

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Fenomena peningkatan jumlah limbah organik dan plastik setiap tahunnya menjadi persoalan lingkungan yang serius di Indonesia maupun dunia secara luas. Data dari Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia menunjukkan bahwa produksi sampah Indonesia, dengan produksi harian sampah mencapai sekitar 175.000 ton, di mana limbah pertanian dan sampah plastik merupakan dua komponen utama yang pertumbuhannya paling pesat. Sampah plastik, khususnya plastik jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) yang biasa ditemukan pada botol minuman ringan, dikenal memiliki umur urai yang sangat lama dan terus-menerus menumpuk di TPA maupun lingkungan perairan. Di sisi lain, limbah pertanian seperti ampas tebu dan serbuk dari kayu industri, walaupun secara alamiah dapat terurai, tetap saja jika dibiarkan menumpuk tanpa pengolahan juga menimbulkan pencemaran serta membuang potensi bahan terbarukan yang bernilai [1].

Dunia riset dan industri kini terus berinovasi untuk mengubah limbah-limbah tersebut menjadi produk yang memiliki nilai tambah, salah satunya melalui pengembangan material komposit. Era komposit modern sangat bergantung pada pemilihan bahan penguat yang selain ramah lingkungan juga mampu memberikan sifat mekanik unggul pada material akhir. Di lini ini, serbuk tebu yang dihasilkan dari sisa proses ekstraksi cairan batang tebu dalam industri gula, di tengah-tengah diskusi ilmiah dipandang sebagai sumber serat lignoselulosa yang relatif melimpah dengan struktur mikrofiber yang mampu memperbaiki ikatan antar partikel komposit saat dicampur dengan matriks polimer seperti resin epoxy. Tidak hanya memperbaiki sifat tarik dan kelenturan, serbuk tebu juga dapat meningkatkan kontribusi modifikasi sifat permukaan dan pewarnaan alami di komposit [2].

Selain itu, pada industri perKayuan tropis, keberadaan serbuk kayu ulin sebagai limbah dari proses penggergajian dan penghalusan kayu, dinilai memiliki kepadatan dan kekuatan struktur jaringan yang jauh lebih baik daripada serbuk kayu lunak biasa. Serbuk kayu ulin, yang di tengah karakteristiknya diketahui sangat padat dan tahan terhadap kelembapan serta serangan organisme perusak kayu,

ketika dicampur menjadi penguat di matriks resin, terbukti dapat meningkatkan kekerasan dan daya tahan aus material komposit. Sedangkan keberadaan plastik PET dari limbah minuman kemasan yang telah digunakan secara luas dalam eksperimen komposit, kerap dimanfaatkan dalam bentuk serbuk atau partikel kecil. Plastik ini, dengan struktur molekul yang stabil terhadap reaksi kimia dan tahan perubahan suhu, memiliki keunggulan stabilitas mekanik dan kompatibilitas baik dengan resin epoxy dibanding jenis plastik lainnya [3].

Kehadiran resin epoxy sendiri sebagai matriks utama dalam penelitian komposit bukan tanpa alasan. Resin epoxy dikenal karena sifat adhesinya yang baik serta kemampuannya menghasilkan ikatan yang kuat antara filler berbasis organik maupun plastik. Selain itu, resin epoxy memfasilitasi terbentuknya struktur mikro dan makro yang homogen dalam produk akhir, dengan ketahanan kimia serta temperatur yang unggul sehingga digunakan luas pada industri otomotif, maritim, hingga konstruksi [4].

