan biokomposit dari limbah pertanian seperti kulit buah kelor yang biasanya dibuang sebagai limbah. Pemanfaatan serat kulit buah kelor sebagai penguat dalam komposit tidak hanya membantu mengurangi limbah dan dampak lingkungan, tetapi juga meningkatkan kekuatan dan kekakuan produk, serta menurunkan bobot dan biaya produksi hingga 10-80% dibandingkan bahan konvensional seperti serat kaca. Proses pembuatan melibatkan pencampuran serat kulit kelor yang telah dikeringkan dan direndam, kemudian dicetak dengan resin poliester menggunakan metode Cold Compressing Moulding, dan setelah kering, komposit dipotong sesuai standar pengujian mekanik seperti bending, impact, dan daya serap air laut. Dengan demikian, penggunaan serat alam dari limbah kulit buah kelor yang dipadukan dengan resin poliester menawarkan solusi inovatif dan berkelanjutan untuk berbagai aplikasi industri, termasuk otomotif dan konstruksi.[6].

Variasi fraksi volume serat berpengaruh signifikan terhadap kekuatan bending komposit, di mana peningkatan hingga sekitar 20% dapat meningkatkan kekuatan bending secara optimal karena jumlah serat yang lebih banyak memungkinkan transfer beban yang lebih efisien dan ikatan antar serat yang lebih baik, seperti yang terlihat pada spesimen dengan fraksi 20% yang menunjukkan nilai kekuatan bending tertinggi sebesar 22,340 MPa dan regangan tarik mencapai 3,752%. Namun, penambahan fraksi serat melebihi angka tersebut, misalnya 25%, cenderung menurunkan kekuatan bending dan regangan akibat berkurangnya proporsi matriks, peningkatan void, dan ketidaksempurnaan pada ikatan antar muka yang menyebabkan serat lebih rentan terlepas saat menerima beban. Selain itu, perlakuan alkalisasi NaOH pada serat juga meningkatkan kekuatan ikatan dan sifat mekanik komposit secara keseluruhan, mendukung peningkatan kekuatan bending dan deformasi elastis. Oleh karena itu, pengaturan fraksi volume serat dan perlakuan permukaan serat merupakan faktor penting dalam mengoptimalkan

kekuatan bending komposit berbasis serat alam.[7]. Pengaruh serat agave (sisal) terhadap kekuatan bending komposit epoxy sangat dipengaruhi oleh perlakuan terhadap serat dan fraksi volume yang digunakan. Perlakuan alkali NaOH 5% selama 2 jam terbukti meningkatkan kandungan selulosa pada serat, menghilangkan lignin dan hemiselulosa, serta membuat permukaan serat menjadi lebih kasar, sehingga ikatan antara serat dan matriks menjadi lebih baik. Hasilnya, kekuatan tarik tertinggi mencapai sekitar 45,2 MPa pada fraksi volume 15% yang direndam dalam larutan NaOH, sementara perlakuan dengan air PDAM selama waktu yang sama menghasilkan kekuatan yang lebih rendah dan adanya void serta debonding yang mengurangi kekuatan komposit. Variasi fraksi volume serat juga berpengaruh, di mana fraksi volume 15% menunjukkan hasil terbaik, sedangkan peningkatan fraksi volume hingga 20% cenderung menurunkan kekuatan tarik akibat peningkatan porositas dan kerusakan permukaan serat. Secara umum, perlakuan alkali meningkatkan ikatan serat-matriks dan mengurangi penyerapan air, sehingga memperkuat kekuatan tarik komposit secara signifikan.[8].

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa variasi fraksi volume serat fiberglass dan jenis core kayu secara signifikan mempengaruhi kekuatan bending dan impak pada komposit sandwich hybrid. Hasilnya menunjukkan bahwa fraksi volume 60% dan core kayu jati memberikan kekuatan tertinggi, sementara fraksi volume 40% dan core kayu nangka menunjukkan kekuatan terendah. Semakin tinggi fraksi volume serat fiberglass, semakin besar pula kekuatan bending dan impak yang dihasilkan. Pengujian statistik anova dua jalur mendukung temuan ini, menegaskan pengaruh signifikan dari kedua variabel tersebut. Disarankan untuk penelitian selanjutnya memperbaiki presisi cetakan, menggunakan perlengkapan pelindung yang tepat, serta mengeksplorasi variabel lain seperti jenis core, resin, dan serat guna meningkatkan kualitas dan performa komposit.[9].

