

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dan kebutuhan industri yang semakin beragam menuntut adanya material dengan performa tinggi, seperti kekuatan mekanik yang baik, bobot yang ringan, serta ketahanan terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem. Salah satu solusi yang banyak dikembangkan untuk menjawab tantangan tersebut adalah material komposit (Callister dan Rethwisch, 2018). Material komposit merupakan inovasi penting dalam rancang bangun material melalui penggabungan dua atau lebih material dengan karakteristik yang berbeda, sehingga dihasilkan material baru dengan kekuatan mekanik yang tinggi dan fisiknya yang unggul dibandingkan material konvensional. Keunggulan tersebut membuat material komposit banyak digunakan di berbagai bidang teknik, mulai dari otomotif, konstruksi hingga kedirgantaraan (Paundra dkk., 2022).

Material komposit tersusun atas matriks dan bahan penguat atau *filler*, yang dapat berupa serat, silika, *clay*, dan bahan lainnya. Matriks berfungsi sebagai pengikat yang menyatukan seluruh komponen dan mentransfer tegangan antar penguat, sedangkan penguat berperan meningkatkan sifat mekanik, termal, dan struktur material secara keseluruhan. Dengan penambahan penguat pada konsentrasi tertentu, sifat mekanik komposit seperti kekuatan tarik, modulus elastisitas, dan ketangguhan material, dapat meningkat dibandingkan material penyusunnya (Taufana dkk., 2020). Dalam studi komposit, penguat berbentuk serat sering digunakan karena kemampuan serat untuk menahan beban dan mendistribusikan tegangan di dalam matriks sehingga meningkatkan performa mekanik komposit dibandingkan dengan matriks saja (Rajak dkk., 2019).

Resin epoksi dipilih secara luas sebagai matriks dalam komposit polimer karena memiliki sifat mekanik yang stabil dan unggul, termasuk kekuatan mekanik tinggi, adhesi yang baik, ketahanan terhadap panas dan bahan kimia, serta viskositas yang relatif rendah sehingga mampu membasahi permukaan serat secara optimal, sehingga banyak digunakan di aplikasi struktural seperti otomotif, kedirgantaraan, dan konstruksi. (Melyna dan Sopian, 2024). Ketika epoksi dimodifikasi atau diperkuat dengan serat, baik itu serat alam maupun serat sintesis,

struktur komposit yang dihasilkan mampu menunjukkan peningkatan signifikan pada sifat mekanik dibandingkan epoksi murni karena serat berfungsi sebagai fase penguat yang menahan beban utama dalam komposit (Matykiewicz, 2020).

Serat kaca merupakan penguat yang paling umum digunakan dalam komposit epoksi karena memiliki kekuatan mekanik tinggi, ketahanan terhadap korosi, dan rasio kekuatan terhadap berat yang baik (Gunarti dkk., 2024). Kombinasi resin epoksi dan serat kaca telah banyak diterapkan sebagai material struktural karena mampu memberikan performa mekanik yang stabil. Dalam penelitian terdahulu, serat kaca umumnya diaplikasikan dalam bentuk *chopped strand mat*, anyaman (*woven*), maupun laminasi, dan variasi bentuk serta susunannya dilaporkan berpengaruh signifikan terhadap sifat mekanik komposit (Najafi dan Khani, 2025). Kombinasi resin epoksi dan serat kaca banyak diaplikasikan sebagai material struktural, seperti pada komponen otomotif dan badan pesawat. Namun demikian, serat kaca memiliki kelemahan dari sisi lingkungan karena bersifat tidak *biodegradable* dan sulit terdegradasi secara alami (Rachman, 2022).

Seiring meningkatnya perhatian terhadap isu lingkungan, penggunaan penguat alami mulai dikembangkan sebagai alternatif untuk mengurangi ketergantungan terhadap penguat sintetis. Salah satu penguat alami yang potensial adalah nanoselulosa yang diperoleh dari serat pinang. Menurut Binoj dkk. (2016), serat pinang memiliki selulosa yang cukup tinggi, yaitu antara (57,35 – 58,21)%. Keunggulan sifat kimia ini menjadikan serat pinang jauh lebih unggul dibandingkan serat alam lainnya, seperti serat kelapa (32 – 43,8)% dan serat bambu (26 – 43)% yang memiliki kadar selulosa lebih rendah. Tingginya kandungan selulosa ini sehingga memungkinkan serat pinang diolah menjadi *pulp* untuk digunakan sebagai penguat pada material komposit. Serat pinang juga memiliki kelebihan fisik berupa densitas yang sangat ringan (0,7 – 0,8) g/cm^3 dibandingkan serat rami atau sisal (1,15 – 1,5) g/cm^3 , serta kadar air yang minimal 7,32 wt% yang efektif mengurangi sifat hidrofilik serat alam pada komposit. Karakteristik unggul inilah yang memicu potensi besar serat pinang untuk diekstrak menjadi nanoselulosa.