Terlepas dari potensi tersebut, pengembangan material komposit dari limbah berbasis serbuk tebu, serbuk kayu ulin, dan plastik PET hingga saat ini masih menghadapi sejumlah tantangan akademis maupun teknis. Fenomena gap riset muncul karena pemanfaatan limbah pertanian dan plastik daur ulang sebagai bahan penguat komposit paling banyak masih ditekankan pada penggunaan tunggal – misalnya hanya serbuk tebu atau hanya plastik PET – atau sekadar mengombinasikan satu limbah alami dengan satu filler buatan. Dalam studi oleh Isra dkk, Sifat kekuatan tarik dari komposit serat ampas tebu yang dibuat dengan metode hand lay up dapat disajikan sebagai berikut: kekuatan tarik tertinggi terdapat pada komposit dengan fraksi volume serat ampas tebu sebesar 75%, sudut 90° mencapai nilai rata-rata 60,39MPa, sedangkan nilai kekuatan tarik terendah terdapat pada fraksi volume serat ampas tebu 55% sudut 45°, dengan nilai rata-rata 21,84MPa. Tingkat elongasi tertinggi terlihat pada angka 0,317% yaitu pada fraksi resin 45% Serat 65. Sedangkan elongation terendah yaitu 0,196 pada resin 25% serat 75%. Meski hasil tersebut menjanjikan, hingga kini aspek pengembangan karakteristik makro dan kekerasan material komposit dari gabungan beberapa limbah dalam satu matriks resin masih sangat terbatas [5].

Penelitian lain dari Marja dkk, membuktikan bahwa penambahan sabut kelapa serta serbuk tembaga dan aluminium ke dalam resin epoxy menghasilkan varian komposit yang memiliki karakter abrasi rendah dan cocok menjadi alternatif lapisan kopling. Pada penelitian tersebut, proses pencetakan dan pengepresan manual pada sampel lapisan kopling dengan berat ± 80 kg memperlihatkan bahwa perbandingan komposisi filler sangat menentukan efektifitas penguatan dan ketahanan aus lapisan komposit. Penambahan dua atau lebih bahan pengisi secara sinergis terbukti lebih efektif dibandingkan penggunaan satu bahan saja berdasarkan evaluasi nilai kekerasan serta pengurangan keausan material [6].

Pada bidang plastik daur ulang, penelitian oleh D.M. Nguyen et al. menunjukkan bahwa penambahan serat PET daur ulang yang telah mengalami perlakuan NaOH ke dalam matriks resin epoxy secara signifikan meningkatkan kekuatan impak komposit—nilai impact strength maksimum yang dicapai melampaui nilai matriks tanpa PET—serta memperbaiki kekerasan permukaan material. Namun, penelitian tersebut masih terbatas pada eksplorasi satu jenis filler plastik, tanpa meninjau potensi sinergi dengan serat alam sebagai penguat tambahan dalam struktur komposit [7].

Studi pustaka internasional telah mengonfirmasi bahwa hybridisasi penggunaan lebih dari dua jenis filler dalam komposit alami merupakan inovasi terbesar saat ini dalam teknologi material komposit alami. Pendekatan hybrid memungkinkan terbentuknya struktur mikro-makro yang unik dan homogen, seperti yang ditunjukkan oleh studi pada komposit hybrid vinyl ester dengan rice husk dan tamarind seed powder, yang memperlihatkan distribusi filler lebih seragam dan retakan lebih sedikit dibanding komposit single-filler. Review kritis pada natural fiber reinforced hybrid composites menegaskan bahwa kombinasi filler baik organik maupun anorganik, mikro maupun makro secara signifikan meningkatkan kekerasan permukaan, kekuatan tarik dan tekan, serta mengurangi propagasi retak di dalam material [8].

Saat ini, terdapat sangat sedikit kajian yang secara eksplisit mengevaluasi pengaruh variasi komposisi campuran serbuk tebu, serbuk kayu ulin, dan serbuk PET dalam satu matriks resin epoxy, khususnya terkait uji kekerasan permukaan dan pengamatan struktur makro permukaan. Sebagian besar penelitian sebelumnya

masih terbatas pada satu jenis filler atau kombinasi dua filler, dengan fokus pada uji sifat mekanik dasar. Misalnya, literatur tentang hybridisasi filler organik sintetik memperlihatkan peningkatan kekerasan, distribusi filler lebih homogen, dan ketahanan retak yang lebih baik dibanding single-filler [9]. Namun tidak membahas komposisi triple-filler seperti tebu, ulin, PET sehingga aspek mikro/makro struktur permukaan dan kekerasan komposit hybrid multipel masih belum didalami sepenuhnya.