Serat alami, seperti serat sisal (*Agave sisalana*), merupakan bahan yang diperoleh dari tanaman dan memiliki potensi besar sebagai penguat dalam material komposit karena sifatnya yang ramah lingkungan, dapat diperbaharui, dan tahan terhadap garam serta lingkungan laut. Serat sisal dikenal memiliki kekuatan impak,

kekuatan bending, dan lentur yang tinggi, sehingga cocok digunakan dalam industri konstruksi dan komposit polimer. Namun, serat alami juga memiliki kelemahan seperti mudah menyerap air, lemah terhadap beban kejut, dan tidak tahan panas, yang dapat mempengaruhi performa mekaniknya jika tidak diproses dengan baik. Perlakuan seperti alkalisasi dengan NaOH dapat meningkatkan kandungan selulosa dan memperbaiki ikatan antara serat dan matriks, sehingga kekuatan mekanik dari komposit dapat ditingkatkan.[10]. Tujuan lainnya adalah untuk menentukan komposisi optimum yang menghasilkan kekuatan bending tertinggi serta mempelajari struktur mikro material komposit guna mengetahui matriks serat. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan data eksperimental baru yang menjadi dasar dalam pemanfaatan limbah pertanian sebagai penguat alami untuk material teknik. Sejalan dengan temuan penguatan resin poliester menggunakan serat alami terbukti mampu meningkatkan kekuatan mekanik sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap material sintetis yang tidak ramah lingkungan[11].

Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi ilmiah berupa tambahan literatur mengenai karakteristik mekanik komposit berbasis kombinasi dua serat alami. Secara teoritis, hasilnya dapat memperkaya kajian tentang hubungan antara fraksi serat alami dan kekuatan tarik komposit poliester[12]sedangkan secara praktis penelitian ini dapat diterapkan dalam pengembangan produk komposit ringan dengan SNI ISO 527 sebagai standar guna mampu di jadikan alternatif bahan pembuat cover bagasi mobil. Penelitian ini juga mendukung dengan adanya memanfaatkan serat menjadi bahan bernilai tambah. Dengan demikian, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi acuan pengembangan material berkelanjutan di bidang teknik mesin dan rekayasa material di Indonesia[8].

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat disimpulkan bahwa masalah yang dihadapi adalah :

1. Bagaimana pengaruh variasi serat agave dan serbuk kayu nangka terhadap kuat bending material komposit berbasis resin poliester?
2. Bagaimana struktur makro serat agave dan serbuk kayu nangka yang berbasis resin poliester?

1.3 Batasan Masalah

Saat melakukan penelitian, penulis perlu membatasi ruang lingkup pembahasan agar isi pembahasan relevan dengan tujuan yang diharapkan. Batasan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Komposit yang digunakan merupakan serat agave dan serbuk kayu nangka dengan ukuran mesh 100.
2. Penelitian ini membahas kuat bending menggunakan resin polyester dengan pencampuran katalis.
3. Pengujian yang dilakukan hanya mencakup uji bending dan struktur makro pada pembuatan hand lay up dengan spesimen sesuai standart ASTM D790
4. Variasi komposisi yang diuji hanya mencakup perbandingan tertentu antara serat agave, serbuk kayu nangka dan poliester menggunakan software Design Of Experiment (DOE)
5. Penelitian ini hanya menggunakan uji bending dan makro.
6. Menggunakan NaOH untuk membersihkan serat agave.
7. Untuk pengujian bending menggunakan alat Tensile Test Universal Testing Machine 20.000 Kn.

1.4 Tujuan Peneliti

Setiap penelitian memiliki arah dan sasaran yang ingin dicapai agar pelaksanaannya lebih terfokus dan hasilnya dapat memberikan manfaat yang jelas. Secara lebih rinci, tujuan penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui nilai hasil pengujian bending pengaruh variasi menggunakan serat agave sebagai penguat utama, serbuk kayu nangka sebagai campuran filler dan pengisi dalam matrik yaitu resin poliester
2. Mengidentifikasi bentuk dan pola kerusakan spesimen komposit setelah pengujian bending melalui pengamatan makro.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian, sehingga berharap memperoleh manfaat sebagai berikut :

1. Dapat menambah pemahaman mengenai perkembangan bahan komposit berbasis serat alam.
2. Limbah berupa serat agave dapat dimanfaatkan menjadi produk yang lebih berguna.
3. Meminimalisir penggunaan kayu yang tidak efisien dan tidak bijaksana dalam industri produksi.
4. Hasil penelitian bisa digunakan sebagai acuan untuk mengembangkan material komposit serbuk alami di industri manufaktur.