Nanoselulosa memiliki sifat *biodegradable*, ramah lingkungan, serta ketersediaan bahan baku yang melimpah (Indah dan Mahyudin, 2022). Ukuran nano pada selulosa memberikan luas permukaan yang besar, sehingga meningkatkan interaksi antar komponen dalam komposit dan berpotensi memperbaiki sifat mekanik material. Serat yang lebih pendek dan terdistribusi merata cenderung membentuk ikatan antarmuka yang lebih kuat, sehingga meningkatkan kekuatan mekanik komposit. Sebaliknya, ikatan antarmuka yang lemah dapat menyebabkan *debonding*, yang berdampak pada penurunan sifat mekanik material (Dynanty dan Mahyudin, 2018).

Pada komposit, baik serat kaca maupun nanoselulosa memiliki fungsi yang sama, yaitu sebagai *filler* atau penguat. Penggabungan serat sintetis dan serat alami dalam satu matriks polimer dikenal sebagai komposit hibrid (Jamir dkk., 2018). Komposit hibrid diharapkan mampu menghasilkan komposit dengan keseimbangan antara sifat mekanik yang baik dan peningkatan aspek keberlanjutan lingkungan. Dengan adanya penguat hibrid, diharapkan penggunaan penguat sintetis dapat dikurangi tanpa menurunkan performa mekanik komposit secara signifikan.

Beberapa penelitian telah banyak membahas komposit epoksi dengan serat kaca sebagai penguat, baik dalam bentuk *chopped strand mat*, anyaman (*woven*), maupun laminasi, karena mampu meningkatkan kekuatan mekanik dan stabilitas material. Selain itu, penggunaan nanoselulosa sebagai penguat alami dalam matriks polimer juga telah diteliti dan menunjukkan potensi untuk meningkatkan sifat mekanik sekaligus memberikan keuntungan lingkungan karena bersifat *biodegradable*. Meskipun demikian, penelitian yang mengkaji kombinasi serat kaca ukuran mikro dan nanoselulosa secara bersamaan sebagai penguat hibrid dalam komposit epoksi masih relatif terbatas. Secara khusus, pengaruh variasi jumlah nanoselulosa serta interaksi antara kedua jenis penguat terhadap sifat mekanik komposit masih perlu diteliti lebih lanjut. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk melihat pengaruh komposit epoksi dengan penguat hibrid serat kaca dengan nanoselulosa yang memiliki potensi untuk mengoptimalkan performa mekanik material sekaligus memanfaatkan penguat alami secara efektif guna memberikan

pemahaman yang lebih komprehensif mengenai kontribusi ukuran serat dan interaksi antarmuka terhadap performa mekanik komposit.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh variasi persentase massa nanoselulosa serat pinang terhadap nilai kuat tarik, kuat tekan, dan kuat impak komposit resin epoksi dengan persentase massa serat kaca mikro tetap.
2. Menganalisis pengaruh variasi perbandingan persentase massa serat kaca mikro dan nanoselulosa serat pinang pada persentase massa resin epoksi tetap terhadap nilai kuat tarik, kuat tekan, dan kuat impak komposit resin epoksi sebagai dasar untuk mengkaji potensi nanoselulosa serat pinang sebagai penguat sekunder atau substitusi sebagian serat kaca mikro.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan komposit hibrida berbasis resin epoksi melalui penyediaan data mengenai pengaruh variasi persentase massa nanoselulosa serat pinang serta variasi perbandingan persentase massa serat kaca mikro dan nanoselulosa serat pinang terhadap nilai kuat tarik, kuat tekan, dan kuat impak komposit. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya mengenai pemanfaatan nanoselulosa serat pinang sebagai penguat sekunder maupun substitusi sebagian serat kaca mikro dalam komposit resin epoksi, serta menjadi bahan pertimbangan dalam pengembangan material komposit yang memanfaatkan serat alam sebagai penguat ramah lingkungan.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dan batasan penelitian yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan pada komposit bermatriks resin epoksi dengan penguat serat kaca dan nanoselulosa serat pinang.
2. Pengujian sifat mekanik yang dilakukan meliputi uji kuat tarik, uji kuat tekan, dan uji kuat impak

3. Variasi pertama menggunakan persentase massa serat kaca sebesar 20% dengan variasi penambahan nanoselulosa serat pinang sebesar 3%, 6%, dan 9%, sedangkan resin epoksi disesuaikan pada setiap variasi.
4. Variasi kedua menggunakan persentase massa resin epoksi sebesar 70% dengan variasi perbandingan nanoselulosa serat pinang dan serat kaca sebesar 0:30, 5:25, 10:20, 15:15.
5. Karakterisasi nanoselulosa serat pinang dilakukan menggunakan XRD dan PSA.
6. Karakterisasi morfologi komposit dilakukan menggunakan SEM.

1.5 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah bahwa penambahan nanoselulosa serat pinang pada komposit epoksi berpenguat serat kaca mikro diduga meningkatkan nilai kuat tarik, kuat tekan, dan kuat impak hingga persentase massa nanoselulosa tertentu. Pada persentase massa nanoselulosa yang lebih tinggi, nilai kuat tarik, kuat tekan, dan kuat impak diduga menurun akibat berkurangnya efektivitas penguatan yang dipengaruhi oleh kecenderungan aglomerasi nanoselulosa. Selain itu, variasi perbandingan persentase massa serat kaca mikro dan nanoselulosa serat pinang pada persentase massa resin epoksi tetap diduga menghasilkan komposisi penguat hibrida optimum yang memberikan keseimbangan nilai kuat tarik, kuat tekan, dan kuat impak komposit resin epoksi.