Di tengah kebutuhan akan material baru yang kuat, tahan lama, sekaligus ramah lingkungan, hilangnya riset terkait pengaruh kombinasi serbuk tebu, serbuk kayu ulin, dan PET dalam resin epoxy secara simultan menjadi kesenjangan yang perlu segera dijawab. Sebab itu, penelitian dalam skripsi ini diarahkan untuk menelusuri secara lebih detail bagaimana variasi komposisi ketiga jenis limbah tersebut dalam matriks resin epoxy mempengaruhi sifat kekerasan permukaan dan struktur makro material komposit. Uji kekerasan sangat penting untuk memperoleh gambaran sejauh mana material hasil sintesis mampu bertahan terhadap deformasi lokal atau keausan pada aplikasi nyata, sementara pengamatan struktur makro dapat mengungkap tingkat homogenitas, distribusi partikel, hingga adanya pori-pori atau cacat internal dalam material. Melalui penelitian ini diharapkan tercipta alternatif bahan komposit baru yang tidak hanya mengurangi volume limbah organik dan plastik di lingkungan, tetapi juga memiliki performa teknis yang layak untuk dikembangkan lebih lanjut dalam aplikasi teknik mulai dari otomotif, komponen konstruksi, hingga alat rumah tangga berdaya guna tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat ditarik rumusan masalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana nilai uji kekerasan campuran komposit serbuk tebu, serbuk kayu ulin, dan plastik PET?
- b. Bagaimana bentuk sturuktur makro dari campuran serbuk tebu, serbuk kayu ulin, dan plastik PET?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas dapat ditarik beberapa tujuan dari penelitian sebagai berikut :

- a. Mengidentifikasi seberapa besar kekerasan dari campuran komposit serbuk tebu, serbuk kayu ulin, dan plastik PET.
- b. Mengenali bagaimana bentuk struktur makro dari campuran komposit serbuk tebu, serbuk kayu ulin, dan plastik PET.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian diperlukan suatu batasan masalah yang dapat menghasilkan penelitian yang maksimal, serta dapat dipahami dengan jelas dan rinci. Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

- a. Jenis material plastik yang akan digunakan untuk pengujian : *Polyethylene terephthalate* (PET) berbentuk serbuk dengan ukuran 60 mesh.
- b. Serat alam yang akan digunakan yakni : serat tebu berbentuk serbuk.dengan ukuran 60 mesh dan serbuk kayu ulin
- c. Perekat yang akan digunakan yaitu resin epoxy Lycal 1011 dan katalis lycal 1011.
- d. Pengujian dilakukan menggunakan alat uji kekerasan dengan metode *Rockwell* model HBRV-187.5D
- e. Pengamatan strukur makro.
- f. Sampel yang digunakan menggunakan studi ASTM tipe D785
- g. Menggunakan variasi campuran serbuk tebu, serbuk kayu ulin, plastik PET, resin *epoxy* dan katalis dengan perbandingan presentase sebagai berikut :
 1. Plastik PET : serbuk tebu : *epoxy* dan katalis = 20% : 30% : 50%
 2. Plastik PET : serbuk kayu ulin : *epoxy* dan katalis = 20% : 30% : 50%
 3. Plastik PET : serbuk tebu : serbuk kayu ulin : *epoxy* dan katalis = 20% : 25% : 5% : 50%
 4. Plastik PET : serbuk tebu : serbuk kayu ulin : *epoxy* dan katalis = 20% : 20% : 10% : 50%
 5. Plastik PET : serbuk tebu : serbuk kayu ulin: *epoxy* dan katalis = 20% : 15% : 15% : 50%
 6. Plastik PET : serbuk tebu : serbuk kayu ulin : *epoxy* dan katalis = 20% : 10% : 20% : 50%
 7. Plastik PET : serbuk tebu : serbuk kayu ulin : *epoxy* dan katalis = 20% : 5% : 25% : 50%

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian, maka diharapkan memperoleh manfaat sebagai berikut :

- a. Meningkatkan wawasan mengenai studi uji kekerasan dan struktur makro komposit campuran serbuk tebu, serbuk kayu ulin, dan plastik PET bermatriks resin *epoxy*.
- b. Hasil penelitian ini dapat digunakan penelitian selanjutnya.
- c. Dapat menjadikan produk berkualitas dengan material terbarukan.
- d. Memanfaatkan limbah menjadi produk yang lebih berguna.
- e. Mengenalkan kepada masyarakat bahwasanya sampah plastik dan limbah tebu dapat bermanfaat.

