

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu material terus mengalami percepatan seiring meningkatnya kebutuhan manusia terhadap bahan berperforma tinggi dan teknologi yang lebih efisien. Dalam upaya memenuhi kebutuhan tersebut, serat alam mulai mendapat perhatian luas sebagai alternatif pengganti serat sintesis karena sifatnya yang lebih ramah lingkungan dan ketersediaannya yang melimpah. Salah satu serat alam yang memiliki potensi besar adalah serat daun nanas (Pineapple Leaf Fiber/PALF). Indonesia sebagai produsen nanas utama dunia menghasilkan limbah daun nanas dalam jumlah besar, namun pemanfaatannya masih terbatas. Padahal, serat daun nanas saat ini telah diaplikasikan pada berbagai produk seperti furnitur, tekstil fesyen, kerajinan tangan, serta material komposit untuk komponen otomotif (Zahra dkk., 2025).

Di sisi lain, material sintesis seperti serat kaca dan serat karbon masih menjadi standar industri dalam pembuatan komposit karena kekuatan tarik dan modulus elastisitasnya yang tinggi. Namun, material ini memiliki sejumlah kekurangan, termasuk biaya produksi yang tinggi, ketidakramahan terhadap lingkungan, serta kesulitan terurai secara alami (Bale, 2024). Hal tersebut mendorong pencarian material penguat yang lebih berkelanjutan tanpa mengorbankan performa mekanik.

Serat alam, termasuk PALF, menjadi salah satu kandidat utama karena densitasnya rendah, harganya lebih ekonomis, serta sifatnya yang biodegradable. Kandungan selulosa PALF yang tinggi (70–82%) menjadikannya memiliki potensi kekuatan tarik yang kompetitif (Zahra dkk., 2025). Sejumlah penelitian menunjukkan performa PALF yang menjanjikan. Foster dkk. (2021) melaporkan peningkatan kekuatan tarik hingga 1620 MPa setelah perlakuan NaOH, sementara Alamri dkk. (2018) menemukan bahwa komposit polypropylene (PP) yang diperkuat PALF mengalami peningkatan kekuatan tarik hingga 210% dibandingkan matriks murni. Penelitian lain juga menegaskan bahwa perlakuan alkali dan

orientasi serat memegang peranan penting dalam meningkatkan kualitas ikatan antarmuka dan stabilitas mekanik komposit (Gaba dkk., 2021).

Selain komposit tunggal, pendekatan *hybrid composite* yang menggabungkan serat alam dan serat sintetis mulai menjadi tren baru. Kombinasi PALF dengan serat kaca atau karbon terbukti meningkatkan kekuatan tarik dan modulus elastisitas secara signifikan, sekaligus mempertahankan sifat ringan dan ramah lingkungan dari serat alam (Dayalan & Mahanwar, 2023). Faktor-faktor seperti orientasi serat, panjang serat, dan fraksi volume pun berpengaruh besar terhadap kemampuan komposit dalam mendistribusikan beban dan ketahanan retaknya (Rahman & Ariffin, 2022).

Dalam konteks kebutuhan energi modern, teknologi pembangkit energi terbarukan seperti turbin air dan turbin angin semakin berkembang. Komponen bilah turbin, termasuk turbin Pelton, memerlukan material yang kuat, ringan, dan tahan terhadap beban tarik, lentur, serta kelelahan material. Material sintetis berbasis serat kaca telah lama digunakan, namun kembali menghadapi isu keberlanjutan dan biaya (Mirzaei & Shokrieh, 2024). Oleh karena itu, pengembangan material bilah turbin berbasis komposit *hybrid* yang memadukan serat nanas dengan serat sintetis menjadi salah satu inovasi strategis..

Tujuan penelitian ini adalah pengembangan komposit berbasis serat daun nanas, dalam bentuk *hybrid* yang memiliki relevansi tinggi untuk diaplikasikan sebagai bahan bilah turbin pelton. Selain meningkatkan nilai tambah dari limbah pertanian, penelitian ini juga mendukung program energi bersih dengan menyediakan material alternatif yang lebih murah, ringan, dan ramah lingkungan. Pemanfaatan PALF sebagai penguat komposit tidak hanya berkontribusi pada kemajuan ilmu pengetahuan material, tetapi juga memiliki dampak langsung terhadap pembangunan berkelanjutan di Indonesia, khususnya pada sektor energi terbarukan dan industri material ramah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi (35% serat nanas + 35% *fiber carbon*) dan (35% serat nanas + 35% *fiber glass*) terhadap kekuatan bending komposit *hybrid* ?
2. Bagaimana nilai bending (Gaya Maksimum, Tegangan Luluh, Kekuatan Bending, Modulus Elastisitas) dari masing-masing variasi komposit?
3. Variasi serat manakah yang paling sesuai untuk diaplikasikan pada bilah turbin pelton sesuai ASTM D-790?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan serat nanas
2. Menggunakan serat sintetis serat *carbon* dan serat *glass*
3. Metode pembuatan *hand lay up*
4. Orientasi arah serat yang digunakan yaitu serat acak pendek.
5. Pengujian yang dilakukan adalah bending
6. Menggunakan resin epoxy *crystal clear – High gloss*
7. Variasi volume (variasi (35% serat nanas + 35% *fiber carbon*) dan (35% serat nanas + 35% *fiber glass*) + 30% Resin Epoxy)

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1 Membuat komposit *hybrid* dengan variasi (35% serat nanas + 35% *carbon*) dan (35% serat nanas + 35% *fiber glass*) dalam susunan acak.
- 2 Menguji sifat kekuatan bending pada berbagai variasi komposit terbaik yang berpotensi untuk diaplikasikan sebagai material bilah turbin Pelton.
- 3 Untuk membuat material yang ramah lingkungan

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- 1 Memberikan alternatif material bilah turbin pelton yang ekonomis, ringan, ramah lingkungan, dan berkekuatan tinggi.
- 2 Menjadi acuan pengembangan komposit *hybrid* berbasis serat alam di bidang energi terbarukan.